

- **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ**
-
- лекция № 6
- лектор доцент Свергун В.Т.
-

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ

БО –это совокупность реакций, приводящих к образованию полезной энергии за счет деградации компонентов пищи.

Принципиальной особенностью БО является то, что оно протекает постепенно, через многочисленные промежуточные стадии, т.е. происходит многократная передача протонов и электронов от донора к акцептору.

- Древние философы отмечали взаимосвязь между процессами жизнедеятельности и дыханием. Они также провели параллель между дыханием и горением.
- Платон утверждал, что воздух нужен для охлаждения внутреннего жара
- Аристотель полагал, что воздух нужен для поддержания внутреннего горения.
- В 17-18 веках получила признание теория горючего начала- флогистона(Штамм) и объясняла процессы горения выделением особого невесомого вещества, но эта теория была опровергнута М.В.Ломоносовым и А.Л. Лавуазье.

- В середине 18 века было установлено:
- 1. процесс горения идет в воздушной среде с высокой температурой,
- дыхание – в среде с пониженной температурой;
- 2. при дыхании, как и при горении выделяется тепло, но в незначительном количестве;
- 3. конечные продукты окисления – углекислый газ и вода.
- В 1751 году М.В. Ломоносов подробно рассмотрел процессы горения и окисления. В 1774 году Лавуазье повторил опыты Ломоносова и показал, что процессы горения и дыхания идентичны, т.к. образуются идентичные продукты.
- Лавуазье назвал дыхание медленным горением и предположил, что процесс сгорания Глюкозы в организме протекает:
- $$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{ ----- } 6CO_2 + 6H_2O + Q$$

- В начале 19 века стали известны катализаторы, с помощью которых осуществлялись процессы окисления. Это были металлы, обладающие «внутренней силой».
- В середине 19 века ученый Шейнбах, открывший озон, предположил, что в организме образуется озон и, он используется в реакциях окисления.
- После работ Лавуазье стало ясно, что БО протекает в необычайных условиях:
 - - при пониженной температуре
 - - без пламени
 - - и в присутствии большого количества воды (75-80%).
- В 19 веке появилось понятие о ферментах и причину своеобразного течения БО попытались объяснить « активацией» кислорода в клетках организма.

- Теория А.Баха предполагала активацию соединений молекулярным кислородом.
- $A + O_2 = AO_2$. Но это предполагало наличие высокой концентрации перекиси водорода и высокоактивной оксидазы, что не нашло подтверждения.
- К концу 19 века с развитием физики ядра и накоплением знаний о структуре веществ, было установлено, что не все процессы окисления требуют для своей реализации кислород.
- Согласно современным представлениям ОВР- это процесс перемещения электронов и протонов от донора (восстановителя)- к акцептору(окислителю).
- Количественной мерой является ОВП. Точной отсчета взят ОВП водорода.

- В 1912 году была сформулирована теория Палладина-Виланда, согласно которой в организме есть промежуточные вещества, способные акцептировать электроны и протоны от субстрата с последующей передачей электронов и протонов на кислород. По этой теории весь процесс БО можно разбить на 2 этапа:
 - 1. анаэробный- передача электронов и протонов с субстрата на промежуточное вещество;
 - 2. аэробный – передача электронов и протонов с промежуточного вещества на кислород.
- Палладин предполагал, что существует несколько промежуточных переносчиков, позволяющих организму поэтапно освобождать химическую энергию, и кислород выступает в качестве конечного акцептора электронов и протонов.
 - 1. анаэробный этап:
 - $\text{SH}_2 + \text{R} \rightarrow \text{S} + \text{RH}_2$
 - 2. аэробный этап
 - $\text{RH}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{R} + \text{H}_2\text{O}$
- Роль промежуточных переносчиков (хромогенов) выполняют коферменты (NAD, NADF, FMN,FAD) оксидоредуктазы.
- Начиная с 1925г изучение БО протекало в направлении изучения структуры хромогенов.

- В 1932 г академик В.Энгельгард показал, что
- процессы окисления идут с образованием
- АТФ (окислительное фосфорилирование).
- В 1945 г А. Ленинджер и Кеннеди впервые показали,
- что процесс окисления веществ, цикл Кребса
- локализован в митохондриях.
- Современные представления о БО базируются на
- основах термодинамики.
- 1-Закон- сохранения энергии: энергия никуда не
- исчезает , а только переходит из одной формы в
- другую, т.е. сохраняется.
- 2-Закон- все тела и химические процессы стремятся
- к состоянию с минимумом энергии, т.е. к состоянию
- покоя и беспорядка, т.е. к энтропии

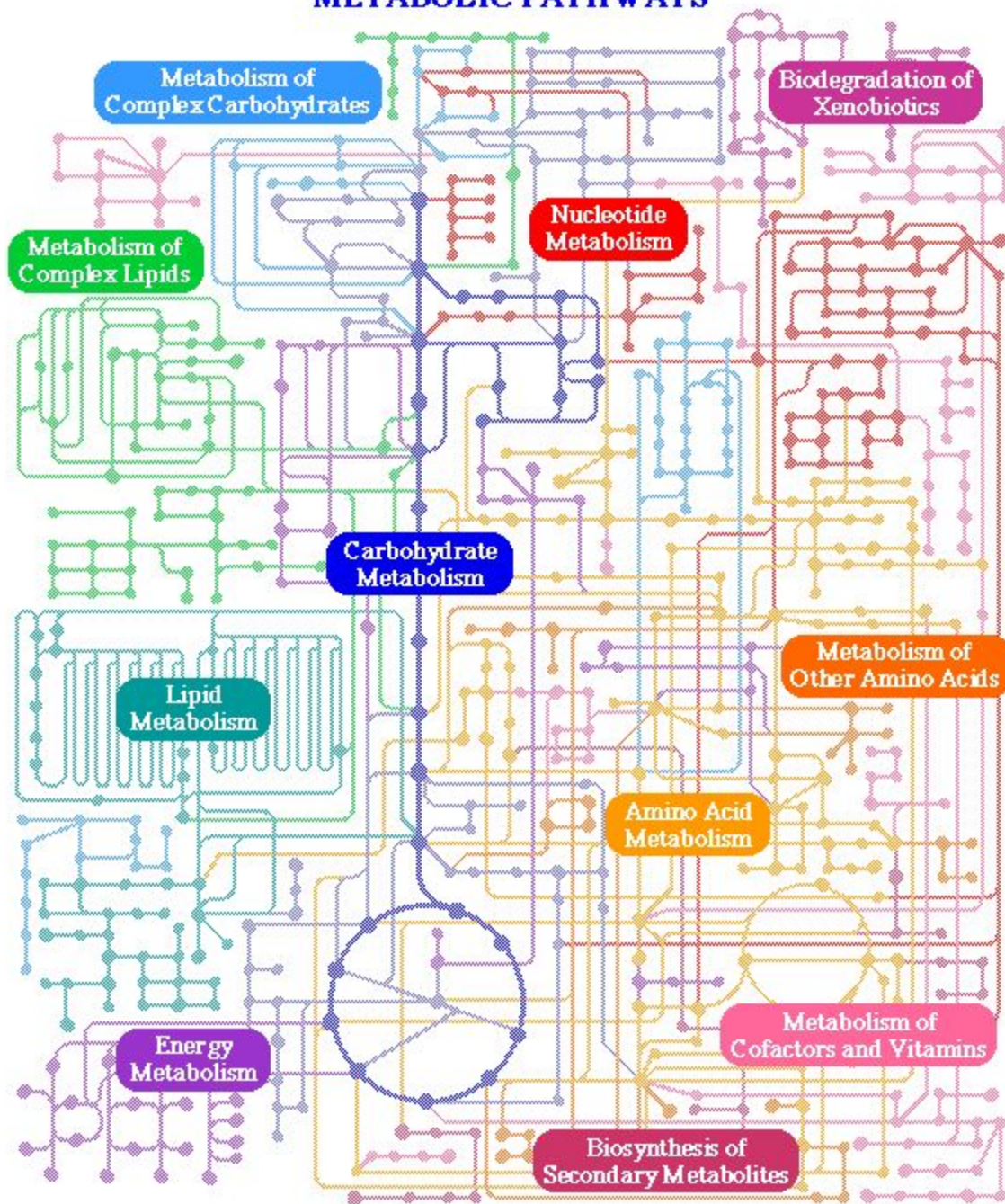
С термодинамической точки зрения организм человека- антиэнтропийная среда, открытая система, которая обменивается с окружающей средой веществом и энергией. Основой жизнедеятельности организма является обмен веществ –МЕТАБОЛИЗМ.

Субстраты биологического окисления

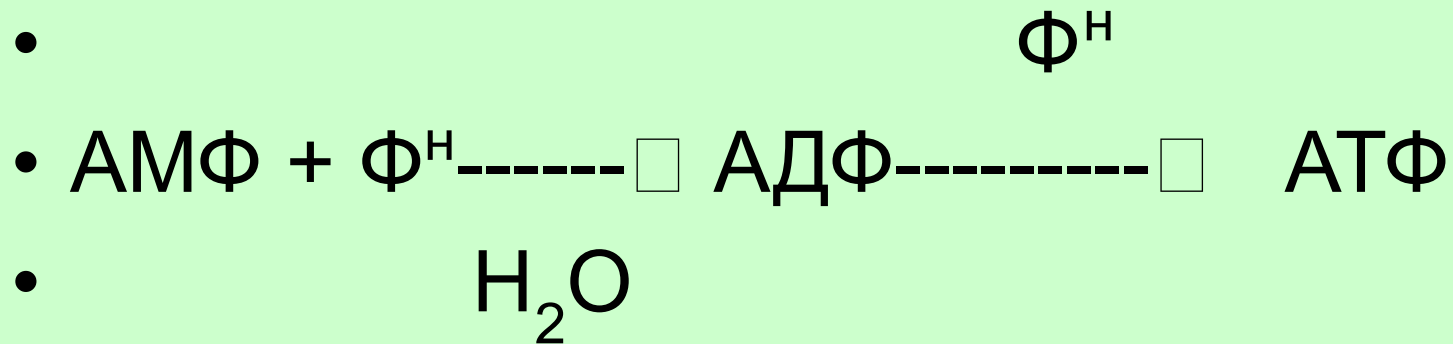
- Субстратом БО является любое вещество, способное поставлять электроны и протоны, энергия которых трансформируется в полезную форму.
- Субстраты БО: метаболиты, восстанавливающие NAD, FAD, служащие предшественниками субстратов, зависящие от дегидрогеназ Глюкоза и АмК.
- Схема энергетического обмена. Основные компоненты пищи-белки, липиды, углеводы проходят три этапа энергетического обмена:

- Белки Углеводы Липиды Энергия
- АК Глюкоза Гл+ ЖК 1этап 0.5%
- -----
- 3ФГА
- ПВК → лактат 2этап 2,5%
- ЩУК АцКоА
- -----
- Цикл Цитрат
- Кребса
- NAD --- NAD.H₂ 3этап 97%
- ½ O₂----- → H₂O
- АДФ+ФН--- → АТФ
- -----

METABOLIC PATHWAYS



- В 1940-41 гг немецким биохимиком Фрицем Липманом была создана коцепция АТФ-азного цикла, состоящая в том, что в процессе фото или хемосинтеза энергия депонируется в форме АТФ.



Природа макроэргичности

- АТФ является формой биологической энергии. Молекула АТФ содержит две макроэргические связи, и при их расщеплении выделяется 32 кДж энергии.
- АТФ⁻⁴ присутствует в клетках в диссоциированной форме:
- АТФ⁻⁴ ↔ А

Для молекулы АТФ характерна высокая конформационная неустойчивость (напряженность), поэтому возникает сила электростатического отталкивания и АТФ отдает молекулу фосфата.

- Образуемая при фото или хемосинтезе АТФ реализуется в виде осмотической работы, электрической, химической, тепловой, механической, световой, а также расходуется на биосинтезы и работу транспортных систем.

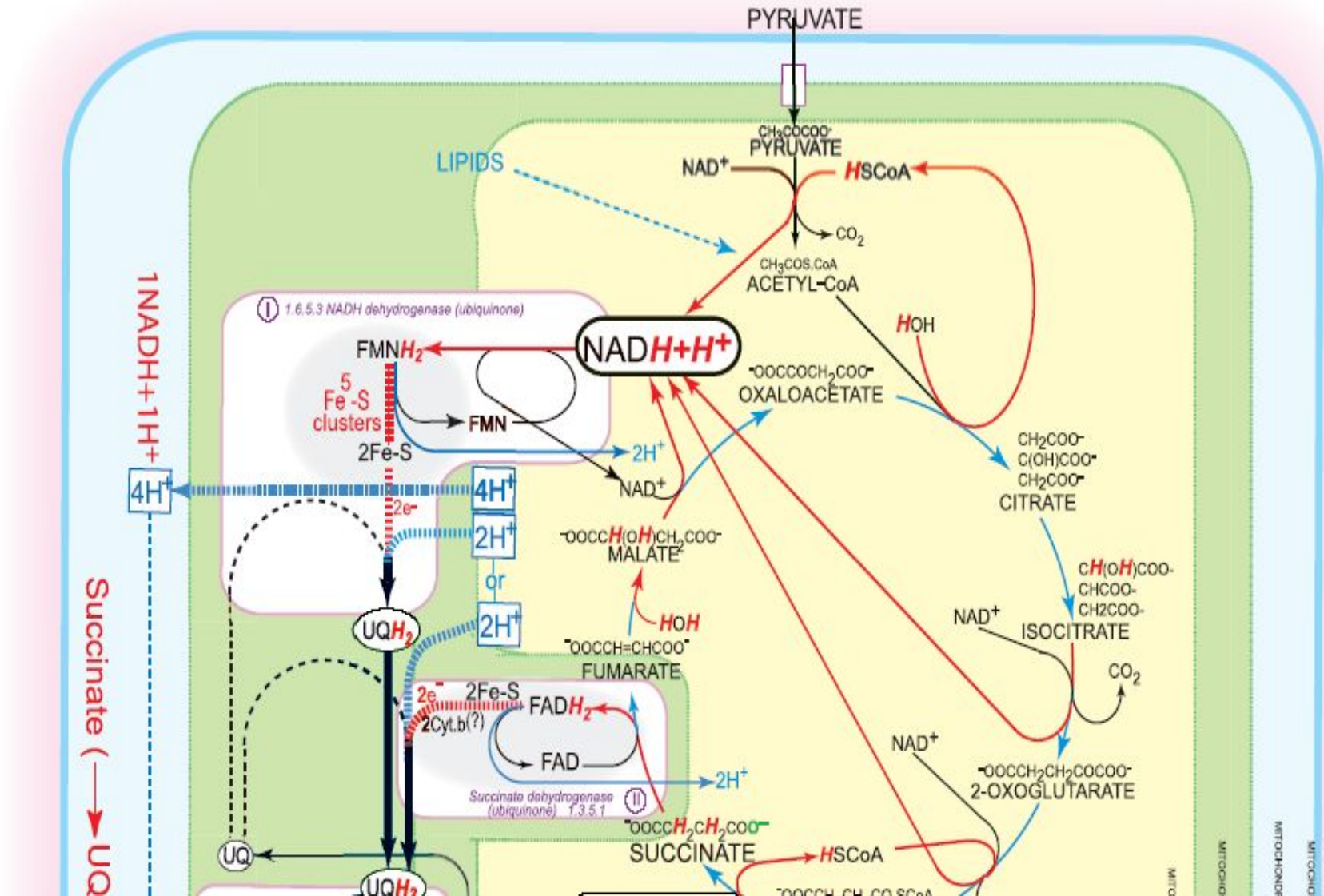
Цикл Кребса

- Цикл трикарбоновых кислот или цикл Кребса был открыт Хансом Кребсом в 1937г. Ученый использовал измельченные мышцы голубя, добавляя в них трикарбоновые кислоты и изучая скорость дыхания, установил, какие именно кислоты активируют процесс дыхания.
- Цикл Кребса протекает в митохондриях (МХ), относительно автономных органеллах, способных окислять вещества и регенерировать АТФ.

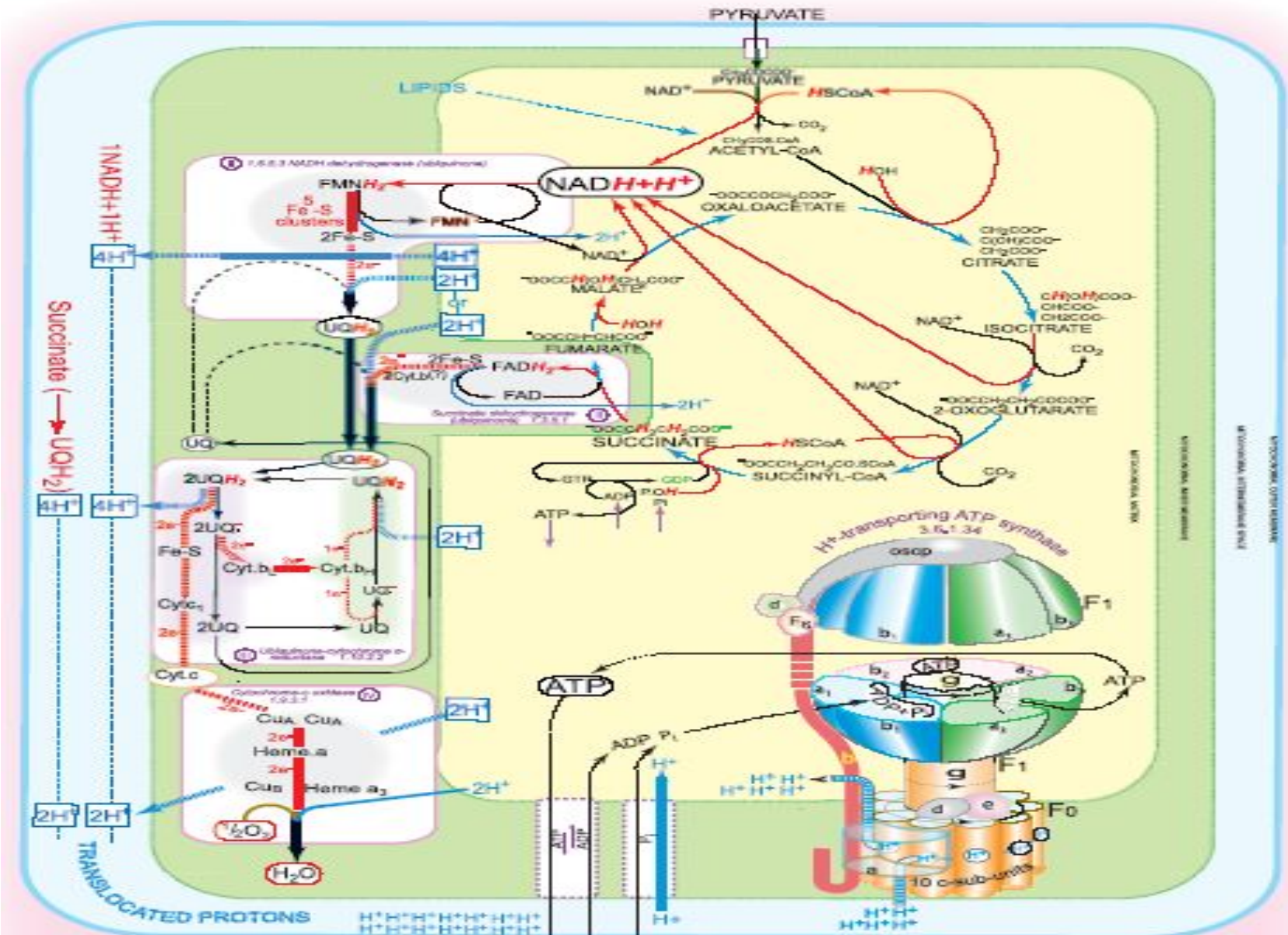
Особенности химической

	Признак	Структура внутренней мембраны МХ	Структура наружной мембраны МХ
1	Форма	Складчатая	Гладкая
2	Плотность	1,2	1,1
3	ФЛ/Б	0.27/0,73	0,82/18
4	Проницаемость	Высокоселективная	Низкоселективная
	Содержание		
5	Кардиолипид	Высокое	Низкое
6	Холестерин	Низкое	Высокое
7	Ферменты	СДГ, комп. ДЦ	МАО, ф.с.ЖК.

MITOCHONDRIAL ATP FORMATION



MITOCHONDRIAL ATP FORMATION



- За один оборот ЦК происходит полное окисление 1 молекулы $\text{CH}_3\text{CO-SKoA}$

Для непрерывной работы цикла необходимо постоянное поступление ацетил-КоА, а коферменты NAD и FAD должны постоянно окисляться. Это и происходит в ЦТК.

В дегидрогеназных реакциях образуются 4 пары атомов водорода. Три из них переносятся через NAD и одна пара через FAD. На каждую пару атомов водорода в системе БО образуется 3АТФ ($1\text{NADH}_2=1\text{АТФ}$). Всего одна пара атомов H_2 попадает в систему БО через FAD, образуя только 2 АТФ. Сукцинаттиокиназная реакция образует $1\text{ГТФ}=1\text{АТФ}$. ($\text{GTP}=\text{АТФ}$)

Поэтому в цикле Кребса образуется 12 АТФ

Биологическое значение

- ЦТК- универсальный компонент БО, который образуется на принципе унификации биологических субстратов, что имеет огромное значение, потому, что организм не может точно дозировать потребность в каждом субстрате. Унификация позволяет уравнивать и оптимизировать соотношение основных субстратов, т.е. при избытке углеводов, часть их может прекачиваться в липиды, а при избытке белка, также в липиды и углеводы.

- 1. Энергетическая функция ЦТК
- ЦТК- конечный этап БО, в котором окисляются унифицированные соединения различного происхождения
- 2. Пластическая функция. Поскольку ЦТК « питается» субстратами различного происхождения, то он может быть источником углеродных скелетов для различных веществ.
- Так цитрат идет на биосинтез ЖК, т.е. избыток углеводов может депонироваться в форме нейтрального жира.
- Сукцинил-КоА идет на биосинтез гема в структуре Hb, цитохром, каталазы, пероксидазы.
- Альфа- кетоглутаровая кислота- используется клетками для биосинтеза ГЛУ, АРГ, ПРО, О-ПРО, ГИС.
- 3. Регуляторная функция ЦТК. –Перекачка субстратов с одного направления на другое.

- ЦТК связан с другими стадиями энергетического обмена(гликолиз, окисление ЖК и АК), поэтому механизмы регуляции этих процессов будут справедливы и для ЦТК:
- 1. ретроингибирование
- 2. путем изменения концентрации субстрата входе в ЦТК
- 3. аллостерическая регуляция (с помощью NAD, NADH, АТР).
- 4. ионная -рН, [Ca⁺⁺].