**Викладач: Лебедєв О. С.**

***Лекція 9***

**Тема 2. Обмін речовин і перетворення енергії**

1. Раціональне харчування – основа нормального обміну речовин.
2. Негативний вплив на метаболізм токсичних речовин.
3. Знешкодження токсичних сполук в організмі людини.
4. Нейрогуморальна регуляція процесів метаболізму.

***Рекомендована література:***

*1.Біологія і екологія (рівень стандарту): підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти / В. І. Соболь. – Кам’янець-Подільський : Абетка, 2018. – 272 с. : іл. ISBN 978-966-682-401-4.*

*2.Барна І.В. Загальна біологія. Збірник задач. – Тернопіль: Видавництво «Підручники та посібники», 2008. – 736 с.*

*3.Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології.- К.; 1995.- 286 с.*

*4.Біологія / За ред. В.О.Мотузного. – К.: Вища школа, 1991 – 607 с.*

*5.Загальна біологія: Підруч. Для 10 кл. загальноосвітн. навч. закладів / М.Є. 6.Кучеренко, Ю.Г. Вервес, П.Г. Балан. 2-ге вид. доопр. – К.: Генеза, 2004. – 160 с.*

*7. Загальна біологія: Підруч. Для 11 кл. загальноосвітн. навч. закладів / М.Є. 8.Кучеренко, Ю.Г. Вервес, П.Г. Балан. 2-ге вид. доопр. – К.: Генеза, 2001. – 272 с.*

**1. Раціональне харчування – основа нормального обміну речовин.**

Вступна вправа

Розгляньте схему «Етапи обміну речовин і перетворення енергії» та визначте значення обміну речовин й енергії.

*І. Надходження речовин та енергії - Живлення. Травлення. Дихання. Теплоутворення*

 *ІІ. Перетворення речовин та енергії - Анаболізм ↑ ↓ Катаболізм*

*ІІІ. Видалення речовин та енергії - Виділення. Тепловіддача*

*Які системи органів забезпечують обмін речовин в організмі людини?*

 Системний рівень організації утворений органами, поєднаними в системи виконанням спільної функції. В організмі людини виокремлюють травну, дихальну, кровоносну, видільну, опорно-рухову, нервову, ендокринну, покривну, сенсорні та інші системи. В обміні речовин, енергії та інформації беруть пряму або опосередковану участь усі системи органів, але найважливіша роль належить системам, що здійснюють надходження, поглинання, транспортування та видалення речовин й енергії.

**Травна система** забезпечує фізичне й хімічне розщеплення складних органічних речовин на прості з подальшим їхнім всмоктуванням у кров та лімфу й видалення неперетравлених решток. Ця фізіологічна система є наскрізною й складається з травного каналу й травних залоз.

**Дихальна система** здійснює надходження кисню до клітин, газообмін та видалення з клітин вуглекислого газу як кінцевого продукту окиснення органічних речовин. Завдяки диханню вивільняється хімічна енергія поживних речовин.

**Кровоносна система** транспортує по замкненій системі судин від травної системи й легень до клітин прості поживні речовини та кисень, а від клітин до органів виділення – продукти метаболізму. Транспортування речовин кровоносною си стемою відбувається за участі крові, що складається з плазми та формених елементів.

**Сечовидільна система** є сукупністю органів, що здійснюють утворення та видалення сечі, в якій містяться сечовина, надлишок солей й води, сечова кислота, жовчні пігменти тощо. Шкіра в обміні речовин реалізує видільну й терморегуляторну функції. Потові залози видаляють надлишок води й солей, а через усю поверхню шкіри відбувається тепловіддача в зовнішнє середовище.

*Отже, фізіологічні системи органів організму людини забезпечують зовнішній (загальний) обмін речовин й перетворення енергії у зв’язку з навколишнім середовищем.*

*Які особливості обміну білків, ліпідів та вуглеводів в організмі людини?*

**Динамічна біохімія** – розділ біохімії, що вивчає обмін речовин в організмі від моменту надходження поживних речовин до утворення кінцевих продуктів обміну, механізми нейтралізації токсичних продуктів, виведення їх з організму і регулювання швидкості відповідних перетворень. Для обміну білків в організмі людини характерні певні особливості: утворення сечовини як кінцевого продукту обміну, відсутність процесів депонування білків, однонапрямлене перетворення білків на жири й вуглеводи, необхідність для білкового синтезу незамінних і замінних амінокислот, синтез специфічних білків та ін.

Особливості метаболізму білків пов’язані передусім з їх пластичною функцією в організмі. Їх участь у забезпеченні енергетичних витрат організму порівнянно з ліпідами й вуглеводами є набагато меншою.

 Вона не перевищує 15 % і складається з енергії, що виділяється під час розщеплення зношених білків. Розщеплення білків у травній системі відбувається у шлунку й тонкому кишечнику за участі ферментів-протеаз до амінокислот. Ці прості органічні молекули надходять у кров і транспортуються до клітин, де здійснюється внутрішньоклітинне перетворення амінокислот. У клітинах з амінокислот на рибосомах відбувається біосинтез білків, властивих лише даному виду організмів.

 Регуляція обміну білків відбувається за участі гіпоталамуса та гормонів тироксину, глюкокортикоїдів і соматотропіну.

**Для обміну ліпідів характерні:** утворення великої кількості енергії під час окиснення, наявність процесів депонування, можливість утворення з білків та перетворення на вуглеводи, необхідність для синтезу власних жирів незамінних та замінних жирних кислот та ін. Ці особливості пов’язані з тим, що жири виконують енергетичну й пластичну функції. Як джерело енергії жири у процесі окиснення виділяють удвічі більше енергії, ніж вуглеводи й білки. Розщеплення жирів відбувається переважно в тонкому кишечнику під дією травних ферментів-ліпаз. Необхідною умовою розщеплення жирів є їх подрібнення з утворенням емульсії, чому сприяють жовчні кислоти. У такому вигляді жири можуть розщеплюватися до жирних кислот й гліцеролу та безпосередньо всмоктуватися стінками кишок. Для відкладання про запас жири надходять до клітин підшкірної клітковини, сальника, бурої жирової тканини. *Центр регуляції обміну жирів розміщується в гіпоталамусі,* який впливає на перетворення жирів через гіпофіз, статеві, щитоподібну і підшлункову залози. Для обміну вуглеводів характерні легке й швидке окиснення з утворенням значної кількості енергії, здатність постачати енергію в кисневих і безкисневих умовах, наявність процесів депонування в печінці та м’язах, можливість утворення з білків й жирів та ін.

Особливості перетворень вуглеводів в організмі людини пов’язані передусім з їх основною енергетичною функцією. Розщеплення вуглеводів відбувається в ротовій порожнині, тонкому й товстому кишечниках.

 У травній системі дія ферментів-амілаз людини й мікроорганізмів мікрофлори сприяє утворенню моносахаридів. Ці малі молекули всмоктуються стінками кишечнику в кров і надходять до печінки, де утворюються глюкоза й глікоген. Частина глюкози перетворюється на жири й окиснюється в тканинах. Якщо в організмі спостерігається нестача вуглеводів, то вони синтезуються з білків і жирів.

Центром регуляції вуглеводного обміну є гіпоталамус проміжного мозку. **Інсулін** – єдиний гормон, який знижує концентрацію глюкози в крові; гормони глюкагон та адреналін підвищують рівень глюкози в крові.

*Отже, особливості метаболізму в організмі людини пов’язані з функціями поживних речовин у загальному обміні речовин і перетворенні енергії.*

*Яке значення всмоктування поживних речовин?*

 **Всмоктування поживних речовин** – активний фізіологічний процес транспортування поживних речовин крізь слизову оболонку травного тракту в рідини внутрішнього середовища. Цей процес відбувається після остаточного перетравлення складних поживних речовин до простих. Основною ділянкою травної системи, де відбувається всмоктування поживних речовин, є тонка кишка. Цьому сприяють її структурні особливості й велика площа загальної поверхні, що становить близько 200 м2.

Основною структурно-функціональною одиницею всмоктування поживних речовин є ворсинка. Розрізняють пасивне всмоктування, що здійснюється завдяки дифузії, полегшеній дифузії й осмосу, та активне всмоктування за участі йонних насосів та ендоцитозу. Безпосередньо у кров через ентероцити шляхом активного транспортування або через проміжки між ними шляхом дифузії переходять розчинні у воді глюкоза, амінокислоти, нуклеотиди та нижчі жирні кислоти. Продукти розщеплення ліпідів надходять у кров або зазнають ресинтезу з утворенням жирів й фосфоліпідів, що відбувається в епітеліальних клітинах ворсинок (ентероцитах). Потім жири й фосфоліпіди поєднуються з білками й утворюють частинки (хіломікрони), які шляхом піноцитозу надходять у лімфу, а згодом потрапляють й у кров. Велика роль у процесах всмоктування належить інтенсивності кровотоку. Якщо до приймання їжі крізь слизову оболонку тонкої кишки проходить близько 200 мл/хв крові, то під час всмоктування кровотік зростає до 500 – 600 мл/хв. Гладкі м'язи в стінці тонкої кишки забезпечують ритмічні скорочення ворсинок, що посилює відтік із кровоносних і лімфатичних капілярів.

*Отже, всмоктування забезпечує надходження поживних речовин у рідини внутрішнього середовища і далі до клітин.*

1. **Негативний вплив на метаболізм токсичних речовин.**

 *Поняття токсичних речовин та їхні види*

*Токсичні хімічні речовини* — це речовини, які викликають отруєння всього організму або окремих систем. Це:

1) Промислові отруйні речовини, що використовуються на виробництві: розчинники, паливо, барвники, хімічні реагенти та ін.

2) Отрутохімікати (пестициди), що застосовуються для боротьби з бур’янами та шкідниками сільськогосподарських культур.

3) Лікарські засоби, що за певної дози мають токсичну дію.

4) Побутові хімічні засоби: деякі харчові добавки; деякі засоби санітарії, особистої гігієни та косметики; деякі засоби догляду за одягом, меблями, автомобілем.

5) Рослинні та тваринні отрути, які містяться в різних рослинах і грибах, живих організмах і викликають отруєння в разі потрапляння в організм людини і тварин.

6) Бойові отруйні речовини, що застосовуються як хімічна зброя для масового знищення людей.

*2. Дія токсичних речовин на організм людини*

|  |  |
| --- | --- |
| Місце токсичного ураження | Токсичні речовини |
| Серцево-судинна система | Рослинні отрути (аконіт, чемериця, заманиха і т . д . ); тваринні отрути (тетродотоксин); солі Барію, солі Калію |
| Нервова система | Психофармакологічні засоби (наркотичні анальгетики, транквілізатори, снодійні засоби); сполуки Арсену, марганець, чадний газ; сірковуглець, тетраетилсвинець; пестициди; алкоголь і його сурогати, вуглеводні |
| Печінка | Хлоровані вуглеводні (дихлоретан, метилхлорид, хлороформ, тетрахлорметан та ін.); отруйні гриби (бліда поганка); феноли й альдегіди |
| Сечовидільна система | Сполуки важких металів і миш’яку; пестициди; органічні розчинники, щавлева кислота, етиленгліколь |
| Кровотворна система | Анілін та його похідні; нітрити; миш’яковистий водень; бензен і його хлорпохідні, толуен |
| Органи дихання, слизові оболонки і шкірні покриви | Пари концентрованих кислот і лугів, сполуки важких металів і миш’яку |

Токсичні речовини спричиняють зростання захворюваності, смертності, кількості вроджених вад розвитку, зменшення народжуваності, порушення демографічних характеристик популяції, зниження середньої тривалості життя.

*3. Знешкодження та виведення токсичних сполук*

Знешкодження через метаболізм відбувається двома шляхами:

• реакції розпаду (окиснення, відновлення, гідроліз);

• реакції синтезу (сполучення з білками, амінокислотами, глюкуроновою та сульфатною кислотою).

У результаті цих реакцій виникають нетоксичні водорозчинні сполуки, які краще, ніж початкова речовина, можуть виводитися з організму.

Метаболізм токсинів відбувається в шлунково-кишковому тракті, легенях, нирках, але головним чином у клітинах печінки на мембранах ендоплазматичної сітки з наступним виведенням.

Через легені з повітрям, що видихається, виділяються леткі токсичні речовини і леткі продукти перетворення нелетких токсичних речовин — шляхом дифузії через альвеоли.

Найважливіший орган виведення токсичних речовин з організму — нирки. Через нирки виводяться продукти обміну речовин, багато токсинів і продукти їх метаболізму. Завдяки інтенсивному кровопостачанню речовини, що містяться в крові й підлягають виведенню, швидко переходять у нирки, а потім виділяються із сечею.

Печінка одночасно є і органом виведення токсинів, що потрапили в кров (шляхом простої дифузії та активного транспорту), і органом їх метаболізму печінка виділяє токсичні хімічні речовини в жовч.

Виділення токсинів та їх метаболітів через шлунково-кишковий тракт відбувається в результаті неповного всмоктування, виділення слизовою оболонкою.

Виведення токсинів та їх метаболітів може здійснюватися й іншими шляхами, наприклад з молоком жінок та секретом потових, сальних, слинних залоз.

1. **Знешкодження токсичних сполук в організмі людини.**

*У чому полягає негативний вплив ксенобіотиків на організм людини?*

 Крім поживних речовин в організм людини з харчовими продуктами, повітрям, питною водою або крізь шкіру можуть потрапити й чужорідні хімічні речовини, що їх називають **ксенобіотиками**. Ці речовини не використовуються в організмі ні як пластичний, ні як енергетичний матеріал.

*До ксенобіотиків належать діоксини, ліки, наркотичні речовини, пестициди, мінеральні добрива, мийні засоби, радіонукліди, синтетичні барвники та інші.*

Найнебезпечнішими у цій групі є діоксини, пестициди, сполуки важких металів, нітрати.

 **Діоксини** – група хлоровмісних вуглеводнів із потужною токсичною дією на організм. Найнебезпечнішими джерелами діоксинів є підприємства з хлоровмісними технологічними процесами (хімічні, целюлозно-паперові, металургійні), сміттєспалювальні заводи та звалища хімічних відходів. Спалювання будь-яких хлорованих вуглеводнів (гуми, поролону, лінолеуму, поліетилену, пластику) супроводжується викидом цих сполук в атмосферу. Діоксини добре розчиняються в жирах і тому в організм надходять головним чином із м’ясом, рибою та молоком.

Пестициди – хімікати, що використовуються для боротьби зі шкідниками та для захисту рослин. Особливо небезпечними є хлороорганічні пестициди (гексахлоран, поліхлоропінен), фосфороорганічні інсектициди (дихлофос, карбофос, хлорофос), ртутьорганічні речовини (гранозан). Усі без винятку пестициди за ретельного вивчення виявляли або мутагенну, або іншу негативну дію на живу природу і людину.

Близько 90 % усіх фунгіцидів, 60 % гербіцидів і 30 % інсектицидів є канцерогенними сполуками.

У зв’язку з антропогенним впливом значно зріс рівень забруднення довкілля сполуками важких металів (Cu, Ni, Cd, Zn, Pb, Hq).

 Висока потенційна набезпека забруднення ними значною мірою пов'язана з їх здатністю до накопичення. Сполуки важких металів виявляють токсичну дію на білки, порушуючи цим відповідні функції організму. Особливої уваги у зв’язку з надлишковим вмістом у живій речовині потребують нітрати. Це термічно нестійкі, добре розчинні у воді сполуки, які можуть накопичуватись в коренеплодах і плодах рослин. Самі нітрати не є отруйними, але в організмі людини вони перетворюються на нітрити, які взаємодіють з гемоглобіном крові. В організмі порушується тканинне дихання, внаслідок чого розвивається хвороба метгемоглобінемія. Крім того, дія нітритів є небезпечною для організму через утворення канцерогенів – нітрозоамінів.

***Отже, ксенобіотики – чужорідні речовини, що не синтезуються в організмі людини, але потрапляючи всередину або на покриви тіла, можуть спричиняти алергічні реакції, мутації, хвороби, послаблювати імунітет, порушувати обмін речовин тощо.***

*У чому полягає негативний вплив психоактивних речовин на обмін речовин?*

**Психоактивні речовини** – речовини, що спричиняють звикання та залежність за умов систематичного їх вживання, внаслідок чого змінюється поведінка людини. До цієї групи речовин належать алкоголь, нікотиновмісні, опіоїди, кокаїн, снотворні, барбітурати та ін. Всі психоактивні речовини впливають на роботу головного мозку людини: прискорюють передачу сенсорних сигналів або перешкоджають нервовим центрам виконувати свої функції. В основі ефектів, зумовлених дією психотропних речовин, – їх вплив на нейромедіатори (речовини, що передають сигнали від одного нейрона до іншого).

 Найпоширенішими речовинами цієї групи є етанол, нікотиновмісні (іл. 78) й наркотичні речовини. Етанол (етиловий спирт) у клітинах постійно утворюється на етапах обміну вуглеводів. У нормі у крові людини завжди міститься близько 0,001– 0,015 г/л спирту. Невелика кількість етанолу не є небезпечною, оскільки швидко знешкоджується ферментами печінки.

Вплив алкоголю на процеси обміну в організмі, на структуру клітин складається з дії двох речовин – етилового спирту та похідного ацетальдегіду, що спричиняє різноманітні розлади внутрішньоклітинного обміну.

 Найважливішими з них є ушкодження мембран, порушення окисно-відновних реакцій, нестача поживних речовин, зниження швидкості синтезу білків, зміни в обміні нейромедіаторів, порушення механізмів регуляції функцій організму. Збільшення кількості етанолу в організмі призводить до виникнення метаболічної залежності від нього.

 У тютюновому димі шкідливих сполук багато (чадний газ, бензпірен, формальдегід, ацетальдегід, бензен тощо), але найнебезпечнішим є нікотин. Це алкалоїд, що в організмі виявляє нейротоксичну отруйну дію. Йдеться про екзогенний нікотин. У самому організмі міститься власний природний ендогенний нікотин, що синтезується клітинами печінки в невеликих кількостях.

**Тютюн справжній (Nicotiana tabacum)** – рослина родини Пасльонові складу багатьох ферментів, що беруть участь в обміні речовин. На відміну від тютюнового нікотину ця речовина неотруйна.

*Що ж відбувається, якщо нікотин потрапляє в організм під час тютюнокуріння?*

Організм людини перестає виробляти свій нікотин і стає залежним від тютюнового. Наркотичні речовини – чужорідні щодо обміну речовин сполуки, що спричиняють залежність унаслідок заміщення однієї з речовин природного метаболізму. Як засвідчили дослідження, головний мозок сам виробляє речовини, які чинять дію на певні нервові центри мозку, що викликає у людини почуття задоволення. Усі поведінкові акти, які мають біологічну та соціальну зумовленість, супроводжуються позитивними емоціями.

 Організм ніби сам себе стимулює на правильну поведінку.

Фізіологічний механізм полягає в тому, що під час задоволення потреб підвищується синтез ендорфінів (енкефалінів), що викликають позитивні емоції. При вживанні наркотиків формується залежність, і наркотичні речовини сприймаються організмом як ендорфіни й енкефаліни.

 *Отже, психоактивні речовини мають виражений нейротоксичний і психоруйнівний ефект, подібність до внутрішніх чинників обміну речовин і, заміняючи їх у процесах життєдіяльності, спричиняють залежність.*

*Як відбувається знешкодження токсичних сполук в організмі людини?* **Біотрансформація** – знешкодження токсичних речовин шляхом перетворення їх у молекулярну форму із зміненими біологічними властивостями і виведенння з організму. Багато шкідливих речовин, потрапивши в організм людини, зазнають знешкодження і виділяються у вигляді метаболітів.

В організмі також знешкоджуються кінцеві продукти метаболізму, що мають потенційно токсичні властивості (жовчні пігменти, амоніак), продукти гниття білків у товстій кишці (феноли, індоли, скатоли). В організмі людини знешкодження небезпечних сполук здійснює печінка за участі спеціальних ферментів і мембранних рецепторів, які регулюють їхню активність. Знешкоджені сполуки видаляються з організму із сечею або жовчю.

***Біотрансформація ксенобіотиків відбувається у дві фази:***

1-ша фаза: модифікація – це окисно-відновні та гідролітичні реакції, що каталізуються ферментами ЕПС (цитохром Р450, епоксидгідролаза). Молекула ксенобіотика збагачується функціональними групами (–OH, –COOH, –SH, –NH2), що робить її розчинною у воді.

2-га фаза: кон’югація – реакції синтезу за участі ферментів-трансфераз. До проміжних продуктів метаболізму приєднуються ендогенні молекули (глюкуронова кислота, сульфатна кислота, глутамін), у результаті чого утворюються полярні сполуки для видалення з організму. Упродовж багатьох років перетворення ксенобіотиків в організмі розглядається тільки як позитивне явище, спрямоване на зменшення токсичності, а випадки збільшення токсичності вважалися винятком. Однак із часом було встановлено, що підвищення токсичності є швидше правилом, аніж винятком. Через те термін біотрансформація є точнішим, ніж детоксикація.

*Отже, живим організмам властиві механізми знешкодження та видалення токсичних речовин, що мають екзогенне або ендогенне походження.*

1. **Нейрогуморальна регуляція процесів метаболізму.**

*Які чинники впливають на процеси метаболізму в організмі людини?*

Чинники регуляції метаболізму визначають інтенсивність процесів надходження, перетворення й видалення речовин та енергії.

**Їх поділяють на статичні й динамічні, зовнішні й внутрішні.**

Чинники регуляції метаболізму, що не піддаються корекції з боку людини, називаються статичними. Це спадковість, стать, тип статури тіла, вік, нервові ендокринні впливи регуляторних систем. Так, з віком інтенсивність обміну знижується на 7 – 10 % кожні десять років, досягаючи в старості свого мінімуму, а простуда чи травми активізують обмінні процеси.

Обмін речовин у чоловіків у середньому на 10 – 20 % вищий, ніж у жінок, оскільки у них відсоткова частка м’язів є більшою відносно маси тіла. Високий рівень обміну речовин у дитячому віці пояснюється високою активністю процесів, посиленим ростом тканин. У похилому віці поряд із зниженням вмісту води, кількості й активності клітин знижується й м’язова активність. В іншу групу об’єднують чинники, вплив яких людина може змінювати. Їх назвали динамічними. Це раціон і режим харчування, маса тіла, психоемоційний стан, сон, фізична активність, хронічні хвороби. Важливим є вплив на обмін речовин загальної кількості й складу їжі. Разом із генетичними чинниками та способом життя саме їжа визначає стан здоров'я кожної конкретної людини.

Недарма існують приказки «Ми є те, що ми їмо», «Свою хворобу шукай на дні своєї тарілки». Приймання їжі підвищує інтенсивність обміну речовин, що триває протягом 5 – 6 год. Такий вплив їжі на рівень обміну речовин та енергії називається специфічною динамічною дією їжі. Механізм такої дії їжі більшість дослідників пояснюють впливом на клітини продуктів розпаду й проміжного обміну, активізацією перистальтики кишечнику і посиленням роботи травних залоз.

На метаболізм впливають зовнішні й внутрішні чинники. Так, тривалий вплив на організм людини низької температури підвищує обмін речовин (зі зниженням температури повітря на 10 °С рівень обміну підвищується на 2,5 %). Добові та сезонні зміни в природі визначають спадкову ритмічність процесів обміну речовин. Так, підвищення інтенсивності обміну речовин спостерігається навесні та раннім літом, а зниження – пізньої осені й узимку.

Під час відпочинку обмін речовин знижується на 13 % (за рахунок розслаблення скелетних м’язів). На рівень обміну впливають й такі внутрішні чинники, як гормони та участь енергетичних систем у забезпеченні клітин енергією.

Це фосфатна система АТФ (забезпечення енергією на час, менший за 30 с), гліколізна (анаеробна) (від 30 с до 3 хв) та аеробна (на час, більший за 3 хв) системи.

*Отже, на метаболізм впливають статичні й динамічні, зовнішні та внутрішні чинники; їхня взаємодія визначає особливості обміну речовин у кожної людини.*

 *Як регулюється метаболізм в організмі людини?*

 **Регуляція обміну речовин та енергії** – сукупність рівнево організованих біохімічних й фізіологічних процесів, що здійснюють пристосування обміну речовин й енергії до потреб організму. На молекулярному рівні організації організму людини відбувається генетична регуляція, що визначає синтез ферментів.

 Регуляція на рівні генів веде до збільшення чи зменшення концентрації тих чи інших ферментів шляхом впливу на активність ферментних генів регуляторних білків-індукторів чи репресорів. Цей тип регуляції обміну речовин вирізняється високою специфічністю, але сам процес відбувається повільно (зазвичай годинами). Клітинна регуляція ґрунтується на особливостях взаємодії ферменту і субстрату. За наявності субстрату клітина синтезує фермент, за відсутності – припиняє синтез. Окрім того, активність ферментів у клітинах залежить від умов, в яких діє фермент, а саме від рН середовища, температури, концентрації як ферменту, так і субстрату. Наприклад, накопичення кислих продуктів реакції може сповільнити швидкість біокаталітичної реакції.

 *Гуморальна регуляція обміну* речовин на рівні організму полягає в дії гормонів на активність ферменту або на діяльність тканин та органів. Наприклад, тиреотропний гормон гіпофіза впливає на щитоподібну залозу, яка може секретувати більше чи менше тироксину, що веде до прискорення чи сповільнення обміну речовин.

Гуморальна регуляція обміну речовин має повільну регулювальну дію, і її прояви підпорядковані нервовій системі. Регулювальна дія гормонів є різнобічною і може бути реалізована через активацію й пригнічення ферментів, біосинтезу білків, зміну проникності клітинних мембран тощо. *Гормони беруть важливу участь як у терміновій регуляції*, так і у тривалій регуляції (адаптації) обміну речовин до умов середовища, кількості та якості вживаної їжі, регуляції надходження і засвоєння кількості рідини та електролітів в організмі. Після реалізації своїх функцій відбувається руйнування гормонів. Невелика частина залишків гормональних продуктів може знову ресинтезуватись у гормони, але більша їх частина піддається незворотному катаболізму.

Видалення гормонів та їхніх метаболітів здійснюється переважно із сечею й жовчю. Найвищим рівнем регуляції обміну речовин в організмі людини є нервова регуляція. Контроль за обміном речовин й перетворенням енергії належить до інтегративних процесів, що регулюються гіпоталамусом. Крім центрів голоду, ситості й спраги, центрів, що регулюють обмін білків, вуглеводів, ліпідів, водно-сольовий обмін, у гіпоталамусі розміщений і центр терморегуляції. Вони поєднані в один інтегративний центр, який регулює усі ці процеси. Найчастіше нервова система свою регуляторну функцію здійснює через ендокринну систему. Яскравим прикладом цього зв’язку є вплив емоцій на обмін речовин.

**Нервова регуляція** обміну речовин перебуває також під контролем кори великого мозку, тому людина може свідомо й швидко впливати на процеси харчування й чинники, від яких залежить обмін речовин. Така регулювальна дія кори головного мозку називається кортикальною регуляцією.

**Нервова регуляція обміну речовин здійснюється трьома шляхами:**

1) виділенням нейромедіаторів – біологічно активних речовини, за допомогою яких передаються імпульси з нейронів через синапси (наприклад, серотонін, адреналін, гістамін, ацетилхолін);

2) зміною концентрації йонів, що активують або сповільнюють дію ферментів;

3) за допомогою впливів на ендокринні залози (наприклад, дія гіпоталамаса через гіпофіз на ендокринні залози).

*Отже, регуляція обміну речовин в організмі людини здійснюється на різних рівнях його організації.*