

# Белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты

КС-11

Мелис Уулу Денис

# ВСТУПЛЕНИЕ

- Нормальная деятельность организма возможна при непрерывном поступлении пищи. Входящие в состав пищи жиры, белки, углеводы, минеральные соли, вода и витамины необходимы для жизненных процессов организма.
- Питательные вещества являются как источником энергии, покрывающем расходы организма, так и строительным материалом, который используется в процессе роста организма и воспроизведения новых клеток, замещающих отмирающие. Но питательные вещества в том виде, в каком они употребляются в пищу, не могут всосаться и быть использованными организмом. Только вода, минеральные соли и витамины всасываются и усваиваются в том виде, в каком они поступают.
- Питательными веществами называются белки, жиры и углеводы. Эти вещества являются необходимыми составными частями пищи. В пищеварительном тракте белки, жиры и углеводы подвергаются как физическим воздействиям (измельчаются и перетираются), так и химическим изменениям, которые происходят под влиянием особых веществ - ферментов, содержащихся в соках пищеварительных желёз. Под влиянием пищеварительных соков питательные вещества расщепляются на более простые, которые всасываются и усваиваются организмом.

# БЕЛКИ

## СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ

- "Во всех растениях и животных присутствует некое вещество, которое без сомнения является наиболее важным из всех известных веществ живой природы и без которого жизнь была бы на нашей планете невозможна. Это вещество я наименовал - протеин". Так писал еще в 1838 году голландский биохимик Жерар Мюльдер, который впервые открыл существование в природе белковых тел и сформулировал свою теорию протеина. Слово "протеин" (белок) происходит от греческого слова "протейос", что означает "занимающий первое место". И в самом деле, все живое на земле содержит белки. Они составляют около 50% сухого веса тела всех организмов. У вирусов содержание белков колеблется в пределах от 45 до 95%.

Белки являются одними из четырех основных органических веществ живой материи (белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, жиры), но по своему значению и биологическим функциям они занимают в ней особое место. Около 30% всех белков человеческого тела находится в мышцах, около 20% - в костях и сухожилиях и около 10% - в коже. Но наиболее важными белками всех организмов являются ферменты, которые, хотя и присутствуют в их теле и в каждой клетке тела в малом количестве, тем не менее управляют рядом существенно важных для жизни химических реакций. Все процессы, происходящие в организме: переваривание пищи, окислительные реакции, активность желез внутренней секреции, мышечная деятельность и работа мозга регулируется ферментами. Разнообразие ферментов в теле организмов огромно. Даже в маленькой бактерии их насчитываются многие сотни.

Белки, или, как их иначе называют, протеины, имеют очень сложное строение и являются наиболее сложными из питательных веществ. Белки - обязательная составная часть всех живых клеток. В состав белков входят: углерод, водород, кислород, азот, сера и иногда фосфор. Наиболее характерно для белка наличие в его молекуле азота. Другие питательные вещества азота не содержат. Поэтому белок называют азотосодержащим веществом.

Основные азотосодержащие вещества, из которых состоят белки, - это аминокислоты. Количество аминокислот невелико - их известно только 28. Все громадное разнообразие содержащихся в природе белков представляет собой различное сочетание известных аминокислот. От их сочетания зависят свойства и качества белков.

При соединении двух или нескольких аминокислот образуется более сложное соединение - полипептид. Полипептиды, соединяясь, образуют еще более сложные и крупные частицы и в итоге - сложную молекулу белка.

Когда в пищеварительном тракте или в эксперименте белки расщепляются на более простые соединения, то через ряд промежуточных стадий ( альбумоз и пептонов) они расщепляются на полипептиды и, наконец, на аминокислоты.

Аминокислоты в отличие от белков легко всасываются и усваиваются организмом. Они используются организмом для образования собственного специфического белка. Если же вследствие избыточного поступления аминокислот их расщепление в тканях продолжается, то они окисляются до углекислого газа и воды.

Большинство белков растворяется в воде. Молекулы белков в силу их больших размеров почти не проходят через поры животных или растительных мембран. При нагревании водные растворы белков свертываются. Есть белки (например, желатина), которые растворяются в воде только при нагревании.

При поглощении пища сначала попадает в ротовую полость, а затем по пищеводу в желудок. Чистый желудочный сок бесцветен, имеет кислую реакцию. Кислая реакция зависит от наличия соляной кислоты, концентрация которой составляет 0,5%.

Желудочный сок обладает свойством переваривать пищу, что связано с наличием в нем ферментов. Он содержит пепсин - фермент, расщепляющий белок. Под влиянием пепсина белки расщепляются на пептоны и альбумозы. Железами желудка пепсин вырабатывается в неактивном виде, переходит в активную форму при воздействии на него соляной кислоты. Пепсин действует только в кислой среде и при попадании в щелочную среду становится негитивным.



Пища, поступив в желудок, более или менее длительное время задерживается в нем - от 3 до 10 часов. Срок пребывания пищи в желудке зависит от ее характера и физического состояния - жидкая она или твердая. Вода покидает желудок немедленно после поступления. Пища, содержащая большее количество белков, задерживается в желудке дольше, чем углеводная; еще дольше остается в желудке жирная пища. Передвижение пищи происходит благодаря сокращению желудка, что способствует переходу в пилорическую часть, а затем в двенадцатиперстную кишку уже значительно переваренной пищевой кашицы.

Пищевая кашица, поступившая в двенадцатиперстную кишку, подвергается дальнейшему перевариванию. Здесь на пищевую кашицу изливается сок кишечных желез, которыми усеяна слизистая оболочка кишки, а также сок поджелудочной железы и желчь. Под влиянием этих соков пищевые вещества - белки, жиры и углеводы - подвергаются дальнейшему расщеплению и доводятся до такого состояния, когда могут всосаться в кровь и лимфу.

Поджелудочный сок бесцветен и имеет щелочную реакцию. Он содержит ферменты, расщепляющие белки, углеводы и жиры.

Одним из основных ферментов является трипсин, находящийся в соке поджелудочной железы в недействительном состоянии в виде трипсиногена.

Трипсиноген не может расщеплять белки, если не будет переведен в активное состояние, т.е. в трипсин. Трипсиноген переходит в трипсин при соприкосновении с кишечным соком под влиянием находящегося в кишечном соке вещества энтерокиназы. Энтерокиназа образуется в слизистой оболочке кишечника. В двенадцатиперстной кишке действие пепсина прекращается, так как пепсин действует только в кислой среде. Дальнейшее переваривание белков продолжается уже под влиянием трипсина.

Трипсин очень активен в щелочной среде. Его действие продолжается и в кислой среде, но активность падает. Трипсин действует на белки и расщепляет их до аминокислот; он также расщепляет образовавшиеся в желудке пептоны и альбумозы до аминокислот.

В тонких кишках заканчивается переработка пищевых веществ, начавшаяся в желудке и двенадцатиперстной кишке. В желудке и двенадцатиперстной кишке белки, жиры и углеводы расщепляются почти полностью, только часть их остается непереваренной. В тонких кишках под влиянием кишечного сока происходит окончательное расщепление всех пищевых веществ и всасывание продуктов расщепления. Продукты расщепления попадают в кровь. Это происходит через капилляры, каждый из которых подходит к ворсинке, расположенной на стенке тонких кишок.



# ОБМЕН БЕЛКОВ


- После расщепления белков в пищеварительном тракте образовавшиеся аминокислоты всасываются в кровь. В кровь всасывается также незначительное количество полипептидов - соединений, состоящих из нескольких аминокислот. Из аминокислот клетки нашего тела синтезируют белок, причем белок, который образуется в клетках человеческого организма, отличается от потребленного белка и характерен для человеческого организма.
- Образование нового белка в организме человека и животных идет непрерывно, так как в течении всей жизни взамен отмирающих клеток крови, кожи, слизистой оболочки, кишечника и т. д. создаются новые, молодые клетки. Для того чтобы клетки организма синтезировали белок, необходимо, чтобы белки поступали с пищей в пищеварительный канал, где они подвергаются расщиплению на аминокислоты, и уже из всосавшихся аминокислот будет образован белок.

Если же, минуя пищеварительный тракт, ввести белок непосредственно в кровь, то он не только не может быть использован человеческим организмом, он вызывает ряд серьезных осложнений. На такое введение белка организм отвечает резким повышением температуры и некоторыми другими явлениями. При повторном введении белка через 15-20 дней может наступить даже смерть при параличе дыхания, резком нарушении сердечной деятельности и общих судорогах.

Белки не могут быть заменены какими-либо другими пищевыми веществами, так как синтез белка в организме возможен только из аминокислот.

Для того чтобы в организме мог произойти синтез присущего ему белка, необходимо поступление всех или наиболее важных аминокислот.

Из известных аминокислот не все имеют одинаковую ценность для организма. Среди них есть аминокислоты, которые могут быть заменены другими или синтезированными в организме из других аминокислот; наряду с этим есть и незаменимые аминокислоты, при отсутствии которых или даже одной из них белковый обмен в организме нарушается.



Белки не всегда содержат все аминокислоты: в одних белках содержится большее количество необходимых организму аминокислот, в других - незначительное. Разные белки содержат различные аминокислоты и в разных соотношениях.

Белки, в состав которых входят все необходимые организму аминокислоты, называются полноценными; белки, не содержащие всех необходимых аминокислот, являются неполноценными белками.

Для человека важно поступление полноценных белков, так как из них организм может свободно синтезировать свои специфические белки. Однако полноценный белок может быть заменен двумя или тремя неполноценными белками, которые, дополняя друг друга, дают в сумме все необходимые аминокислоты. Следовательно, для нормальной жизнедеятельности организма необходимо, чтобы в пище содержались полноценные белки или набор неполноценных белков, по аминокислотному содержанию равноценных полноценным белкам.

Поступление полноценных белков с пищей крайне важно для растущего организма, так как в организме ребенка не только происходит восстановление отмирающих клеток, как у взрослых, но и в большом количестве создаются новые клетки.

Обычная смешанная пища содержит разнообразные белки, которые в сумме обеспечивают потребность организма в аминокислотах. Важна не только биологическая ценность поступающих с пищей белков, но и их количество. При недостаточном количестве белков нормальный рост организма приостанавливается или задерживается, так как потребности в белке не покрываются из-за его недостаточного поступления.

К полноценным белкам относятся преимущественно белки животного происхождения, кроме желатины, относящейся к неполноценным белкам. Неполноценные белки - преимущественно растительного происхождения. Однако некоторые растения (картофель, бобовые и др.) содержат полноценные белки. Из животных белков особенно большую ценность для организма представляют белки мяса, яиц, молока и др.

# УГЛЕВОДЫ

## СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ

- Углеводы или сахараиды - одна из основных групп органических соединений организма. Они представляют собой первичные продукты фотосинтеза и исходные продукты биосинтеза других веществ в растениях ( органические кислоты, аминокислоты), а также содержатся в клетках всех других живых организмов. В животной клетке содержание углеводов колеблется в пределах 1-2%, в растительной оно может достигать в некоторых случаях 85-90% массы сухого вещества.
- Углеводы состоят из углерода, водорода и кислорода, причем у большинства углеводов водород и кислород содержатся в том же соотношении, что и в воде ( отсюда их название - углеводы). Таковы, например, глюкоза  $C_6H_{12}O_6$  или сахароза  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . В состав производных углеводов могут входить и другие элементы. Все углеводы делятся на простые (моносахариды) и сложные (полисахариды).
- Среди моносахаридов по числу углеродных атомов различают триозы (3C), тетрозы (4C), пентозы (5C), гексозы (6C) и гептозы (7C). Моносахариды с пятью и более атомами углерода, растворяясь в воде, могут приобретать кольцевую структуру. В природе наиболее часто встречаются пентозы ( рибоза, дезоксирибоза, рибулоза) и гексозы ( глюкоза, фруктоза, галактоза). Рибоза и дезоксирибоза играют важную роль в качестве составных частей нуклеиновых кислот и АТФ. Глюкоза в клетке служит универсальным источником энергии. С превращением моносахаридов связаны не только обеспечение клетки энергией, но и биосинтез многих других органических веществ, а также обезвреживание и выведение из организма ядовитых веществ, проникающих извне или образующихся в процессе обмена веществ, например, при распаде белков.



Ди- и полисахариды образуются путем соединения двух и более моносахаридов, таких, как глюкоза галактоза маноза, арабиноза или ксилоза. Так, соединяясь между собой с выделением молекулы воды, две молекулы моносахаридов образуют молекулу дисахарида. Типичными представителями этой группы веществ являются сахароза ( тростниковый сахар), мальтаза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар). Дисахариды по своим свойствам близки к моносахаридам. Например, и те, и другие хорошо растворимы в воде и имеют сладкий вкус. К числу полисахаридов принадлежит крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин, каллоза и др.

Основная роль углеводов связана с их энергетической функцией. При их ферментативном расщеплении и окислении выделяется энергия, которая используется клеткой. Полисахариды играют главным образом роль запасных продуктов и легко мобилизуемых источников энергии ( например, крахмал и гликоген), а также используются в качестве строительного материала ( целлюлоза, хитин). Полисахариды удобны в качестве запасных веществ по ряду причин: будучи нерастворимы в воде, они не оказывают на клетку ни осмотического, ни химического влияния, что весьма важно при длительном хранении их в живой клетке: твердое, обезвоженное состояние полисахаридов увеличивает полезную массу продуктов запаса за счет экономии их объема. При этом существенно уменьшается вероятность потребления этих продуктов болезнетворными бактериями и другими микроорганизмами, которые, как известно, не могут заглатывать пищу, а всасывают вещества всей поверхностью тела. И наконец, при необходимости запасные полисахариды легко могут быть превращены в простые сахара путем гидролиза.



# ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

- Углеводы, как уже говорилось выше, играют очень важную роль в организме, являясь основным источником энергии. Углеводы поступают к нам в организм в виде сложных полисахаридов - крахмала, дисахаридов и моносахаридов. Основное количество углеводов поступает в виде крахмала. Расщепившись до глюкозы, углеводы всасываются и через ряд промежуточных реакций распадаются на углекислый газ и воду. Эти превращения углеводов и окончательное окисление сопровождаются освобождением энергии, которая и используется организмом.
- Расщепление сложных углеводов - крахмала и солодового сахара, начинается уже в полости рта, где под влиянием птialiна и мальтазы крахмал расщепляется до глюкозы. В тонких кишках все углеводы расщепляются до моносахаридов.

Угле воды всасываются преимущественно в виде глюкозы и только отчасти в виде других моносахаридов ( галактозы, фруктозы). Их всасывание начинается уже в верхних отделах кишечника. В нижних отделах тонких кишок в пищевой каше углеводов почти не содержится. Углеводы через ворсинки слизистой оболочки, к которым подходят капилляры, всасываются в кровь, и с кровью, оттекающей от тонкого кишечника, попадают в воротную вену. Кровь воротной вены проходит через печень. Если концентрация сахара в крови человека равна 0,1%, то углеводы проходят печень и поступают в общий кровоток.

Количество сахара в крови все время поддерживается на определенном уровне. В плазме содержание сахара составляет в среднем 0,1%. В сохранении постоянного уровня сахара в крови большую роль играет печень. При обильном поступлении сахара в организм его излишек откладывается в печени и вновь поступает в кровь, когда содержание сахара в крови падает. В печени углеводы содержатся в виде гликогена.

При употреблении в пищу крахмала уровень сахара в крови заметным изменениям не подвергается, так как расщепление крахмала в пищеварительном тракте длится продолжительное время и образовавшиеся при этом моносахариды всасываются медленно. При поступлении значительного количества (150-200г) обычного сахара или глюкозы уровень сахара в крови резко повышается.

Такое повышение сахара в крови называется пищевой или алиментарной гипергликемией. Избыток сахара выводится почками, и в моче появляется глюкоза.

Выведение сахара почками начинается в том случае, когда уровень сахара в крови составляет 0,15-0,18%. Такая алиментарная гипергликемия наступает обычно после употребления большого количества сахара и вскоре проходит, не вызывая каких-либо нарушений в деятельности организма.

Однако при нарушении внутрисекреторной деятельности поджелудочной железы наступает заболевание, известное под названием сахарной болезни или сахарного диабета. При этом заболевании уровень сахара в крови повышается, печень теряет способность заметно удерживать сахар, и начинается усиленное выделение сахара с мочой.

Гликоген откладывается не только в печени. Значительное его количество содержится также в мышцах, где он потребляется в цепи химических реакций, протекающих в мышцах при сокращении.

При физической работе потребление углеводов усиливается, и их количество в крови увеличивается. Повышенная потребность в глюкозе удовлетворяется как расщеплением гликогена печени на глюкозу и поступлением последней в кровь, так и гликогеном, содержащимся в мышцах.

Значение глюкозы для организма не исчерпывается ее ролью как источника энергии. Этот моносахарид входит в состав протоплазмы клеток и, следовательно, необходим при образовании новых клеток, особенно в период роста. Большое значение имеет глюкоза в деятельности центральной нервной системы. Достаточно, чтобы концентрация сахара в крови понизилась до 0,04%, как начинаются судороги, теряется сознание и т.д.; иначе говоря, при понижении сахара в крови в первую очередь нарушается деятельность центральной нервной системы. Достаточно такому больному ввести в кровь глюкозу или дать поесть обычного сахара, как все нарушения исчезают. Более резкое и длительное понижение уровня сахара в крови - глипогликемия, может повлечь за собой резкие нарушения деятельности организма и привести к смерти.

При небольшом поступлении углеводов с пищей они образуются из белков и жиров. Таким образом, полностью лишить организм углеводов не удастся, так как они образуются и из других пищевых веществ.

# ЖИРЫ

## СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ

- В состав жиров входят углерод, водород и кислород. Жир имеет сложное строение; его составными частями является глицерин ( $C_3H_8O_3$ ) и жирные кислоты, при соединении которых и образуются молекулы жира. Наиболее распространенными являются три жирных кислоты: олеиновая ( $C_{18}H_{34}O_2$ ), пальмитиновая ( $C_{16}H_{32}O_2$ ) и стеариновая ( $C_{18}H_{36}O_2$ ). От сочетания этих жирных кислот при их соединении с глицерином зависит образование того или другого жира. При соединении глицерина с олеиновой кислотой образуется жидкий жир, например, растительное масло. Пальмитиновая кислота образует более твердый жир, входит в состав сливочного масла и является главной составляющей частью человеческого жира. Стеариновая кислота входит в состав еще более твердых жиров, например, сала. Для того, чтобы человеческий организм мог синтезировать специфический жир, необходимо поступление всех трех жирных кислот.



В процессе пищеварения жир расщепляется на составные части - глицерин и жирные кислоты. Жирные кислоты нейтрализуются щелочами, в результате чего образуются их соли - мыла. Мыла растворяются в воде и легко всасываются.

Жиры являются составной частью протоплазмы и входят в состав всех органов, тканей и клеток организма человека. Кроме того, жиры представляют собой богатый источник энергии.

Расщепление жиров начинается в желудке. В желудочном соке содержится такое вещество как липаза. Липаза расщепляет жиры на жирные кислоты и глицерин. Глицерин растворяется в воде и легко всасывается, а жирные кислоты не растворяются в воде. Желчь способствует их растворению и всасыванию. Однако в желудке расщепляется только жир, раздробленный на мелкие частицы, например жир молока. Под влиянием желчи действие липазы усиливается в 15-20 раз. Желчь способствует тому, чтобы жир распался на мельчайшие частицы.



Из желудка пища попадает в двенадцатиперстную кишку. Здесь на нее изливается сок кишечных желез, а также сок поджелудочной железы и желчь. Под влиянием этих соков жиры подвергаются дальнейшему расщиплению и доводятся до такого состояния, когда могут всосаться в кровь и лимфу. Затем, по пищеварительному тракту пищевая каша попадает в тонкий кишечник. Там, под влиянием кишечного сока происходит окончательное расщепление и всасывание.

Жир под влиянием фермента липазы расщепляется на глицерин и жирные кислоты. Глицерин растворяется и легко всасывается, а жирные кислоты нерастворимы в кишечном содержимом и не могут всосаться.

Жирные кислоты входят в соединение со щелочами и желчными кислотами и образуют мыла, которые легко растворяются и поэтому без затруднений проходят через кишечную стенку. В отличие от продуктов расщепления углеводов и белков продукты расщепления жиров всасываются не в кровь, а в лимфу, причем глицерин и мыла, проходя через клетки слизистой оболочки кишечника, вновь соединяются и образуют жир; поэтому уже в лимфатическом сосуде ворсинки находят капельки вновь образованного жира, а не глицерин и жирные кислоты.

# ОБМЕН ЖИРОВ.

- Жиры, как и углеводы, являются в первую очередь энергетическим материалом и используются организмом как источник энергии.
- При окислении 1г жира количество освобождающейся энергии в два с лишним раза больше, чем при окислении такого же количества углеводов или белков.
- В органах пищеварения жиры расщепляются на глицерин и жирные кислоты. Глицерин всасывается легко, а жирные кислоты только после омыления.
- При прохождении через клетки слизистой оболочки кишечника из глицерина и жирных кислот вновь синтезируется жир, который поступает в лимфу. Образовавшийся при этом жир отличается от потребленного. Организм синтезирует жир, свойственный данному организму. Так, если человек потребляет разные жиры, содержащие олеиновую, пальмитиновую стеариновую жирные кислоты, то его организм синтезирует специфический для человека жир. Однако если в пище человека будет содержаться только какая-то одна жирная кислота, например олеиновая, если она будет преобладать, то образовавшийся при этом жир будет отличаться от человеческого и приближаться к более жидким жирам. При употреблении же в пищу преимущественно бараньего сала жир будет более твердый. Жир по своему характеру отличается не только у различных животных, но и в разных органах одного и того же животного.

Жир используется организмом не только как богатый источник энергии, он входит в состав клеток. Жир является обязательной составной частью протоплазмы, ядра и оболочки. Остаток поступившего в организм жира после покрытия его потребности откладывается в запас в виде жировых капель.

Жир откладывается преимущественно в подкожной клетчатке, сальнике, вокруг почек, образуя почечную капсулу, а также в других внутренних органах и в некоторых других участках тела. Значительное количество запасного жира содержится в печени и мышцах. Запасной жир является в первую очередь источником энергии, который мобилизуется, когда расход энергии превышает его поступление. В таких случаях жир окисляется до конечных продуктов распада.

Кроме энергетического значения, запасной жир играет и другую роль в организме; например, подкожный жир препятствует усиленной отдаче тепла, околопочечный - предохраняет почку от ушибов и т. д. Жира в организме может откладываться в запас довольно значительное количество. У человека он составляет в среднем 10-20% веса. При ожирении, когда нарушаются обменные процессы в организме, количество отложенного жира доходит до 50% веса человека.

Количество отложившегося жира зависит от ряда условий: от пола, возраста, условий работы, состояния здоровья и т.д. При сидячем характере работы отложение жира происходит более энергично, поэтому вопрос о составе и количестве пищи людей, ведущих сидячий образ жизни, имеет очень важное значение.

Жир синтезируется организмом не только из поступившего жира, но и из белков и углеводов. При полном исключении жира из пищи он все же образуется и в довольно значительном количестве может откладываться в организме. Основным источником образования жира в организме служат преимущественно углеводы.

# НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

## СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ

- Подобно белкам, нуклеиновые кислоты — биополимеры, а их функция заключается в хранении, реализации и передаче генетической (наследственной) информации в живых организмах.
- Существует два типа нуклеиновых кислот — дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК). Мономерами в нуклеиновых кислотах служат нуклеотиды. Каждый из них содержит азотистое основание, пятиуглеродный сахар (дезоксирибоза — в ДНК, рибоза — в РНК) и остаток фосфорной кислоты.
- В ДНК входят четыре вида нуклеотидов, отличающихся по азотистому основанию в их составе, — аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц) и тимин (Т). В молекуле РНК также имеется 4 вида нуклеотидов с одним из азотистых оснований — аденином, гуанином, цитозином и урацилом (У). Таким образом, ДНК и РНК различаются как по содержанию сахара в нуклеотидах, так и по одному из азотистых оснований (табл. 1).

Таблица 1  
Компоненты нуклеотидов ДНК и РНК

Нуклеиновая кислота	Пятиуглеродный сахар	Азотистые основания	Остаток фосфорной кислоты
<i>ДНК</i>	Дезоксирибоза	Аденин, гуанин, цитозин, тимин	Остаток фосфорной кислоты
<i>РНК</i>	Рибоза	Аденин, гуанин, цитозин, урацил	Остаток фосфорной кислоты



Молекулы ДНК и РНК существенно различаются по своему строению и выполняемым функциям.

Молекула ДНК может включать огромное количество нуклеотидов — от нескольких тысяч до сотен миллионов (поистине гигантские молекулы ДНК удастся «увидеть» с помощью электронного микроскопа). В структурном отношении она представляет собой двойную спираль из *полинуклеотидных цепей* (рис. 1), соединенных с помощью водородных связей между азотистыми основаниями нуклеотидов. Благодаря этому полинуклеотидные цепи прочно удерживаются одна возле другой.

При исследовании различных ДНК (у разных видов организмов) было установлено, что аденин одной цепи может связываться лишь с тиминном, а гуанин — только с цитозином другой. Следовательно, порядок расположения нуклеотидов в одной цепи строго соответствует порядку их расположения в другой. Этот феномен получил название *комплементарности* (т. е. дополнения), а противоположные полинуклеотидные цепи называются *комплементарными*. Именно этим обусловлено уникальное среди всех неорганических и органических веществ свойство ДНК — *способность к самовоспроизведению* или *удвоению* (рис. 2). При этом сначала комплементарные цепи молекул ДНК расходятся (под воздействием специального фермента происходит разрушение связей между комплементарными нуклеотидами двух цепей). Затем на каждой цепи начинается синтез новой («недостающей») комплементарной ей цепи за счет свободных нуклеотидов, всегда имеющих в большом количестве в клетке. В результате вместо одной («материнской») молекулы ДНК образуются две («дочерние») новые, идентичные по структуре и составу друг другу, а также исходной молекуле ДНК. Этот процесс всегда предшествует клеточному делению и обеспечивает передачу наследственной информации от материнской клетки дочерним и всем последующим поколениям.

Рис. 1. Двойная спираль ДНК.

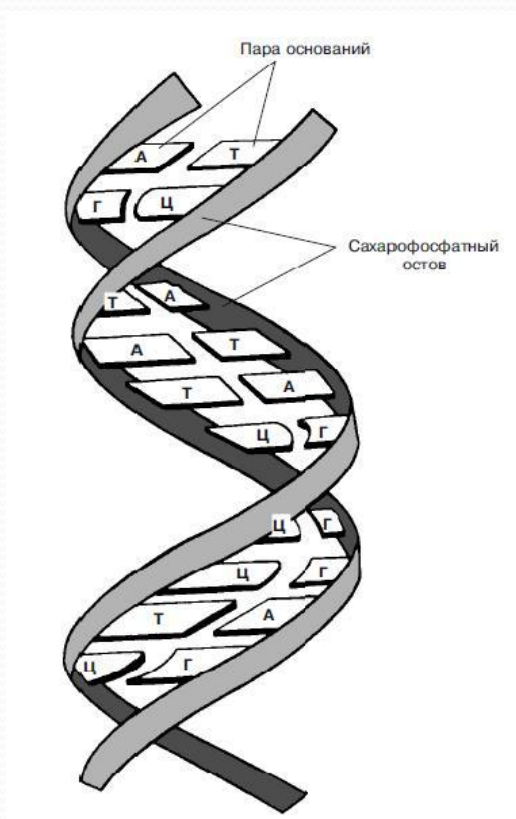


Рис. 2. Репликация ДНК

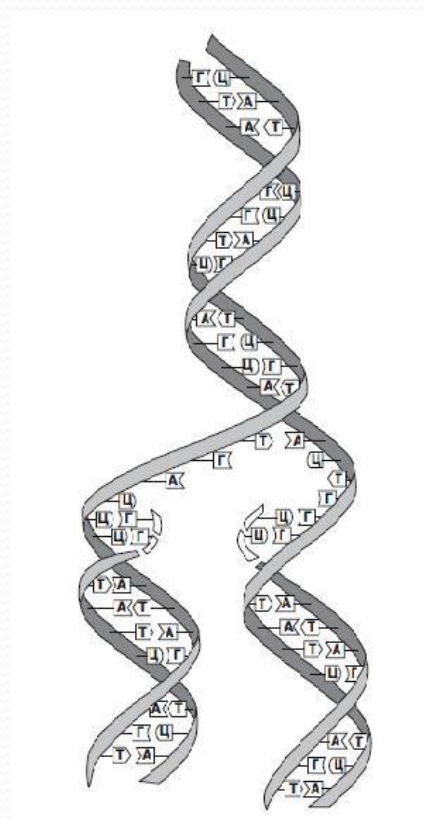


Таблица 2  
Три вида РНК

РНК	Число нуклеотидов в молекуле
<i>Информационные</i>	До 30000
<i>Рибосомальные</i>	До 6000
<i>Транспортные</i>	Около 100

Информационная РНК (и-РНК) располагается в ядре и цитоплазме клетки, имеет самую длинную полинуклеотидную цепь среди РНК и выполняет функцию переноса наследственной информации из ядра в цитоплазму клетки.

Транспортная РНК (т-РНК) также содержится в ядре и цитоплазме клетки, ее цепь имеет наиболее сложную структуру, а также является самой короткой (75 нуклеотидов). Т-РНК доставляет аминокислоты к рибосомам в процессе трансляции — биосинтеза белка.

Рибосомальная РНК (р-РНК) содержится в ядрышке и рибосомах клетки, имеет цепь средней длины. Все виды РНК образуются в процессе транскрипции соответствующих генов ДНК.

# ОБМЕН НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

- Нуклеиновые кислоты составляют существенную небелковую часть сложного класса органических веществ, получивших название нуклеопротеинов (см. главу 2); последние являются основой наследственного аппарата клетки хромосом. Белковые компоненты нуклеопротеинов подвергаются многообразным превращениям, аналогичным метаболизму белков и продуктов их распада – аминокислот, подробно рассмотренному в главе 12. О нуклеиновых кислотах, их структуре и функциях в живых организмах в последнее время накоплен огромный фактический материал, подробно рассмотренный в ряде специальных руководств и монографий. Помимо уникальной роли нуклеиновых кислот в хранении и реализации наследственной информации, промежуточные продукты их обмена, в частности моно-, ди- и трифосфатнуклеозиды, выполняют важные регуляторные функции, контролируя биоэнергетику клетки и скорость метаболических процессов. В то же время нуклеиновые кислоты не являются незаменимыми пищевыми факторами и не играют существенной роли в качестве энергетического материала. Далее детально рассматриваются (помимо краткого изложения вопросов переваривания) проблемы метаболизма нуклеиновых кислот и их производных, в частности пути биосинтеза и распада пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов, современные представления о биогенезе ДНК и РНК и их роли в синтезе белка.

Переваривание нуклеопротеинов и всасывание продуктов их распада осуществляются в пищеварительном тракте. Под влиянием ферментов желудка, частично соляной кислоты, нуклеопротеины пищи распадаются на полипептиды и нуклеиновые кислоты; первые в кишечнике подвергаются гидролитическому расщеплению до свободных аминокислот. Распад нуклеиновых кислот происходит в тонкой кишке в основном гидролитическим путем под действием ДНК- и РНКазы панкреатического сока. Продуктами реакции при действии РНКазы являются пуриновые и пи-римидиновые монопнуклеотиды, смесь ди- и тринуклеотидов и резистентные к действию РНКазы олигонуклеотиды. В результате действия ДНКазы образуются в основном динуклеотиды, олигонуклеотиды и небольшое количество монопнуклеотидов. Полный гидролиз нуклеиновых кислот до стадии монопнуклеотидов осуществляется, очевидно, другими, менее изученными ферментами (фосфодиэстеразами) слизистой оболочки кишечника.



В отношении дальнейшей судьбы мононуклеотидов существует два предположения. Считают, что мононуклеотиды в кишечнике под действием неспецифических фосфатаз (кислой и щелочной), которые гидролизуют фосфоэфирную связь мононуклеотида («нуклеотидазное» действие), расщепляются с образованием нуклеозидов и фосфорной кислоты и в таком виде всасываются. Согласно второму предположению, мононуклеотиды всасываются, а распад их происходит в клетках слизистой оболочки кишечника. Имеются также доказательства существования в стенке кишечника нуклеотидаз, катализирующих гидролитический распад моно-нуклеотидов. Дальнейший распад образовавшихся нуклеозидов осуществляется внутриклеток слизистой оболочки преимущественно фосфоли- тическим, а не гидролитическим путем.

Всасываются преимущественно нуклеозиды, и в таком виде часть азотистых оснований может быть использована для синтеза нуклеиновых кислот организма. Если происходит дальнейший распад нуклеозидов до свободных пуриновых и пиримидиновых оснований, то гуанин не используется для синтетических целей. Другие основания, как показывают опыты с мечеными по азоту аденином и урацилом, в тканях могут включаться в состав нуклеиновых кислот. Однако экспериментальные данные свидетельствуют, что биосинтез азотистых оснований, входящих в состав нуклеиновых кислот органов и тканей, протекает преимущественно, если не целиком, *de novo* из низкомолекулярных азотистых и безазотистых предшественников.

Таким образом, синтез нуклеиновых кислот, мономерными единицами которых являются монопнуклеотиды, будет определяться скоростью синтеза пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов; синтез последних в свою очередь зависит от наличия всех составляющих из трех компонентов.

Источником рибозы и дезоксирибозы служат продукты превращения глюкозы в пентозофосфатном цикле. Пока не получены доказательства существенной роли пищевых пентоз в синтезе нуклеиновых кислот. Фосфорная кислота также не является лимитирующим фактором, поскольку она поступает в достаточном количестве с пищей.

Следовательно, биосинтез нуклеиновых кислот начинается с синтеза азотистых оснований (точнее, мономерных молекул – монопнуклеотидов).