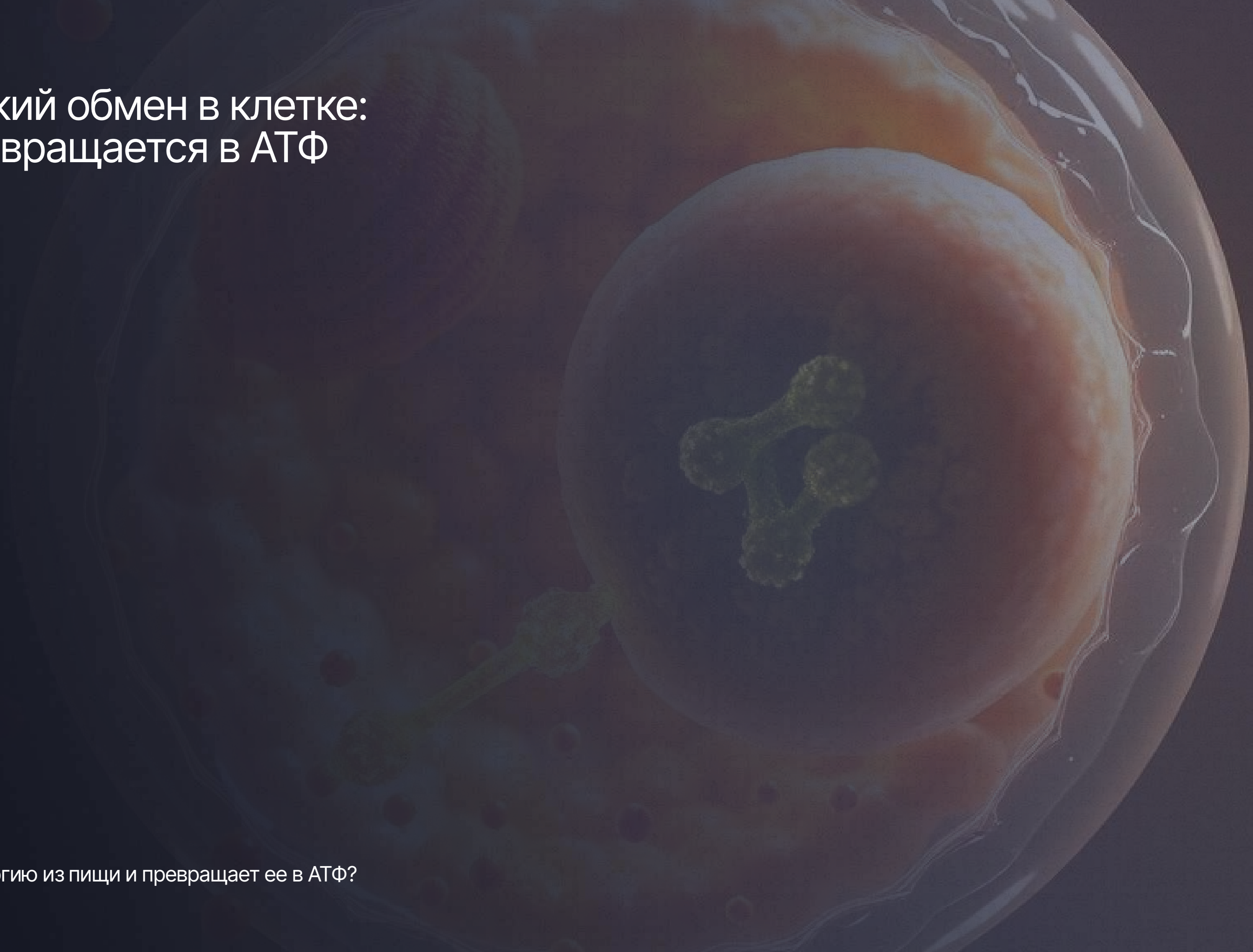


Энергетический обмен в клетке: как пища превращается в АТФ

Как клетка извлекает энергию из пищи и превращает ее в АТФ?



Зачем клетке энергия каждый МИГ

01

Клетка постоянно тратит энергию на синтез, транспорт веществ, деление и движение. Ее универсальный источник — АТФ, но запас этой молекулы мал, поэтому она должна непрерывно восстанавливаться.

30,5 кДж/ моль

**энергии выделяется
при гидролизе одной
молекулы АТФ и может быть
сразу использована клеткой.**

Школьный курс биологии; стандартное значение энергии гидролиза АТФ.

АТФ быстро отдает энергию при разрыве связи с фосфатным остатком, поэтому служит кратковременным энергетическим «аккумулятором» клетки.

Основные этапы энергетического обмена

Энергия пищи высвобождается поэтапно: от расщепления сложных молекул до полного окисления глюкозы.

Главный энергетический выигрыш дает кислородный этап; подготовительный этап лишь подготавливает субстраты к дальнейшему окислению.

Этап	Где идет	Выход АТФ
Подготовительный	Пищеварение, лизосомы	0
Бескислородный	Цитоплазма	2
Кислородный	Митохондрии	36–38

Школьный курс биологии: энергетический обмен клетки.

Подготовительный этап: расщепление сложных веществ

Полимеры распадаются

Полисахариды превращаются в моносахариды, белки — в аминокислоты, а липиды — в глицерин и жирные кислоты. Это первый шаг, после которого молекулы становятся доступными для дальнейшего обмена.

Работа ферментов

Реакции идут под действием ферментов, которые ускоряют расщепление и делают его возможным при условиях организма. Без ферментативного контроля процесс шел бы слишком медленно.

Энергия рассеивается

Освобождаемая энергия не накапливается в АТФ, а в основном переходит в тепло. Поэтому подготовительный этап обеспечивает не запас энергии, а подготовку исходных веществ.

Где происходит

Этот этап может протекать в пищеварительной системе, лизосомах и цитоплазме. Он связывает внешнее питание клетки с ее внутренним энергетическим обменом.

Гликолиз: путь расщепления глюкозы в цитоплазме

Последовательность ферментативных превращений, ведущих к образованию пирувата, АТФ и НАДН.



Брожение как путь получения энергии без кислорода

Когда запускается

Брожение включается при нехватке кислорода, когда пируват не может поступить в кислородный этап. Это позволяет клетке продолжать получать энергию хотя бы на уровне гликолиза.

Спиртовой путь

У дрожжей пируват преобразуется в этанол и углекислый газ. Этот процесс широко используют в хлебопечении и виноделии, где важна работа микроорганизмов.

Лактатный путь

У животных при интенсивной работе мышц пируват превращается в молочную кислоту. Такой путь характерен и для некоторых бактерий, которым он помогает жить без кислорода.

Энергетический итог

Брожение не добавляет новой АТФ сверх той, что уже получена в гликолизе. Его роль состоит в сохранении самого гликолиза в условиях дефицита кислорода.

Выход АТФ на разных этапах расщепления глюкозы

На диаграмме видно, что основная часть энергии запасается только при полном окислении органических веществ.

Аэробное дыхание намного эффективнее бескислородных путей: именно оно обеспечивает клетку максимальным количеством АТФ.

Митохондрия — органоид кислородного этапа

01

Двойная мембрана

Митохондрия окружена двумя мембранами. Такое строение создает особое внутреннее пространство и помогает организовать реакции дыхания по разным участкам органоида.

02

Кристы

Складки внутренней мембраны образуют кристы. Они резко увеличивают площадь поверхности, где располагаются белки дыхательной цепи и фермент АТФ-синтаза.

03

Матрикс

Во внутреннем содержимом митохондрии, матриксе, протекают реакции цикла Кребса и другие стадии обмена. Здесь накапливаются вещества, нужные для дальнейшего переноса электронов.

04

Синтез АТФ

Именно на внутренней мембране создается основная часть АТФ. Поэтому митохондрии называют главными «энергетическими станциями» клетки.

Цикл Кребса: образование углекислого газа и восстановителей

Вход ацетил-КоА

В матриксе митохондрий ацетил-КоА вступает в цикл и соединяется с другими молекулами, запуская последовательность реакций.

Окисление углерода

В ходе превращений углеродные атомы полностью окисляются, выделяется углекислый газ, а часть энергии сохраняется в небольшом количестве АТФ.

Накопление восстановителей

Главный результат цикла — образование НАДН и ФАДН₂. Эти коферменты переносят электроны в дыхательную цепь, где создается основная масса АТФ.

Дыхательная цепь и окислительное фосфорилирование

Перенос электронов от НАДН и ФАДН₂ через комплексы внутренней мембраны митохондрии.



Сравнение эффективности гликолиза, брожения и аэробного дыхания

Брожение сохраняет работу гликолиза, но не усиливает выход энергии; основная прибавка АТФ происходит при полном окислении глюкозы.

Аэробное дыхание многократно эффективнее бескислородных путей и обеспечивает клетку значительно большим запасом АТФ.

Учебная схема энергетического обмена в клетке

Ферменты и энергетическое сопряжение



Биокатализ

Ферменты ускоряют реакции, снижая энергию активации. Благодаря им последовательные этапы обмена идут с нужной скоростью и остаются управляемыми для клетки.



Точность этапов

Для каждого звена энергетического обмена существует свой ферментный набор. Если хотя бы одно звено нарушается, образование АТФ и промежуточных продуктов резко замедляется.



Энергетическое сопряжение

Энергия распада АТФ не теряется, а связывается с синтезом новых молекул, активным транспортом и механической работой. Так клетка объединяет разные процессы в единую систему.



Работа клетки

Согласованное действие ферментов делает возможными дыхание, синтез веществ, деление и движение. Без этого клетка не смогла бы поддерживать свою упорядоченную внутреннюю организацию.

Дыхание и брожение: сходства и различия

Признак	Дыхание	Брожение	АТФ
Кислород	нужен	не нужен	—
Продукты	CO2, H2O	лактат / этанол	36–38 / 2

Учебная таблица по клеточному дыханию

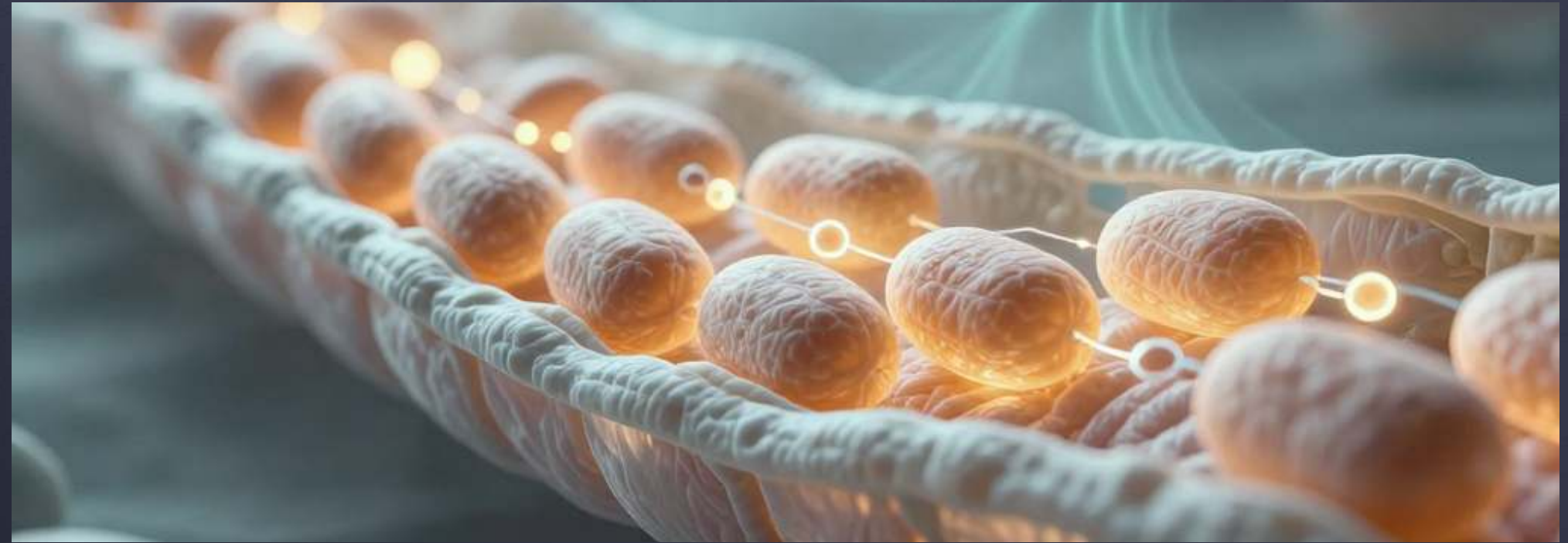
Сравнение двух путей получения энергии по ключевым признакам.

Дыхание эффективнее и полностью окисляет глюкозу, тогда как брожение сохраняет лишь минимальный выход энергии.

Как АТФ работает в мышце

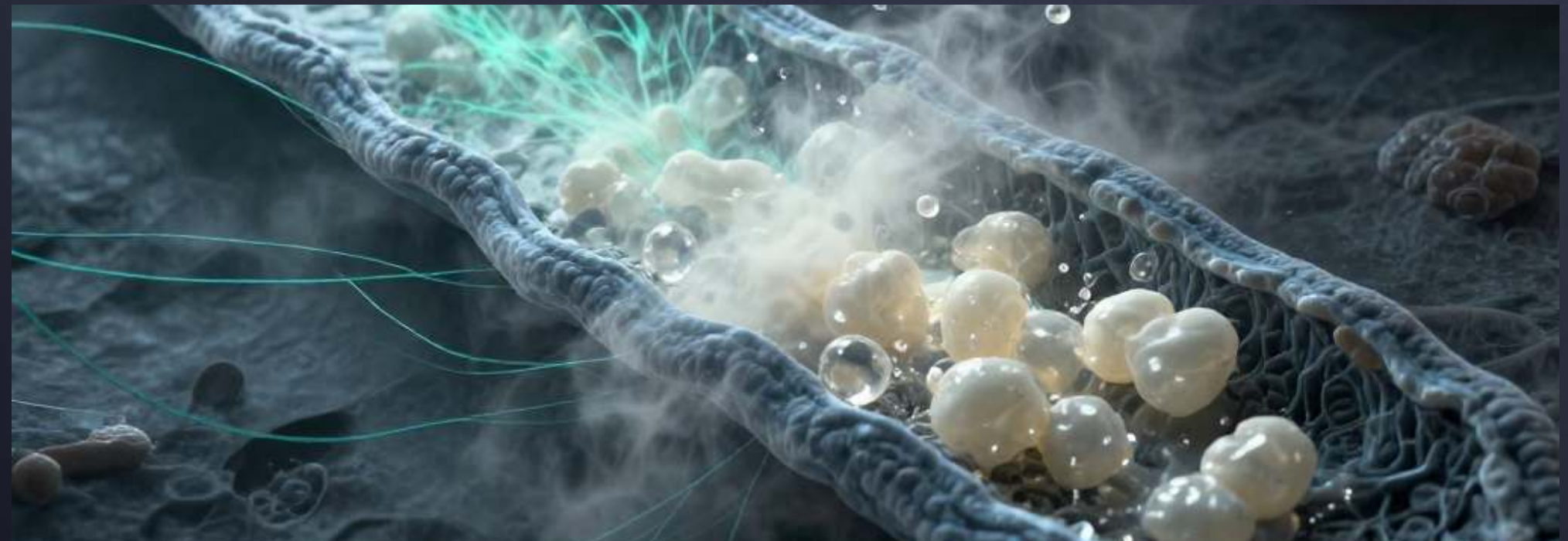
Умеренная нагрузка

Во время спокойного бега или долгой ходьбы мышечные клетки успевают получать кислород в достаточном количестве. Митохондрии работают активно, АТФ образуется стабильно, а сокращения остаются ритмичными и экономичными.



Дефицит кислорода

При резком ускорении мышцы начинают расходовать энергию быстрее, чем кровь успевает доставлять кислород. Тогда усиливается анаэробный путь, накапливается молочная кислота, и движение становится тяжелее, что ощущается как утомление.



На что клетка расходует АТФ

Потребности клетки меняются, но в основе всегда остаются перенос веществ через мембрану и построение собственных молекул.

Самые большие затраты энергии связаны с поддержанием внутренней среды и биосинтезом, без которых клетка не может существовать.

Учебная схема распределения затрат АТФ

Факторы, влияющие на скорость энергетического обмена

Температура

При понижении температуры ферменты работают медленнее, поэтому реакции дыхания и синтеза АТФ замедляются. Утепление или перегрев тоже нарушают оптимальный режим обмена.

Субстрат

Чем больше доступной глюкозы и других питательных веществ, тем активнее клетка может получать энергию. При их нехватке скорость образования АТФ снижается.

Кислород

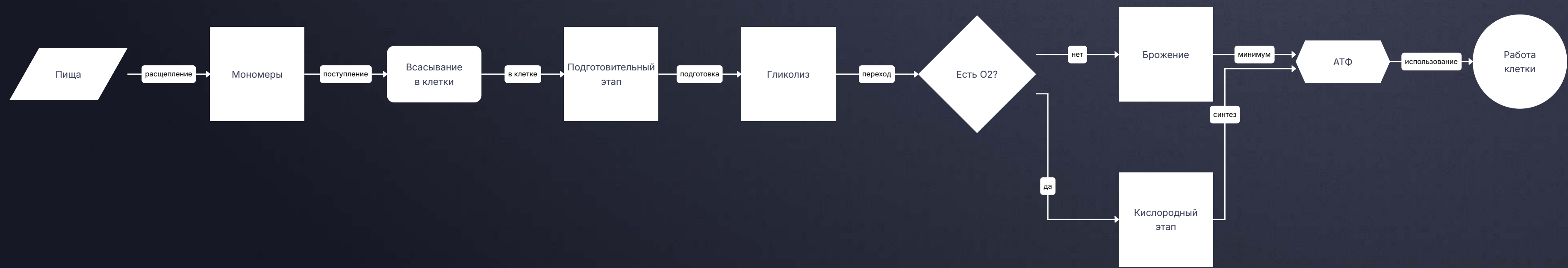
При достаточном содержании кислорода клетка выбирает более выгодное аэробное дыхание. Если кислорода мало, усиливается брожение, но его энергетический результат значительно ниже.

Регуляция у организмов

У растений интенсивность дыхания зависит от сахаров, образованных в фотосинтезе. У человека инсулин и адреналин меняют доступность питательных веществ и тем самым влияют на синтез АТФ.

Связь питания, дыхания и образования АТФ

Путь веществ от поступления пищи до использования энергии в клетке.



Значение энергетического обмена для организма

01

Рост и обновление

АТФ обеспечивает синтез белков, деление клеток и восстановление тканей после повреждений. Без постоянного притока энергии организм не может поддерживать развитие и обновление структур.

02

Движение и работа органов

Мышечные сокращения, движение ресничек, работа сердца и перенос веществ через мембраны требуют непрерывного расхода АТФ. Именно поэтому энергия нужна не только для роста, но и для ежедневной активности.

03

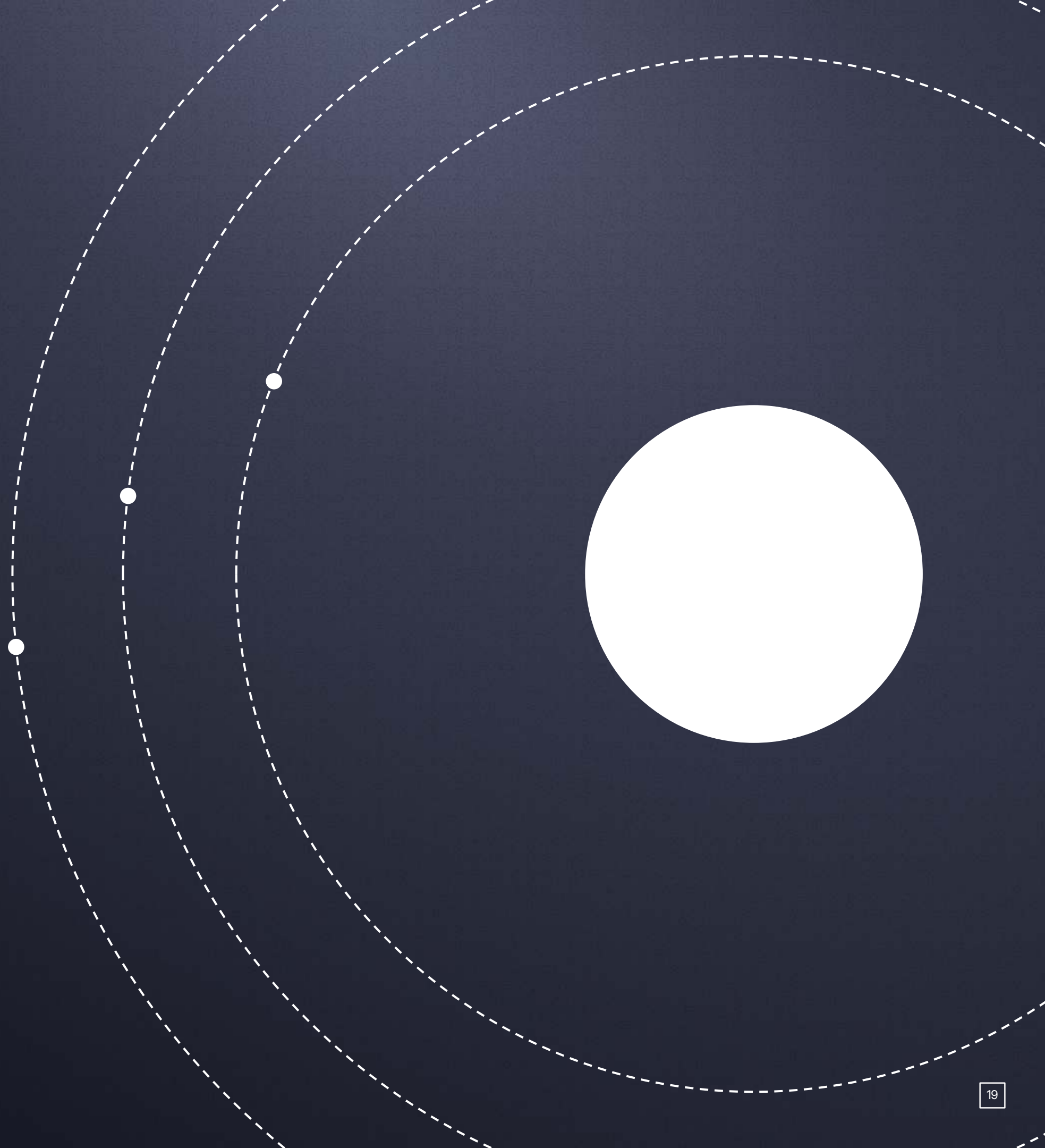
Адаптация к условиям

При физической нагрузке, нехватке кислорода или изменении питания клетки перестраивают обмен веществ. Такая гибкость помогает организму сохранять работоспособность в разных условиях среды.

04

Цена нарушения обмена

Если митохондрии работают плохо или АТФ образуется недостаточно, быстро появляются слабость, утомляемость и сбои в работе органов. Поэтому постоянный синтез АТФ — условие жизни клетки.



Энергия жизни в клетке

Энергетический обмен превращает энергию пищи в АТФ — универсальный ресурс клетки. Чем точнее работают ферменты и митохондрии, тем устойчивее идут рост, движение, синтез и поддержание жизни.

