

В составе большинства клеток обнаруживаются различные по строению белки, отличающиеся своей биологической ролью. Особенно заметно присутствуют белки-катализаторы (ферменты), нуклеопротеиды, при участии которых осуществляется синтез белков, и некоторые другие белки.

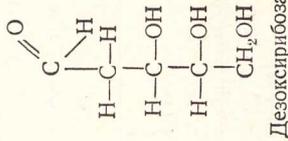
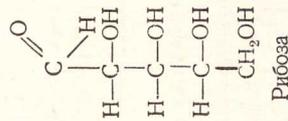
## Глава 6 НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Нуклеиновые кислоты выполняют важные биологические функции: при их участии обеспечивается хранение и передача наследственной информации путем контроля синтеза белка. Несмотря на различия в функциях отдельных видов нуклеиновых кислот, их биологическая роль взаимосвязана.

Нуклеиновые кислоты представляют собой высокомолекулярные полимеры, состоящие из большого числа нуклеотидов. Структурные элементы нуклеиновых кислот входят в состав некоторых ферментов, регулируют их активность (циклические нуклеотиды), участвуют в аккумуляции, переносе и трансформации энергии (аденозинтрифосфорная кислота, аденозиндифосфорная кислота и другие ди- и трифосфонуклеотиды).

### 6.1. СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

Каждый из нуклеотидов, входящих в состав нуклеиновых кислот, содержит три соединения: азотистое основание, моносахарид пентозу и остаток фосфорной кислоты. В нуклеиновые кислоты входят две пентозы: рибоза и дезоксирибоза.



В зависимости от того, какой углевод входит в состав нуклеотидов, нуклеиновые кислоты разделены на две группы: дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК) и рибонуклеиновые кислоты (РНК). При незначительном различии в строении нуклеотидов различие в биологической роли ДНК и РНК весьма существенное.

В составе нуклеотидов обнаружено пять азотистых оснований. Два из них—аденин и гуанин—входят в состав всех нуклеиновых кислот и являются производными гетероциклического соединения пурина, поэтому их называют также **пуриновыми основаниями**.

ткани, антивсвертывающий агент крови (гепарин), слизистое вещество слюны (муцин). Гликопротеиды крови участвуют в иммунно-биологических реакциях; некоторые из них являются гормонами (гонадотропный, фолликулостимулирующий) или ферментами. Гликопротеиды определяют группу крови у людей, знание которой необходимо для предотвращения тяжелых осложнений при переливании крови.

**Металлопротеиды** содержат ионы одного или нескольких металлов. Металлопротеиды, содержащие железо (ферритин и др.), в отличие от гемоглобина выполняют роль транспорта и депо железа в организме. Имеются белки, в состав которых входят цинк, марганец, медь и другие металлы. Многие из них входят в состав ферментов.

### 5.7. СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ

Наиболее высоким содержанием белков характеризуются ткани животных. В растениях оно существенно ниже. Больше всего белков в семенах злаков (10—13%) и бобовых (20—35%); в съедобных корнях содержится существенно меньше белков (до 3%) и совсем мало — в листьях.

В различных органах и тканях организма человека содержание белков колеблется от 14 до 84% сухого остатка (табл. 11).

Наиболее богаты белками легкие, селезенка, почки, однако большая часть белков сосредоточена в поперечнополосатых мышцах, костях, коже (64,9%). Каждая ткань и отдельная клетка характеризуются значительным разнообразием входящих в ее состав белков, что объясняется сложностью строения и многообразием функций различных органов. Для выяснения строения и роли отдельных белков в клетке их разделяют различными способами, после чего определяют физико-химические свойства и биологическое действие.

Таблица 11 Содержание белков в органах и тканях человека

Органы и ткани	Содержание белков, %		Органы и ткани	Содержание белков, %	
	в тканях сухих	в белке общего		в сухой ткани	в белке общего
Кожа	63	11,5	Селезенка	84	0,2
Кости (твердые ткани)	20	18,7	Почки	72	0,5
Зубы (твердые ткани)	18	0,1	Поджелудочная железа	47	0,1
Поперечнополосатые мышцы	80	34,7	Пищеварительный тракт	63	1,8
Мозг и нервная ткань	45	2,0	Жировая ткань	14	6,4
Печень	57	3,6	Остальные ткани:		
Сердце	60	0,7	жидкие	85	1,4
Легкие	82	3,7	плотные	54	14,6
			Все тело	45	100,0



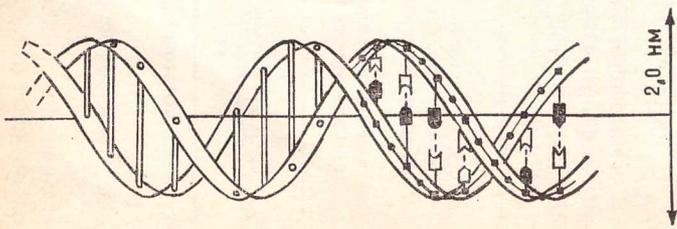


Рис. 19  
Модель строения дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) в форме двойной спирали (по Уотсону и Крику, 1953):  
1 — остатки углеводных молекул; 2 — остатки фосфорной кислоты; 3 и 4 — пары азотистых оснований; 5 — водородные связи

числу пуриновых нуклеотидов. В свою очередь, содержание аденина (адениловой кислоты) равно содержанию цитозина (цитидиловой кислоты), а количество гуанина — количеству тимина.

В состав ДНК входит громадное число нуклеотидов (до  $2 \cdot 10^9$ ). Однако каждый организм имеет свой нуклеотидный состав. Все соматические клетки данного организма в любом возрасте и при любых физиологических состояниях сохраняют его.

Ввиду большой сложности строения молекулы ДНК, чувствительности к различным воздействиям ее первичная структура полностью не расшифрована; определены лишь набор и последовательность расположения нуклеотидов в отдельных участках цепи ДНК.

Представление о **вторичной структуре** ДНК связано с предложением Уотсоном и Криком в 1953 г. модели ее строения. На основе пространственной структуры ДНК периодически повторяется. Она представляет собой двойную спираль (рис. 19), образованную двумя полинуклеотидными цепями. Азотистые основания расположены внутри спирали, а углеводные и фосфатные остатки — снаружи. Основания уложены парами, между ними имеются водородные связи, благодаря которым структура ДНК довольно устойчива.

Было установлено также, что азотистые основания двух спиралей расположены по определенному принципу, получившему название **комплементарности**: напротив определенного основания одной спирали располагается также строго определенное (не любое!) основание другой. Так, против тимина всегда располагается аденин, а против гуанина — цитозин. Этим, в частности, объясняется, почему в молекуле ДНК содержится одинаковое число пуриновых и пиримидиновых оснований.

В клетке ДНК имеет и **третичную структуру**, благодаря чему она «упакована» довольно компактно. Почти вся ДНК сосредоточена в ядре клетки. По расчетам спираль ДНК должна иметь протяженность около 8 см, тогда как занимаемое ею пространство в клетке фактически составляет не более 5 нм.

Молекула ДНК имеет весьма высокую молекулярную массу ( $10^7 - 10^{10}$ ).

### 6.3. СТРОЕНИЕ РНК

**Первичную структуру** РНК также составляет цепь соединенных между собой через остаток фосфорной кислоты нуклеотидов (рибонуклеотидов): адениловой, гуаниловой, цитидиловой и уридиловой кислот (АМФ, ГМФ, ЦМФ, УМФ). В их состав входит рибоза. Разные виды РНК различаются набором нуклеотидов, их количеством и последовательностью расположения.

**Вторичная структура** РНК зависит от вида РНК, а также от функционального состояния клетки. Молекулы РНК имеют одноцепочечное строение и могут иметь спирализованные и складчатые участки за счет водородных связей внутри цепи. Некоторые РНК (транспортные) имеют вид кленового листа. В клетке молекулы РНК могут быть более компактными, так как благодаря взаимодействию между основаниями могут образовываться дополнительные складки. Содержание РНК в разных клетках различно в зависимости от интенсивности синтеза белка в них, тем не менее количество ее составляет около 5—10% от общей массы клетки.

В отличие от ДНК молекула РНК не имеет постоянного состава, в клетке всегда присутствуют разные РНК, выполняющие различные функции. Выделяют три вида РНК: матричные РНК (м-РНК), рибосомальный РНК (р-РНК) и транспортные РНК (т-РНК). Они отличаются нуклеотидным составом, молекулярной массой и функцией.

**Матричные РНК** составляют примерно 2% от общего содержания РНК в клетке, содержат от 75 до 3000 нуклеотидов и соответственно этому имеют молекулярную массу  $25 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6$ . Молекула м-РНК имеет вытянутую форму. Обнаруживают м-РНК в ядрах и цитоплазме.

**Транспортные РНК** в клетке составляют 10—15% всех РНК, имеют в своем составе 70—90 нуклеотидов и молекулярную массу  $2,5 \cdot 10^4 - 3,1 \cdot 10^4$ . Их форма своеобразна и сходна с кленовым листом.

Основная масса РНК (80—90%) в клетке приходится на **рибосомальные РНК**. Они состоят из большого числа нуклеотидов (1500—4500), имеют молекулярную массу  $0,5 \cdot 10^6 - 1,6 \cdot 10^6$ . Молекула р-РНК имеет компактный вид.

### 6.4. БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ДНК И РНК

Значение ДНК определяется ее фундаментальной биологической ролью. Вся совокупность генетической информации о клетке и организме в целом в закодированном виде сосредоточена в генах хромосом, находящихся в ядре клетки. Решающим аппаратом кодирования наследственной информации в хромосомах является ДНК. Информация передается в форме кода, основу которого составляет определенный набор нуклеотидов. Отдельные участки

ДНК кодируют свойства белков различных состава и функции. Поэтому состав ДНК и ее количество довольно постоянны в различных клетках организма.

РНК функционально связаны с ДНК; их роль в клетке состоит в синтезе белков по программе, зашифрованной в участках ДНК. Каждый вид РНК выполняет «свою» функцию при синтезе белка; р-РНК образует структуру рибосом. Сборка полипептидной цепи, т. е. синтез белковой молекулы, осуществляется при непосредственном участии м-РНК, набор ее нуклеотидов кодирует строго определенный аминокислотный состав будущей молекулы белка. В свою очередь, м-РНК образуется на молекулах ДНК, воспринимая от них генетически обусловленные сведения о строении и свойствах белка. Наконец, т-РНК осуществляет доставку аминокислоты к месту синтеза, к молекуле м-РНК. Каждая т-РНК специфически связывает и доставляет к месту синтеза только свою аминокислоту. Для синтеза белка используется 20 аминокислот, однако т-РНК больше — около 60; это объясняется тем, что для некоторых аминокислот имеется не одна, а две или несколько т-РНК. В связи с тем что в клетках синтезируется большое количество разнообразных белков и скорость их синтеза различна, количество и состав РНК (особенно м-РНК) очень неоднородны.

#### 6.3. СТРОЕНИЕ НУКЛЕОТИДОВ И ИХ РОЛЬ В ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ

Мононуклеотиды могут присоединять остатки фосфорной кислоты, при этом образуются нуклеозиддифосфаты и нуклеозидтрифосфаты. Свободные нуклеозидтрифосфаты используются в клетке для синтеза ДНК и РНК (см. гл. 14). Нуклеозидтрифосфаты выполняют важную роль в энергетическом обмене, являясь макроэргическими соединениями (аккумулируют энергию биологического окисления). Особенно велика роль в биоэнергетических процессах аденозинтрифосфата (АТФ); подробнее см. гл. 11).

В организме существуют так называемые циклические нуклеотиды, которые могут образовываться при распаде РНК или непосредственно из аденозинтрифосфата (АТФ) при их преобразовании специальными ферментами в циклическую форму. Циклический аденозинмонофосфат ( $\alpha = 3'5'$  — АМФ) оказывает влияние на обмен веществ и выполняет регуляторную функцию.

### Глава 7

## ФЕРМЕНТЫ

### 7.1. ФЕРМЕНТЫ — БИОЛОГИЧЕСКИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ

В живом организме постоянно происходит огромное число разнообразных химических реакций. Все его клеточные структуры непрерывно обновляются. Эти изменения протекают с огромной скоростью, в миллионы раз превышающей скорость подобных ре-

акций в неживой природе. В то же время превращения в организме осуществляются при сравнительно низких температурах и давлении, в ограниченном диапазоне колебаний концентрации водородных и гидроксильных ионов. Например, распад белков пищи до аминокислот в пищеварительной системе человека происходит при температуре  $37^\circ$  за 2—3 ч, в то время как в лаборатории ту же реакцию можно провести лишь при температуре  $100^\circ$ , в присутствии крепких растворов кислот, за несколько десятков часов.

Огромная скорость реакций в живых организмах возможна потому, что в них имеются биологические катализаторы высокой активности — ферменты, или энзимы. Они изменяют скорость химической реакции, но сами после реакции возвращаются к исходному состоянию.

По химической природе ферменты являются белками. Они образуют коллоидные растворы, имеют молекулярную массу от десятков тысяч до нескольких миллионов углеродных единиц, в растворах ведут себя как амфотерные электролиты и при изменении рН меняют величину электрического заряда молекул. Ферменты способны кристаллизоваться из растворов. Кристаллы ферментов содержат значительное количество воды, обладают высокой каталитической активностью. При обезвоживании кристаллы разрушаются, и ферменты утрачивают активность.

Различают ферменты **внутриклеточные** и **внеклеточные**. Внутриклеточные ферменты проявляют свое действие в тех клетках тела, где они образуются. Они входят в состав сложных клеточных структур и могут создавать комплексы с другими ферментами, ускоряя таким образом протекание не единичной реакции, а биохимического процесса, включающего множество реакций. Внеклеточные ферменты выделяются из клеток в кровь, пищеварительные соки и другие биологические жидкости, где и ускоряют разнообразные превращения веществ.

Большинство химических составных частей живого организма способно к множеству различных превращений. Фермент, ускоряя только одну какую-либо реакцию, препятствует всем побочным реакциям и тем самым определяет направление основного биохимического процесса.

### 7.2. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Учение о скорости химических реакций и факторах, влияющих на нее, называется **химической кинетикой**. В химической кинетике *скорость реакции* определяется как *изменение концентрации реагирующих веществ, происходящее в единицу времени*. Ее можно измерить числом грамм-молекул (молей) веществ, прореагировавших в 1 л за 1 с (моль/л·с).

Скорость реакции зависит от строения молекул реагирующих веществ (реагентов), их концентрации, температуры, давления, наличия катализатора и некоторых других факторов.

Реакция становится возможной только при столкновениях молекул. Чем больше молекул в единице объема, тем чаще они стал-