

ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ ОМЕГА-3 И ОМЕГА-6 В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА

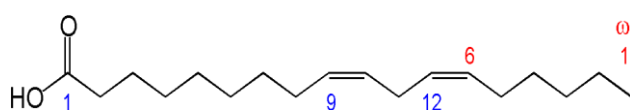
Т.В.Василькова, к.м.н., доцент кафедры биохимии

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), принадлежащие к числу незаменимых факторов питания, стали предметом значительного внимания исследователей и врачей как в нашей стране, так и за рубежом. За последние десятилетия накоплены данные, указывающие на важную роль этих соединений в нормальном развитии и поддержании баланса между физиологическими и патологическими процессами в организме.

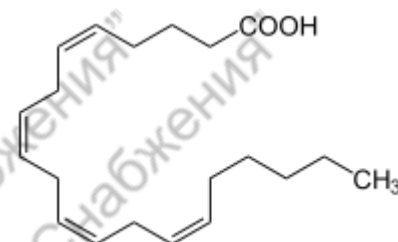
В тканях человека встречается около 70-и жирных кислот. Жирные кислоты разделяют на две большие группы: насыщенные и ненасыщенные. Ненасыщенные жирные кислоты имеют одну (мононенасыщенные) или несколько (полиненасыщенные) двойных связей. В зависимости от положения двойной связи по отношению к последнему углеродному атому метильной группы ненасыщенных жирных кислот, обозначаемому греческой буквой ω (иногда латинской буквой n), различают несколько основных семейств ненасыщенных жирных кислот: омега -9, омега -6 и омега -3 (таблица). Человек может синтезировать ПНЖК ряда олеиновой кислоты (ω -9) путём комбинирования реакций элонгации (удлинения) и десатурации (образования ненасыщенных связей). Например, из омега-9 олеиновой кислоты ($C_{18:1}$) животные клетки могут синтезировать 5,8,11-эйкозатриеновую кислоту ($C_{20:3}$, ω -9). При недостатке незаменимых ПНЖК синтез этой эйкозатриеновой кислоты увеличивается и повышается её содержание в тканях. Среди ненасыщенных жирных кислот в организме не могут синтезироваться омега-3 и омега-6 жирные кислоты в связи с отсутствием ферментной системы, которая могла бы катализировать образование двойной связи в положении ω -6 или любом другом положении, близко расположенном к ω -концу. Так, в организме не могут синтезироваться **линолевая кислота** и **α -линоленовая кислота** (АЛК). Они относятся к незаменимым жирным кислотам и должны поступать с пищей.

Выделяют два класса эссенциальных (незаменимых) полиненасыщенных жирных кислот: омега-3 и омега-6.

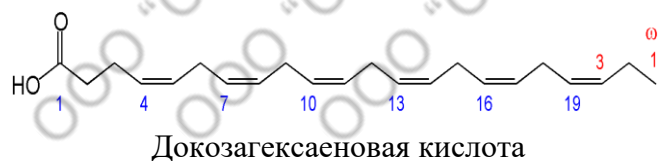
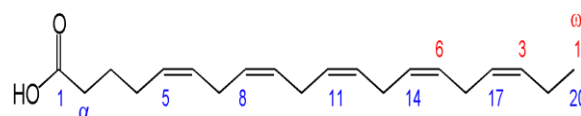
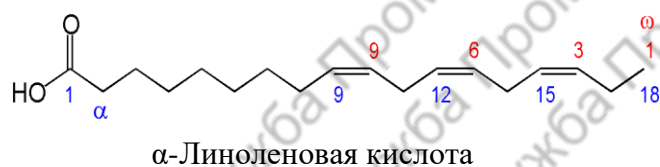
К полиненасыщенным жирным кислотам ω -6 относится линолевая кислота ($C_{18:2}$, ω -6), которая в организме может превращаться в арахидоновую кислоту ($C_{20:4}$, ω -6). **Арахидоновая кислота** (АК) является незаменимой в организме только при недостатке линолевой кислоты.



Линолевая кислота



Арахидоновая кислота



Наиболее важными полиненасыщенными жирными кислотами класса ω -3 являются **альфа-линоленовая кислота** ($C_{18:3}$, ω -3), из которой в клетках могут синтезироваться длинноцепочечные ПНЖК ω -3: **эйкозапентаеновая кислота** ($C_{20:5}$, ω -3) и **докозагексаеновая кислота** ($C_{22:6}$, ω -3) с эффективностью около 5% у мужчин и немного более высокой эффективностью у женщин. Возможности синтеза докозагексаеновой кислоты (ДГК) и эйкозапентаеновой кислоты (ЭПК) в организме весьма ограничены, поэтому они должны поступать из экзогенных источников. При старении организма и некоторых болезнях способность синтезировать ДГК и ЭПК полностью утрачивается. Кроме того, необходимо учитывать, что реакции удлинения цепи и десатурации ω -3 и ω -6 жирных кислот катализируются одними и теми же ферментами, а жирные кислоты конкурируют в этих реакциях за ферменты. Поэтому избыток жирных кислот одного семейства, например арахидоновой кислоты ($C_{20:4}$, ω -6), будет подавлять синтез соответствующей кислоты другого семейства, например эйкозапентаеновой ($C_{20:5}$, ω -3). Этот эффект подчёркивает важность сбалансированного состава ПНЖК омега-3 и омега-6 в пищевом рационе. Таким образом, накопление длинноцепочечных ЭПК и ДГК в тканях является наиболее эффективным, когда они поступают непосредственно из пищи, или когда конкурирующие количества омега-6 аналогов являются низкими.

Природными источниками ПНЖК являются растительные масла из завязи пшеницы, семени льна, рыжиковое масло, горчичное масло, масло подсолнечника, соевых бобов, арахиса, а также грецкий орех, миндаль, семечки подсолнуха, рыбий жир и рыба жирных и полужирных видов (лосось, макрель, сельдь, сардины, скумбрия, форель, тунец и другие), печень трески и моллюски.



Рис 1. Пищевые источники эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот

Основным пищевым источником ПНЖК ряда омега-6 являются растительные масла. Омега-6 жирные кислоты синтезируют большинство растений, которые растут на суше. Главным пищевым источником ПНЖК ряда омега-3 являются жирные сорта холодноводных рыб и рыбий жир, а также такие растительные масла, как льняное, перилловое, соевое и рапсовое.

Внимание исследователей к жирнокислотному составу потребляемого с пищей жира было впервые привлечено в середине 70-х годов прошлого века, когда в эпидемиологических исследованиях была показана низкая распространённость заболеваний, связанных с атеросклерозом, у эскимосов Гренландии и в 10 раз меньшая их смертность от инфаркта миокарда, чем у жителей Дании и Северной Америки, несмотря на то, что потребление жира и холестерина у всех этих популяций было одинаково высоким. Разница была в составе жирных кислот. У датчан потребление насыщенных жирных кислот и ПНЖК омега-6 было в 2 раза выше, чем у эскимосов. Эскимосы потребляли в 5-10 раз больше длинноцепочечных ПНЖК омега-3: ЭПК и ДГК. Дальнейшие экспериментальные и клинические исследования подтвердили **антиатерогенный эффект ПНЖК омега-3**. Установлено, что ПНЖК омега-3 уменьшают содержание в крови атерогенных липопротеинов (липопротеинов низкой и очень низкой плотности). Подтверждено **кардиопротекторное и антиаритмическое действие** (свободные ЭПК и ДГК в мембранах клеток сердца ингибируют ионные каналы) ПНЖК омега-3. В последнее время проведены исследования, показывающие **иммунозащитное действие** омега-3 жирных кислот. В последних научных открытиях было обнаружено, что омега-3 жирные кислоты могут **блокировать рост опухолей**.

ПНЖК омега-3 были известны как необходимые факторы для нормального роста с 1930-х годов. ДГК наряду с ЭПК – пищевые компоненты **нормального развития детей и долгожительства**. Растущий организм нуждается в пластическом материале для своего роста и развития и наиболее чувствителен к дефициту полиненасыщенных жирных кислот. ПНЖК входят в состав структурных липидов, в том числе в состав фосфолипидов клеточных мембран. Они являются регуляторами фазового состояния мембран клеток. Увеличение ПНЖК омега-3 в биомембранах приводит к увеличению их жидкости, снижает вязкость мембран и улучшает функции интегральных белков. С возрастом содержание ПНЖК омега-3 в мембранах клеток снижается. Эйкозапентаеновая кислота входит в состав липидов большинства тканей. Докозагексаеновая кислота является важным компонентом мембран клеток ЦНС, накапливается в синапсах, фоторецепторах, сперматозоидах и является жизненно необходимой для их функций. Проведенные научные исследования подтвердили, что ПНЖК омега-3 требуются для нормального функционирования мозга.

Кроме структурной функции, такие ПНЖК как арахидоновая кислота и эйкозапентаеновая кислота являются предшественниками группы высокоактивных веществ, называемых эйкозаноидами (рис.2). К ним относятся простагландины, простациклины, тромбоксаны и лейкотриены, широко распространённые в тканях организма. Соотношение ПНЖК омега-3 и омега-6 непосредственно влияет на тип синтезируемых организмом эйкозаноидов.



Рис.2. Образование эйкозаноидов из арахидоновой и эйкозапентаеновой кислот

Таблица

Полиненасыщенные жирные кислоты

Общая формула: CH₃-(CH₂)_m-(CH=CH-(CH₂)_x(CH₂)_n-COOH

Тривиальное название	Систематическое название (IUPAC)	Брутто формула	IUPAC формула (с метил. конца)	IUPAC формула (с карб. конца)	Рациональная полуразвернутая формула
Сорбиновая кислота	транс,транс-2,4-гексадиеновая кислота	C ₅ H ₇ COOH	6:2ω3	6:2Δ2,4	CH ₃ -CH=CH-CH=CH-COOH
Линолевая кислота	цис,цис-9,12-октадекадиеновая кислота	C ₁₇ H ₃₁ COOH	18:2ω6	18:2Δ9,12	CH ₃ (CH ₂) ₃ -(CH ₂ -CH=CH) ₂ -(CH ₂) ₇ -COOH
Линоленовая кислота	цис,цис,цис-6,9,12-октадекатриеновая кислота	C ₁₇ H ₂₈ COOH	18:3ω6	18:3Δ6,9,12	CH ₃ -(CH ₂)-(CH ₂ -CH=CH) ₃ -(CH ₂) ₆ -COOH
α-Линоленовая кислота	цис,цис,цис-9,12,15-октадекатриеновая кислота	C ₁₇ H ₂₉ COOH	18:3ω3	18:3Δ9,12,15	CH ₃ -(CH ₂ -CH=CH) ₃ -(CH ₂) ₇ -COOH
Арахидоновая кислота	цис-5,8,11,14-эйкозотетраеновая кислота	C ₁₉ H ₃₁ COOH	20:4ω6	20:4Δ5,8,11,14	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -(CH=CH-CH ₂) ₄ -(CH ₂) ₂ -COOH
Дигомо-γ-линоленовая кислота	8,11,14-эйкозатриеновая кислота	C ₁₉ H ₃₃ COOH	20:3ω6	20:3Δ8,11,14	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -(CH=CH-CH ₂) ₃ -(CH ₂) ₅ -COOH
-	4,7,10,13,16-докозапентаеновая кислота	C ₁₉ H ₂₉ COOH	20:5ω4	20:5Δ4,7,10,13,16	CH ₃ -(CH ₂) ₂ -(CH=CH-CH ₂) ₅ -(CH ₂)-COOH

Тривиальное название	Систематическое название (IUPAC)	Брутто формула	IUPAC формула (с метил. конца)	IUPAC формула (с карб. конца)	Рациональная полуразвернутая формула
Тимнодоновая кислота	5,8,11,14,17-эйкозапентаеновая кислота	$C_{19}H_{29}COOH$	20:5 ω 3	20:5 Δ 5,8,11,14,17	$CH_3-(CH_2)-(CH=CH-CH_2)_5-(CH_2)_2-COOH$
Цервоновая кислота	4,7,10,13,16,19-докозагексаеновая кислота	$C_{21}H_{31}COOH$	22:6 ω 3	22:3 Δ 4,7,10,13,16,19	$CH_3-(CH_2)-(CH=CH-CH_2)_6-(CH_2)-COOH$
-	5,8,11-эйкозатриеновая кислота	$C_{19}H_{33}COOH$	20:3 ω 9	20:3 Δ 5,8,11	$CH_3-(CH_2)_7-(CH=CH-CH_2)_3-(CH_2)_2-COOH$

Эйкозаноиды, синтезируемые из ПНЖК омега-6, главным образом арахидоновой кислоты, – так называемая вторая серия простаноидов: простагландины (PGI₂, PGD₂, PGE₂, PGF₂), тромбоксан A₂ (TXA₂), а также лейкотриены четвертой серии. Они обладают провоспалительными, вазоконстрикторными и проагрегантными свойствами, обеспечивая защитные реакции организма – воспаление и остановку кровотечения. Эйкозаноиды, синтезируемые из ПНЖК омега-3, в основном из эйкозапентаеновой кислоты (третья серия простагландинов и пятая серия лейкотриенов), характеризуются противовоспалительным и антитромботическим действием в противовес биологическим эффектам метаболитам арахидоновой кислоты. Таким образом, в условиях патологического состояния человеку предпочтительны метаболиты ЭПК. Самым простым способом снижения синтеза омега-6 эйкозаноидов было признано потребление большего количества ПНЖК омега-3. Введение с пищей ЭПК и ДГК блокирует синтез эйкозаноидов как из арахидоновой кислоты, так и из эндогенной эйкозатриеновой кислоты (ω 9). Вместе с тем, если из рациона питания здорового человека полностью исключить АК, то это принесёт только отрицательный результат, поскольку метаболиты ЭПК не выполняют в полной мере те функции, которые выполняют метаболиты АК. Подтверждением тому являются результаты эпидемиологических исследований: жители приморских районов, питающиеся исключительно продуктами моря, не болеют атеросклерозом, но у них повышенная кровоточивость и пониженное кровяное давление.

Для здорового человека достаточно соблюдать правильное питание. Промышленная переработка жиров и масел в значительной мере снизила содержание незаменимых жирных кислот в нашем питании. В пищевом рационе на долю незаменимых жирных кислот должно приходиться (по калорийности) не менее 1-2 % от общей потребности организма в калориях. Оптимальное соотношение в пище ω -3: ω -6 жирных кислот составляет 1:4. Минздрав России рекомендует 1 г АЛК/ ЭПК/ ДГК в сутки для адекватного потребления. Минимальная суточная потребность человека в линолевой кислоте составляет 2-6 г, но эта потребность увеличивается пропорционально доле поступающих в организм насыщенных жиров. Одним из способов получения адекватного

количества ЭПК и ДГК является употребление жирной морской рыбы. Например, типичная порция рыбы (85 г) может содержать от 0,2 до 1,8 г ЭПК/ ДГК. Американские эксперты рекомендуют употреблять две порции рыбы в неделю.

При определённых патологиях важным является повышенный приём ω -3 жирных кислот, которые могут быть в виде биологически активных добавок или лекарственных препаратов.



Рис. 3. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты в капсулах

Для получения максимальной пользы от ПНЖК, следует соблюдать правила хранения (защита от кислорода воздуха и других окислителей, от прямых солнечных лучей) и употреблять их в необходимых количествах. Потребление избыточных количеств ПНЖК может привести к нарушению прооксидантно-антиоксидантного гомеостаза организма. Все ПНЖК подвержены процессу перекисления, и при недостатке естественных антиоксидантов это ведёт к образованию свободных радикалов со сдвигами в сторону повышения атерогенности и канцерогенеза. Необходимым условием является наличие в препаратах, содержащих ПНЖК, естественных антиоксидантов в физиологических дозах. Например, таким антиоксидантом служит витамин Е, который имеется в рыбе и морепродуктах.