



ХІМІЯ В ОСНОВІ БІОЕНЕРГЕТИЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ СПОРТИВНОГО РЕЗУЛЬТАТУ

Процеси перетворення енергії в організмі людини є фундаментальною основою не лише для виживання, а й для будь-яких фізичних досягнень. Ваш молодий організм знаходиться зараз на піку свого фізичного розвитку і розуміння того, як звичайна порція їжі перетворюється на вибухову силу спринту або витривалість марафонця, є критично важливим для побудови ефективного тренування.



МОЛЕКУЛЯРНИЙ ФУНДАМЕНТ ЕНЕРГІЇ В ОРГАНІЗМІ

Які молекули в організмі є «універсальною енергетичною валютою»?

Чому ми не можемо накопичити енергію «про запас»?

Усі магічні перетворення речовин в організмі вивчає наука біоенергетика, де центральним елементом виступає молекула аденозинтрифосфату (АТФ).

Хімічний погляд на молекулу АТФ

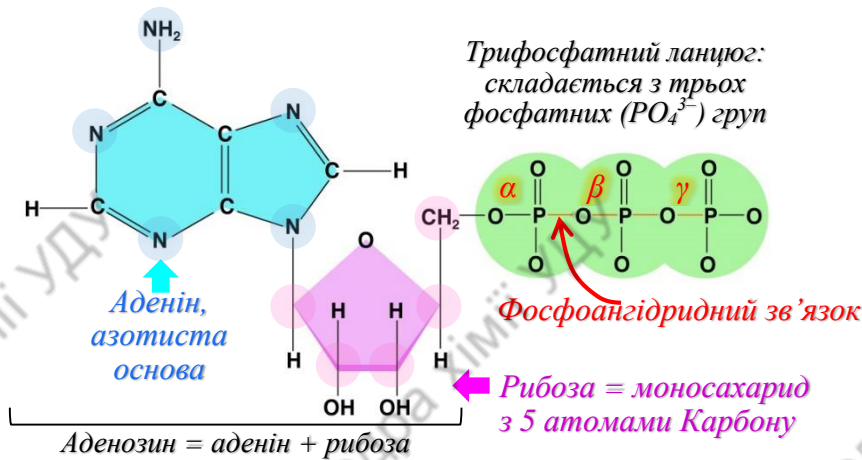
АТФ – це органічна речовина, яка забезпечує енергією всі клітинні процеси організму, особливо під час коротких інтенсивних фізичних навантажень. Ці

молекули «захоплюють» накопичену хімічну енергію перетравленої їжі, а потім вивільняють її для різних клітинних процесів. Таких процесів багато – це:

- ✚ транспорт різних речовин організмом,
- ✚ скорочення м'язів,
- ✚ поширення нервових імпульсів,
- ✚ синтез власних молекул на основі тих, що дає перетравлена їжа.

Таким чином, АТФ відома як «енергетична валюта» клітини. Людський організм виробляє понад 2×10^{26} молекул, або понад 160 кг, АТФ щодобово.

АТФ – це макромолекула, відома як нуклеїнова кислота, яка складається з трьох основних частин:



Між

трьома фосфатними групами в молекулі АТФ виникають високоенергетичні фосфоангідридні зв'язки. Кожен рух, від кліпання оком до виконання складного гімнастичного елемента, вимагає розриву цих зв'язків, під час якого і вивільняється велика кількість енергії. Саме тому існує друга назва цього зв'язку – «макроергічний зв'язок».

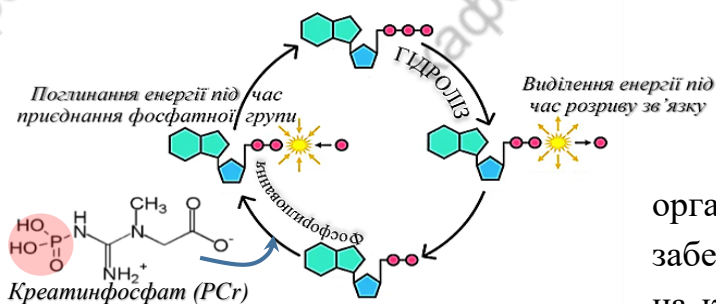
Молекулу АТФ можна уявити як «заряджену батарею». Енергія АТФ криється у трьох фосфатних залишках. Коли у процесах гідролізу відщеплюється один фосфатний залишок, виділяється приблизно 30.6 кДж/моль енергії:



При відщепленні однієї фосфатної групи аденозинтрифосфат АТФ вивільняє енергію та перетворюється на аденозиндифосфат АДФ, який можна порівняти з відпрацьованою батареєю.



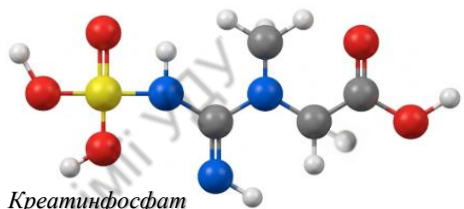
Відновлення АТФ в організмі



Виявляється запаси АТФ в організмі обмежені і можуть забезпечити фізичну активність лише на кілька секунд. Тут на «допомогу» приходить інша речовина – креатинфосфат (PCr), який запускає зворотний шлях – відновлення структури АТФ. Креатинфосфат – це природний резервуар фосфат-іонів. Він віддає молекулі АДФ фосфатну групу (процес фосфорилування) і швидко перетворює її на АТФ. Активатором цього переходу є фермент креатинкіназа (КрФ), який власне і переносить фосфатну групу з молекули креатинфосфату на АДФ.

Отже, АТФ є миттєвим джерелом енергії в клітині. Це означає, що

можна підтримувати високоінтенсивні тренування протягом тривалішого часу, перш ніж настане втома. Простіше кажучи:



креатинфосфат діє як швидкозарядний акумулятор для ваших м'язів.

Окрім вироблення енергії, креатин виконує багато інших функцій, які теж необхідні спортсмену.

- Притягує воду в м'язові клітини, збільшуючи їх об'єм, що може сприяти передачі сигналів про ріст м'язів. Тобто він сприяє нарощуванню м'язової маси покращуючи синтез білка.
- Добавки креатину можуть збільшити максимальну силу та потужність під час тренувань на 5–15%, що важливо для спортсменів у таких видах спорту, що потребують вибухових рухів: спринт, футбол, важка атлетика, баскетбол тощо. Він допомагає підвищити витривалість, покращуючи здатність до повторних спринтерських пробіжок та відтермінуюючи втому.
- Зменшує пошкодження м'язових клітин та запалення після інтенсивних тренувань, а також м'язовий біль.
- Креатин може покращити енергетичний метаболізм мозку, потенційно корисний для: короткочасної пам'яті, стійкості до втоми під час виконання розумових завдань; захисту від неврологічних захворювань, таких як хвороба Паркінсона та хвороба Альцгеймера. Він покращує неврологічну функцію, особливо головного мозку



Парадокс АТФ та втома

Молекулу АТФ можна уявити як заряджену батарею, яка миттєво віддає енергію для виконання механічної роботи м'язами.

Проте, незважаючи на критичну важливість АТФ, м'язи не зберігають його у великих кількостях, оскільки:

Загальний запас АТФ у м'язовій тканині малий

Запас АТФ становить лише близько 8 ммоль на кілограм ваги, чого вистачає лише на пару секунд інтенсивної роботи.



Причина такої обмеженості:

висока концентрація АТФ заважала б іншим метаболічним процесам.

Натомість організм виробив надзвичайно чутливу систему відновлення АТФ (регенерації). Як тільки м'яз починає скорочуватися, рівень АТФ падає, але миттєво активуються механізми його відновлення. Навіть при максимальному навантаженні рівень АТФ у м'язах знижується лише на 1–2 ммоль/кг, що свідчить про феноменальну швидкість роботи систем «підзарядки».

Втома, яку ми відчуваємо під час тренувань, є своєрідним запобіжником: вона змушує нас сповільнитися раніше, ніж рівень АТФ впаде до критичної межі, яка могла б спричинити незворотне пошкодження клітин.



«ТРИ СЛОНИ» РОБОТИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ ЗА ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ



Хто з вас втомлюється швидше – той, хто біжить швидко, чи той, хто біжить довго?

Як ви думаєте, що краще для схуднення – високоінтенсивні тренування чи тривалі і не дуже інтенсивні навантаження? Чому?

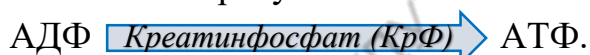
Чому марафонці часто "врізаються в стіну" на 30-му кілометрі?

Організм спортсмена використовує три основні шляхи підтримання енергетичної системи і кожен з них має свою потужність, швидкість активації та ємність. Ці системи працюють не по черзі, а паралельно, проте їхня частка в загальному енергозабезпеченні змінюється залежно від інтенсивності та тривалості фізичних навантажень.



Фосфогенна система: режим «Турбо» – максимальної потужності

Це найбільш швидка система, яка покладається на запаси ферменту креатинфосфату (КрФ) у м'язах. Він запускає процес відновлення АТФ, який активується миттєво і не потребує кисню:

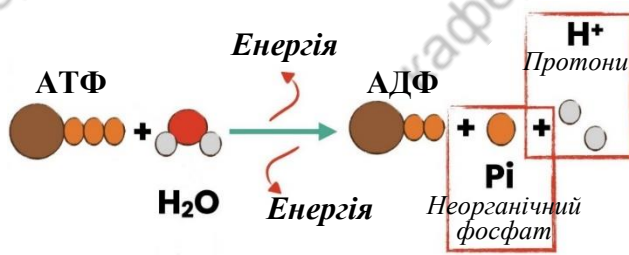


Тобто, замість зберігання, організм покладається на неймовірно ефективну систему «підзарядки».

1. Як тільки м'яз починає працювати, миттєво регенерується АТФ. Тому навіть при максимальному навантаженні її рівень падає лише на 1–2 ммоль/кг. Але відновлення АТФ після максимальних зусиль контролюється паралельним відновленням креатинфосфату (КрФ), який безпосередньо залежить від доступності кисню.

Цей ланцюжок перетворень є аеробним метаболізмом у дії.

2. Фосфогенна система – це паливо для вибухових дій: стартового ривка футболіста, стрибка у висоту або підйому штанги. Хоча швидкість регенерації тут найвища, запасів КрФ вистачає лише на 5–10 секунд максимальної активності. Тобто ця система швидко виснажується. Як тільки запаси закінчуються, наш організм змушений покладатися на анаеробний гліколіз, який є набагато повільнішою та менш ефективною формою вироблення енергії.
3. Чим більше АТФ використовується для «підживлення» м'язових скорочень під час фізичних вправ, тим більше *побічних метаболітів* виробляється. Особливо важливе значення мають фосфат-йони P_i та протони (H^+). Концентрація «неорганічного фосфату» P_i в м'язовому волокні збільшується до певного порогового значення, після якого скорочення цього волокна послаблюється.



Йони Гідрогену (H⁺) підвищують кислотність у м'язах і саме цей процес викликає відчуття «печії» та важкості в ногах, зокрема під час бігу на 400 метрів. Крім того, йони H⁺ впливають на нерви, що зв'язуються з мозком (аферентні нерви). Це викликає центральне стомлення, яке потім заважає скорочувати м'язи так само сильно, як раніше, як би ви не старалися.

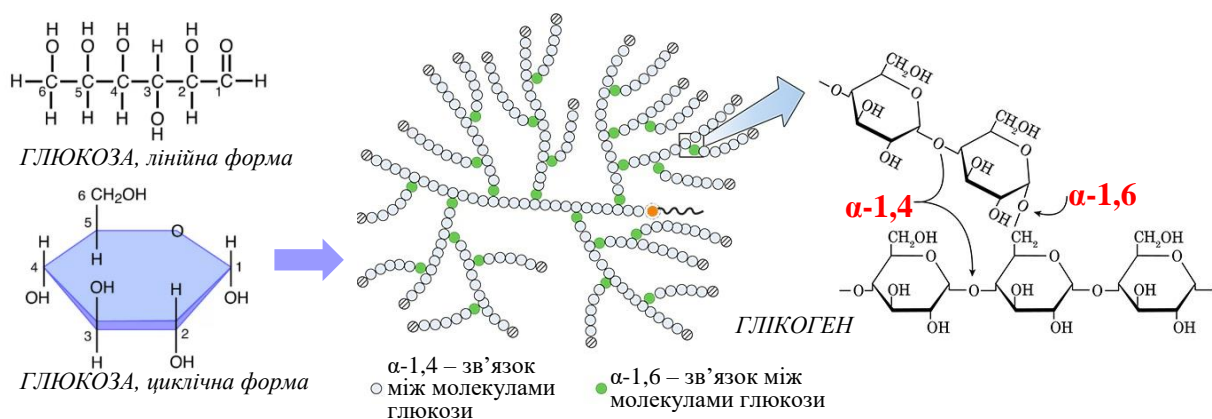
Отже, підсумовуючи: м'язова втома спричинена накопиченням неорганічного фосфату в м'язах та загальним підвищенням вмістом іонів Гідрогену в організмі.

Гліколітична система: швидкісне резервне джерело

Коли вибухова енергія фосфогенів вичерпується, основне навантаження лягає на *гліколіз*.

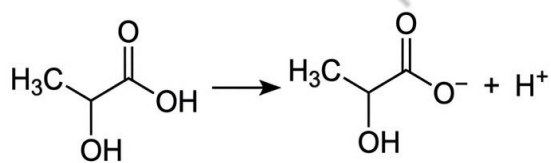
Гліколіз – це процес, оснований на анаеробному розщепленні глюкози (цукор у крові) або глікогену (запаси цукру в м'язах). Глікоген – це полісахарид, утворений залишками мономеру глюкози. Молекула глікогену має багаторозгалужену структуру у формі гранули, що містить до 30 000 глюкозних одиниць.

Глікоген є основною формою зберігання енергії в організмі. Він виробляється та зберігається у клітинах печінки та скелетних м'язів.



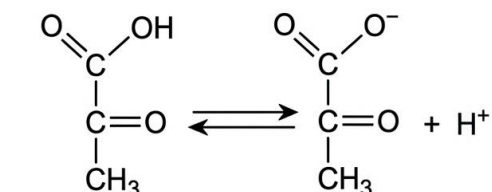
Організм зазвичай забезпечує м'язи киснем (аеробно). Але, якщо фізична активність є більш інтенсивною, ніж організм може постачати кисень до м'язів та інших тканин, в клітинах починається *анаеробне* розщеплення глюкози – *гліколіз*. Гліколіз дозволяє виробити необхідну енергію – 2 молекули АТФ і підтримувати високу інтенсивність тренувань. Під час

активних фізичних навантажень безкисневий процес перетворення глюкози та глікогену відбувається з утворенням молочної та пірвіноградної кислот:



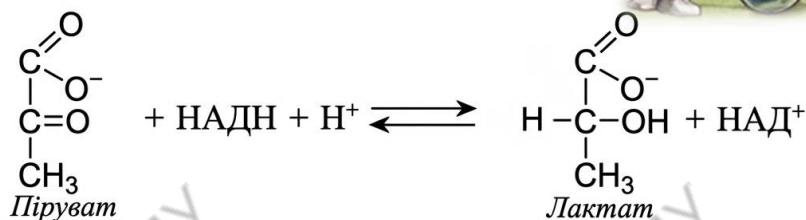
Молочна кислота

Лактат



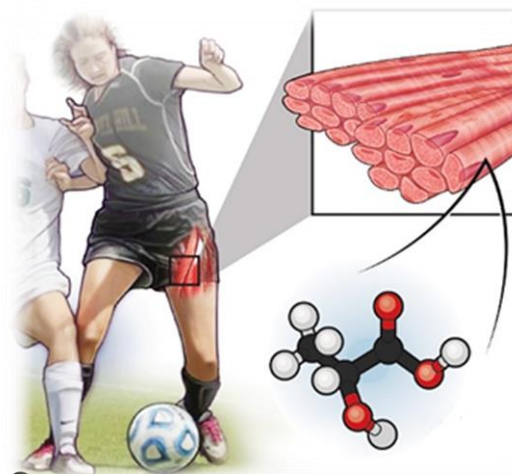
Пірвіноградна кислота

Піруват



Піруват

Лактат



Більшість людей думають, що причиною втоми під час важких фізичних навантажень є накопичення у м'язах саме молочної кислоти. І справді, м'язи виробляють багато молочної кислоти під час інтенсивних тренувань, але це не є небезпечним і зазвичай не викликає жодних симптомів. Дослідження показали, що молочна кислота вимивається з м'язів так швидко, що не пошкоджує клітини м'язів та не викликає болю. Загалом будь-яка робота організму, яка потребує більшого, ніж зазвичай, використання кисню, може призвести до вироблення молочної кислоти.

Визначення лактатного порогу для спортсменів.

Деякі спортсмени проводять фізичний тест, який називається тестом на лактатний поріг, щоб зрозуміти верхню межу своєї витривалості. Тобто як довго можна безпечно тренуватися або виступати на максимальній потужності. Під час тесту поступово нарощується інтенсивність фізичних вправ під контролем медичного працівника. Медпрацівник через певні встановлені моменти бере зразки крові і визначає рівень молочної кислоти у вашій крові в режимі реального часу.

Ніколи не тренуйтеся навмисно на виснаження!

Тести на лактатний поріг повинні проводитися під наглядом лікаря, щоб бути впевненим у вашій безпеці.

Аеробна система мітохондріального дихання у м'язевому волокні: двигун для марафону

Аеробна система – це окиснювальна система, яка є найефективнішою. Вона працює всередині мітохондрій – енергетичних станцій клітини – і використовує кисень для повного «спалювання» вуглеводів та жирів. У процесі клітинного дихання за участі кисню глюкоза та глікоген окиснюються до кінцевих продуктів метаболізму – CO_2 та H_2O – з вивільненням енергії (утворюється 38 молекул АТФ), що можна схематично показати спрощеним рівнянням:



Глюкоза + Кисень → Вуглекислий газ + Вода + Енергія

Таким чином, більшість їжі зрештою розщеплюється та перетворюється на глюкозу і глікоген, які потім реагують з киснем, що ми вдихаємо, вивільняючи енергію для нашого організму.

Це система має майже необмежену енергетичну ємність, яка «живить» нас під час тривалих прогулянок, повільного бігу або багатогодинних ігор. Але вона має дуже серйозний недолік:

аеробна система повільно «розігрівається», оскільки серцю та легням потрібен час, щоб доставити достатньо кисню до м'язів.

Саме в мітохондріях переробляється значна частина метаболітів, що утворюються під час фізичних вправ, зокрема майже 3/4 неорганічного фосфату переробляється безпосередньо в мітохондріях.

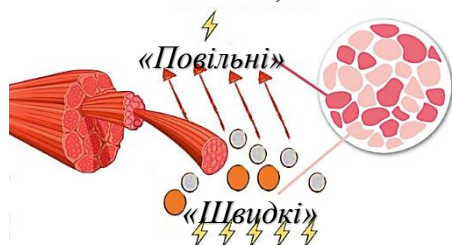


Виявляється, що кількість мітохондрій в клітинах залежить від типу м'язевих волокон: «повільні» (тип I, червоні) та «швидкі» (тип II, білі), що відрізняються швидкістю скорочення та джерелами енергії.

1. Повільноскоротливі м'язеві волокна мають приблизно втричі більше мітохондрій ніж швидкі. Тому вони здатні використовувати

набагато більше кисню та переробляти набагато більше фосфату. Це визначає їх стійкість до втоми.

2. *Швидкоскоротливі м'язеві волокна* виробляють набагато більше метаболітів, які потім мають перероблятися мітохондріями всередині повільно скоротливих волокон. В іншому випадку ці метаболіти накопичуються в клітинах та призводять до м'язової втоми (у ногах чи в інших місцях). Тобто «швидкі» м'язеві волокна забезпечують високу



потужність, але швидко втомлюються (спринт, важка атлетика).

Можна сказати, що повільні волокна ефективніші, ніж швидкі.

То ж яка складова енергетичної системи організму важливіша?

Високоінтенсивна працездатність під час тренувань та змагань означає здатність багаторазово докладати інтенсивних зусиль з мінімальним спадом. Це можуть бути спринти, їзда на велосипеді, зі штангою, складні інтервали підйому на пагорби, де ви хочете залишатися найпершим, «вибухово» швидким або потужним.

Для цього організм циклічно переходить через три складові енергетичної системи:

1. АТФ-ФХ (фосфогенова система): забезпечує короткі імпульси (5–10 секунд повних зусиль);
2. Гліколітична (анаеробна) система: забезпечує інтенсивні зусилля тривалістю приблизно від 20 секунд до 2 хвилин;
3. Окиснювальна (аеробна) система: сприяє тривалішій роботі та відновленню між інтервалами.

Таким чином усі енергетичні системи діють одночасно, з самого першого моменту активності. Навіть під час надзвичайно коротких зусиль аеробна система запускається набагато швидше. Сучасні дослідження показують, що аеробний метаболізм може почати підтримувати відновлення АТФ менш ніж за 150 мілісекунд після початку активності.

Аеробна система завжди працює у фоновому режимі, допомагаючи відновлювати «турбо» систему, яка швидко виснажується, – навіть під час максимальних зусиль.

Тож, справжньою метою тренувань має бути покращення взаємодії всіх складових енергетичної системи організму.



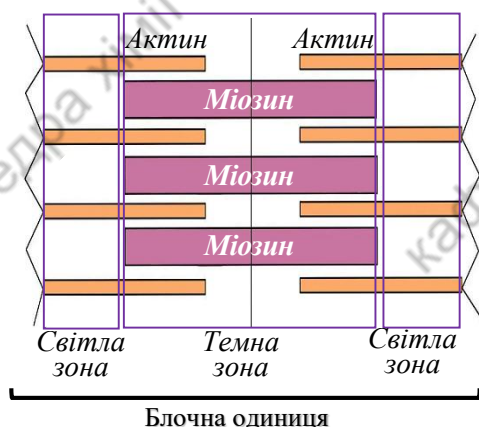
ПРО ТРЕНУВАННЯ, ЯКІ ДОЗВОЛЯТЬ ПОКРАЩИТИ М'ЯЗОВУ ВИТРИВАЛІСТЬ ТА ВПОРАТИСЯ З М'ЯЗОВОЮ ВТОМОЮ

Які вправи найкраще підходять для покращення м'язової витривалості?

Які вправи ти вибереш для свого плану тренувань?

Хіміко-біологічний погляд на роботу м'яза

Хоча ми можемо бачити та відчувати рух наших м'язів, важко уявити, що це не просто суцільний шматок м'яза, це *скелетний м'яз*, який складається з крихтих довгих пучків м'язових клітин, які називаються м'язовими волокнами. М'язові клітини містять довгі білкові циліндри – міофібрили, відповідальні за скорочування м'язів. Ці міофібрили утворені величезною кількістю послідовно з'єднаних між собою коротких блочних одиниць. Кожна така *блочна одиниця* містить тонкі волокна – мікрофіламенти, побудовані з білкових молекул *актину та міозину*:



- актин є тонкою міофібрилою;
- міозин є товстою міофібрилою з «голівками ключок для гольфу».

Щоб перетворити хімічну енергію АТФ на рух, м'язи використовують механізм ковзання білкових ниток актину та міозину. За командою нервового імпульсу міозинові голівки чіпляються за актин і «тягнуть» його, що веде до вкорочення м'яза. Цей процес

критично залежить від йонів Кальцію та наявності АТФ.

У спортивній практиці важливо розрізнати різні режими роботи м'язів, оскільки вони мають різну енергетичну вартість:

- *динамічна* робота відбувається, коли м'яз вкорочується, переміщуючи тіло або вантаж.
- *статична* робота виникає, коли м'яз напружується без зміни довжини, наприклад, утримання планки. Це вимагає постійної витрати енергії на підтримку тонусу.
- *уступальна* робота, коли м'яз подовжується під навантаженням, наприклад, при приземленні після стрибка.



Розуміння цих режимів дозволяє правильно оцінювати навантаження під час тренувань.

Щоб знати, як тренувати м'язи для кращої переробки метаболітів, таких як P_i та H^+ , та справлятися з м'язовою втомою, слід зрозуміти фундаментальний принцип спортивної підготовки – **принцип специфічності:**

організм завжди адаптується певним чином до навантаження, яке на нього накладається.

Наприклад, якщо ви тренуєтеся протягом кількох тижнів на висоті, брак кисню змусить ваш організм виробляти більше еритроцитів, щоб краще транспортувати невелику кількість доступного кисню.

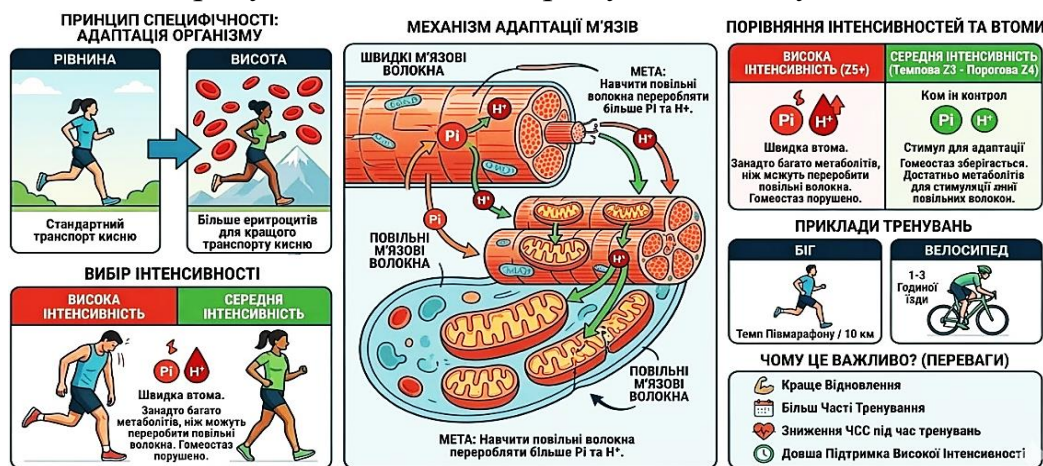
Отже:

- 1) щоб зменшити м'язову втомлюваність потрібно розвинути здатність наших повільних волокон переробляти супутні метаболіти, що виробляються нашими швидкими волокнами,
- 2) для цього потрібно використовувати тренування, які створюють специфічне навантаження на наш організм.

Для розвитку такої адаптації НЕ потрібна висока інтенсивність тренувань. Тому що за високої інтенсивності виробляється набагато більше метаболітів, ніж можуть переробити повільні м'язові волокна. Це означає, що ви швидко втомитеся і вам доведеться уповільнити або навіть припинити свої зусилля.

Потрібно знайти «вашу власну» інтенсивність, яка дозволить підтримувати внутрішній баланс (так званий гомеостаз), щоб продовжити дію стимулу і дати м'язам час на адаптацію. Тобто, **необхідна середня інтенсивність**. Цей тип тренування зазвичай називають темповим (Z3) або пороговим (Z4). Наприклад, для бігу темп таких тренувань приблизно відповідає півмарафону або 10-кілометровому забігу. Для їзди на велосипеді тренування можна підтримувати протягом 1-3 годин з певною інтенсивністю тощо.

Тренування середньої інтенсивності надзвичайно корисні і навіть необхідні для коротких, інтенсивних видів спорту. Саме вони допоможуть вам тренуватися частіше, краще відновлюватися, знижувати частоту серцевих скорочень під час тренувань і довше підтримувати високу інтенсивність.



Енергетика футболу, плавання та бігу: порівняльний аналіз

Футбол поєднує в собі всі три енергетичні системи. Гравець здійснює короткі спринти (фосфагенна система), веде боротьбу та виконує серії прискорень (гліколіз), а в перервах між активними фазами підтримує рух за рахунок окиснювальної системи. За годину гри футболіст вагою 70 кг витрачає близько 500–600 ккал. Важливим аспектом є відновлення глікогену між матчами, оскільки інтенсивність гри швидко вичерпує ці запаси.

Плавання: боротьба з опором

Плавання вважається одним з найбільш енерговитратних видів спорту. Це пов'язано з високою густиною води (яка в 800 разів більша за повітря) та необхідністю залучати майже всі групи м'язів тіла. Крім того, вода забирає тепло тіла швидше, ніж повітря, що змушує організм витрачати додаткові калорії на терморегуляцію. Інтенсивне плавання може спалювати понад 700 ккал за годину. Цікаво, що в плаванні техніка відіграє вирішальну роль у механічній ефективності: чим краща техніка, тим менше енергії витрачається на подолання опору води.

Біг та велоспорт: витривалість та ефективність

Біг на довгі дистанції – це триумф окиснювальної системи. Основним фактором успіху тут є максимальне споживання кисню $V(O_{2,max})$. Велоспорт, порівняно з бігом на ту саму дистанцію, є менш енерговитратним, оскільки велосипед бере на себе частину роботи з підтримки ваги тіла та використовує інерцію. Проте велосипедисти зазвичай тренуються набагато довше (по 3-4 години), що в результаті призводить до колосальних загальних енерговитрат.



ТВІЙ ВНУТРІШНІЙ РЕАКТОР: ЯК ОРГАНІЗМ РАХУЄ ЕНЕРГІЮ?

Що відбувається з вашим енергетичним балансом, коли ви відчуваєте втоми після тривалого навчання?

Який твій власний енергетичний план на день: які продукти ти вибереш для сніданку, обіду та вечері; як ти поєднуєш різні типи тренувань?

Давайте замислимося, чому після тренування хочеться з'їсти цілого слона, а іноді, просидівши весь день над підручниками, відчуваємо виснаженням, ніби розвантажували вагони? Уся справа в **енергетичному балансі – суперздатності твого тіла розподіляти енергію**.

Професійні спортсмени, щоб перемагати, використовують науковий підхід. Вони не просто тренуються, а розраховують **енергетичну вартість тренування (ЕВТ)**. Це точна кількість енергії, яку організм витрачає на виконання конкретної фізичної роботи (наприклад, пробігти 5 км чи підняти штангу). Але перш ніж рахувати калорії на біговій доріжці, потрібно знати свій базовий рівень, тобто основну енергетичну цінність твого організму.

Як визначити енергетичний рівень твого основного обміну (BMR)?

Чи знаєш ти, що твій мозок, який складає лише 2% ваги тіла, «з'їдає» близько 20% всієї енергії, яку ти отримуєш з їжею?

Навіть коли ми спимо, дивимось серіал або просто лежимо на дивані, наш «**внутрішній реактор**» працює на повну потужність, що і забезпечує **рівень нашого основного метаболізму (BMR)** – мінімальна кількість енергії, необхідна для того, щоб:

- серце качало кров;
- легені дихали;
- мозок обробляв інформацію;
- організм підтримував температуру тіла.

Для молодих людей твого віку це значення є досить високим через інтенсивний ріст і розвиток.

Найпопулярнішим методом розрахунку BMR є формула Міффіна – Сент-Джеора.

для юнаків:

$$\text{BMR} = (10 \times \text{вага, кг}) + (6.25 \times \text{ріст, см}) - (5 \times \text{вік у роках}) + 5, \text{ ккал/добу.}$$

для дівчат:

$$\text{BMR} = (10 \times \text{вага, кг}) + (6.25 \times \text{ріст, см}) - (5 \times \text{вік у роках}) - 161, \text{ ккал/добу.}$$

Давай спробуємо підрахувати рівень основного метаболізму для учня віком 17 років, ростом 180 см та вагою 75 кг:

$$\text{BMR} = (10 \times 75) + (6.25 \times 180) - (5 \times 17) + 5 = 750 + 1125 - 85 + 5 = 1795 \text{ ккал/добу.}$$

Це майже 1800 кілокалорій щодня тільки на те, щоб просто жити!

Для підрахунку **активного метаболізму (AMR)** потрібно помножити BMR на коефіцієнти за рівнями активності:

Ступінь активності	Коефіцієнт
Професіональний спортсмен	1,9
Підвищена активність	1,725
Середня активність	1,55
Помірна активність	1,375
Малорухливий (сидячий) спосіб життя	1,2

Чи можна визначити витрати енергії під час різних фізичних навантажень,

або скільки «палива» тобі потрібно?

Як дізнатися, скільки енергії ти витрачаєш, коли бігаєш, плаваєш або навіть граєш у відеоігри? Для цього використовують **метаболічний еквівалент (MET)**. За одиницю метаболічного еквівалента прийняли 1 MET – кількість енергії, яка витрачається у стані спокою, коли ми просто сидимо в тиші й нічого не робимо.

Будь-яка інша активність оцінюється як кратна величина до цього стану. Для молоді зі швидшим метаболізмом розроблено спеціальні значення – MET_y (Youth MET). Наприклад, якщо біг має MET 10, це означає, що під час бігу ви витрачаєте в 10 разів більше енергії, ніж сидячи на дивані.

Вид активності	MET / MET _y	Витрата ккал/год (на 70 кг)
Сон / Спокій	0.9–1.0	~65–70
Написання конспекту, читання	1.3–1.8	~90–120
Швидка ходьба (6 км/год)	4.3–5.0	~300–350
Футбол (змагальний)	8.0–10.0	~560–700
Плавання (брас, середній темп)	7.0–10.0	~490–700
Біг (12 км/год)	11.5	~800
Стрибки на скакалці (швидко)	12.0	~840

Загальна енергетична вартість тренування розраховується за формулою:

$$\text{ЕВТ (ккал)} = \text{МЕТ} \times \text{вага (кг)} \times \text{тривалість (год)}$$



ХАРЧУВАННЯ ЯК БІОХІМІЧНЕ ПАЛИВО: МАКРОНУТРИЄНТИ ТА ЇХНЯ РОЛЬ



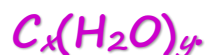
Хто з вас втомлюється швидше – той, хто багато їсть, чи той, хто мало їсть? Чому? Чому в кінці футбольного матчу у гравців з'являються судоми?



ТРОШКИ ХІМІЇ ВУГЛЕВОДІВ як «головного пального» для фізичних навантажень

Їжа – це не просто вгамування голоду, а постачання хімічних субстратів – «палива» для регенерації АТФ. Для спортсменів критично важливим є баланс білків, жирів та вуглеводів (БЖВ).

Вуглеводи – це молекули, що містять атоми Карбону (С), Гідрогену (Н) та Оксигену (О) і (у переважній більшості) відповідають загальній формулі:

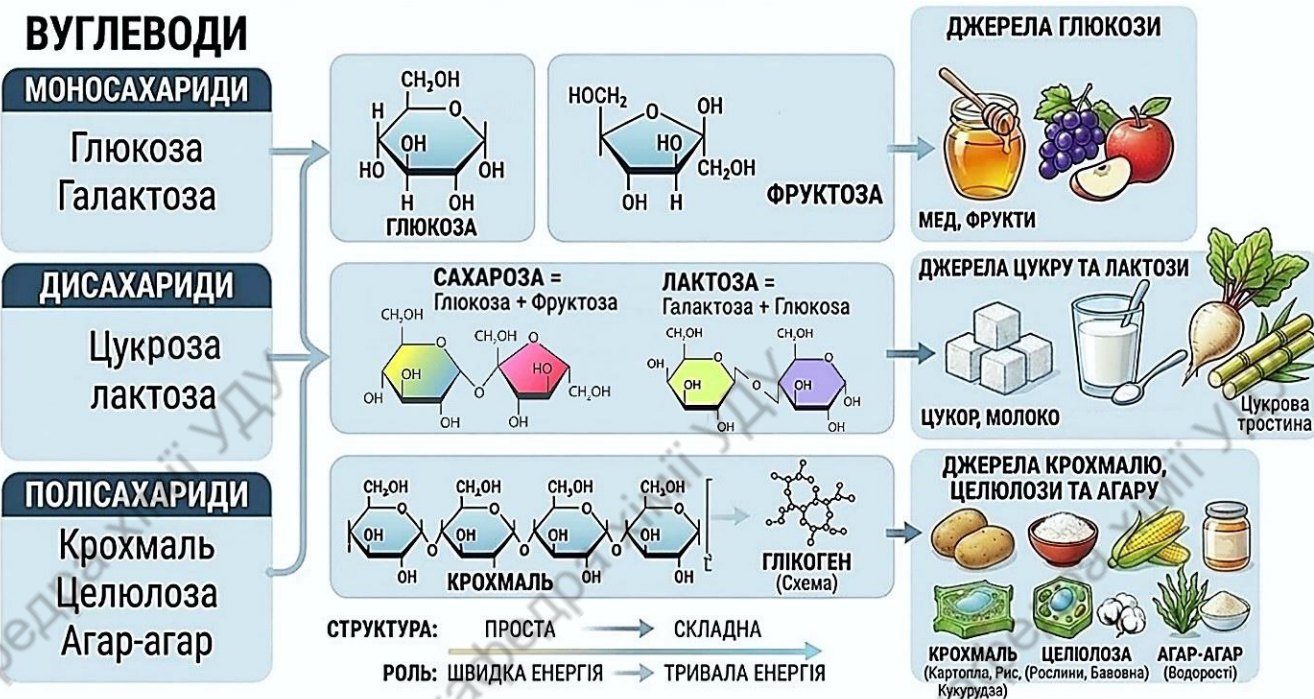


В організмі вони виконують три основні функції:

- ✚ джерела енергії (наприклад, глюкоза),
- ✚ «депо» енергії (наприклад, крохмаль і глікоген)
- ✚ структурних одиниць (наприклад, целюлоза у рослин і хітин у комах).

Вуглеводи можна розділити на три групи: моносахариди, дисахариди та полісахариди. Більшість вуглеводів є полімерами – полісахаридами.

Мономери – моносахариди:		Дисахариди	Полімери – полісахариди:
невеликі, основні молекулярні одиниці		Молекули, утворені об'єднанням двох моносахаридів	це великі, складні молекули, що складаються з довгих ланцюгів поєднаних між собою залишків моносахаридів.
5 «С»	Рибоза, дезоксирибоза	Сахароза, лактоза	Целюлоза, крохмаль, агар-агар
6 «С»	Фруктоза, глюкоза, галактоза		

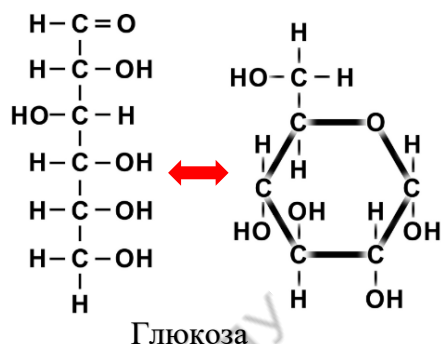


Моносахариди – це найпростіші вуглеводи (прості цукри), які не розщеплюються водою на простіші сполуки.

В молекулі моносахаридів на кожен атом Карбону припадає один атом Оксигену та два атоми Гідрогену. Тому їх загальну формулу записують і так:



де n – кількість атомів Карбону – від 3 до 7 або 9.



Молекули моносахаридів можуть існувати у вигляді *лінійних ланцюгів* або *циклічних форм*. Частка відкритої (лінійної) форми є дуже малою і становить близько 0,003% – 2%.

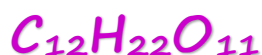
Якщо кількість атомів Карбону в молекулі дорівнює 3 (**3С**), то такий моносахарид називають **тріоза**. Відповідно зі збільшенням кількості атомів Карбону ми переходимо

поступово до тетрози (4C), пентози (5C), гексози (6C) та гептози (7). Найпоширенішими в організмі є пентози та гексози. Назви всіх моносахаридів закінчуються на **-оза**.

Моносахариди мають солодкий смак, розчинні у воді та нерозчинні в неполярних розчинниках.

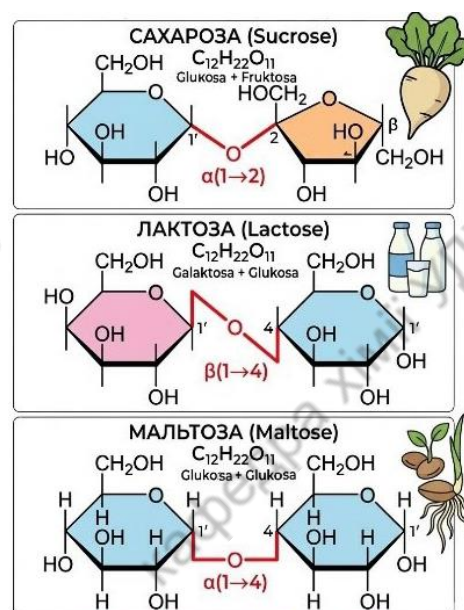
Вони є *основним джерелом енергії* під час дихання і водночас важливими будівельними блоками для великих молекул.

Дисахариди – це вуглеводи, молекули яких утворюються внаслідок об'єднання двох молекул моносахаридів.



Тобто, одна молекула дисахариду має два залишки моносахаридів. Наприклад,

- ✚ сахароза (цукроза, цукор) утворюється в результаті реакції конденсації між молекулою глюкози та молекулою фруктози;
- ✚ лактоза (молочний цукор) утворюється з молекули глюкози та молекули галактози;
- ✚ мальтоза (солодовий цукор) утворюється з двох поєднаних між собою молекул глюкози – її багато у пророслому за певних умов зерні ячменю.



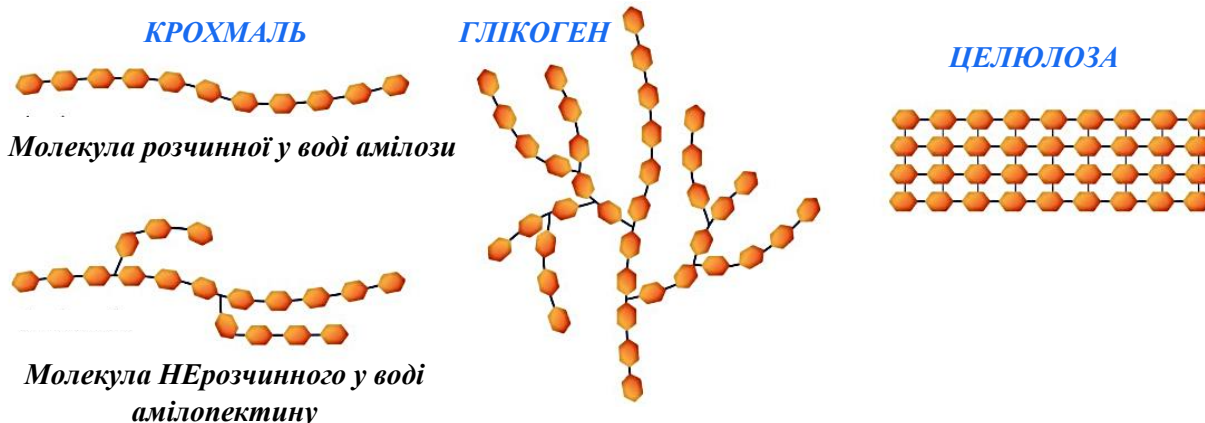
Дисахариди можна дією води розщепити на два вихідні моносахариди, що відомо як реакція гідролізу. Вона суттєво прискорюється додаванням кислоти. Саме тому цукор швидше «розчиняється» у підкисленій лимонній воді або кефірі – його молекули не тільки оточуються молекулами води (гідратуються), а ще й додатково частково руйнуються з утворенням глюкози і фруктози.

Полісахариди – це полімери, що утворюються шляхом об'єднання багатьох молекул моносахаридів (більше двох) за допомогою реакцій поліконденсації.



де $n > 2$: ступінь полімеризації – тобто кількість залишків моносахаридів, число яких може досягти кількох тисяч.

Якщо молекула полісахариду складається виключно з одного виду моносахаридів, то його відносять до **гомopolісахаридів** – це, наприклад, крохмаль, глікоген або целюлоза, які побудовані з залишків глюкози.



Полісахариди, молекули яких містять залишки кількох мономерів є **гетерополісахаридами** – наприклад, агар-агар, який міститься у деяких морських водоростях. Водні розчини агар-агару під час охолодження застигають у вигляді желе. Завдяки цим властивостям агар-агар, наряду із желатином, використовують у кондитерському виробництві для приготування желе, пастили, мармеладу та джемів.

Полісахариди не мають солодкого смаку. Через величезні розміри молекул більшість полісахаридів не розчиняються у воді.



Полісахариди виконують роль «депо» енергії.

В організмі людини таким «депо» є глікоген, у формі якого зберігається надлишок глюкози. Тільки перетворюючись знову на глюкозу, він стає основним джерелом енергії для мозку та м'язів.

Але проблема в тому, що запаси глікогену обмежені – близько 400-500 грамів (це 1600–2000 ккал), яких вистачає лише на 1,5–2 години інтенсивного тренування. Коли ці запаси вичерпуються, настає стан **гіпоглікемії**, відомий серед марафонців як «стіна», коли кожен наступний крок вимагає неймовірних вольових зусиль.



ЖИРИ: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РЕЗЕРВ НА ДОВГІ ДИСТАНЦІЇ

Чому природа обрала саме тригліцериди як головний енергетичний запас?

Що відбувається, коли постачання їжі припиняється, наприклад, вночі або під час тривалої прогулянки? Тут у гру вступає стратегічний енергетичний резерв – величезні склади палива, які ми називаємо жировою тканиною.

Жири – це найбільш концентроване джерело енергії: 1 грам жиру дає 9 ккал на під час його «спалювання» в організмі. Жири згорають повільніше за вуглеводи і потребують багато кисню, а їхні запаси в організмі майже безмежні: жири необхідні для захисту внутрішніх органів та нормального розвитку мозку. Середня доросла людина вагою 60 кг з часткою жиру в організмі 15 % матиме близько 9 кг жирових запасів, що може забезпечити близько 65 000 ккал енергії (розраховано з розрахунку 7,2 ккал на грам), що у понад 30 разів перевищує кількість енергії, акумульованої в глікогені.

Навіть у дуже худого атлета запасів жиру вистачить на десятки годин безперервного руху.

Ці прості підрахунки показують, якщо навчитись під час фізичних вправ використовувати ліпіди свого організму (крім вуглеводів), то енергія не закінчиться, витривалість може суттєво покращитися і будуть збережені обмежені запаси глікогену.

Найпоширенішим типом ліпідів у людському тілі та продуктах харчування є жири – тригліцериди (або триацилгліцероли). Це основна форма зберігання хімічної енергії в організмі людини. Саме тригліцериди, запасуючись у спеціалізованих клітинах (адипоцитах) жирової тканини, дозволяють нам переживати тривалі періоди без їжі та забезпечують резервною енергією під час фізичних навантажень. Вони утворюються в клітинах печінки з продуктів метаболізму глюкози.

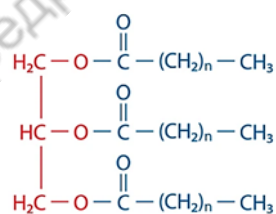


Будова "Ідеального паливного резерву". Хімічний конструктор – подорож у світ тригліцеридів

Щоб зрозуміти, чому жири так добре справляються зі своєю роллю, потрібно поглянути на їхню хімічну архітектуру. Це дивовижний приклад біологічної інженерії.

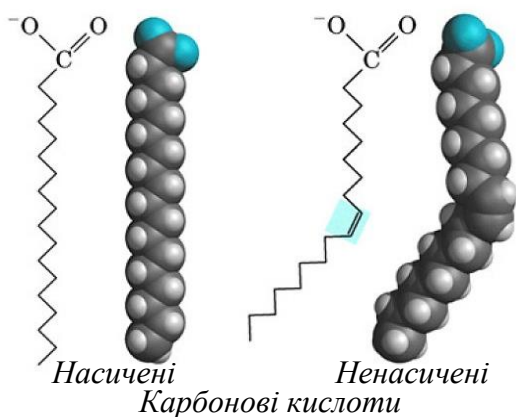
Молекула жиру збирається, як конструктор, з двох основних типів деталей. Перша деталь – це гліцерол (гліцерин). Уявіть його як невелику, але міцну основу – "хребет", молекула якого побудована трьома атомами Карбону, які зв'язані з трьома гідроксильними групами (–ОН). Ці групи є немов би трьома "гачками", готовими до приєднання інших молекул. Гліцерол сам по собі солодкий на смак і розчинний у воді, але в складі жиру він змінює свою природу.

Друга деталь – жирні кислоти. Це органічні кислоти, побудовані довгими ланцюгами з атомів Карбону (C = 16, 18 або 20), кожний з яких, окрім першого, оточений лише атомами Гідрогену. Перший атом Карбону є карбоксильною групою (–COOH). Карбоксильна група молекули – це той "замок", який може з'єднатися з "гачком" гліцеролу.



гліцерол жирні кислоти

Отже жири – це тригліцериди, молекули яких складаються з залишків трьох молекул «жирних» карбонових кислот, приєднаних до однієї молекули гліцеролу

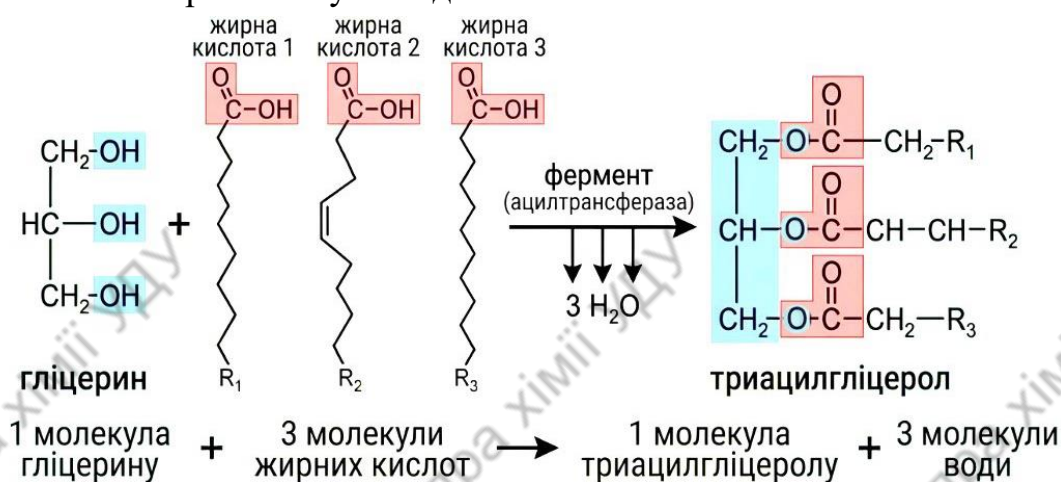


Жирні кислоти можуть бути різними: насиченими і ненасиченими. В молекулах насичених жирних кислот між атомами Карбону в ланцюзі є тільки одинарні хімічні зв'язки, тому вони мають пряму і жорстку конфігурацію. У такій орієнтації велика кількість насичених жирних кислот можуть шикуватися поруч, подібно до солдатів, що стоять по черзі, тобто дуже щільно упаковуватися разом. Тому вони тверді за кімнатної температури й утворюють «тверді» жири, наприклад, вершкове або кокосове масо.

У молекулі ненасичених жирних карбонових кислот між атомами Карбону присутні подвійні зв'язки, що зумовлює гнучкість карбонового ланцюга – здатність «згинатись» в місцях цих зв'язків – точках ненасиченості. Такі кислоти є рідинами, наприклад, рослинні олії.

Карбонові ланцюги надзвичайно неполярні = гідрофобні та панічно «бояться» води, що зумовлює водовідштовхувальні властивості тригліцеридів – масла та олії.

Процес утворення тригліцериду – це хімічна реакція, яку називають *естерифікацією*. До трьох "гачків" одного гліцеролу приєднуються три молекули жирних кислот за участі карбоксильних груп – «замків». При цьому відщеплюються три молекули води.



Унікальні енергетичні переваги тригліцеридів

По-перше, тригліцериди мають надзвичайну енергетичну густину. Карбонові ланцюги жирних кислот перебувають у найбільш хімічно "відновленому" стані. Це означає, що коли організм в мітохондріях їх "спалює" (окиснює), він отримує з кожного грама жиру 9 кілокалорій енергії. Для порівняння, з одного грама вуглеводів (глікогену) можна отримати лише 4 кілокалорії.

Жир – це як високооктановий бензин проти звичайної деревини.

По-друге, через свою гідрофобність тригліцериди відштовхують воду і запасуються в організмі в чистому, концентрованому вигляді. Вуглеводи ж, навпаки, є полярними і зв'язують величезну кількість води (на кожен грам глікогену припадає 2-3 грами води). Якби ми запасали ту саму кількість енергії у вигляді вуглеводів, наша вага була б у 6-8 разів більшою! Ми б просто не змогли пересуватися під вагою власного енергетичного резерву. Тригліцериди дозволяють нам бути легкими та мобільними, маючи при собі величезний запас палива.

Мобілізація резервів: час "спалювати" жир

Що робити, коли організму терміново потрібна енергія? Наприклад, під час інтенсивного тренування або довгої голодної перерви. Організм починає процес ліполізу – мобілізації жирових запасів.

Це сигнал тривоги. Спеціальні гормони – наприклад, адреналін (гормон дії та стресу) або глюкагон (який виділяється, коли падає рівень цукру в крові) – посиляють сигнал жировим клітинам адипоцитам. Усередині клітини «прокидаються» особливі ферменти – ліпази. Вони діють як хімічні ножиці, які починають розрізати естерні зв'язки в молекулах тригліцеридів. Цей процес є зворотним до синтезу: до кожного зв'язку додається молекула води, і тригліцерид знову розпадається на свої складові: один гліцерол та три вільні жирні кислоти.

Вивільнені продукти розпаду не залишаються в адипоцитах. Вони виходять у кровотік і вирушають «у подорож» до тканин, які потребують енергії. Гідрофільний гліцерол розчиняється в плазмі крові і транспортується до печінки. Печінка перетворює гліцерол на глюкозу (у процесі глюконеогенезу), щоб підтримати рівень цукру в крові, або використовує його як паливо для власних потреб. Для транспорту вільних жирних кислот є спеціальні білки-перевізники – альбуміни. Вільні жирні кислоти "сідають" на альбумін, як пасажери в таксі, і в такому вигляді доставляються до м'язів, серця, печінки та інших органів. Усередині клітин цих органів жирні кислоти потрапляють у мітохондрії ("енергетичні станції" клітини). Там вони окиснюються: від молекули жирної кислоти послідовно відщеплюються двокарбоніві фрагменти, які потім повністю згорають до CO_2 та H_2O , виділяючи колосальну кількість енергії у вигляді АТФ.



БІЛКИ: АРХІТЕКТОРИ М'ЯЗОВОЇ ТКАНИНИ

Білки складаються з амінокислот, які є будівельними блоками для клітин. У спортивній енергетиці білок рідко використовується як паливо (лише в крайніх випадках, до 15% енергії під час тривалого голодування), оскільки його основна роль – ремонт та побудова нових м'язових волокон після навантаження. Для підлітків-спортсменів особливо важливі повноцінні тваринні білки (м'ясо, риба, яйця, молочні продукти), оскільки вони містять усі незамінні амінокислоти.

Амінокислота цистин, будівельний блок білка, забезпечує важливий захист мітохондрій. Вона допомагає захистити їх від стресу, спричиненого фізичними вправами, і допомагає зменшити втому під час тренувань.



ЯК ВИЗНАЧИТИ ДЕФІЦИТ І ПРОФІЦИТ КАЛОРИЙ?

Якщо щодня споживати більше енергії, ніж потрібно, то організм змушений відкласти надлишки у вигляді жиру. Цей стан називається *профіцитом калорій*.

Навпаки, коли організм має витратити накопичені жирові відкладення, щоб одержати енергію, виникає стан *дефіциту калорій*.

Джерелом калорій для нас є харчові продукти. З огляду на те, що калорійність 1 г білків і вуглеводів становить 4,1 ккал, а жирів – 9,3 ккал, то висококалорійними продуктами є ті, що містять у своєму складі більше жирів.

У повсякденному раціоні ми поєднуємо різні продукти, а більшість страв складається з кількох компонентів, що мають різну цінність з точки зору калорійності та корисності. Найбільш шкідливими є фаст-фуд та солодкі борошняні вироби, оскільки для їх приготування використовується багато жирів та олій.



ТАЙМІНГ ХАРЧУВАННЯ: ЯК МАКСИМІЗУВАТИ РЕЗУЛЬТАТ?

Знання біоенергетики дозволяє спортсменам оптимізувати час прийому їжі.

- 1. До тренування (за 2-3 години):** повноцінний обід із вмістом складних вуглеводів та білка. Це створює запас глікогену та забезпечує стабільний рівень цукру в крові.
- 2. За 30-60 хвилин до старту:** легкий вуглеводний перекус (банан, вівсяне печиво). Важливо уникати продуктів з високим вмістом клітковини або жиру, оскільки вони довго перетравлюються і можуть викликати важкість у шлунку.
- 3. Під час тривалого навантаження:** якщо тренування триває понад 90 хвилин, необхідно поповнювати вуглеводи (спортивні напої, гелі) для підтримки працездатності; вода кожні 15–20 хв; ізотоніки.
- 4. Після тренування (в першу годину):** критичний період для відновлення. Вживання білка та вуглеводів (наприклад, сир із фруктами або

протеїновий коктейль) у цей час прискорює ремонт м'язів та поповнення енергетичних депо.

Для молодих спортсменів важливо дотримуватися балансу макронутрієнтів:

- ✚ Вуглеводи (50–60%): головне пальне для інтенсивної роботи.
- ✚ Білки (30–35%): «будівельники» для ремонту та росту м'язів.
- ✚ Жири (10–15%): енергетичний резерв та захист клітин.

Правильний таймінг харчування критично важливий для досягнення результату.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Енергетика спорту – це складна, але логічна система. Кожна калорія, отримана з їжею, має свій шлях перетворення на рух. Для досягнення високих результатів учень старших класів повинен дотримуватися кількох золотих правил:

- **Постійність палива:** не пропускайте сніданки та обіди. Для організму, що росте, дефіцит енергії призводить не лише до поганих спортивних результатів, а й до зупинки росту та зниження імунітету.
- **Точність розрахунків:** користуйтеся таблицями МЕТ, щоб розуміти реальну вартість ваших зусиль. Пам'ятайте, що година інтенсивної гри у футбол вимагає додаткових 500-600 ккал понад ваш базовий раціон.
- **Гідратація:** вода – це середовище, в якому відбуваються всі хімічні реакції розщеплення АТФ. Навіть 2% втрати рідини знижують вашу потужність на 20 %.
- **Якість відновлення:** сон та правильне харчування після тренування – це час, коли ваші мітохондрії регенерують, а м'язи стають сильнішими. Без відновлення тренування лише руйнує організм.

Розуміння біоенергетичних принципів перетворює звичайного фізкультурника на свідомого атлета, який знає ціну кожному руху та вміє ефективно керувати ресурсами свого тіла. Спортивні досягнення – це лише 10 % таланту та 90 % правильного управління енергією, харчуванням та відновленням.

ДО НАСТУПНИХ ЗУСТРІЧЕЙ!

ДОДАТОК А

Калорійність деяких продуктів харчування

Висококалорійні		Низькокалорійні	
Продукт	Калорійність, ккал/100гр	Продукт	Калорійність, ккал/100гр
Рослинна олія	900	Зелень	0-50
Вершкове масло	717	Огірки	13
Макадамі	713	Редис	21
Пекан	691	Тиква	25
Грецький горіх	654	Алича, журавлина	26
Печінка тріски	613	Болгарський перець	27
Арахіс	567	Полуниця	32
Шоколад	550	Грейпфрут	42
Пармезан	420	Черешня, білок курячих яєць	52
Чеддер	402	Виноград	65
Дорблю	354	Тріска, хек	78-95
Свинина	271	Пшенична каша	90
Сухофрукти	200-235	Креветки	100
Авокадо	162	Куряча печінка	137
Лосось	142	Куряча грудка	150