



**1. Сколько молекул глюкозы подверглось полному окислению, если в результате синтезировалось 1026 молекул АТФ. Сколько молекул АТФ было синтезировано в гликолизе?**

Путь, по которому глюкоза окисляется до пировиноградной кислоты, называется гликолизом. В зависимости от дальнейшей судьбы пирувата различают аэробное и анаэробное окисление глюкозы. Целью аэробного и анаэробного путей окисления глюкозы является получение АТФ.

В аэробном процессе пировиноградная кислота превращается в ацетил-SКоА и далее сгорает в реакциях тканевого дыхания до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

#### Анаэробное окисление

На подготовительном этапе на активацию глюкозы затрачивается 2 молекулы АТФ, фосфат каждой из которых оказывается на триозе – глицеральдегидфосфате и диоксиацетонфосфате. В следующий второй этап входят две молекулы глицеральдегидфосфата, каждая из которых окисляется до пирувата с образованием 2-х молекул АТФ в седьмой и десятой реакциях – реакциях субстратного фосфорилирования. Таким образом, суммируя, получаем, что на пути от глюкозы до пирувата в чистом виде образуется 2 молекулы АТФ.

#### Аэробное окисление

Если в клетке имеется кислород, то молекула НАДН из шестой реакции гликолиза направляется в митохондрию, на процессы окислительного фосфорилирования. Там его окисление приносит 3 моля АТФ.

Образовавшийся в гликолизе пируват в аэробных условиях превращается в ПВК-дегидрогеназном комплексе в ацетил-SКоА, при этом образуется 1 молекула НАДН (3 моля АТФ).

Ацетил-SКоА вовлекается в ЦТК и, окисляясь, дает 3 молекулы НАДН, 1 молекулу  $\text{ФАДН}_2$ , 1 молекулу ГТФ. Молекулы НАДН и  $\text{ФАДН}_2$  движутся в дыхательную цепь, где при их окислении в сумме образуется 11 молекул

АТФ + 1 молекула АТФ из 1 молекулы ГТФ. Таким образом, в целом при сгорании одного ацетил-SКоА в ЦТК образуется 12 молекул АТФ.

Суммируя результаты окисления «гликолитического» и «пируватдегидрогеназного» НАДН, «гликолитический» АТФ, энергетический выход ЦТК, получаем 38 молекул АТФ:  $2 \cdot (3 + 3 + 12) + 2 = 2 \cdot 18 + 2 = 38$ .

Таким образом, при полном окислении 1 молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ. Соответственно, для образования 1026 молекул АТФ необходимо  $1026 / 38 = 27$  молекул глюкозы.

Так как в гликолизе из 1 молекулы глюкозы образуется 2 молекулы АТФ, при окислении 27 молекул глюкозы в гликолизе образуются соответственно  $27 \cdot 2 = 54$  молекулы АТФ.

**2. Поясните, почему в клетках организма в отличие от неживых систем перенос электронов на кислород представляет многоступенчатый процесс? Где локализованы переносчики электронов (электрон-транспортная цепь)? Кроме АТФ еще один важный невещественный продукт окислительных процессов в организме – это ....?**

В неорганической природе смесь водорода и кислорода носит название «гремучей»: достаточно небольшой искры, чтобы произошел взрыв – мгновенное образование воды с огромным выделением энергии в виде тепла. Задача, которую выполняют ферменты электрон-транспортной цепи: произвести «взрыв» так, чтобы освобождающаяся энергия была запасена в форме, пригодной для синтеза АТФ. Что они и делают: упорядоченно переносят электроны от одного компонента к другому (в конечном счете, на кислород), постепенно понижая потенциал водорода и запасая энергию.

Перенос электронов на кислород происходит при участии системы переносчиков, локализованных во внутренней мембране митохондрий и образующих цепь электрон-транспортную цепь.

В состав электрон-транспортной цепи входят НАДН-дегидрогеназа (комплекс I), сукцинатдегидрогеназа (комплекс II),  $QH_2$ -дегидрогеназа (комплекс III – цитохромы b и  $c_1$ ), цитохромоксидаза (комплекс IV – цитохромы a и  $a_3$ ), а также низкомолекулярные переносчики (кофермент Q и цитохром c).

Все компоненты электрон-транспортной цепи расположены в митохондриальной мембране в порядке возрастания редокс-потенциалов. Самый высокий редокс-потенциал у кислорода. Это обеспечивает последовательное перемещение электронов от дегидрируемых субстратов на кислород и сопровождается высвобождением части свободной энергии электронов. Свыше 40% этой энергии трансформируется в энергию макроэргических связей АТФ в процессе окислительного фосфорилирования.

Кроме АТФ еще один важный невещественный продукт окислительных процессов в организме – это энергия, рассеиваемая в виде тепла .

**3. Исследовалось содержание митохондрий в двух препаратах мышечной ткани. В одном содержание митохондрий 2000 на клетку, в другом 3000 на клетку. Какой из них принадлежит 9-летнему ребенку, а какой 30-летнему мужчине?**

Энергозатраты растущего организма имеют определенную направленность. После рождения энергия расходуется на основной обмен и интенсивный рост ребенка.

Основной обмен – это минимальные затраты энергии в состоянии покоя, до приема пищи, при нормальной температуре тела и окружающей среды, необходимые для поддержания основных функций систем жизнеобеспечения организма. Эти затраты энергии у детей в расчете на кг массы тела выше, по сравнению со взрослыми людьми. Реальные затраты энергии у растущего организма значительно превышают основной обмен в связи с интенсивным синтезом белков, нуклеиновых кислот, с повышенной двигательной активностью, а также в связи с большими теплотерями, обусловленными несовершенством процессов терморегуляции и большей удельной поверхностью тела (отношением поверхности тела к его массе)

Высокий уровень энергозатрат растущего организма обеспечивается, в первую очередь, интенсивно протекающими процессами аэробного окисления – тканевого дыхания. Кроме того, растущий организм отличается меньшими энергетическими запасами, доступными для использования (гликогенными, жировыми, белковыми). Все метаболические процессы, протекающие в организме, осуществляются при участии ферментов. У детей количество и активность ферментов тканевого дыхания существенно ниже, по сравнению с взрослыми.

Еще одним фактором, ограничивающим тканевое дыхание у растущего организма, является высокая степень разобщения переноса электронов в дыхательной цепи с реакцией фосфорилирования, что приводит к увеличению теплотерь организма и к снижению выработки АТФ.

Учитывая выше сказанное, в качестве компенсаторного механизма, для обеспечения уровня образования энергии, достаточного для обеспечения потребностей детского организма, в мышечных клетках детей количество митохондрий выше, чем у взрослых. То есть, содержание митохондрий 2000 на клетку – у 30-летнего мужчины, 3000 на клетку – у 9-летнего ребенка .

**4. Скорость потребления кислорода при газовой калориметрии у двух обследуемых составила 8,8 и 4,15 мл O<sub>2</sub>/сут·кг. Какой из этих показателей принадлежит ребенку? Сформулируйте основную причину различий энергообмена у взрослых и детей.**

Высокий уровень энергозатрат растущего организма обеспечивается, в первую очередь, интенсивно протекающими процессами аэробного окисления – тканевого дыхания. Это отражается в более высоком, чем у взрослых, потреблении кислорода на килограмм массы тела.

Потребление кислорода в покое у 10-летнего ребенка составляет около 6,0 мл/мин·кг, а у 16-летнего юноши – в среднем 4,7 мл/мин·кг, в то время как у взрослых эта величина равна 3-4 мл/мин·кг.

Таким образом, можно сделать вывод, что показатель 8,8 мл/мин·кг принадлежит ребенку.

Основной причиной различий энергообмена у взрослых и детей являются процессы роста и построения новых тканей в детском организме. Это приводит к преобладанию процессов анаболизма над процессами катаболизма].

**5. На рисунке инфракрасная термограмма. Объясните – почему на шее девочки температура поверхностных слоев кожи выше, чем в других участках.**



Инфракрасное излучение испускает любое тело, нагретое выше температуры абсолютного нуля. Термография – это получение видимого изображения объекта на основании его собственного инфракрасного излучения.

Тело человека испускает инфракрасное излучение по тем же физическим законам, что и любое другое физическое тело. Основная часть собственного теплового излучения тела человека находится в диапазоне длин волн от 4 до 50 мкм с максимумом спектральной плотности, расположенным в области примерно 9,6 мкм.

Таким образом, можно сказать, что термограмма отражает собственное инфракрасное излучение объекта, и характер излучения отражает состояние собственных физиологических процессов этого объекта. Термограмма представляет собой визуализированную картину распределения этого инфракрасного излучения по поверхности кожных покровов [5].

На термограммах здорового человека шея выглядит относительно теплым сегментом. Причина этого в том, что обычно в области шеи имеется небольшая выраженность подкожной жировой клетчатки и проходит много сосудов.

Нормальная термограмма шеи симметрична и характеризуется следующими особенностями:

1. Гортань выглядит более холодной, что обусловлено отсутствием крупных кровеносных сосудов. В маленьких детей эта зона изотермична, что объясняется большим, чем у взрослого человека, и равномерным распределением подкожной жировой клетчатки, которая сглаживает термографический рисунок.

2 Область прохождения грудинно-ключично-сосцевидных мышц выглядит несколько холоднее общей температуры передней поверхности шеи. Медиальнее и латеральнее от нее заметны горячие тяжи по ходу крупных магистральных сосудисто-нервных пучков шеи, особенно в проекции сонной артерии.

Таким образом, на шее девочки температура поверхностных слоев кожи выше, чем в других участках, из-за расположенных близко к поверхности кожи крупных сосудов.

## **6. Перечислите известные вам способы физической терморегуляции**

Под физической терморегуляцией понимают совокупность физиологических процессов, ведущих к изменению уровня теплоотдачи. Различают несколько механизмов отдачи тепла в окружающую среду.

1) Излучение – это отдача тепла в виде электромагнитных волн инфракрасного диапазона. Количество тепла, рассеиваемого организмом в окружающую среду излучением, пропорционально площади поверхности излучения (площади поверхности тела, не покрытой одеждой) и градиенту температуры. Интенсивность излучения зависит также от числа объектов во внешней среде, способных поглотить инфракрасные лучи. При температуре окружающей среды 20°C и относительной влажности воздуха 40-60% организм взрослого человека рассеивает путем излучения около 40-50% всего отдаваемого тепла.

2) Теплопроводение (кондукция) – это способ отдачи тепла при непосредственном соприкосновении тела с другими физическими объектами. Количество тепла, отдаваемого в окружающую среду этим способом, пропорционально разнице средних температур контактирующих тел, площади соприкасающихся поверхностей, времени теплового контакта и теплопроводности.

Сухой воздух и жировая ткань характеризуются низкой теплопроводностью и являются теплоизоляторами. Наоборот, насыщенный водяными парами воздух характеризуется высокой теплопроводностью. Влажная одежда теряет свои теплоизолирующие свойства.

3) Конвекция – это теплоотдача, осуществляемая путем переноса тепла движущимися частицами воздуха (воды). Конвекционный теплообмен связан с обменом не только энергии, но и молекул. Вокруг любого предмета существует пограничный слой, толщина которого зависит от окружающих условий. Когда тело окружено неподвижным воздухом, от кожи отходят

более теплые слои воздуха, которые, переходя в окружающий воздух, переносят как энергию, так и молекулы (свободная конвекция).

4) Испарение – это отдача тепловой энергии в окружающую среду за счет испарения пота или влаги с поверхности кожи и слизистых дыхательных путей. На испарение 1 мл воды организм тратит 0,58 ккал (2,4 кДж) энергии. За счет испарения организм в условиях комфортной температуры отдает около 20% всего рассеиваемого тепла. Испарение делится на два вида.

Неощущаемая перспирация – это испарение воды со слизистых дыхательных путей и воды, просачивающейся через эпителий кожного покрова (тканевой жидкости). За сутки через дыхательные пути испаряется до 400 мл воды, то есть организм теряет до 232 ккал/сутки. При необходимости эта величина может быть увеличена за счет тепловой одышки.

Ощущаемая перспирация – это отдача тепла путем испарения пота. В среднем за сутки при комфортной температуре среды выделяется 400-500 мл пота, следовательно, отдается до 300 ккал энергии. Однако при необходимости объем потоотделения может увеличиться до 12 л/сутки, т.е. путем потоотделения можно потерять до 7000 ккал в сутки.

