*Лекція № 11*

*Тема:* **Дослідження обміну речовин і енергії**

***1. Поняття обміну речовин. Параметри обміну речовин***

**Обмін речовин** - це процес метаболізму речовин, що надійшли в організм, в результаті якого з цих речовин можуть утворюватися складніші або, навпаки, більш прості речовини. Іншими словами - це сукупність фізичних, хімічних і фізіологічних процесів перетворення речовин і енергії в організмі людини і обмін між організмом і середовищем.

Речовини, що потрапляють з їжею в організм людини піддаються змінам - метаболізуються, частково вони перетворюються в речовини самого організму. У цьому полягає ***процес асиміляції*** (або *анаболізм*), що забезпечує пластичні потреби організму, тобто побудова нових структур і оновлення клітин. Зворотний процес - ***дисиміляція*** (або *катаболізм*), полягає у розщепленні речовин з виділенням енергії, що забезпечує енергетичні потреби організму. Процеси дисиміляції і асиміляції знаходяться в тісному взаємозв’язку, характеризуються високим ступенем впорядкованості, організовані в часі та просторі, утворюють цілісну систему. Потреба організму в пластичних речовинах може бути задоволена тим мінімальним рівнем їх надходження з їжею, який буде врівноважувати втрати структурних білків, жирів, вуглеводів. Потреби в цих речовинах суворо індивідуальні.

**Обмін речовин характеризується наступними параметрами:** основний обмін, рівень основного обміну і загальний обмін.

Одиниці вимірювання енергії:

• ***калорія****(1 кал) = 4,2 джоуля (Дж);*

• ***джоуль****(1 Дж) = 0,24 кал.*

***Одиниці вимірювання інтенсивності обміну:*** *1* Вт = 0,014 ккал/хв = 0,84 ккал/год. = 20,16 ккал/добу.

Під ***основним обміном (ОО)*** розуміють мінімальний рівень витрат енергії, необхідний для підтримки нормальної життєдіяльності організму і температури тіла в умовах відносно повного фізичного та емоційного спокою. Енергетичні витрати основного обміну зазвичай виражаються в кілокалоріях за 1 годину (або добу) і розраховуються на 1 кг маси тіла або на 1 м2 його поверхні. Перед визначенням основного обміну людина повинна перебувати в стані фізичного і психічного спокою і не приймати ніякої їжі протягом 12-18 годин, тому основний обмін визначається вранці, натщесерце, в положенні лежачи (стан повного розслаблення м’язів), при навколишній температурі 18-20оС (температура комфорту) за допомогою спеціальних приладів - метаболіметра або спірометра Крога. Доросла людина в цих умовах витрачає приблизно 1 ккал на 1 кг ваги на годину. Середнє значення ОО за добу дорівнює для чоловіків - 1700 ккал / добу, для жінок - 1500 ккал / добу, тобто на 10-15% менше, ніж у чоловіків. Під час сну при мінімальному тонусі скелетних м'язів обмін речовин стає нижчим від рівня основного обміну.

Кількість енергії, що витрачається на процеси, які протікають в організмі при повному спокої і комфортній температурі (робота серця, кровообіг, дихання, збереження постійної температури тіла) називають ***рівнем основного обміну***. Дана величина залежить від статі (у чоловіків вище, оскільки вони, як правило, мають більше м'язової тканини, яка спалює більше калорій, ніж жир), від віку (чим людина молодша, тим вище у неї ОО, оскільки більше м'язової маси), ваги тіла і зросту (чим більше, тим вище показник ОО), а також стану здоров’я індивідуума і корелює із відношенням поверхні тіла до його об’єму.

***Загальний обмін*** – уся енергія, яку виробляє організм за одиницю часу для виконання роботи, на теплоутворення й для створення запасів енергії.

Витрачені енергетичні ресурси постійно відновлюються завдяки їжі. ***Енергетична цінність вуглеводів* –**4,1 ккал/г (17,16 кДж/г), білків – 4,1 ккал/г (17,17 кДж/г), жирів – 9,3 ккал/г (38,94 кДж/г).

***2. Складові обміну речовин***

Обмін речовин складається з білкового, вуглеводного і ліпідного обміну.

**Обмін білків** - процес засвоєння (синтезу і розпаду) клітинами і тканинами організму азотовмісних сполук білків і амінокислот. Білки знаходяться в стані безперервного обміну та оновлення. Кількість розщепленого білка дорівнює кількості синтезованого. Синтез білків відбувається з амінокислот і низькомолекулярних поліпептидів, які утворюються при розщепленні білків в травній системі і всмоктуються в кров. Оскільки азот в їжі міститься переважно в білках (в 100 г білка міститься 16 г азоту), то співвідношення білків, що надійшли в організм, і зруйнованих білків *визначають за величиною азотистого балансу* - співвідношення азоту, що надійшов, і азоту, що виділився. Якщо надходження азоту перевищує його виділення, то в організмі виникає позитивний азотистий баланс, або переважання синтезу білка над розпадом. При негативному азотистому балансі розпад білка переважає над синтезом. Регуляція білкового обміну пов'язана з діяльністю проміжного мозку, гормонів щитоподібної залози - тироксином і соматотропним гормоном гіпофіза. Біологічна цінність білків визначається наявністю в них незамінних амінокислот, їх співвідношенням із замінними, а також визначається перетравленням ферментами шлунково-кишкового тракту. Розрізняють біологічно повноцінні та неповноцінні білки. Повноцінні білки містять всі незамінні амінокислоти, неповноцінні білки - мають дефіцит декількох незамінних амінокислот. Джерелами повноцінних білків тваринного походження є молоко, молочні продукти, яйце, м'ясо, риба, печінка. Біологічна цінність білків рослинного походження значно нижче, ці білки надходять в основному з хлібом і крупами. Норма споживання білків становить 55% харчового раціону або 0,75 г/кг. При недостатньому споживанні білків розвивається *білкове голодування*, яке виявляється зниженням імунітету, іноді може призводить до смертельних наслідків.

**Вуглеводний обмін.** Основна маса вуглеводів, що надходять в організм, використовується для задоволення енергетичних потреб організму. Понад 55% енергії черпається з вуглеводів. Основне джерело вуглеводів - це рослини, які містять до 80-90% вуглеводів. В основному це крохмаль, а також клітковина. В добу організму необхідне надходження 400-500 г вуглеводів, в тому числі крохмалю 350-400 г, моносахаридів і дисахаридів - 50-100 г. Кінцевим продуктом розщеплення вуглеводів є моносахариди: глюкоза, фруктоза, лактоза, і т.д. Глюкоза є джерелом енергії для життєдіяльності клітин головного мозку, необхідна для синтезу амінокислот, полісахаридів. Одним з найбільш поширених захворювань, пов'язаних з надмірним вживанням цукру, є *гіпоглікемія*. Вона є попередницею цукрового діабету. В її основі лежить аномальне функціонування інсулінового апарату: захворювання обумовлено тим, що у відповідь на швидке всмоктування в кров легкозасвоюваного продукту (сахарози), підшлункова залоза продукує надмірну кількість інсуліну, що викликає гіпоглікемічний стан. Постійне навантаження на інсуліновий апарат призводить до порушення його роботи. Захворювання проявляється нервозністю, головними болями, безсонням, розладом травлення, депресією, агресивним станом.

**Обмін жирів і ліпідів**. В нормі у людини на частку жиру доводиться 10-20%, а при ожирінні до 50% від всієї маси тіла. Жири виконують пластичну роль, вони необхідні для побудови тканин, використовуються як джерело стероїдних гормонів. Жири грають велику енергетичну роль - до 33% енергії утворюється за рахунок їх окислення. Крім цього, жири є джерелом ендогенної води: з 100 г жиру утворюється 107 г води. В організмі жир знаходиться в 2-х видах: структурному і резервному. *Резервний жир* розташований в підшкірній клітковині, в черевній порожнині, біля нирок. Надмірне харчування, гіподинамія призводять до збільшення резервного жиру. Харчовий жир буває тваринного і рослинного походження. Жир тваринного походження представлений тригліцеридами, до складу яких входять жирні кислоти, наприклад, стеаринова. Жири рослинного походження містять ненасичені жирні кислоти (лінолева, олеїнова і т. д.). Біологічна цінність харчових жирів визначається наявністю в них незамінних жирних кислот, здатність перетравлюватися і всмоктуватися в шлунково-кишковому тракті. Найбільш цінними вважаються ті жири, які містять лінолеву та інші ненасичені жирні кислоти. У добу необхідно надходження в організм 80-100 г жиру, з них 25-30 г рослинного масла, 30-35 г вершкового масла. При недостатньому надходженні жиру в організмі знижуються імунні властивості, знижується продукція стероїдних гормонів і т. д.

***3. Методи дослідження енергообміну***

Величину ОО визначають методами прямої і непрямої калориметрії, розраховують за рівняннями з урахуванням статі, віку і ваги. При ***прямій калориметрії*** тепло, що виділяється організмом, підраховують в одиницю часу в особливій теплоізоляційній камері - *калориметрі*. Біокалориметр являє собою герметизовану і добре теплоізольовану від зовнішнього середовища камеру, в якій по трубках циркулює вода. Тепло, що виділяється людиною, яка знаходяться в камері, нагріває циркулюючу воду. За кількістю води, що протікає, і змінам її температури розраховують кількість виділеного організмом тепла. Одночасно в біокалориметр подається О2 і поглинається надлишок СО2 і водяної пари. Продукуєме організмом тепло вимірюють за допомогою термометра по нагріванню води, кількість води, що протікає вимірюють в баку. Через вікно подають їжу і видаляють екскременти. За допомогою насоса повітря витягується з камери і його проганяють через баки з сірчаною кислотою - для поглинання води і через бак з натронним вапном - для поглинання СО2. Кисень подають в камеру з балонів через газовий годинник. Тиск в камері підтримують на постійному рівні за допомогою судини з гумовою мембраною. Цей метод є дуже точним, проте зважаючи на громіздкість і складності використовується тільки для спеціальних цілей.

З огляду на те, що в основі теплоутворення в організмі лежать процеси окислення, при яких споживається кисень і утворюється вуглекислий газ, можна використовувати ***непряме визначення теплоутворення*** в організмі по його газообміну (кількості спожитого за одиницю часу кисню та виділеної вуглекислоти), який визначають у стані спокою і при виконанні тієї чи іншої роботи. Видихуване повітря для аналізу вмісту О2і СО2 накопичують у спеціальних заплічних мішках Дугласа. В основі методу лежить припущення про те, що при згорянні 1 г харчового продукту в організмі поглинається така ж кількість кисню і виділяється така ж кількість вуглекислого газу, тепла й води, як при згорянні цього продукту на повітрі. При непрямій калориметрії спочатку визначають ***дихальний коефіцієнт*** *(ДК)* – відношення об'єму виділеного СO2 до об'єму спожитого O2 **(ДК = VCO2: VО2).** Однак отриману величину вважають приблизною, так як повного окислення в організмі не відбувається. Середня величина ДК при окисленні білків (0,8), вуглеводів (1) і жирів (0,7). При змішаному харчуванні ДК коливається в межах 0,85-0,9.

Наступним кроком є визначення за отриманим ДК з використанням таблиць ***калорийного коефіціента кисню –*** кількість енергії, яка виділяється при використанні 1 л кисню.

Нарешті, кількість використаного кисню (за 1 хв., 1 год. чи за 1 добу) множать на калоричний коефіцієнт кисню і отримують реальні енергетичні витрати організму в конкретних умовах.

Основний обмін визначають також ***методом пульсометрії***, при якому за допомогою спеціального приладу – пульсотахометра вимірюють частоту і наповнення пульсу при виконанні різних видів робіт та інших навантажень, результати яких у приладі автоматично переводяться у кілоджоулі.

***Метод аліментарної енергометрії*** – визначення калорійності добового раціону з урахуванням незасвоєної частини їжі. При цьому проводять контроль за масою тіла, якщо маса залишається незмінною, то вважають, що енергетична цінність раціону дорівнює енерговитратам.

Розрахунок належного основного обміну (такого, що повинен бути в нормі у конкретної людини) можна проводити за ***таблицями Гарріс-Бенедикта****,* які складені на підставі математичного аналізу численних вимірювань основного обміну речовин здорових людей за допомогою спеціальних апаратів. При складанні таблиць враховані всі фактори, що впливають на ОО (стать, вік, вага, зріст), тому обчислені за таблицями і визначені за приладами показники основного обміну у здорових людей дуже близькі за своїм значенням (в нормі різниця не повинна перевищувати 10%).

***Визначення основного обміну за даними поверхні тіла.*** Між інтенсивністю обміну речовин і величиною поверхні тіла є закономірний зв'язок. Продукція тепла на 1 м2 поверхні у людини за 1 годину залежно від статі та віку визначається за спеціальними таблицями стандартів ОО.

Величину основного обміну можна розраховувати за спеціальними формулами.

Крім названих вище методів оцінки енерговитрат, використовують ***розрахунковий (хронометражно-табличний) метод***. При цьому враховують, що є три основних складових добових енерговитрат:

1) основний обмін,

2) енерговитрати, які пов'язані зі специфічно-динамічною дією їжі,

3) енерговитрати, що зумовлені виконанням певної діяльності.

За величиною основного обміну визначають другу складову добових енерговитрат – *енерговитрати, що пов'язані зі специфічно-динамічною дією їжі (харчовий термогенез).* При споживанні їжі з переважним вмістом вуглеводів енергія специфічно-динамічної дії складає 4-7% від величини основного обміну, при споживанні їжі з переважним вмістом жирів – 4-17%, при споживанні їжі з переважним вмістом білків – 30-40%. Проте під час використання традиційних змішаних раціонів харчування величина енерговитрат, що пов'язані зі специфічно-динамічною дією їжі, як правило, коливається у межах від 10 до 15%.

*Енерговитрати, що зумовлені нервово-м'язовою діяльністю та руховою активністю*, тобто третю складову добових енерговитрат, визначають за допомогою табличних даних. В ході визначення енерговитрат, що пов'язані з виконанням певної роботи, слід звернути увагу на те, в яких одиницях (ккал/хв., або кДж/хв. на 1 кг маси тіла) виражена їх величина у таблиці, а також на те, чи включають вони у свою структуру основний обмін.

Під час трудової діяльностівідбувається найбільший приріст енерговитрат. Доросле населення за рівнем загального обміну може бути поділено на 5 груп:

1-ша – зайняті переважно розумовою працею, 2200-2800 ккал;

2-га – зайняті легкою фізичною роботою, 2350-3000 ккал;

3-тя – зайняті фізичною роботою середньої важкості, 2500-3200 ккал;

4-та – зайняті важкою фізичною роботою, 2900-3700 ккал;

5-та – зайняті дуже важкою фізичною роботою, 3900-4300 ккал.

Потреба організму жінок в енергії приблизно на 15% нижча, ніж у чоловіків.

Необхідно пам'ятати, що в будь-якому випадку обчислення будуть приблизними, оскільки не дозволять оцінити індивідуальні особливості, такі як генетичні, гормональні, поведінкові та інші.