

# ХРОНОХАРЧУВАННЯ В СИСТЕМІ ПРЕЦИЗІЙНОЇ НУТРИЦІОЛОГІЇ: ІНТЕГРАЦІЯ ХРОНОТИПУ ДО ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ ДІЄТИЧНИХ УТРУЧАНЬ

Переклала й адаптувала канд. біол. наук Олександра Демецька

Хронотип (індивідуальний біологічний ритм людини) є однією з ключових, але часто недооцінених детермінант персоналізації харчування.

Приймання їжі в чітко визначені часові вікна сприяє синхронізації тканиноспецифічних циркадних годинників і асоціюється з покращенням метаболічного здоров'я.

Персоналізовані стратегії часу харчування дають змогу оптимізувати дієтичні результати з огляду на хронотип людини. У межах цього підходу запропоновано концептуальну модель, яка поєднує принципи хронохарчування з персоналізованими підходами до здоров'я, котрі враховують індивідуальні біологічні та поведінкові особливості людини.

Очікується, що майбутні дієтичні рекомендації дедалі більше включатимуть часову організацію приймання їжі з огляду на хронотип.

## ЦИРКАДНА ОРГАНІЗАЦІЯ МЕТАБОЛІЗМУ ТА ХРОНОТИП ЯК ОСНОВА ХРОНОХАРЧУВАННЯ

Живі організми еволюціонували в умовах 24-годинної циркадної ритмічності, що координується ендогенною системою біологічних годинників. У ссавців супрахізматичне ядро гіпоталамуса функціонує як центральний циркадний годинник, координуючи роботу периферичних осциляторів у метаболічних органах і забезпечуючи тканиноспецифічну часову регуляцію обміну речовин.

Хронотип відображає індивідуальну фазову організацію цієї системи й визначає добові патерни гормональної секреції та метаболічної ефективності. Сучасний спосіб життя посилив розмаїття хронотипів, що обмежує ефективність уніфікованих дієтичних рекомендацій і підкреслює потребу в персоналізації.

Час споживання їжі є потужним поведінковим синхронізатором периферичних годинників: його неузгодженість із циркадними ритмами асоціюється з метаболічними порушеннями, тоді як узгодженість сприяє метаболічній злагоженості. У межах прецизійної нутриціології хронохарчування інтегрує хронотип і тканиноспецифічні ритми, забезпечуючи перехід від статичних рекомендацій до динамічних, циркадно узгоджених дієтичних стратегій (рис. 1).

## ХРОНОТИП І ХРОНОНУТРИЦІЯ В ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ХАРЧУВАННЯ

Люди відрізняються добовими ритмами сну, активності та метаболізму, на підставі чого виокремлюють ранковий, вечірній і проміжний хронотипи. Виражено ранковий і вечірній хронотипи характеризуються стійкими фазовими зсувами циркадних показників, зокрема секреції мелатоніну та кортизолу, що визначає індивідуальні періоди максимальної працездатності й метаболічної ефективності.

Хронотип пов'язаний з різними харчовими патернами й наслідками для здоров'я: ранковий хронотип зазвичай асоціюється з регулярнішим режимом харчування та сприятливішим кардіометаболічним профілем, тоді як вечірній – з пізнім і нерегулярним споживанням їжі та підвищеними метаболічними ризиками. Натомість проміжний тип краще узгоджений із соціальними розкладами.

Сучасний спосіб життя посилює циркадну десинхронізацію, знижуючи ефективність універсальних дієтичних рекомендацій. У цьому контексті хрононутриція передбачає узгодження часу та регулярності їди з індивідуальним хронотипом, що асоціюється з покращенням глікемічного контролю, регуляції маси тіла й серцево-судинних показників і формує підґрунтя персоналізованого харчування.

Індивідуальні циркадні ритми формують хронотип і визначають добові профілі секреції кортизолу та мелатоніну, що впливає на харчову поведінку. Водночас тривалі харчові звички можуть зворотно модулювати циркадний годинник, підкреслюючи двоспрямований зв'язок між хронотипом і хрононутрицією.

Різні хронотипи характеризуються специфічною часовою організацією периферичних біологічних годинників у метаболічних тканинах, що визначає відмінні періоди підвищеної метаболічної ефективності. Час їди виступає ключовим синхронізуючим сигналом для цих ритмів і зумовлює хронотипозалежні відмінності метаболічних відповідей.

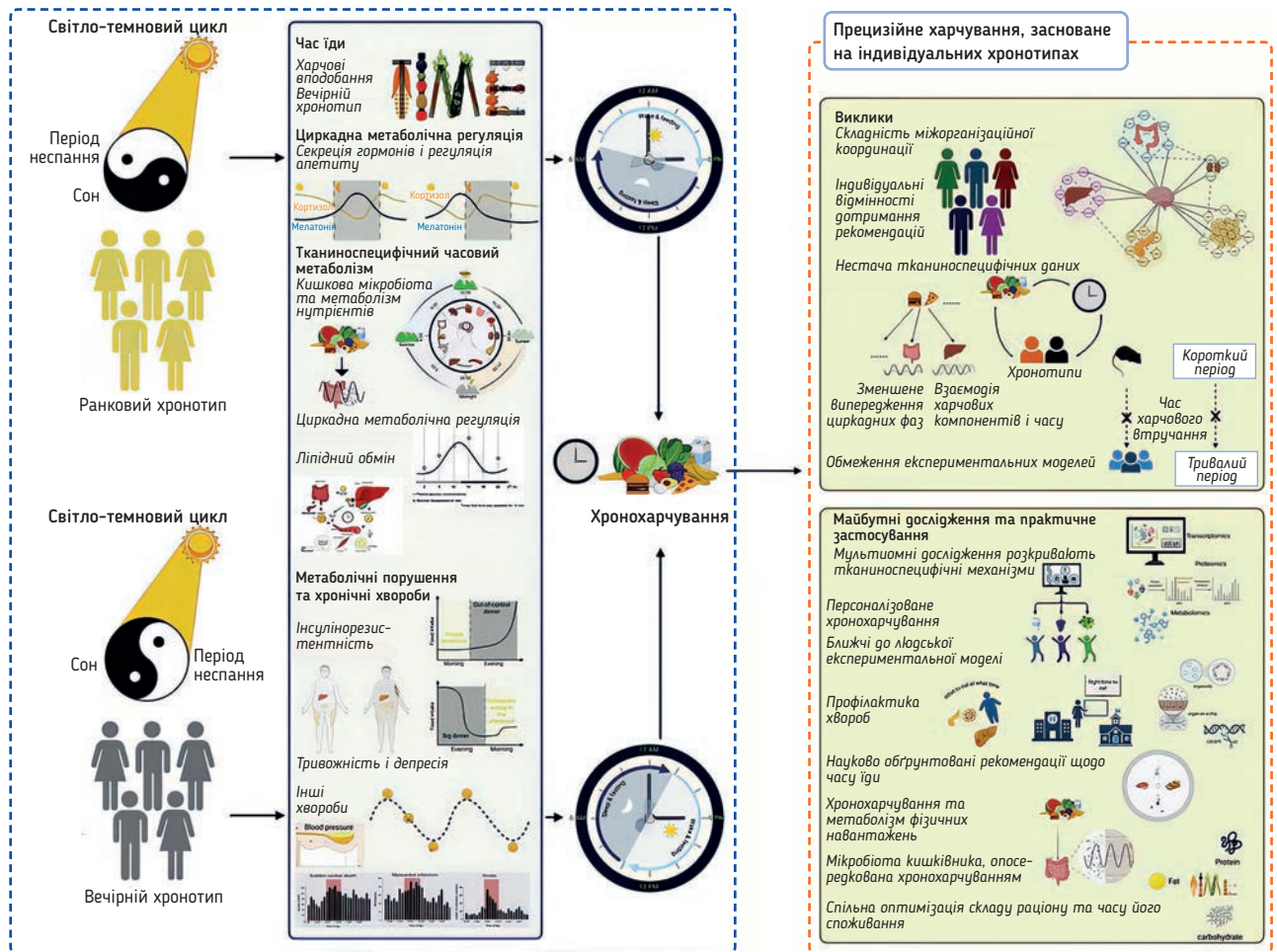


Рис. 1. Концептуальна модель орієнтованого на хронотип прецизійного харчування [1]

Отже, узгодження регулярності та часу приймання їжі з індивідуальною циркадною фазою є основою прецизійної хрононутриції й оптимізації метаболічного здоров'я.

**ХРОНОТИП ЯК МОДИФІКАТОР МЕТАБОЛІЧНОЇ ВІДПОВІДІ НА ХАРЧУВАННЯ**

Циркадна система координує біологічні ритми шляхом інтеграції світлових і нутриційних сигналів, забезпечуючи синхронізацію центрального та периферичних біологічних годинників. Індивідуальні особливості цієї координації формують різні хронотипи, які визначають добові патерни гормональної секреції, метаболізму та поведінки.

У межах прецизійного харчування вирішальне значення має взаємодія між хронотипом, хрононутрицією та тканинспецифічними циркадними ритмами. Світло синхронізує центральний годинник, тоді як час їди селективно регулює експресію генів біологічного годинника в метаболічно активних тканинах, формуючи функціональну вісь «хронотип – хрононутриція – тканини».

З огляду на це різні хронотипи демонструють відмінні метаболічні відповіді на однакові дієтичні режими. Зокрема, ранковий хронотип зазвичай

асоціюється з упорядкованішими харчовими патернами та сприятливішими метаболічними профілями, тоді як вечірній – з пізнішими прийомами їжі й нижчою метаболічною ефективністю. Отже, узгодження часу харчування з індивідуальною циркадною архітектурою є ключовою передумовою персоналізованої хрононутриції.

**НАДЛИШКОВА МАСА ТІЛА Й ОЖИРІННЯ**

Надлишкова маса тіла й ожиріння є серйозними проблемами громадського здоров'я, а ефективність їх корекції значною мірою залежить від часу їди. Навіть раціони з однаковою калорійністю можуть мати різні метаболічні наслідки залежно від часу споживання їжі, тоді як узгодження харчових патернів із циркадними ритмами сприяє покращенню енергетичного та ліпідного обміну.

Хронотип визначає оптимальні стратегії: для осіб ранкового хронотипу перерозподіл калорій на ранні години сприяє зниженню вечірнього голоду та поліпшенню метаболічного контролю, водночас у вечірнього хронотипу пізні й калорійно насичені прийоми їжі асоціюються з гормональною десинхронізацією, інсулінорезистентністю та накопиченням вісцерального жиру.

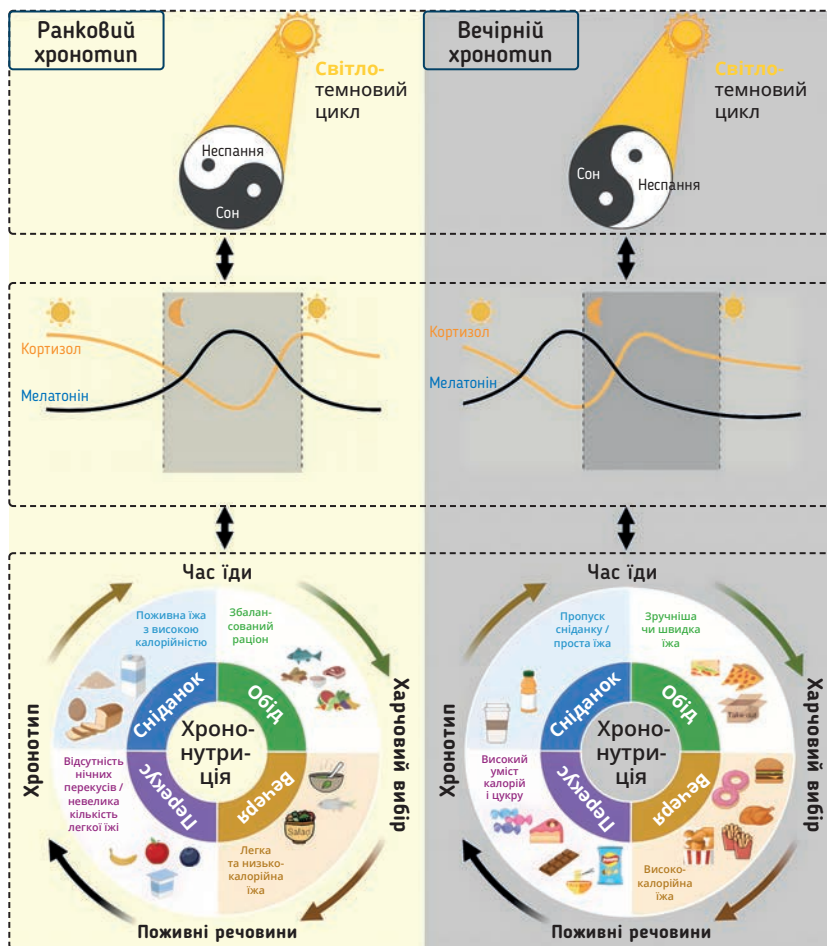


Рис. 2. Взаємозв'язок хронотипу, циркадних ритмів і часу їди [1]

Для вечірнього хронотипу сприятливими є помірні за калорійністю, насичені білком вечері з низьким глікемічним навантаженням і мінімізація нічного споживання їжі. У цьому контексті так зване обмежене в часі харчування виступає ефективним інструментом хрононутриції, яке покращує метаболічні показники шляхом узгодження надходження нутрієнтів із циркадними ритмами.

Отже, адаптація часу й розподілу калорій відповідно до хронотипу є ключовим елементом профілактики та корекції ожиріння.

## ІНСУЛІНОРЕЗИСТЕНТНІСТЬ

Секреція інсуліну та чутливість до нього перебувають під жорсткою циркадною регуляцією, що забезпечується узгодженою роботою центрального й периферичних біологічних годинників кишківника, печінки, м'язів, жирової тканини та підшлункової залози. Десинхронізація між цими ритмами й харчовою поведінкою спричиняє розвиток інсулінорезистентності.

Встановлено, що метаболічні відповіді на приймання їжі є хронотипоспецифічними. Наприклад, в осіб ранкового хронотипу глікемічні піки вираженіші вранці, тоді як у представників вечірнього – в пізні години доби.

Це підтверджує доцільність часової оптимізації нутриційних і терапевтичних утручань. Зокрема, обмежене в часі харчування розглядається як ефективна нефармакологічна стратегія зниження інсулінорезистентності шляхом відновлення циркадної синхронізації.

Харчування в обмеженому часовому вікні, що припадає на період найвищої чутливості до інсуліну, сприяє кращому контролю рівня глюкози в крові. Це відбувається завдяки зменшенню утворення глюкози в печінці, кращому накопиченню глікогену й активнішому засвоєнню глюкози м'язами та жировою тканиною. Додатково такий режим харчування позитивно впливає на метаболізм через покращення складу кишкової мікробіоти й активацію гормональних механізмів, пов'язаних з відповіддю на їжу.

Оскільки циркадні ритми секреції інсуліну суттєво відрізняються між людьми, узгодження часу їди з індивідуальним хронотипом відіграє ключову роль у покращенні інсулінової чутливості та переході від загальних рекомендацій до персоналізованих метаболічних утручань.

## ТРИВОЖНІСТЬ І ДЕПРЕСІЯ

Тривожні й депресивні розлади тісно пов'язані з порушенням циркадних ритмів організму.

Це підтверджується ефективністю хронотерапії – підходів, спрямованих на відновлення правильного режиму сну, світлової експозиції та щоденної активності. Центральний біологічний годинник у супраіазматичному ядрі контролює секрецію мелатоніну та цикл «сон – неспанья»; його дезорганізація часто супроводжується безсонням, емоційною нестабільністю й погіршенням настрою. Важливу роль у регуляції емоцій відіграє також вісь «кишківник – мозок», через яку кишкова мікробіота впливає на гормональні та стресові реакції організму.

Відомо, що ризик розвитку тривожних і депресивних розладів є вищим у осіб вечірнього хронотипу; це вказує на потенційну користь хрононутриції як допоміжної стратегії підтримки психічного здоров'я. Для ранкового хронотипу характерні піки кортизолу, допаміну та серотоніну вранці, тому надходження поживних речовин у зазначений період може сприяти кращому настрою й оптимальному функціонуванню когнітивних процесів. Натомість у вечірній час переважає дія заспокійливих нейромедіаторів – γ-аміномасляної кислоти й мелатоніну, що створює умови для відпочинку та сну. Вживання важкої або висококалорійної їжі у вечірні години може порушувати цей баланс і негативно впливати на емоційний стан.

Окрім того, кишкова мікробіота має власну добову ритмічність, а час їди впливає на її активність і опосередковано на настрій. Сукупно ці дані вказують на те, що узгодження часу харчування з індивідуальним хронотипом може бути ефективним елементом профілактики та підтримки психічного здоров'я в межах персоналізованої хрононутриції.

### ІНШІ ХВОРОБИ ТА РОЛЬ КИШКОВОЇ МІКРОБІОТИ

Порушення циркадних ритмів істотно залучені до розвитку серцево-судинних і онкологічних захворювань. Ранні ранкові піки інфаркту й інсульту відображають циркадні зміни гемостазу, гормональної регуляції та тромбоцитарної активності, а хрононутриційні стратегії можуть знижувати серцево-судинний ризик через покращення кардіометаболічних чинників.

Циркадна десинхронізація також підвищує онкологічний ризик, оскільки гени біологічного годинника контролюють клітинний цикл, апоптоз і репарацію ДНК. У цьому контексті прецизійна хрононутриція розглядається як перспективний елемент онкологічної хронотерапії.

Кишкова мікробіота відіграє важливу роль у метаболізмі та змінюється залежно від хронотипу

й часу доби, що робить її перспективною мішенню для персоналізованих підходів до харчування. Загалом ефективність харчування значною мірою залежить від його узгодженості з індивідуальними біологічними ритмами, а поєднання часу їди, хронотипу та стану мікробіоти формує основу сучасної персоналізованої хрононутриції в профілактиці хронічних захворювань.

### ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Прецизійне харчування має значний потенціал у профілактиці хронічних захворювань, але здебільшого залишається статичним і не враховує часового аспекту споживання їжі. Хрононутриція заповнює цю прогалину, проте наразі часто застосовується без урахування індивідуального хронотипу та тканинспецифічних циркадних ритмів.

Подальший розвиток цього підходу потребує поєднання даних про хронотип, мультиомних показників і цифрових технологій (сенсорів, безперервного моніторингу глюкози, інструментів штучного інтелекту) для точного визначення індивідуальної циркадної фази. У перспективі це дасть змогу узгоджувати склад і час їди в межах персоналізованих дієтичних стратегій і формувати циркадно узгоджені рекомендації для громадського здоров'я.

### ВИСНОВКИ

Час їди є ключовою складовою прецизійного харчування, оскільки поряд зі складом раціону визначає метаболічні результати та має бути узгоджений з ендogenous циркадними ритмами організму.

Прецизійне харчування передбачає індивідуалізацію дієтичних стратегій з огляду на біологічні ритми, а не застосування універсальних рекомендацій.

Хронотип формує основу персоналізації дієтичних утручань, визначаючи індивідуальні особливості добової організації метаболізму.

Індивідуальний хронотип окреслює оптимальні часові вікна споживання їжі та модулює метаболічні відповіді, що робить його ключовим чинником хрононутриції.

Інтеграція принципів хрононутриції підвищує клінічну та профілактичну ефективність харчових утручань.

Системне врахування хронотипу та циркадної біології забезпечує перехід від загальних рекомендацій до персоналізованих, прецизійних стратегій підтримки метаболічного здоров'я.

#### Література

Chen P., Wang Y., Yuan M., et al. Chrono-nutrition in precision nutrition: integrating chronotype into personalized dietary interventions. *Journal of Advanced Research*. 2026 Feb. doi: 10.1016/j.jare.2026.02.025.