

Страсти по омеге: роль омега-3 ПНЖК во время беременности для здоровья потомства

С. В. Орлова¹, Е. А. Никитина¹, Е. В. Прокопенко², Н. В. Балашова¹, А. Н. Водолазкая³, О. Е. Пронина⁴

¹ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

²ООО «Инфитро», Москва

³Австрийская клиника микронутриентной терапии Biogena, Москва

⁴Клиника «Медгород», Москва

РЕЗЮМЕ

Основой нормального течения беременности является оптимальное питание как один из главных элементов здорового образа жизни. Многочисленными исследованиями установлено, что длинноцепочечные омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) обладают разнообразной биологической активностью: противовоспалительной, антиоксидантной, иммуномодулирующей, противоаллергической, антитромботической, антисклеротической и т.д. Эйкозапентаеновая и докозагексаеновая жирные кислоты необходимы для нормального функционирования организма во время беременности и внутриутробного развития ребенка. Дефицит омега-3 ПНЖК ведет к нарушению нормального развития и физиологического формирования структур головного мозга, зрительного анализатора и иммунной системы плода. Применение омега-3 ПНЖК во время беременности благоприятно отражается как на нейropsychическом состоянии женщины, предотвращая депрессию, так и на психомоторном развитии ребенка, улучшении когнитивных функций. Важно обеспечить адекватное поступление данных соединений с пищей или биологически активными добавками к пище для обеспечения нормального течения и исходов беременности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нутритивный статус, омега-3 ПНЖК, эйкозапентаеновая и докозагексаеновая жирные кислоты, нервно-психическое развитие, когнитивные функции, иммунитет, аллергия, беременность, внутриутробное развитие.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Публикация выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

Passion for omega: Role of omega-3 PUFAs during pregnancy for health of offspring

S. V. Orlova¹, E. A. Nikitina¹, E. V. Prokopenko², N. V. Balashova¹, A. N. Vodolazkaya³, O. E. Pronina⁴

¹Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

²Invitro Co., Moscow, Russia

³Austrian Clinic for Micronutrient Therapy Biogena, Moscow, Russia

⁴'Medgorod' Clinic, Moscow, Russia

SUMMARY

The basis of the normal course of pregnancy is optimal nutrition as one of the main elements of a healthy lifestyle. Numerous studies have established that long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs) have a variety of biological activities: anti-inflammatory, antioxidant, immunomodulatory, antiallergic, antithrombotic, antisclerotic, etc. Eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) fatty acids are necessary for the normal functioning of the body during pregnancy and intrauterine development of the child. Deficiency of omega-3 PUFAs leads to a disruption in the normal development and physiological formation of the structures of the brain, visual analyzer and the immune system of the fetus. The use of omega-3 PUFAs during pregnancy has a positive effect both on the neuropsychic state of the woman, preventing depression, and on the psychomotor development of the child, improving cognitive functions. It is important to ensure adequate intake of these compounds from food or dietary supplements to ensure the normal course and outcome of pregnancy.

KEY WORDS: nutritional status, omega-3 PUFAs, eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acids, neuropsychic development, cognitive functions, immunity, allergies, pregnancy, intrauterine development.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

The publication was made with the support of the RUDN University Strategic Academic Leadership Program.

Группа омега-3 (ω -3) полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) включает 11 жирных кислот, две из которых содержат в молекуле 18 атомов углерода и являются эссенциальными: α -линоленовая кислота с тремя двойными связями (омега-3; 18:3, семейство омега-3) и линолевая кислота с двумя двойными связями (омега-6; 18:2, семейство омега-6). Эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) и докозагексаеновая кислота (ДГК) теоретически способны синтезироваться в организме из α -линоленовой, но часто не воспроизводятся в организме в необходимом количестве, вследствие чего возникают разнообразные метаболические нарушения. Несмотря на то что значение омега-3 ПНЖК для

нормального роста ребенка было описано еще в 1930 году, только в последнее время их стали считать важнейшими микронутриентами, обеспечивающими нормальное развитие детского организма и поддержание баланса между физиологическими и патологическими процессами в организме [1].

Большинство жителей развитых стран, включая Российскую Федерацию, потребляют недостаточное количество омега-3 ПНЖК с пищей [1]. По данным Научно-исследовательского института питания Российской академии медицинских наук, дефицит потребления омега-3 ПНЖК у большей части детского и взрослого населения России составляет около 80 % [2].

Содержание АК и ДГК в пище и тканях у беременной женщины и плода (процент общего содержания жирных кислот)

	Беременные		Плод	
	АК (20:4, n = 6)	ДГК (22:6, n = 3)	АК (20:4, n = 6)	ДГК (22:6, n = 3)
Пища	0,5	0,4	–	–
Фосфолипиды плазмы	11,7	1,7	16,6	6,6
Жировая ткань (при рождении)	0,1	0,1	9,1	1,6
Головной мозг (при рождении)	–	–	8,9	4,1

На ранних и поздних сроках беременности важное значение для здоровья как матери, так и ребенка имеет правильное соотношение между омега-3 и омега-6 ПНЖК – адекватный профиль жирных кислот [3]. Дефицит омега-3 ПНЖК у матери может изменять плацентарный ангиогенез и васкулогенез, тем самым влияя на развитие плода. Дисбаланс профилей омега-3 и омега-6 ПНЖК во время беременности может иметь патологические последствия для ребенка в будущем, в том числе на формирование нервной системы [4, 5], иммунной системы [6, 7] и обмен веществ (кардиометаболические риски и ожирение) [8, 9].

Арахидоновая кислота (АК) относится к семейству омега-6 ПНЖК, поступает с пищей и синтезируется в организме из линолевой кислоты. АК является предшественником простагландина и других метаболитов, которые играют ключевую роль в позднем периоде беременности и родах [10]. Однако избыточно высокая концентрация материнской АК и чрезмерная активация медиаторов воспаления во время беременности может привести к неблагоприятным последствиям, таким как гестационный диабет, преэклампсия, преждевременные роды, послеродовая депрессия у матери [11–13].

Благодаря противовоспалительному потенциалу, а также положительному влиянию на окислительные процессы, стресс и экспрессию ангиогенных факторов в плаценте омега-3 и омега-6 ПНЖК могут играть роль в профилактике преэклампсии [14].

На ранних сроках беременности ПНЖК, поступающие с пищей, накапливаются в жировой ткани матери [15, 16]. Количество омега-3 ПНЖК, хранящихся в жировой ткани матери, может варьировать в зависимости от потребления омега-3 с пищей. Однако метаболические и физиологические изменения, происходящие во время беременности, включают сложную синхронизацию материнского, плацентарного и фетального метаболизма жиров, чтобы обеспечить непрерывное поступление омега-3 и омега-6 ПНЖК к плоду [17]. Происходит изменение метаболизма жирных кислот, связанное с мобилизацией запасов материнского жира, увеличением длины и десатурации жирных кислот, регулируемых эстрогеном, их дифференцированным плацентарным поглощением или скоростью преобразования ДГК, синхронизированной в соответствии с периодом максимальной потребности плода [18–20]. Передача омега-3 ДГК и омега-6 АК плоду увеличивается с 20-й недели гестации и достигает пика в последнем триместре беременности [21].

В целом эта модификация обмена незаменимых жирных кислот во время беременности тесно связана с их потреблением и указывает на наличие специфических физиологических механизмов, таких как предпочтительный перенос жирных кислот от матери к плоду для удовлетворения высоких потребностей плода [17]. Мобилизация резерва и перераспределение ЖК может привести к формированию дефицита ПНЖК омега-3 у беременной, особенно при недостаточном их потреблении с пищей. Это, в свою очередь, создает предпосылки для развития у матери психической и соматической патологии [22]. Установлено, что низкий статус омега-3 ПНЖК и дисбаланс между омега-6 и омега-3 ПНЖК на ранних сроках беременности увеличивают риск послеродовой депрессии [12, 23].

Плод напрямую зависит от трансплацентарного переноса ДГК, а ЭПК облегчает перенос и поглощение ДГК клетками плода. ДГК интенсивно включается в быстро развивающийся мозг плода в течение последнего триместра беременности, концентрируясь в сером веществе и мембранах сетчатки (табл. 1) [21]. Интенсивное накопление ДГК в центральной нервной системе происходит в последующем в течение первых 24 месяцев жизни и продолжается на более низком уровне на протяжении всего детства.

Эпидемиологические исследования позволяют сделать вывод, что увеличение квоты омега-3 жирных кислот в период беременности может снижать риск развития аллергических состояний и бронхиальной астмы. Более того, высокий уровень ДГК при беременности и лактации позволяет сохранить повышенный уровень этой жирной кислоты в грудном молоке, что сопровождается снижением частоты IgE-ассоциированной аллергии и снижает тяжесть аллергических проявлений [24–26].

ПНЖК класса омега-3 принимают участие в созревании и функционировании ЦНС у детей, стимулируя нейрогенез, синаптогенез, миграцию нейронов, участвуя в процессе миелинизации нервных волокон. Эти ПНЖК обеспечивают нормальное развитие сенсорных, моторных, поведенческих функций за счет концентрации в синаптических мембранах и модуляции нейротрансмиссии. Благодаря их основополагающей роли, как структурных элементов и модулирующих агентов, была выдвинута гипотеза о том, что обеспеченность этими кислотами матери и ребенка является важным фактором, определяющим здоровье ребенка в периоде раннего детства и во всей последующей жизни [27]. Было установлено, что потребление рыбы и морепродуктов, как источника омега-3 ПНЖК, во время беременности важно для нейрокогнитивного развития потомства [4, 28].

Имеются данные о положительном действии омега-3 ПНЖК на детей от матерей, принимавших омега-3 во время беременности, и грудного вскармливания в постнатальном периоде: дети обладают более высоким иммунитетом и менее склонны к аллергическим реакциям [29].

Высказывается мнение, что в мозге невысокие уровни ЭПК и она не важна для формирования мозга и неврологической функции ребенка, вследствие чего необходимо принимать только ДГК. Однако необходимо учитывать, что ЭПК является конкурентом АК в процессе образования эйкозаноидов. Простагландины и лейкотриены, синтезирующиеся из АК, являются основными медиаторами

Таблица 2
Источники омега-3 ПНЖК [34]

Рыба, морепродукты	Общее содержание омега-3 ПНЖК, мг/100 г
Скумбрия	2300
Сельдь	1700
Анчоус	1400
Сардина	1400
Кижуч	1200
Форель	600
Лангуст	500
Палтус	400
Креветки	300
Сом	300
Морской язык	200
Треска	200

Таблица 3
Содержание ртути в рыбе и морепродуктах, ppm

Вид рыбы и морепродуктов	Среднее содержание ртути, ppm
Креветки	0,009
Устрицы	0,012
Сардины	0,013
Тилапия	0,013
Лосось, консервированный	0,014
Анчоусы	0,016
Лосось, свежий, замороженный	0,022
Кальмар	0,024
Скумбрия атлантическая	0,050
Кефаль	0,050
Пикша атлантическая	0,055
Камбала	0,056
Краб	0,065
Форель пресноводная	0,071
Сельдь	0,078
Хек	0,079
Щука	0,095
Карп	0,110
Треска	0,111
Тунец, консервированный	0,126
Окунь, пресноводный	0,150
Палтус	0,241
Марлин	0,485
Акула	0,979
Рыба-меч	0,995

клеточного воспаления, в то время как производные ЭПК позволяют регулировать интенсивность и продолжительность воспалительной реакции.

1. В отличие от ДГК, имеющей большой пространственный размер, ЭПК является ингибитором фермента дельта-5-десатуразы, который продуцирует АК.
2. ЭПК также конкурирует с АК за фермент фосфолипазу A2, необходимый для высвобождения АК из мембранных фосфолипидов, где она хранится.
3. В отличие от ДГК, ЭПК попадая в мозг, быстро окисляется и это, единственный способ контролировать клеточное воспаление в головном мозге.

ЭПК не обнаруживается в большом количестве в головном мозге, однако исследования на животных показывают, что скорость поглощения ЭПК и ДГК в головном мозге

схожа, но ЭПК быстро метаболизируется мозгом несколькими путями, включая производство энергии и превращение в ДГК [30, 31].

ЭПК и ДГК в природе встречаются вместе и действуют совместно, при этом каждая жирная кислота оказывает свой уникальный эффект. ЭПК обладает противовоспалительным действием, принимает участие в регуляции деятельности сердца и иммунной системы. Во время беременности, снижая синтез тромбксана A2, снижает риск преэклампсии [32]. ДГК необходима для формирования и развития нервной системы и органов зрения, поэтому особенно важна для беременных и кормящих женщин.

Все клинические исследования при депрессии, СДВГ, травмах мозга и др. показали, что по эффективности ЭПК превосходит ДГК. Эти жирные кислоты дополняют действие друг друга, поэтому лучше всего, когда они сочетаются в одном препарате друг с другом [33].

Учитывая, что концентрации незаменимых жирных кислот и их баланс зависят как от изменения их метаболизма в организме матери, так и от поступления с пищей, необходимо обеспечить ПНЖК с пищей для правильного роста и развития плода. Беременным женщинам рекомендуют потреблять от двух до трех порций рыбы в неделю. Именно рыба с высоким содержанием ДГК является оптимальным источником получения ДГК, потому что никакая другая пища не содержит в изобилии натуральные жирные кислоты омега-3, а также полноценный белок, витамины и микроэлементы [34].

Однако известно, что в жире морских рыб хорошо накапливаются метилртуть и другие ксенобиотики, способные оказать негативное влияние на рост и развитие плода [35]. Допустимая суточная доза ртути для человека составляет 0,05 мг. В основных пищевых продуктах количество ртути регламентировано на уровне 0,03 мг/кг [36]. В таблице ниже приведены данные о среднем содержании ртути в наиболее распространенных видах рыбы и морепродуктов [37].

При составлении рациона необходимо выбирать виды рыб с высоким содержанием ДГК и низким накоплением ртути. Содержание ДГК и метилртути в рыбе варьируется независимо друг от друга, и к видам рыб с высоким содержанием ДГК и низким содержанием ртути относятся *анчоусы, атлантическая сельдь, атлантическая скумбрия, мидии, устрицы, выращиваемый и дикий лосось, сардины, окунь и форель* [38, 39].

Употребление некоторых видов рыбы и моллюсков кормящими женщинами может представлять повышенный риск для развивающейся нервной системы младенца, находящегося на грудном вскармливании, поскольку как неорганическая, так и органическая ртуть переносится из материнской сыворотки в грудное молоко. Концентрации ртути в грудном молоке различаются и имеют тенденцию к снижению от молозива к зрелому молоку [40]. Потребление ртути можно свести к минимуму, избегая потребления хищной рыбы (щуки, марлина, скумбрии, акулы, королевской макрели или кафельной рыбы). Американская академия педиатрии при рассмотрении потенциальной пользы омега-3 ПНЖК по сравнению с рисками воздействия метилртути пришла к выводу, что «возможный риск от чрезмерного потребления ртути или других загрязнителей компенсируется нейро-поведенческими преимуществами адекватного потребления ДГК» [41].

Технология производства биологически активных добавок к пище (БАД) с рыбьим жиром позволяет получать продукты, в которых ртуть не содержится или содержится в минимальном количестве. Рыбий жир обычно получают из мелких пелагических рыб, используемых в качестве корма для рыб, или из составов, продуцируемых водорослями, а также дополнительно подвергают очистке [42, 43].

Жир печени трески содержит высокие концентрации ЭПК и ДГК, но менее желателен, чем другие рыбы жиры, поскольку он также содержит витамин А, который в высоких дозах оказывает тератогенное действие.

Биодобавки, содержащие омега-3 α -линоленовую кислоту (АЛК) – ПНЖК растительного происхождения, предшественник ЭПК и ДГК, нельзя считать заменой ДГК и ЭПК из-за низкой скорости превращения.

Сырье, содержащее либо этиловые эфиры омега-3-кислоты (рыбий жир), либо ЭПК и ДГК, синтезируемые водорослями, доступны в различных дозировках и включены в составы биодобавок, предназначенных для беременных и кормящих женщин. Количество ДГК и ЭПК в составе пренатальных витаминно-минеральных комплексов и биодобавок указано на этикетке и обычно составляет от 300 до 800 мг.

Согласно рекомендациям Европейского управления по безопасности продуктов питания (EFSA) всем людям репродуктивного возраста необходимо потреблять 250 мг ЭПК и ДГК в день. Женщинам, планирующим беременность, беременным и кормящим, эксперты рекомендуют дополнительно увеличить потребление омега-3 ПНЖК на 200–300 мг/день, из которых ДГК должна составлять не менее 200 мг [44–47].

Согласно утвержденным в 2021 году нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ физиологическая потребность в ПНЖК для взрослых составляет 5–8 % калорийности суточного рациона для омега-6 и 1–2 % – для омега-3. Оптимальное соотношение в суточном рационе омега-6 и омега-3 жирных кислот должно составлять 5–10 : 1. В период беременности и лактации потребность в ДГК возрастает, определяя уровень дополнительного поступления – 200 мг в сутки. Рекомендовано, чтобы ЭПК составляла 1/3 от дневной нормы омега-3 ПНЖК, остальные 2/3 приходились на ДГК.

В исследованиях дозы рыбьего жира 2,4 и 3,7 г в день употреблялись во время беременности без признаков побочных эффектов [48, 49]. В целом общее потребление до 3 г ЭПК и ДГК в день считается безопасным для «возможного неблагоприятного воздействия жирных кислот на увеличение времени кровотечения» [50]. Неблагоприятные побочные реакции, включая самую опасную – геморрагический диатез, не были зарегистрированы во время беременности при приеме биодобавок, содержащих рыбий жир в форме этилового эфира омега-3 ПНЖК [32].

Таким образом, многочисленные клинические исследования показали, что омега-3 ПНЖК играют важную роль в нормальном течении беременности, развитии плода, профилактике гестоза, недоношенности, гипотрофии плода, патологии зрения у новорожденных, нейропротекции и др. Дополнительный прием беременной женщиной ЭПК и ДГК увеличивает количество этих ЖК в крови матери и младенца

и влияет на формирование нервной системы и органов зрения плода. Это значит, что биодобавки могут быть эффективным дополнением к продуктам питания, помогая улучшить баланс ПНЖК в организме матери и ребенка. Наиболее целесообразным для беременных является употребление витаминно-минеральных комплексов, содержащих оптимальное количество витаминов и минералов, а также омега-3 ПНЖК (ЭПК + ДГК). Также необходимо рассмотреть возможность обогащения рациона питания всех женщин репродуктивного возраста омега-3ПНЖК при планировании беременности.

Список литературы / References

1. Плотникова Е.Ю., Синькова М.Н., Исakov Л.К. Роль омега-3 ненасыщенных кислот в профилактике и лечении различных заболеваний (часть 1). *Лечащий врач*. 2018. № 7. с. 63–67.
Plotnikova E. Yu., Sinkova M. N., Isakov L. K. The role of omega-3 unsaturated acids in the prevention and treatment of various diseases (part 1). *Attending Doctor*. 2018. No. 7. p. 63–67.
2. Сидельникова В.М. Применение омега-3 ПНЖК для профилактики и комплексного лечения тромбофилических нарушений при беременности. *Русский медицинский журнал*. 2008. Том 16. № 6. с. 1–6.
Sidelnikova V. M. The use of omega-3 PUFAs for the prevention and complex treatment of thrombophilic disorders during pregnancy. *Russian Medical Journal*. 2008. Volume 16. No. 6. P. 1–6.
3. Aparicio E, Martín-Grau C, Hernández-Martínez C, Voltas N, Canals J, Arija V. Changes in fatty acid levels (saturated, monounsaturated and polyunsaturated) during pregnancy. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2021 Nov 17; 21 (1): 778. DOI: 10.1186/s12884-021-04251-0.
4. Hibbeln JR, Spiller P, Brenna JT, Golding J, Holub BJ, Harris WS, Kris-Etherton P, Lands B, Connor SL, Myers G, Strain JJ, Crawford MA, Carlson SE. Relationships between seafood consumption during pregnancy and childhood and neurocognitive development: Two systematic reviews. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 2019 Dec; 151: 14–36. DOI: 10.1016/j.plefa.2019.10.002.
5. Steenweg-de Graaff J, Tiemeier H, Ghassabian A, Rijlaarsdam J, Jaddoe VW, Verhulst FC, Roza SJ. Maternal Fatty Acid Status During Pregnancy and Child Autistic Traits: The Generation R Study. *Am J Epidemiol*. 2016 May 1; 183 (9): 792–9. DOI: 10.1093/aje/kwv263.
6. Montes R, Chisaguano AM, Castellote AI, Morales E, Sunyer J, López-Sabater MC. Fatty-acid composition of maternal and umbilical cord plasma and early childhood atopic eczema in a Spanish cohort. *Eur J Clin Nutr*. 2013 Jun; 67 (6): 658–63. DOI: 10.1038/ejcn.2013.68.
7. Notenboom ML, Mommers M, Jansen EH, Penders J, Thijs C. Maternal fatty acid status in pregnancy and childhood atopic manifestations: KOALA Birth Cohort Study. *Clin Exp Allergy*. 2011 Mar; 41 (3): 407–16. DOI: 10.1111/j.1365-2222.2010.03672.x
8. Jochems SH, Gielen M, Rump P, Hornstra G, Zeegers MP. Potential programming of selected metabolic risk factors at childhood by maternal polyunsaturated fatty acid availability in the MEFAB cohort. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 2015 Sep; 100: 21–7. DOI: 10.1016/j.plefa.2015.06.001.
9. Vidakovic AJ, Jaddoe VW, Voortman T, Demmelmair H, Koletzko B, Gaillard R. Maternal plasma polyunsaturated fatty acid levels during pregnancy and childhood lipid and insulin levels. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2017 Jan; 27 (1): 78–85. DOI: 10.1016/j.numecd.2016.10.001.
10. Kikut J, Komorniak N, Ziętek M, Palma J, Szczuko M. Inflammation with the participation of arachidonic (AA) and linoleic acid (LA) derivatives (HETEs and HODEs) is necessary in the course of a normal reproductive cycle and pregnancy. *J Reprod Immunol*. 2020 Sep; 141: 103177. DOI: 10.1016/j.jri.2020.103177.
11. Vaz JS, Kac G, Nardi AE, Hibbeln JR. Omega-6 fatty acids and greater likelihood of suicide risk and major depression in early pregnancy. *J Affect Disord*. 2014 Jan; 152–154: 76–82. DOI: 10.1016/j.jad.2013.04.045. Epub 2013 May 31. Erratum in: *J Affect Disord*. 2016 Jan 15; 190:893.
12. Hoge A, Tabar V, Donneau AF, Dardenne N, Degée S, Timmermans M, Nisolle M, Guillaume M, Castronovo V. Imbalance between Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Early Pregnancy Is Predictive of Postpartum Depression in a Belgian Cohort. *Nutrients*. 2019 Apr 18; 11 (4): 876. DOI: 10.3390/nu11040876.
13. Szczuko M, Kikut J, Komorniak N, Bilicki J, Celewicz Z, Ziętek M. The Role of Arachidonic and Linoleic Acid Derivatives in Pathological Pregnancies and the Human Reproduction Process. *Int J Mol Sci*. 2020 Dec 17; 21 (24): 9628. DOI: 10.3390/ijms21249628.
14. Achamrah N, Ditisheim A. Nutritional approach to preeclampsia prevention. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2018 May; 21 (3): 168–173. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000462.
15. Hoge A, Bernardy F, Donneau AF, Dardenne N, Degée S, Timmermans M, Nisolle M, Guillaume M, Castronovo V. Low omega-3 index values and monounsaturated fatty acid levels in early pregnancy: an analysis of maternal erythrocytes fatty acids. *Lipids Health Dis*. 2018 Apr 2; 17 (1): 63. DOI: 10.1186/s12944-018-0716-6.
16. Aparicio E, Martín-Grau C, Bedmar C, Serraf Orús NS, Basora J, Arija V. The Eclipses Study Group. Maternal Factors Associated with Levels of Fatty Acids, specifically n-3 PUFA during Pregnancy: ECLIPSES Study. *Nutrients*. 2021 Jan 22; 13 (2): 317. DOI: 10.3390/nu13020317.
17. Haggarty P. Fatty acid supply to the human fetus. *Annu Rev Nutr*. 2010 Aug 21; 30: 237–55. DOI: 10.1146/annurev.nutr.012809.104742.
18. Burdge GC, Wootton SA. Conversion of alpha-linolenic acid to eicosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acids in young women. *Br J Nutr*. 2002 Oct; 88 (4): 411–20. DOI: 10.1079/BJN2002689.
19. Dubé E, Gravel A, Martin C, Desparois G, Moussa I, Ethier-Chiasson M, Forest JC, Giguère Y, Masse A, Lafond J. Modulation of fatty acid transport and metabolism by maternal obesity in the human full-term placenta. *Biol Reprod*. 2012 Jul 19; 87 (1): 14, 1–11. DOI: 10.1095/bioreprod.111.098095.

20. Stewart F, Rodie VA, Ramsay JE, Greer IA, Freeman DJ, Meyer BJ. Longitudinal assessment of erythrocyte fatty acid composition throughout pregnancy and post-partum. *Lipids*. 2007 Apr; 42 (4): 335–44. DOI: 10.1007/s11745-006-3005-5.
21. Duttaroy AK, Basak S. Maternal dietary fatty acids and their roles in human placental development. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 2020 Apr; 155: 102080. DOI: 10.1016/j.plefa.2020.102080.
22. Marik PE, Varon J. Omega-3 dietary supplements and the risk of cardiovascular events: a systematic review. *Clin Cardiol*. 2009 Jul; 32 (7): 365–72. DOI: 10.1002/clc.20604.
23. Markus MW, Rasinger JD, Malde MK, Frøylund L, Skotheim S, Braarud HC, Stormark KM, Graff IE. Docosahexaenoic Acid Status in Pregnancy Determines the Maternal Docosahexaenoic Acid Status 3-, 6- and 12 Months Postpartum. Results from a Longitudinal Observational Study. *PLoS One*. 2015 Sep 2; 10 (9): e0136409. DOI: 10.1371/journal.pone.0136409.
24. Kohlboeck G, Glaser C, Tiesler K, Demmelmaier H, Standl M, Romanos M, Koletzko B, Lehmann I, Heinrich J; LISAplus Study Group. Effect of fatty acid status in cord blood serum on children's behavioral difficulties at 10 y of age: results from the LISAplus Study. *Am J Clin Nutr*. 2011 Dec; 94 (6): 1592–9. DOI: 10.3945/ajcn.111.015800.
25. Calder P. Omega-3 fatty acids and inflammation: Impact on heart disease, irritable bowel syndrome and asthma. Presented at the omega-3 fatty acids: Recommendations for therapeutics and prevention symposium. May 21, 2005. New York.
26. Schachter HM, Reisman J, Tran K, Dales B, Kourad K, Barnes D, Sampson M, Morrison A, Gabourey I, Blackman J. Health effects of omega-3 fatty acids on asthma. *Evid Rep Technol Assess (Summ)*. 2004 Mar; (91): 1–7.
27. Schuchardt JP, Huss M, Stauss-Grabo M, Hahn A. Significance of long-chain polyunsaturated fatty acids (PUFAs) for the development and behaviour of children. *Eur J Pediatr*. 2010 Feb; 169 (2): 149–64. DOI: 10.1007/s00431-009-1035-8.
28. Julez J, Méndez M, Fernandez-Barres S, Romaguera D, Vioque J, Llop S, Ibarluzea J, Guxens M, Avella-García C, Tardón A, Ríado I, Andiaarena A, Robinson O, Arijia V, Esnaola M, Ballester F, Sunyer J. Maternal Consumption of Seafood in Pregnancy and Child Neuropsychological Development: A Longitudinal Study Based on a Population with High Consumption Levels. *Am J Epidemiol*. 2016 Feb 1; 183 (3): 169–82. DOI: 10.1093/aje/kwv195.
29. Palmer DJ, Sullivan T, Gold MS, Prescott SL, Heddle R, Gibson RA, Makrides M. Effect of n-3 long chain polyunsaturated fatty acid supplementation in pregnancy on infants' allergies in first year of life: randomised controlled trial. *BMJ*. 2012 Jan 30; 344: e184. DOI: 10.1136/bmj.e184.
30. Ouellet M, Emond V, Chen CT, Julien C, Bourasset F, Oddo S, LaFerla F, Bazinet RP, Calon F. Diffusion of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids through the blood-brain barrier: An in situ cerebral perfusion study. *Neurochem Int*. 2009 Dec; 55 (7): 476–82. DOI: 10.1016/j.neuint.2009.04.018.
31. Chen CT, Domenichelli AF, Trépanier MO, Liu Z, Masoodi M, Bazinet RP. The low levels of eicosapentaenoic acid in rat brain phospholipids are maintained via multiple redundant mechanisms. *J Lipid Res*. 2013 Sep; 54 (9): 2410–22. DOI: 10.1194/jlr.M038505.
32. Middleton P, Gomersall JC, Gould JF, Shepherd E, Olsen SF, Makrides M. Omega-3 fatty acid addition during pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Nov 15; 11 (11): CD003402. DOI: 10.1002/14651858.CD003402.pub3.
33. So J, Wu D, Lichtenstein AH, Tai AK, Matthan NR, Maddipati KR, Lamón-Fava S. EPA and DHA differentially modulate monocyte inflammatory response in subjects with chronic inflammation in part via plasma specialized pro-resolving lipid mediators: A randomized, double-blind, crossover study. *Atherosclerosis*. 2021 Jan; 316: 90–98. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2020.11.018.
34. Skulas-Ray AC, Wilson PWF, Harris WS, Brinton EA, Kris-Etherton PM, Richter CK, Jacobson TA, Engler MB, Miller M, Robinson JG, Blum CB, Rodriguez-Leyva D, de Ferranti SD, Welty FK; American Heart Association Council on Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology; Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health; Council on Cardiovascular Disease in the Young; Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; and Council on Clinical Cardiology. Omega-3 Fatty Acids for the Management of Hypertriglyceridemia: A Science Advisory from the American Heart Association. *Circulation*. 2019 Sep 17; 140 (12): e673–e691. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000709.
35. Hellberg R S., DeWitt C.A.M. and Morrissey M.T. Risk-Benefit Analysis of Seafood Consumption: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2012; 11: 490–517. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00200.x>
36. МУ 2.3.7.2125–06 «Социально-гигиенический мониторинг. Контаминация продовольственного сырья и пищевых продуктов химическими веществами, сбор, обработка и анализ показателей». https://fcgie.ru/osnovnye_dokumenty_po_vedeniyu_sgm.html.
37. MU2.3.7.2125–06 "Social and hygienic monitoring. Contamination of food raw materials and food products with chemicals. collection, processing and analysis of indicators". https://fcgie.ru/osnovnye_dokumenty_po_vedeniyu_sgm.html.
38. US Department of Agriculture. USDA National Nutrient Database for Standard Reference: Release 18 (2005). US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2012.
39. Mozaffarian D, Rimm EB. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA*. 2006 Oct 18; 296 (15): 1885–99. DOI: 10.1001/jama.296.15.1885.
40. Domingo JL, Bocio A, Falcó G, Llobet JM. Benefits and risks of fish consumption Part I. A quantitative analysis of the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants. *Toxicology*. 2007 Feb 12; 230 (2–3): 219–26. DOI: 10.1016/j.tox.2006.11.054.
41. Dorea JG. Exposure to mercury during the first six months via human milk and vaccines: modifying risk factors. *Am J Perinatol*. 2007 Aug; 24 (7): 387–400. DOI: 10.1055/s-2007-982074.
42. Section on Breastfeeding. Breastfeeding and the use of human milk. *Pediatrics*. 2012 Mar; 129 (3): e827–41. DOI: 10.1542/peds.2011-3552.
43. Foran SE, Flood JG, Lewandowski KB. Measurement of mercury levels in concentrated over-the-counter fish oil preparations: is fish oil healthier than fish? *Arch Pathol Lab Med*. 2003 Dec; 127 (12): 1603–5. DOI: 10.5858/2003-127-1603-MOMLIC.
44. Melanson SF, Lewandowski EL, Flood JG, Lewandowski KB. Measurement of organochlorines in commercial over-the-counter fish oil preparations: implications for dietary and therapeutic recommendations for omega-3 fatty acids and a review of the literature. *Arch Pathol Lab Med*. 2005 Jan; 129 (1): 74–7. DOI: 10.5858/2005-129-74-MOOLCO.
45. Koletzko B, Cetin I, Brenna JT; Perinatal Lipid Intake Working Group; Child Health Foundation; Diabetic Pregnancy Study Group; European Association of Perinatal Medicine; European Association of Perinatal Medicine; European Society for Clinical Nutrition and Metabolism; European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition; Committee on Nutrition; International Federation of Placenta Associations; International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids. Dietary fat intakes for pregnant and lactating women. *Br J Nutr*. 2007 Nov; 98 (5): 873–7. DOI: 10.1017/S0007114507764747.
46. Simopoulos AP, Leaf A, Salem N Jr. Workshop statement on the essentiality of and recommended dietary intakes for Omega-6 and Omega-3 fatty acids. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 2000 Sep; 63 (3): 119–21. DOI: 10.1054/plef.2000.0176.
47. Koletzko B, Lien E, Agostoni C, Böhles H, Campoy C, Cetin I, Decsi T, Dudenhausen JW, Dupont C, Forsyth S, Hoelsi I, Holzgreve W, Lapillonne A, Putet G, Secher NJ, Symonds M, Szajewska H, Willatts P, Uauy R; World Association of Perinatal Medicine Dietary Guidelines Working Group. The roles of long-chain polyunsaturated fatty acids in pregnancy, lactation and infancy: review of current knowledge and consensus recommendations. *J Perinat Med*. 2008; 36 (1): 5–14. DOI: 10.1515/JPM.2008.001.
48. Koletzko B, Bauer CP, Bung P, Cremer M, Flothkötter M, Hellmers C, Kersting M, Krawinkel M, Przyrembel H, Rasenack R, Schäfer T, Vetter K, Wahn U, Weissenborn A, Wöckel A. German national consensus recommendations on nutrition and lifestyle in pregnancy by the 'Healthy Start – Young Family Network'. *Ann Nutr Metab*. 2013; 63 (4): 311–22. DOI: 10.1159/000358398.
49. Bisgaard H, Stokholm J, Chawes BL, Vissing NH, Bjarnadóttir E, Schoos AM, Wolsk HM, Pedersen TM, Vinding RK, Thorsteinsdóttir S, Følsgaard NV, Fink NR, Thorsen J, Pedersen AG, Waage J, Rasmussen MA, Stark KD, Olsen SF, Bønnelykke K. Fish Oil-Derived Fatty Acids in Pregnancy and Wheeze and Asthma in Offspring. *N Engl J Med*. 2016 Dec 29; 375 (26): 2530–9. DOI: 10.1056/NEJMoa1503734.
50. Zhang GQ, Liu B, Li J, Luo CQ, Zhang Q, Chen JL, Sinha A, Li ZY. Fish intake during pregnancy or infancy and allergic outcomes in children: A systematic review and meta-analysis. *Pediatr Allergy Immunol*. 2017 Mar; 28 (2): 152–161. DOI: 10.1111/pai.12648.
51. Substances affirmed as Generally Recognized as Safe: Menhaden oil. Department of Health and Human Services, US Food and Drug Administration. www.fda.gov/ohrms/DOCKETS/98fr/05-5641.htm (Accessed on June 30, 2008).

Статья поступила / Received 10.03.22

Получена после рецензирования / Revised 15.03.22

Принята в печать / Accepted 28.03.22

Сведения об авторах

Орлова Светлана Владимировна, д.м.н., проф., зав. кафедрой диетологии и клинической нутрициологии¹. E-mail: orlova-sv@rudn.ru. ORCID: 0000-0002-4689-3591

Никитина Елена Александровна, к.м.н., доцент кафедры диетологии и клинической нутрициологии¹. E-mail: nikitina-ea1@rudn.ru. ORCID: 0000-0003-3220-0333

Прокопенко Елена Валерьевна, эндокринолог, диетолог, методист лечебного отдела². E-mail: elvprokopenko@gmail.com. ORCID: 0000-0002-3811-9459

Балашова Наталья Валерьевна, к.б.н., доцент кафедры диетологии и клинической нутрициологии¹. E-mail: balashovaN77@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0548-3414

Водолазкая Ангелина Николаевна, диетолог-эндокринолог³. E-mail: drvodolazkaya@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5203-1082

Пронина Олеся Евгеньевна, эндокринолог, диетолог, гинеколог⁴. E-mail: Pronina.doctor@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-5250-5911

¹ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

²ООО «Инфитрол», Москва

³Австрийская клиника микронутриентной терапии Biogena, Москва

⁴Клиника «Медгород», Москва

Автор для переписки: Орлова Светлана Владимировна. E-mail: rudn_nutr@mail.ru

About authors

Orlova Svetlana V., DM Sci (habil.), professor, head of Dept of Dietetics and Clinical Nutritionology¹. E-mail: rudn_nutr@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4689-3591

Nikitina Elena A., PhD Med, assistant professor at Dept of Dietetics and Clinical Nutritionology¹. E-mail: nikitina-ea1@rudn.ru. ORCID: 0000-0003-3220-0333

Prokopenko Elena V., endocrinologist, nutritionist, methodologist of Medical Dept². E-mail: elvprokopenko@gmail.com. ORCID: 0000-0002-3811-9459

Balashova Natalya V., PhD Bio Sci, assistant at Dept of Dietetics and Clinical Nutritionology¹. E-mail: balashovaN77@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0548-3414

Vodolazkaya Angelina N., nutritionist-endocrinologist³. E-mail: drvodolazkaya@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5203-1082

Pronina Olesya E., endocrinologist, nutritionist, gynecologist⁴. E-mail: Pronina.doctor@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-5250-5911

¹Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

²Invitro Co., Moscow, Russia

³Austrian Clinic for Micronutrient Therapy Biogena, Moscow, Russia

⁴Medgorod Clinic, Moscow, Russia

Corresponding author: Orlova Svetlana V. E-mail: rudn_nutr@mail.ru

Для цитирования: Орлова С.В., Никитина Е.А., Прокопенко Е.В., Балашова Н.В., Водолазкая А.Н., Пронина О.Е. Страсти по омеге: роль омега-3 ПНЖК во время беременности для здоровья потомства. *Медицинский алфавит*. 2022; (4): 8–12. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-4-8-12>.

For citation: Orlova S.V., Nikitina E.A., Prokopenko E.V., Balashova N.V., Vodolazkaya A.N., Pronina O.E. Passion for omega: the role of omega-3 PUFAs during pregnancy for the health of offspring. *Medical alphabet*. 2022; (4): 8–12 <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-4-8-12>.

