



ЛЕКЦІЯ 14-15

ТЕМА: Вітаміни

План:

1. Вітаміни – загальне уявлення
2. Класифікація вітамінів
3. Вітаміни аліфатичного ряду
4. Вітаміни аліциклічного ряду
5. Вітаміни ароматичного ряду
6. Вітаміни гетероциклічного ряду
7. Поширення вітамінів

1. Вітаміни – загальне уявлення

Вітаміни – низькомолекулярні сполуки органічної природи, різної хімічної структури, присутність яких у малих кількостях необхідна для нормального функціонування живого організму. Вони є складовими біокатализаторів – ферментів (наприклад, нікотинамідні коферменти утворюються з кислоти нікотинової, флавінові нуклеотиди є кофакторами цілого ряду ферментів – оксидоредуктаз, які синтезуються з рибофлавіну (вітамін В2)). Вітаміни надходять до організму з їжею або синтезуються кишковими мікроорганізмами, оскільки вони, на відміну від білків, ліпідів, вуглеводів, в організмі практично не синтезуються. Іноді з продуктами харчування надходять не готові вітаміни, а сполуки, близькі до них за будовою, – провітаміни, які в організмі перетворюються на вітаміни (наприклад, каротиноїди, які розщеплюються з утворенням вітаміну А, деякі стерини, що перетворюються під дією УФ-променів на вітамін D). Вітаміни відіграють важливу роль в обміні речовин, разом із гормонами та ферментами впливають на функції нервової системи, ендокринних залоз, посилюють імунобіологічні процеси, виявляють протизапальну дію тощо. Одночасно є група сполук, близьких до вітамінів за будовою, які, конкуруючи з вітамінами, можуть зайняти їх місце у ферментних системах, але не в змозі виконати їх функції. Вони отримали назву **антивітамінів**. Так, наприклад, похідні 4-гідроксикумарину (дикумарин та ін.), що попереджають виникнення тромбів, – антагоністи вітаміну К; сульфаніламідні препарати, що мають бактеріостатичну дію, – антагоністи кислоти параамінобензойної; аміноптерин і метотрексат



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

(протипухлинні препарати) – антагоністи кислоти фолієвої. До антивітамінів відносять також речовини, що зв'язують або руйнують вітаміни, наприклад, ферменти тіаміназа I і II, які інактивують тіамін; глікопротеїд авідин, на який багатий білок яйця, що зв'язує біотин.

Нині відомі близько 30 вітамінів, 20 з яких надходять до організму з рослинною або тваринною їжею. Розрізняють власне вітаміни та вітаміноподібні сполуки (повна незамінність яких не завжди доведена), до останніх належать біофлавоноїди (вітамін P), кислоти пангамова (вітамін B15), параамінобензойна (вітамін H1), оротова (вітамін B13), холін (вітамін B4), біотин (вітамін H), метилметіонінсульфоній (вітамін U), кислота ліпоева, карнітин. Вітаміноподібні сполуки можуть бути віднесені до важливих біологічно активних сполук їжі, які виконують різноманітні функції.

2. Класифікація вітамінів

Існує кілька класифікацій вітамінів:

1. Літерна класифікація – перша з огляду на історію. Через те, що хімічна природа вітамінів була відкрита після встановлення їх біологічної ролі, їх умовно позначили літерами латинського алфавіту (A, B, C, D тощо); ця традиція збереглася і донині для позначення груп сполук, споріднених за структурою, зі спільними біохімічними функціями (вітамери, наприклад, вітаміну B6, включають піридоксин, піридоксаль і піридоксамін). З часом було встановлено, що вітаміни однієї групи можуть зустрічатися у природі разом, але мають різну хімічну будову і біологічну дію, тоді до них почали додавати цифрові індекси (B1, B6, B12). На даний час відомі 13 вітамінів групи B, а деякі з них, наприклад, вітамін B12, а також кислота нікотина, мають до шести різновидів, які по-різному проявляють себе у процесі обміну речовин. З відомих на сьогоднішній день приблизно 500 каротинів близько 60 розглядаються як попередні стадії синтезу вітаміну A, а близько 110 вважаються навіть більш ефективними, ніж сам вітамін. Є по чотири різновиди вітамінів C і D, а токоферол (вітамін E) відомий у десятках варіантів.

2. Фармакологічна класифікація. Ця класифікація була введена паралельно з літерною і вказувала на захворювання, якому запобігає вітамін (з префіксом анти- або проти-):

ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



- вітамін С – протицинготний;
- вітамін К – антигеморагічний;
- вітамін D – антирахітичний та ін.

Зустрічаються назви вітамінів, утворені від перших літер фармакологічної дії або захворювання. Наприклад, назва вітаміну Р походить від лат. *permeare* – проникати, тому що він зменшує проникність судин. Вітамін РР названий першими буквами лат. *pellagra preventiva* – той, що запобігає пеллагрі.

3. Хімічна класифікація. Залежно від хімічної структури виділені такі групи:

- вітаміни аліфатичного ряду – С, N, В3, В15, F, U та ін.;
- вітаміни аліциклічного ряду – А (ретинол, ретиналь, кислота ретиноева), D (ергокальциферол – вітамін D2, холекальциферол – вітамін D3) тощо;
- вітаміни ароматичного ряду – К (філохінон — К1, менахінон – К2, менадіон – К3 та ін.);
- вітаміни гетероциклічного ряду – Е, РР, Р, В1, В2, В6, В12 тощо.

4. Класифікація за розчинністю вітамінів:

- водорозчинні вітаміни – групи В (В1, В2, В3, В5, В6, В9, В12, В15), С, Р, Н, U;
- жиророзчинні вітаміни – А, D, Е, К, F.

Основною специфічною функцією водорозчинних вітамінів в організмі є утворення коферментів. З жиророзчинних вітамінів лише вітаміни К і А2 здійснюють коферментну функцію, а решта бере участь не у ферментативних реакціях, а у різних фізіологічних процесах.

Найбільш поширеною є класифікація вітамінів за їх хімічною будовою відповідно до рішення номенклатурної комісії біохімічної секції Міжнародної спілки з чистої та прикладної хімії (IUPAC).

3. Вітаміни аліфатичного ряду

Кислота аскорбінова (вітамін С, антискорбутний) у хімічному відношенні являє собою групу сполук, похідних L-гулонової кислоти. Найважливішими з них є кислоти L-аскорбінова і дегідроаскорбінова, які за певних умов легко переходять одна в одну. Збереженню вітаміну С у рослинних продуктах сприяє наявність поліфенолів. Відомий синергізм вітаміну С і біофлавоноїдів (вітаміну Р). Кислота аскорбінова



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

широко представлена у рослинах (плоди цитрусових, щавель, перець, шипшина, суниця, чорна смородина, первоцвіт весняний, хрін звичайний, хвоя, капуста, манго, шпинат, помідор), синтезується у тваринних організмах, за винятком людини, мавпи і морської свинки.

Фізіологічна роль кислоти аскорбінової зумовлена її участю в окисно-відновних процесах – вона зворотно окиснюється в кислоту дегідроаскорбінову під дією ферменту аскорбатоксидази з утворенням окисно-відновної системи. Кислота аскорбінова необхідна для нормального тканинного обміну та тканинного дихання, вона активує синтез колагену фібробластами, сприяє утворенню хрящів, кісток, дентину зубів та інших видів сполучної тканини. А також сприяє засвоєнню глюкози та кислоти піровиноградної у циклі Кребса. Необхідна для всмоктування феруму із ШКТ та включення його до складу гема, для перетворення кислоти фолієвої на тетрагідрофолієву, яка бере участь у синтезі нуклеїнових кислот і білків. Вітамін С активує синтез антитіл, комплементу, інтерферону, відновлює функцію лейкоцитів, яка пригнічується при вірусних захворюваннях. У малих і середніх дозах кислота аскорбінова проявляє антиоксидантні та антирадикальні властивості. У великих дозах, навпаки, стимулює перекисне окиснення ліпідів. Активує синтез кортикостероїдів у корі надниркових залоз, прискорює білоксинтетичну та детоксикаційну функції печінки. Разом із вітаміном Р бере участь у стабілізації судинних стінок. Впливає на активність ферментів: одні (каталаза) стимулює, інші (амілаза) – пригнічує. У медичній практиці використовується синтетична кислота аскорбінова, але одночасно широко застосовуються і фітопрепарати (настої, сиропи, бальзами тощо), які містять велику кількість вітаміну С. Добова потреба у вітаміні становить 50–100 мг. Недостатність призводить до цинги, яка характеризується м'язовою слабкістю, кровоточивістю ясен, остеопорозом, ламкістю кісток, анемією та ін.

Кислота ліпоева (вітамін N, кислота 6,8-дитіобутанова) – вітаміноподібна сполука, необхідний фактор росту молочнокислих бактерій; виявлена у 50-х роках ХХ ст. у дріжджах і тканинах печінки. За хімічною будовою кислота ліпоева є тіпохідною кислоти валеріанової. У тварин і людини синтезується мікрофлорою кишечника. Є коферментом і бере



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

участь у процесі утворення енергії в організмі, в реакціях перенесення атома гідрогену і ацильних груп. Дисульфідний зв'язок відновлюється з утворенням кислоти дигідроліпоєвої. Кислота ліпоєва як сильний відновник знижує потребу людини у вітамінах Е і С, оскільки запобігає їх швидкому окисненню. Надходить до організму з м'ясними продуктами (особливо при споживанні печінки), а також з молоком, рисом, капустою, частково утворюється мікрофлорою верхнього відділу тонкого кишечника; недостатність у людини не описана. Добова потреба – 1–2 мг.

Кислота пангамова, або вітамін В15 (від грец. pan – скрізь, усюди, gami – насіння) – вітаміноподібна сполука, у 1951 р. вперше виділена з насіння абрикоса. За хімічною структурою являє собою естер кислот D-глюконової і диметиламінооцтової (диметилгліцин). Її джерелом є насіння рослин (гарбуз, кунжут, соняшник), пивні дріжджі, цільний коричневий рис, цільне зерно, диня і кавун, кісточка абрикосів, горіхи, мигдаль, печінка, кров свійських тварин. Вітамін В15 служить джерелом вільних метильних груп, покращує ліпідний обмін, знижує рівень холестерину в крові. Бере участь в окиснювальних процесах, підвищує засвоєння кисню тканинами, усуває гіпоксію, прискорює відновні процеси, збільшує тривалість життя клітин, стимулює роботу надниркових залоз, печінки, захищає печінку від цирозу, стимулює синтез білків, підвищує вміст креатинфосфату в м'язах і глікогену в печінці і м'язах. Має протизапальну, антигіалуронідазну властивості, виявляє судинорозширювальний і гангліоблокуючий ефекти. Добова потреба – 1–2 мг. Кальцієва сіль кислоти пангамової (кальцію пангамат) використовується як мінеральна харчова добавка. Як і тіамін, кислота пангамова викликає тимчасове зниження артеріального тиску.

Кислота пантотенова, або вітамін В3, антидерматитний (від грец. pantothen – скрізь присутній) – амід кислоти пантоєвої і β-аланіну, вперше виділений у 1939 р. із печінки ссавців. Кислота пантотенова міститься у значних кількостях у дріжджах, печінці великої рогатої худоби, яйцях, зелених частинах рослин, молоці, моркві, капусті тощо. Кислоту пантотенову також синтезує мікрофлора кишечника. Біологічну дію проявляє лише правообертальний D-ізомер; рацемату притаманно 50% активності. Легко утворює похідні



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

за карбоксильною та гідроксильною групами. Входить як кофермент А (коензим А, КоА) до складу ферментів біологічного ацилювання, бере участь у біосинтезі і окисненні жирних кислот, ліпідів, синтезі холестерину, стероїдних гормонів. Добова потреба – 7–10 мг.

Вітамін F – ненасичені жирні кислоти, які не можуть бути синтезовані організмом (лінолева, ліноленова, арахідонова та ін.). Вітамін F необхідний для утворення простагландинів, фосфота гліколіпідів, підтримує резерв вітамінів групи А та структуру клітинних мембран, знижує вміст холестерину, впливає на активність ферментів та імунний захист. Добова потреба людини – 10 г.

Вітамін U (метилметіонінсульфонію хлорид, противиразковий) являє собою активовану форму метіоніну. у 1950 р. вперше був виділений із соку капусти. Свою назву отримав від лат. ulcus – виразка. Джерелом вітаміну U є свіжа капуста білокачанна та цвітна, брокколі, спаржа, петрушка, морква, цибуля, перець, зелений чай, свіже молоко та печінка. Бере участь в реакціях метилування біогенних амінів. Наприклад, метилуючи гістамін, вітамін U перетворює його на неактивний N-метилгістамін, який сприяє зменшенню шлункової секреції і обумовлює знеболювальний ефект. Застосовується при виразковій хворобі шлунка і дванадцятипалої кишки, хронічному гастриті, сприяє синтезу холіну *in vivo*, холінофосфатидів. Добова потреба – 15–20 мг.

4. Вітаміни аліциклічного ряду

Ретиноли (вітамін А, антиксерофтальмічний, вітамін росту) – це група ліпофільних сполук, що складаються з 20 атомів вуглецю: ретинол (вітамін А-спирт, вітамін А1, аксерофтол); ретиналь (ретинін, вітамін А-альдегід) і кислота ретиноєва (вітамін А-кислота). Крім того, відома група вітаміну А2 (дегідроретинолу, спиртова і альдегідна форми) з довшим сполученим полієновим ланцюгом та цис-форма вітаміну А1 (неовітамін А).

Вітамін А є циклічним ненасиченим одноатомним спиртом, який складається з β -іононового кільця і бічного ланцюга з двох залишків ізопрену та первинної спиртової групи. Був виділений у 1909 р. із вершкового масла. Вітамін А може утворюватися у слизовій кишечника і печінці з



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

провітамінів — α -, β - і γ -каротинів. Всмоктування вітаміну і його провітамінів відбувається у складі міцел, потім в ентероцитах вони включаються до складу хіломікронів. У крові вітамін А зв'язується з ретинолзв'язуючим білком (один із білків фракції α_1 -глобулінів), який забезпечує розчинність ретинолу, захист його від окиснення, транспорт і доставку в різні тканини. У сітківці ока ретинол перетворюється на ретиналь, у печінці — на ретиналь і потім на кислоту ретиноеву, яка виводиться з жовчу у вигляді глюкуронідів. В організмі вітаміни групи А легко окиснюються за участю специфічних ферментів з утворенням відповідних цис- та транс-альдегідів, які отримали назву ретининів (альдегідів вітаміну А); можуть відкладатись у печінці у формі більш стійких естерів з кислотами оцтовою та пальмітиною.

Ретинол і кислота ретиноева містяться у продуктах тваринного походження — вершкове масло, яєчний жовток, печінка деяких риб (тріска, морський окунь та ін.) і морських тварин (кит, морж, тюлень). У рослинних харчових продуктах вітамін А не зустрічається, але багато з них (жирні олії, морква, гарбуз, шпинат, салат, петрушка, зелена цибуля, червоний перець, шипшина, чорна смородина, чорниця, аґрус, обліпиха, абрикос та ін.) містять каротиноїди, які є провітаміном А.

Вітамін А регулює процеси зроговіння епітелію, він необхідний для нормального росту волосся, підтримки імунітету, бере участь у протипухлинному захисті організму. Ретинол відіграє важливу роль у ресинтезі світлочутливого пігменту сітківки родопсину, який безпосередньо сприймає зорові подразнення (при нестачі вітаміну А виникає порушення зору – «куряча сліпота»). Ретинол і кислота ретиноева беруть участь у синтезі вітамін А-залежних глікопротеїнів.

Нестача ретинолу впливає на функції епітеліарних тканин шкіри, дихальних шляхів, травного апарату, нервової та ендокринної систем – слизові оболонки та шкіра висихають, розрихлюються, відбувається зроговіння епітелію, ослаблюється його бар'єрна функція. Добова потреба дорослої людини – 1,5–2 мг.

Каротиноїди (від лат. *carota* – морква та грец. *eidōs* – вигляд) – поліненасичені сполуки терпенового ряду, які утворюються у процесі фотосинтезу в бактеріях, грибах, водоростях, деяких губках, коралах та вищих рослинах; це природні органічні пігменти жовтого, оранжевого або



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

червоного кольору. Вони побудовані здебільшого за одним структурним принципом: на кінцях полієнового ланцюжка, який складається з чотирьох ізопреноїдних залишків, розміщені циклогексенові кільця або аліфатичні ізопреноїдні залишки. Поділяються на каротиноїдні вуглеводні, С40-ксантофіли, гомо-, апо- та нор-каротиноїди. У природі каротиноїди існують як у вільному стані, так і у вигляді глікозидів, каротинпротеїнів або естерів, утворених однією або кількома молекулами жирних кислот. До каротиноїдів відносять α -, β -, γ -, δ -, ϵ -каротин, лютеїн, лікопін та інші. Усього відомі близько 500 каротиноїдів.

Найвідомішим каротиноїдом є **β -каротин** – провітамін вітаміну А (у кишечнику або печінці під впливом ферменту каротинази відбувається його гідролітичне розщеплення на дві симетричні половини, в результаті чого утворюються дві молекули вітаміну А). З α - і γ -каротинів утворюється тільки по одній молекулі вітаміну А.

Лікопін – кристали червоно-бузкового кольору, пігмент помідорів.

С40-ксантофіли містять в ізопреноїдному ланцюжку одну чи декілька гідроксильних, алкоксильних, епоксидних, альдегідних або кетонних груп. У природі поширені лютеїн, віолоксантин, неоксантин, фукоксантин, криптоксантин, кантоксантин, астаксантин та інші.

Промисловим джерелом для отримання каротину є свіжі коренеплоди моркви посівної та плоди гарбуза. Міститься також у червоному перці, плодах абрикоса, шипшини, обліпихи, горобини звичайної, квітках нагідок, листках петрушки, зеленій цибулі, салаті.

Найбільшу А-вітамінну активність β -каротину умовно приймають за 100%, активність α -каротину – 53%, γ -каротину – 48%, криптоксантину – 40%. Каротиноїди відносять до факторів, які захищають організм від розвитку пухлин. Вони беруть участь у фотосинтезі, транспортуванні кисню через клітинні мембрани, захищають зелені рослини від дії світла, у тварин стимулюють діяльність статевих залоз, у людини підвищують імунний статус, захищають від фотодерматозів, як попередники вітаміну А відіграють важливу роль у механізмі зору, є природними антиоксидантами. Використовуються у промисловості як харчові барвники, компоненти вітамінного харчування, у медичній практиці – для лікування шкіри.



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

Добова потреба у β -каротині – 5 мг. При надмірному споживанні каротиноїдів у людини можливе пожовтіння долонь, підошов стоп і слизових, однак навіть у таких крайніх випадках виражених симптомів інтоксикації не відмічено.

Кальцифероли (вітамін D, антирахітичний) – група сполук, представлена двома природними сполуками (вітаміни D2 і D3) і декількома близькими до них за будовою синтетичними похідними (D4, D5, D6, D7), які, однак, не знайшли практичного застосування. Перший представник вітамінів групи D (вітамін D1) виявився сумішшю двох вітамінів D2 і D3, тому термін «D1» в даний час майже не вживається. Практичне застосування знайшли вітаміни D2 (ергокальциферол) і D3 (холекальциферол), які у 1936 р. були виділені з риб'ячого жиру. Вітамін D2 утворюється під дією УФ-випромінювання з вітаміну D1. Вітамін D3 утворюється при ультрафіолетовому опроміненні 7-дегідрохолестерину, який входить до складу ліпоїдів тіла, зокрема шкіри (що використовується у профілактиці і лікуванні рахіту). За біологічною активністю вітаміни D2 та D3 практично не відрізняються, оскільки обидва в організмі перетворюються на кальцитріол – активний метаболіт вітаміну D. Ергокальциферол вважається вітаміном рослинного походження (дріжджі, міцелій грибів), а холекальциферол – тваринного (печінка і жирова тканина тріски і морських тварин, молоко, вершкове масло, жовток яйця).

При гідроксилуванні в печінці та нирках холекальциферол утворює гормон кальцитріол, який разом з іншими гормонами – кальцитоніном і паратгормоном – бере участь у регуляції метаболізму кальцію та фосфору (збільшується всмоктування кальцію з кишечника і зменшується виведення його через нирки, тому кальцій затримується в організмі й відкладається у кістках, тобто сприяє їх зміцненню). У медицині для профілактики і лікування рахіту, деяких форм туберкульозу, захворювань шкіри застосовується головним чином ергокальциферол. Препаратом, що містить вітамін D, є риб'ячий жир. Добова потреба – 0,02–0,05 мг. Основний наслідок недостатності вітаміну D – порушення мінералізації кісткової тканини (рахіт у дітей, остеомалія, тобто розм'якшення кісток, у дорослих).

Вітамін B8 (міо-інозитол, або міо-інозит, 1,2,3,5-цис-4,6-циклогексангексол) – шестиатомний циклічний спирт, уперше



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

виділений в 1928 р. з м'язів («м'язовий цукор»). Вітамін В8 міститься у рослинах у вигляді естеру кислоти гексафосфорної (кислота фітинова) та її солей, а у тварин і мікроорганізмів – у вигляді інозитових фосфоліпідів. Природне джерело – рослинні тканини багатьох овочів (паростки пшениці, рисові висівки), бобові, горіхи, картопля, фрукти (диня, апельсини), гриби, а також печінка, м'ясо, молоко, яєчний жовток та ін. Біологічна дія його пов'язана з обміном вуглеводів, фосфоліпідів. Застосовується як ліпотропний фактор, який гальмує розвиток деяких злоякісних новоутворень, впливає на гормональний баланс репродуктивної сфери. Використовується для лікування чоловічого та жіночого безпліддя і у програмах нормалізації маси тіла і рівня глюкози. Добова потреба – 1,0–1,5 г.

5. Вітаміни ароматичного ряду

Вітамін К, філохінони – збірна назва кількох подібних сполук, похідних 2-метил-1,4-нафтохінону. Назву вітаміну було запропоновано у 1935 р. для позначення жиророзчинного фактора, необхідного для згортання крові (від дат. koagulations vitamin), дію якого було вперше досліджено на курчатах. У 1939 р. вітамін К1 був виділений з люцерни, К2 — із гниючого рибного борошна.

Вітамін К1 (α-філохінон, фітонадіон, антигеморагічний) — 2-метил-3-фітил-1,4-нафтохінон; у структурі містить нафтохінонове ядро і залишок високомолекулярного аліфатичного дитерпенового спирту фітолу з транс-конфігурацією подвійних зв'язків. Філохінон синтезується рослинами і міститься у значній кількості у кропиві, люцерні, кукурудзяних приймочках, калині, траві грициків, плодах шипшини, а також у гарбузі, зелених помідорах, листі шпинату, цвітній та білокачанній капусті та інших зелених овочах.

Вітамін К2 (менахінон) відрізняється кількістю ізопренових залишків. Менахінон синтезується кишковою мікрофлорою людини, печінкою тварин, міститься також в яєчному жовтку, яловичині, печінці; має більшу фізіологічну активність. Крім природних вітамінів, використовуються синтетичні аналоги: 2-метил-1,4-нафтохінон (менадіон, вітамін К3), 2-метил-1,4-нафтогідрохінон (вітамін К4), 2-метил-4-аміно-1-нафтогідрохінон (вітамін К5), 2-метил-1,4-діамінонафтохінон (вітамін К6), 3-метил-4-аміно-1-



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

нафтогідрохінон (вітамін К7), водорозчинний вікасол (натрію 2,3-дигідро-2-метил-1,4-нафтохінон-2-сульфонат).

Вітамін К має стимулюючий вплив на синтез у печінці протромбіну та проконвертину — факторів згортання крові, він сприяє синтезу АТФ, деяких ферментів. Препарати групи К застосовують при кровоточивості та геморагічних діатезах, при геморагічній хворобі новонароджених, гепатитах, цирозі печінки, виразковій хворобі шлунка, маткових кровотечах, хворобі Боткіна і хронічних ураженнях кишечника. Добова потреба – 2 мг. При недостатності вітаміну К спостерігається зниження вмісту в крові протромбіну, виникає К-гіповітаміноз.

Убіхінони (вітамін Q) – вітаміноподібні жиророзчинні речовини (похідні п-бензохінону), які містять хіноїдну групу (звідси позначення Q). Виявлені у 1940 р., а в 1957 р. виділені з бичачого серця. За хімічною природою кофермент Q має схожість у будові молекули з вітамінами Е і К та являє собою 2,3-диметокси-5-метил-1,4-бензохінон з ізопреновим ланцюгом у положенні С6. Число залишків ізопрену в бічному ланцюзі убіхінону в різних організмах варіює від 6 до 10; такі варіанти коферменту Q позначають як CoQ6, CoQ7 тощо. Містяться у мікроорганізмах, грибах, рослинах, харчових продуктах (зародки пшениці, рослинна олія, особливо оливкова, горіхи і капуста, печінка, серце, яловичина, свинина, риба, яйця і курка), також синтезується в кишечнику самостійно при нормальній роботі всього організму. У мітохондріях клітин більшості ссавців, включаючи людину, зустрічається тільки убіхінон Q10.

6. Вітаміни гетероциклічного ряду

Токофероли (вітамін Е, вітамін розмноження, від грец. tokos – потомство, phero – несу) – метильні похідні токолу. Відомі 7 ізомерів, з яких у рослинах найпоширеніші α -, β - і γ -токофероли, які відрізняються кількістю метильних груп у положеннях С5, С7 і С8. Найактивнішим є α -токоферол. Сполуки виділені з олії зародків пшениці у 1925 р., синтезовані у 1938 р. Токофероли містяться у зелених рослинах, особливо в молодих паростках злаків, рослинних оліях (соняшникова, бавовняна, кукурудзяна, арахісова, соєва, обліпихова, шипшинова), у м'ясі, жирі, яйцях, молоці, печінці, вершковому маслі. В організмі людей і тварин токофероли не утворюються.

ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



Вітамін Е бере участь у регуляції окиснювальних процесів, він уповільнює окиснення ненасичених жирних кислот, а також впливає на клітинне дихання. α -Токоферол є антикоагулянтом і запобігає коагуляції крові в судинах, окисненню вітаміну А і ненасичених жирних кислот. Може зв'язувати два пероксидних вільних радикали і потім, взаємодіючи з кислотою глюкуроною, виводиться з організму у складі жовчі. Вітамін Е називають антистерильним вітаміном, дефіцит його у самок веде до порушення процесу вагітності, а у самців уражаються сім'яники. У медичній практиці застосовується у вигляді ацетату для лікування серцевих захворювань, а також при судинних розладах, мимовільних абортах, при ревматоїдних артритях. Добова потреба – 10–15 мг. Головними симптомами недостатності вітаміну Е є збільшення крихкості еритроцитів, м'язова слабкість і безпліддя.

Біофлавоноїди (вітамін Р, капілярозміцнювальний, вітамін проникності, 3,3',4',5,7-пентагідроксифлавонон-3-О-рутинозид) включають велику групу природних речовин: флавонони, катехіни, флаванони, антоціани та ін. Природними джерелами вітаміну Р є чорна смородина, цитрусові, горобина чорнопліва, гречка посівна, софора японська, чай, особливо зелений, плоди шипшини, щавель, салат, помідори, виноград, капуста, петрушка, сливи, яблука.

Рутин підвищує щільність клітинних мембран, у тому числі ендотелію судинної стінки, знижує їх проникність, зменшує активність гіалуронідази. Застосовується у поєднанні з кислотою аскорбіною при геморагічних діатезах, крововиливах у сітківку ока, променевої хвороби, септичному ендокардиті, ревматизмі, алергічних захворюваннях, скарлатині та ін. Комплексний препарат кислоти аскорбінової і рутину – **аскорутин**. Добова потреба – 50–70 мг.

Кислота нікотинава (вітамін РР або В5, нікотинамід, ніацин, антипелагричний) – кислота піридин-3-карбонова; виділена у 1937 р., нікотинамід – її амід. Обидві сполуки в організмі легко перетворюються одна в одну і тому мають однакову вітамінну активність. У живому організмі кислота нікотинава синтезується з провітаміну незамінної амінокислоти – триптофану, а також мікрофлорою кишечника. Переважно у вигляді амиду міститься в значних кількостях у дріжджах, арахісі, є в овочах, фруктах, м'ясі, молоці, рибі,



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

гречаній крупі. Вітамін РР відіграє важливу роль в окисно-відновних процесах, входить до складу ферментів, які переносять кисень, регулюють тканинне дихання. Кислота нікотинова та її амід стимулюють кровотворення, прискорюють процеси загоєння ран і виразок, посилюють секрецію шлунка та перистальтику кишечника, а також поліпшують всмоктування різних речовин у ШКТ. Кислота нікотинова входить до складу НАД (нікотинамідаденіндинуклеотиду) і НАД Ф (нікотинамідаденіндинуклеотид-фосфату). Ці кофактори є складовими великої кількості різних дегідрогеназ, що забезпечують перебіг численних метаболічних процесів. У великих дозах кислота нікотинова викликає короточасне розширення судин, особливо верхньої половини тіла, зниження артеріального тиску. Застосовується при лікуванні пелагри, стенокардії, психічних захворювань, тромбозу судин головного мозку, через здатність покращувати мікроциркуляцію та проявляти гепатопротекторну дію – при хворобах печінки, шлунка тощо. Добова потреба – 15–20 мг. При гіповітамінозі РР розвивається пелагра.

Піридоксин (вітамін В6, антидерматитний) – група природних похідних 2-метил-3-гідроксипіридину (піридоксол (піридоксин), піридоксаль, піридоксамін), які відрізняються один від одного наявністю у С4 спиртової, альдегідної або аміногрупи. Вітамін В6 був відкритий у 1934 р., виділений з рисових висівок у 1938 р. Його джерелом є бобові та зернові рослини, банани, м'ясні продукти, риба, картопля; в організмі людини частково виробляється мікрофлорою кишечника. Добова потреба – 2–3 мг. Недостатність вітаміну В6 виникає рідко і зазвичай асоціюється з недостатністю інших вітамінів групи В, що проявляється в порушенні обміну амінокислот, зокрема триптофану.

Тіамін (вітамін В1, антинеуритний) складається з двох гетероциклічних кілець – амінопіримідинового й тiazолового. Назву отримав через наявність у складі молекули атома сульфору та аміногрупи. Виділений у 1912 р. Міститься у дріжджах, зернових і бобових рослинах, особливо в оболонці насіння хлібних злаків та рису, у картоплі, моркві та капусті, а також у печінці, нирках, серці, молоці, яєчному жовтку. Сприяє ліквідації метаболічного ацидозу, є синергістом інсуліну. Необхідний для синтезу ацетилхоліну, нуклеїнових



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

кислот, білків, жирних кислот, утворення нікотинамідних коферментів. У мозковій тканині і печінці тіамін дуже швидко перетворюється на активну форму за допомогою ферменту тіаміндифосфотрансферази та контролює активність медіаторів ЦНС. Застосовується при гіпо- й авітамінозах, а також при захворюваннях периферичної та центральної нервової систем (невралгії, поліневрити), порушеннях функції травного апарату, захворюваннях міокарда та при перевтомі.

У медицині використовуються синтетичні гідрохлориди або гідроброміди тіаміну, тіаміномоно- і тіамінодифосфати для лікування цукрового діабету, радикулітів, невритів, екземи, псоріазу, уражень нервової системи. Добова потреба — 2–3 мг. Нестача тіаміну призводить до тяжких неврологічних захворювань (хвороба бери-бери).

Біотин (вітамін Н, вітамін В7, кофермент R, антисеборейний; від грец. *bios* — життя) — органічна кислота, яка складається з тетрагідротіофенового та імідазольного циклів (атоми вуглецю в С3 і С4 положеннях спільні); бічний ланцюг представлений кислотою валеріановою. Виділений у 1935 р. з яєчного жовтка. Із восьми оптичних ізомерів і чотирьох рацематів (біоцитин (ϵ -біотиніл-L-лізин), D- та L-сульфоксиди біотину) біологічну активність має тільки (+)-біотин. Біотин міститься у багатьох продуктах (печінка, нирки, дріжджі, рисові та житні висівки, бобові (соя), цвітна капуста, горіхи (арахіс), ізюм, томати, шпинат, гриби), а також синтезується нормальною мікрофлорою кишечника. В організмі людини функціонує як кофермент у численних реакціях карбоксилювання амінокислот (особливо серину, треоніну та кислоти аспарагінової), бере участь у вуглеводножировому обміні, синергіст вітамінів В2, В6, А, РР. У медицині біотин застосовують при цирозі печінки, цукровому діабеті і в дерматологічній практиці. Добова потреба — 150–200 мг. Недостатність спостерігається дуже рідко, але може виникати при застосуванні ліків, що впливають на мікрофлору, а також при надмірному споживанні сирих яєць (в яйцях міститься глікопротеїд авідин, який запобігає абсорбції біотину). При нестачі виникають себорейний дерматит, алопеція, сонливість, втомлюваність, болі у м'язах.

Кислота фолієва (вітамін Вс або В9, фолацин, антианемічний) складається із трьох частин: птеридинового кільця, кислот пара-амінобензойної та глутамінової. Виділений



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

у 1941 р. із зеленого листа (від лат. *folium* – лист), вітаміном В₉ цю сполуку назвали через її здатність виліковувати анемію у курчат (від англ. *chicken* – курча). Міститься в зелених листках рослин, свіжих овочах, злаках, бобах, цибулі, спаржі, цитрусових, бананах, чорній смородині, плодах суниці, кукурудзі, печінці та нирках тощо. До організму потрапляє з їжею та синтезується кишковою мікрофлорою. Кислота фолієва необхідна для нормального утворення клітин крові, разом із вітаміном В₁₂ стимулює еритропоез, бере участь у синтезі амінокислот, нуклеїнових кислот, пуринів (аденіну та гуаніну), в обміні холіну та інших метаболічних процесах. Вітамін В₉ захищає від вроджених дефектів розвитку, бере участь у кровотворенні та є протианемічним фактором, оскільки стимулює утворення не тільки еритроцитів, але й лейкоцитів. Добова потреба — 0,18–0,2 мг; у жінок під час вагітності — 0,4 мг. На другому тижні вагітності (початок розвитку головного мозку) навіть короткочасний дефіцит вітаміну може призвести до появи вроджених каліцтв, порушень фізичного і психічного розвитку новонародженого. При нестачі кислоти фолієвої починається порушення утворення формених елементів крові, виникає злаякісна анемія, знижується опірність захворюванням.

Існує ще низка сполук, які іноземні дослідники відносять до вітамінів, а вітчизняні — до провітамінів або коферментів:

- аденін (вітамін В₄);
- холін (вітамін В₈);
- кислота пара-амінобензойна (вітамін В₁₀);
- карнітин (вітамін В₁₁);
- ксантроптерин (вітамін В₁₄);
- інозит (вітамін В₁₆);
- амигдалін (вітамін В₁₇).

Майже всі з наведених сполук досить часто зустрічаються в рослинній сировині, деякі (наприклад, амигдалін) синтезуються тільки рослинами.

7. Поширення вітамінів

Вітаміни містяться у рослинах майже всіх родин, але лікарськими вітаміновмісними рослинами називають лише ті види, у яких вітаміни накопичуються у дозах, здатних



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

викликати виражений фармакологічний ефект (це у 500–1000 разів більше, ніж в інших рослинах).

Вітаміновмісні рослини зустрічаються у родинях *Rosaceae* (шипшина, горобина), *Primulaceae* (первоцвіт весняний), *Urticaceae* (кропива дводомна), *Brassicaceae* (грицики), *Asteraceae* (деревій звичайний, череда трироздільна, календула, сухоцвіт болотяний), *Polygonaceae* (гірчак почечуйний, гірчак водяний, гречка посівна), *Elaeagnaceae* (обліпіха крушиноподібна), *Saxifragaceae* (чорна смородина), *Poaceae* (кукурудзяні рильця), *Theaceae* (чай китайський).

Вітаміни локалізуються у зелених частинах рослин, квітках, плодах (вітаміни С, Р, К, каротин) і в насінні (вітаміни Е і F).

Водорозчинні вітаміни у розчиненому стані містяться у клітинному соку, жиророзчинні вітаміни включені у пластиди і алейронові зерна. Каротиноїди знаходяться у хлоропластах та хромопластах – пластидах плодів, квіток та інших частин рослин, вони вбудовані у мембрани тилакоїдів або розчинені у крапельках олії (пластоглобулах).

Вміст вітамінів у рослинах залежить від генетичних особливостей видів і умов середовища. Наприклад, на вітамін С найбільш багате листя, потім у порядку зменшення йдуть квітки, бруньки, прилистки, плоди, корені, черешки, стебла. У листі верхніх ярусів вітаміну С більше, ніж у нижніх. Вміст у листі каротину, кислоти аскорбінової, рутину (вітамін Р), кислоти пантотенової тощо у період росту рослин збільшується, а в період цвітіння і плодоутворення різко знижується. Це пояснюється посиленою витратою цих речовин у процесі генеративного розвитку рослин. У плодах максимальна кількість вітаміну С і каротину спостерігається у фазу повної зрілості; максимум вітаміну Р – коли вони сформувалися і досягли половини своїх розмірів; у період формування насіння вміст вітаміну Р у плодах різко зменшується.

У межах ареалу рослини у північних районах зростання накопичується більше кислоти аскорбінової, а в південних районах – більше каротиноїдів.

Основними факторами, що впливають на вміст вітамінів у рослині, є температура, вода, світло і мінеральне живлення.

Як правило, для нормального утворення вітамінів необхідна підвищена температура (20–30 °С). Лише накопичення кислоти аскорбінової краще протікає при



ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

знижених температурах. Навіть при температурі нижче 0 °C плоди і коренеплоди самостійно синтезують вітамін С. Збільшення вологості сприяє накопиченню вітаміну С і каротиноїдів, але надлишок вологи діє негативно. Накопиченню вітаміну С також сприяють збільшення освітленості, азотні та комплексні добрива, родючі легкі суглинисті та супіщані ґрунти. Культура і селекція призводить до зниження накопичення вітаміну С і каротину.

Нормальне мінеральне живлення – одна з найважливіших умов утворення вітамінів. Ця роль обумовлена безпосередньою участю деяких елементів (S, N, Co) у побудові молекул вітамінів і активуванням ними ферментних систем (Mg, P, Mn і Zn), що здійснюють біосинтез вітамінів.