

же оценок у «сов» и «жаворонков» в обоих выборках, что говорит о высокой приспособляемости данного хронотипа.

3. Средний балл студента зависит от количества времени, отведенного на сон, что подтверждается расчетами коэффициента корреляции между показателями продолжительность сна/средний балл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронина И.Ю. Влияние абиотических факторов на самочувствие, активность, настроение человека. /Воронина И.Ю.//Научный взгляд в будущее – 2016. Т. 9, № 1. – С. 68-72.

2. Глебов В.В. Психофизиологическая адаптация популяции человека к условия мегаполиса/ Глебов В.В. [и др.] – М.: Российский университет дружбы народов, 2013. – 325с.

3. Ядрищенская Т.В. Циркадные биоритмы студентов и их значение в учебной деятельности. / Ядрищенская Т.В. // Проблемы высшего образования – 2016. №2. – С. 176-178.

УДК 576.32/.36

**Кибирев И.А., Десятова М.А.
ПРОЦЕССЫ СИНТЕЗА АТФ НА ВНУТРЕННЕЙ МЕМБРАНЕ
МИТОХОНДРИЙ**

Кафедра медицинской биологии и генетики
Уральский государственный медицинский университет
Екатеринбург, Российская Федерация

**Kibirev I.A., Desyatova M.A.
PROCESSES OF ATF SYNTHESIS ON MITOCHONDRIA INNER
MEMBRANE**

Department of medical biology and genetics
Ural State Medical University
Ekaterinburg, Russian Federation

Аннотация. В статье описаны процессы синтеза АТФ на внутренней мембране митохондрий, этапы деятельности трансмембранных белков, поддерживающих концентрацию протонов между матриксом и межмембранным пространством митохондрий, затронуты химические реакции, протекающие в матриксе.

Annotation. The article uses the processes of ATP synthesis on the inner membrane of mitochondria, the stages of activity of transmembrane proteins, which support the concentration of protons between the matrix and the intermembrane space of mitochondria. The effect of the concentration gradient difference on the activity of ATP synthesis.

Ключевые слова: синтез АТФ, градиент концентрации, митохондрии, АТФ синтаза, протонный граиент

Keywords: ATP synthesis, concentration gradient, mitochondria, ATP synthase, proton gradient

Введение: Актуальность изучения темы определяется тем, что в настоящее время идёт активное изучение внутриклеточных процессов. Митохондрии выполняют важнейшую функцию в организмах многих живых существ. Функции митохондрий в связи со своей специфичностью носят чрезвычайно важный характер для поддержания гомеостатических процессов в клетке.

Цель исследования – раскрыть некоторые аспекты синтеза АТФ в митохондриях.

Материалы и методы исследования

Исследование базируется на материалах электронных носителей и идеографическом методе, который позволяет достаточно полно описать процессы, происходящие на внутренней мембране митохондрий в процессе синтеза АТФ.

Результаты исследования и их обсуждение

Митохондрии являются незаменимым для многих живых организмов органоидами клеток. Важнейший процесс синтеза АТФ происходит на внутренней мембране этих клеточных структур. На ней можно наблюдать цепь сложно устроенных белков, позволяющих обеспечить столь нелегкий процесс. Основным из этой последовательности можно назвать АТФ синтазу- белок, полностью пронизывающий мембрану и позволяющий за счет перемещения протонов через его структуры, собственно синтезировать молекулы АТФ. Состав АТФ синтазы может быть выражен стехиометрической формулой $a_3 b_3 \gamma \delta \epsilon a b_2 c_{10-14}$. В митохондриях фермент содержит 7-9 дополнительных регуляторных субъединиц, которые немного увеличивают его молекулярную массу [2]. Данный белок имеет достаточно сложное строение и очень хорошо изучен и в нем выделяют 2 основных компонента: компонент F_0 — трансмембранный домен, компонент F_1 , находящийся вне мембраны, в матриксе. Первый компонент заякорен во внутренней мембране митохондрий субъединицей a , но при этом его часть состоящая из субъединиц c , так называемый «ротор», способна проворачиваться при попадании на одну свободную из 10-14 субъединиц протона. Протон в свою очередь при полном вращении «ротора» через субъединицу a отправляется в матрикс, минуя канал, образованный субъединицей b_2 . Второй же компонент F_1 представляет из себя выступающую в матрикс сферу, которая состоит из 3 единиц a и b чередующихся друг за другом и, в целом напоминающих отчищенный апельсин с 6 дольками, диаметр которого составляет около 10 нм. На a субъединице компонента F_1 располагаются молекулы АДФ и остаток фосфорной кислоты, которые объединяются в молекулу АТФ при прохождении 3 протонов через

комплекс F_0 . Внутри сферы находится субъединица γ , которая похожа на стрелку часов и при этом обладает подвижностью за счет контакта с подвижным ротором. Её перемещение как раз и осуществляет отделение молекулы АТФ от одной из а части [3].

В общем последовательность синтеза АТФ можно поделить на 3 этапа:

Подготовительный этап: На данном этапе белки, жиры и углеводы расщепляются до мономеров. При этом выделяется тепловая энергия, а сами мономеры поступают в клетку [5].

Бескислородный этап (гликолиз): осуществляется в гиалоплазме, с мембранами не связан; в нем участвуют ферменты; расщеплению в основном подвергается глюкоза.

Кислородный этап (гидролиз): осуществляется в митохондриях, протекает в матриксе, а так же на внутренней мембране митохондрий, это ферментативная реакция гидролиза, в процессе которой происходит расщепление молочной кислоты до диоксида углерода и атомов водорода, которые переходят в связанное состояние, благодаря НАД⁺ ($C_3H_6O_3 + 3H_2O = 3CO_2 + 12H$). Углекислый газ выделяется из митохондрий в окружающую среду. Связанный атом водорода включается в цепь следующих реакций, идущих в представленной последовательности.

1. Атом водорода при помощи НАД⁺ (в связанном состоянии с атомом водорода НАДН) переносится на внутреннюю мембрану, где окисляется и становится протоном.

2. Протоны водорода выносятся последовательно переносчиками complex I, complex III, complex IV на наружную поверхность мембраны крист. Для осуществления деятельности данных комплексов необходима энергия, которую предоставляет молекула НАДН, полученная в результате цикла Кребса в матриксе. НАДН является донором электрона высокой энергии, передаваемым последовательно между комплексами от первого к четвертому белками-переносчиками электрона: CoQ10 и Cyt C. Для протонов эта мембрана непроницаема, поэтому они накапливаются в межмембранном пространстве, образуя протонный резервуар. Сам же электрон попадает в матрикс, где присоединяется к кислороду при помощи фермента оксидазы, переводит его активное состояние. Активный кислород для живых организмов является ядом, поэтому незамедлительно вступает в реакцию с водородом, образуя воду[1].

3. Ионы по обе стороны мембраны создают разноименно заряженное электрическое поле, и когда разность потенциалов достигает 200 мВ, активизируется протонный канал. В молекулах ферментов АТФ-синтаз, в а и b₂ субъединице.

4. Через протонный канал протоны водорода устремляются внутрь митохондрий, создавая высокий уровень энергии, большая часть которой идет на синтез АТФ, на АТФ синтазе.

5. Общая реакция III этапа: $2C_3H_6O_3 + 6O_2 + 36ADP + 36P = 6CO_2 + 36ATP + 42H_2O$.

Выводы:

1. Молекулы кислорода, поступающие в организм в процессе дыхания необходимы для фиксации атомов водорода в матриксе для создания в нем более низкую концентрацию таковых и поддержания градиента концентрации. При его отсутствии кислорода все процессы в митохондриях прекращаются, электрон-транспортная цепь не может функционировать в его отсутствии.

2. В результате всех этапов расщепления одной молекулы глюкозы образуются 38 молекул АТФ: на II этапе - 2 АТФ и на III этапе - 36 АТФ.

3. Образовавшиеся молекулы АТФ являются аккумуляторами энергии, существующими относительно непродолжительный срок, они выходят из митохондрий в цитоплазму, а затем участвуют в любых реакциях клетки, где необходима энергия.

4. Расщепляясь, АТФ отдает энергию, заключённую в фосфатных связях, (одна фосфатная связь включает 40 кДж) и затем возвращается в митохондрии в виде АДФ и фосфата[4].

Список литературы:

1. Bertram R., Pedersen M. G., Luciani D. S. A simplified model for mitochondrial ATP production. *Journal of Theoretical Biology.* – 2006. - Т.- 4.- С. 575–586.

2. Судаков Н. П., Никифоров С. Б., Константинов Ю. М., Лепехова С. А. Роль митохондрий в реализации механизмов программированной гибели клетки // *Acta Biomedica Scientifica.*- 2007.-Т.-№1.URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-mitohondriy-v-realizatsii-mehanizmov-programmirovannoy-gibeli-kle13.03.2019>).

3. Строение и функционирование F1F0-АТФ-синтазы// [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://meduniver.com/Medical/genetika/f1f0-atf-sintaza.html> MedUniver (дата обращения: 26.02.2019).

4. АТФ-синтаза, Материал из Википедии — свободной энциклопедии// [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/АТФ-синтаза> (дата обращения: 26.02.2019).

5. Синтез АТФ в клетке // [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.examen.ru/add/manual/school-subjects/natural-sciences/biology/uchenie-o-kletke/sintez-atf-v-kletke/> (дата обращения: 26.02.2019).

УДК 57.084.1

**Красильников В.Н., Тимохина В.Э., Мехдиева К.Р., Захарова А.В.
ОСОБЕННОСТИ СПЕЦИАЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У
ФУТБОЛИСТОВ С СИНДРОМОМ ДИСПЛАЗИИ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ
ТКАНИ**

Институт физической культуры, спорта и молодежной политики