

Мультимедийные иллюстрации по лекционному курсу «Биологическая химия». Студентам 3 курса биологического отделения факультета естественных наук и медицинского факультета НГУ.

17 разделов 205 слайдов

#### Краткая аннотация курса.

Курс лекций предназначен для студентов биологических и химических, а также медицинских факультетов университетов и ВУЗов. В учебном курсе излагаются основные положения биохимии с главным акцентом на характеристики биохимических систем и процессов, отличающие их от химических превращений неживой природы. Это, в первую очередь, определяющая роль нековалентных взаимодействий в формировании пространственной структуры биополимеров и в обеспечении специфичности биохимических процессов, роль ферментов в химических превращениях в живой природе, матричный биосинтез как путь построения неисчислимого многообразия структур с помощью универсальных катализаторов, организация ферментативных реакций в системы процессов со сложной пространственной организацией и тонкими механизмами регуляции. Большое внимание уделяется использованию биохимических процессов для целей органического синтеза и создания высокочувствительным методов анализа.

## Разделы курса

- Главные химические компоненты живых организмов
- 1. Белки и их мономерные компоненты, биологические функции. Пространственная структура белков. Нековалентные взаимодействия в биологических системах.
- 2. Нуклеиновые кислоты и их мономерные компоненты.
- 3. Установление структуры биополимеров.
- 4. Механизм действия и активные центры ферментов.
- Оксидоредуктазы
- Трансферазы
- Гидролазы
- Лиазы
- Изомеразы
- Лигаза (Синтетазы)
- 
- 5. Основные группы низкомолекулярных органических соединений в живой природе( кофакторы, коферменты и простетические группы).

- Основы биоэнергетики
  - 6. Гликолиз.
  - 7. Пируватдегидрогеназный комплекс
  - 8. Цепь переноса электронов и окислительное фосфорилирование
  - 9. Цикл трикарбоновых кислот
  - 10. Пентозофосфатный цикл
  - 11. Окисление жирных кислот
  - 12. Катаболизм аминокислот

- 
- 13. Фотосинтез. Фотосинтетическое фосфорилирование
- 14. Глюконеогенез.
- 15. Биосинтез жирных кислот и фосфолипидов. Биосинтез липидов, построенных из изопентильных фрагментов.
- 16. Биосинтез и биохимические превращения аминокислот.
- 17. Биосинтез нуклеотидов.
-

Для наглядного восприятия клеточных структур и их относительного размера удобно перейти к более мелким единицам длины, например к ангстремам (А), и более мелким единицам массы, например атомным единицам массы (а.е.м.).

Существенно для восприятия небольшое изменение единиц плотности.

1 см равен  $10^8$  (в 8 степени) ангстрем и , следовательно,  $1^3$  см равен  $10^{24}$  А<sup>3</sup>.

1г равен  $6 \cdot 10^{23}$  а.е.м.

Хромосомы: В клетке эукариот находятся до 6 000 000 каждого из гистонов и 20 – 40 000 каждой из РНК полимераз.

Оценочные геометрические параметры клетки

Для оценки примем линейный размер эукариотической клетки т.е.  $10^5$  А, что составляет 10 мкм. При таком линейном размере для сферической клетки объём составит  $\frac{4}{3}(\pi r^3) = 4r^3 = 4 \cdot 10^{15}$  А<sup>3</sup>, а поверхность  $4 \pi r^2 = 10 r^2 = 10^{11}$  А<sup>2</sup>. Если принять среднюю молекулярную массу белка 100кДа, т.е.  $10^5$  а.е.м., а плотность белка за 1 а.е. м./А<sup>3</sup>, то каждый такой белок займет объём  $10^5$  А<sup>3</sup> и при заполнении такими белками 10 % объёма клетки их число может составить  $4 \cdot 10^{14} / 10^5 = 4 \cdot 10^9$  молекул таких белков.

Для размещения белков на поверхности нужна оценка радиуса белка. Для белка с молекулярной массой 100кДа, т.е. объёмом  $10^5$  А<sup>3</sup> радиус составит исходя из формулы

$$V = \frac{4}{3}(\pi r^3) = 4r^3 \quad r = (10/4)^{1/3} \cdot 10 = 30 \text{ А}$$

Поверхность такой белковой молекулы составит  $4 \pi r^2 = 12 \cdot 30^2 = 10^4$  А<sup>2</sup> и, следовательно на поверхности клетки может разместиться сплошным слоем  $10^7$  молекул белка.

# Удивительное рядом

- И таких удивительностей в организме - великое множество. Вот лишь некоторые цифры и факты из занимательной анатомии и физиологии человека:
- Человеческий организм состоит примерно из  $10^{15}$  - одного квадриллиона - клеток.
- Наш скелет образуют 206 костей, 85 парных и 36 непарных. Большая берцовая кость может выдержать осевую нагрузку в 1600-1800 кг (легковой автомобиль). Она же - и самая длинная кость скелета, около 27 процентов от роста человека. Бедренно-подвздошная связка выдерживает нагрузку на растяжение в 360 кг. Самые маленькие кости организма человека - слуховые, их вес не превышает 0,05 грамма. Лопатка не связана ни с какими костями туловища, ее фиксируют 15 мышц. Кость на 50 процентов состоит из воды. Увеличение роста человека заканчивается в 24 года. Рост человека к вечеру уменьшается на 1-2 сантиметра, к утру возвращается к прежнему показателю. Центр тяжести тела находится на уровне 2-го крестцового позвонка, примерно в 7 сантиметрах спереди от него.
- Общее количество мышц человека - свыше 600. Челюстные мышцы на коренных зубах человека развивают усилие в 72 кг. Самая сильная на растяжение мышца человека - икроножная. Она способна удержать груз весом до 130 кг. На долю большого пальца кисти приходится 75 процентов ее функции. 1 квадратный сантиметр поперечного сечения мышцы рассчитан на 10 кг нагрузки.
- О

За 1 час в организме человека синтезируется около 100 граммов белков. Энергетические резервы человека массой 70 кг: около 15 кг жиров (жировая ткань), 6 кг белков (в основном в скелетных мышцах) и только 0,9 кг углеводов (в виде гликогена).

Масса головного мозга у мужчин составляет в среднем 1375 граммов, у женщин - 1275 граммов, индивидуальные колебания - от 900 до 2000 граммов. При этом вес мозга на умственные способности не влияет. Для сравнения - масса мозга Тургенева - 2012 грамма, Павлова - 1653 грамма, Менделеева - 1751 грамм, Гете - 1210 граммов. Работают только около 4 процентов имеющихся клеток головного мозга, остальные находятся в резерве. Ежечасно гибнет около тысячи нейронов. Длина спинного мозга у мужчин около 45 сантиметров, у женщин 40-42 сантиметров. Диаметр нейронов спинного мозга не более 0,1 миллиметра, а длина их отростков иногда достигает полутора метров. Скорость нервного импульса, бегущего по рефлекторной дуге может достигать 120 метров в секунду.

Продолжительность жизни зрелых клеток крови: эритроцитов - до 120 суток, тромбоцитов - 10-14 суток, лимфоцитов - 2 суток, нейтрофильных лейкоцитов - 8-10 часов.

Время пребывания смешанной пищи в желудке взрослого человека примерно 6 часов. Емкость желудка в среднем 1,5-2 литра. В сутки в желудке образуется около 1,5 л желудочного сока. Обычная смешанная пища, составляющая наш дневной рацион, находится в тонкой кишке 6-7 часов, а в толстой 18-20. Общая площадь всасывающей поверхности ворсинок тонкой кишки - 4-6 квадратных метра. Всего этих ворсинок около 4 миллиардов. У взрослого человека длина тонкой кишки 6-6,5 метра, толстой - 1,5-1,8 метра, диаметр толстой кишки может увеличиваться с 6-8 до 40-45 сантиметров. Клетки здоровой печени за сутки перерабатывают 720 литров крови. В пищеварительном тракте - 35 сфинктеров (кольцевых мышц).



В глазу человека около 110-130 миллионов рецепторов-"палочек", отвечающих за восприятие света вообще, и только 5-7 миллионов "колбочек", отвечающих за восприятие цвета. Глаз способен различать 130–250 чистых цветовых тонов и 5–10 миллионов смешанных оттенков. Глаз не способен воспринимать неподвижное изображение, поэтому, даже когда мы смотрим в одну точку, наши глаза все равно движутся, делая в секунду от 20 до 70 движений с минимальной амплитудой. За сутки в норме выделяется около 1 миллилитра слезной жидкости. При плаче может выделиться до 10 миллилитров (2 чайных ложки) слез. При совершенной прозрачной атмосфере палочки сетчатки глаза могли бы среагировать на свет свечи, находящейся на расстоянии более 30 километров. Ухо человека способно улавливать звуки с частотой от 10-20 Гц до 15-20 кГц. Речевой диапазон 1-3 кГц.

Бронхиальное дерево имеет 24 уровня ветвления. Общее количество альвеол в легких достигает 300-350 миллионов. Общая площадь дыхательной поверхности легких более 90 квадратных метров. В норме кожное дыхание составляет около 3-5 процентов всего дыхания, в экстремальных ситуациях его удельный вес возрастает до 30 процентов.

Критическая масса органов и тканей, достаточная для поддержания жизнедеятельности: печень - 15 процентов, почки - 25 процентов, эритроциты - 35 процентов, легкие - 45 процентов, объем циркулирующей плазмы - 70 процентов. Основные биологические системы человека имеют троекратный "запас прочности", в терминальных состояниях, когда речь идет о жизни и смерти организма эти резервы могут возрасти еще вдвое, но на короткое время.

Длина капилляров во всей почке составляет около 25 километров.

Фильтрационная поверхность почки достигает 1,5 квадратных метра. Продолжительность жизни сперматозоида около 36 часов, яйцеклетки - 12-24 часа. Во время эякуляции общий путь сперматозоидов, который они проходят за считанные секунды, составляет 6,3-7,8 м. Мужские половые железы начинают функционировать в возрасте 7 лет, когда начинают формироваться вторичные мужские половые признаки. Соматически организм мужчины созревает в половом отношении к 16-19 годам, психологически - лишь к 20-21 году. В течение жизни женщины в ее яичниках созревает около 400 фолликулов (13 фолликулов в год). Длительность менструального цикла у женщины может колебаться от 21 до 32 дней. Общее количество терморецепторов в коже человека около 280 тысяч, из них только 30 тысяч тепловых, остальные - холодовые. Минимальное количество болевых рецепторов - в области щеки. Самое длинное латинское название в организме человека: *Saccus caecus retro musculus sternocleidomastoideus seu recessus lateralis Gruberi* ("слепой мешок позади грудинно-ключично-сосцевидной мышцы или боковой карман Грубера")