

Abstract. Endometriosis is one of the most common gynecological diseases and is characterized by a chronic course, pain syndrome, and impaired reproductive function. Despite significant progress in understanding its pathogenesis, the mechanisms underlying its development remain complex and multifactorial. Hormonal, immune, inflammatory, and molecular-genetic mechanisms play an important role in the development and progression of endometriosis. Particular attention in modern research is focused on identifying molecular-genetic markers that may determine patients' individual sensitivity to hormonal therapy and contribute to the personalization of treatment.

This article analyzes current scientific data on the role of specific genes and regulatory molecules in the pathogenesis of endometriosis and in the formation of the response to hormonal treatment. The significance of genes involved in the regulation of cell proliferation, hormonal sensitivity, and inflammatory processes is considered, including ESR1, PGR, WNT4, VEZT, and C-MYC, as well as pro-inflammatory cytokines TNF- α and IL-1 β , which participate in the formation of a chronic inflammatory microenvironment in endometriotic lesions. Particular attention is paid to the role of non-coding RNAs, including microRNAs (miR-135a/b, miR-29c, miR-150) and the long non-coding RNA H19, which are involved in post-transcriptional and epigenetic regulation of gene expression. Changes in their expression may influence cell proliferation, apoptosis, angiogenesis, and hormonal sensitivity of endometrial tissues, which is important for understanding individual variations in the course of the disease. Alterations in the expression of these molecular markers may affect endometrial cell proliferation, angiogenesis, inflammatory processes, and hormonal sensitivity of tissues, thereby determining the variability of the clinical course of endometriosis. Analysis of the literature indicates the potential of molecular-genetic markers to predict response to hormonal therapy and to develop personalized treatment approaches.

Key words: endometriosis, molecular-genetic markers, hormonal therapy, ESR1, PGR, personalized medicine, pathogenesis.

ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Bobyk Y. Y.: <https://orcid.org/0000-0002-0057-9783> ^{ABCDEF}

Адреса для кореспонденції

Бобик Юрій Юрійович

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Україна, 88000, м. Ужгород, пл. Народна 3

Тел.: +380505103747

E-mail: bobiky@gmail.com

A – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Стаття надійшла 11.01.2026 року

Стаття прийнята до друку 04.05.2026 року

Опубліковано 27.05.2026 року

DOI 10.29254/2077-4214-2026-2-181-30-36

УДК 612:57.017

¹Боярчук О. Д., ²Дерев'янку Т. В., ³Руденко Т. В., ²Плужнікова Т. В.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗІОЛОГІЇ РОЗВИТКУ

¹ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» (м. Лубни, Україна)

²Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка (м. Полтава, Україна)

³Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка
(м. Кропивницький, Україна)

tomkov1495@gmail.com

Важливим напрямом сучасної фізіології розвитку є дослідження закономірностей становлення функціональних систем організму та впливу чинників, що зумовлюють порушення процесів регуляції та адаптації. Розвиток організму людини характеризується нерівномірністю та гетерохронністю, що визначає вікові особливості функціонування систем і різний рівень адаптаційних можливостей. Особливо інтенсивні зміни відбуваються у перехідні періоди, зокрема в дитячому та підлітковому віці, коли активізуються процеси нейроендокринної перебудови та підвищується вразливість організму до впливу зовнішніх факторів. Встановлено, що порушення механізмів регуляції та адаптації мають комплексний характер і охоплюють нейрогуморальні, нервові, ендокринні, імунні та метаболічні рівні, взаємодія яких забезпечує підтримання гомеостазу. У сучасних умовах суттєвий вплив на фізіологію розвитку мають зміни способу життя, зокрема гіподинамія, зростання частки малорухомої діяльності, пов'язаної з цифровим середовищем, а також хронічний стрес, екологічні та соціальні чинники. Їх сукупна дія призводить до зниження функціональних резервів організму, обмеження адаптаційних можливостей і формування стану дезадаптації. Показано, що наслідками таких порушень є виникнення функціональних

розладів і донозологічних станів, які можуть трансформуватися у хронічні захворювання та спричиняти негативні тенденції у стані здоров'я населення. У роботі запропоновано поетапну модель оптимізації фізіологічного розвитку, що передбачає поєднання діагностичних, профілактичних і корекційних заходів, спрямованих на підвищення адаптаційного потенціалу організму та збереження здоров'я в умовах сучасних викликів.

Ключові слова: фізіологія розвитку, адаптація, регуляція, гіподинамія, здоров'я.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження виконано в межах комплексної науково-дослідної теми кафедри охорони здоров'я і реабілітації ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» «Оцінка потреб в реабілітаційних послугах населенню Луганської області» (номер державної реєстрації 0118U000837).

Вступ.

Сучасний етап розвитку фізіології характеризується зростанням інтересу до закономірностей формування та функціонування організму людини на різних етапах онтогенезу. В умовах динамічних соціально-економічних змін, підвищеного психоемоційного навантаження, гіподинамії та впливу новітніх технологій актуалізується проблема виявлення фізіологічних механізмів розвитку, адаптації та збереження здоров'я. Особливої уваги потребує дослідження вікових особливостей становлення функціональних систем організму, їх регуляції та резервних можливостей, що є підґрунтям для розроблення ефективних профілактичних і корекційних заходів у системі охорони здоров'я та освіти.

Проблематика фізіології розвитку та механізмів адаптації організму в сучасних умовах останніми роками посідає важливе місце у науковому дискурсі. Це зумовлено зростанням впливу несприятливих середовищних і поведінкових чинників, які порушують процеси регуляції та формують передумови для розвитку функціональних відхилень. У сучасній науковій літературі фізіологія розвитку розглядається не лише як процес становлення функціональних систем організму, а як складний багаторівневий механізм взаємодії нейрогуморальних, ендокринних, імунних, метаболічних і поведінкових факторів [1–5].

Значна частина сучасних досліджень присвячена закономірностям онтогенетичного розвитку, критичним і сенситивним періодам, а також підвищеній пластичності функціональних систем у різні вікові етапи [5–9]. Дослідники акцентують увагу на тому, що саме у критичні періоди розвитку організм характеризується підвищеною чутливістю до впливу зовнішніх чинників, а порушення адаптаційних механізмів у цей час можуть мати довготривалі наслідки для здоров'я [6–11].

Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний із вивченням механізмів регуляції та адаптації організму. У наукових працях розкривається роль нейрогуморальних, ендокринних, імунних та метаболічних механізмів у підтриманні гомеостазу, а також їх значення у формуванні стрес-асоційованих і дезадаптаційних порушень [12–16]. Підкреслюється, що дисбаланс регуляторних систем супроводжується зниженням функціональних резервів організму та підвищенням ризику розвитку хронічної патології.

Суттєва увага у сучасній літературі приділяється впливу способу життя та середовищних чинників на

фізіологію розвитку. Дослідження підтверджують негативний вплив гіподинамії, цифровізації повсякденної діяльності, психоемоційного стресу та екологічних факторів на функціональний стан організму й адаптаційні можливості людини [17–20]. Водночас доведено взаємозв'язок між функціональними порушеннями у дитячому та підлітковому віці й ризиком формування серцево-судинних, метаболічних і психофізіологічних розладів у подальшому житті [21–25].

Разом з тим аналіз наукових джерел свідчить, що попри значний науковий доробок, недостатньо узагальненими залишаються питання комплексної взаємодії сучасних поведінкових чинників, механізмів регуляції та адаптації у контексті фізіології розвитку. Це зумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на систематизацію актуальних проблем фізіології розвитку та обґрунтування ефективних підходів до оптимізації адаптаційного потенціалу організму.

Мета дослідження.

Здійснити комплексний аналіз актуальних проблем фізіології розвитку шляхом з'ясування закономірностей становлення та функціонування регуляторних і функціональних систем організму на різних етапах онтогенезу, визначення сучасних детермінантів їх порушення, а також обґрунтування фізіологічних механізмів адаптації та напрямів оптимізації розвитку в умовах сучасних викликів.

Основна частина.

Розвиток організму людини характеризується нерівномірністю та гетерохронністю становлення функціональних систем, що зумовлює вікові особливості їх функціонування і різний рівень адаптаційних можливостей. Найбільш інтенсивні зміни відбуваються у перехідні періоди, зокрема під час переходу від дитинства до підліткового віку, який супроводжується значними фізіологічними та нейроендокринними перебудовами [1, 2, 3, 4].

Розвиток організму має нелінійний і фазовий характер, що проявляється у чергуванні відносно стабільних і критичних періодів, у межах яких змінюється чутливість функціональних систем до зовнішніх впливів. Саме така нерівномірність формує передумови для виникнення як адаптаційних перебудов, так і функціональних порушень.

Важливою закономірністю є наявність критичних і сенситивних періодів розвитку, під час яких організм демонструє підвищену пластичність і чутливість до впливу середовища. Критичні періоди визначаються як часові інтервали, коли вплив специфічних факторів є визначальним для нормального формування функцій, а їх порушення може мати довготривалі або незворотні наслідки. Сенситивні періоди характеризуються підвищеною реактивністю до широкого спектра впливів, що зумовлює як можливості розвитку, так і ризики його порушення [5, 6, 7].

Особливе значення мають ранній постнатальний період і підлітковий вік, коли активізуються процеси нейрофізіологічної перебудови, зокрема синаптогенез і синаптичний прунінг, що забезпечують адаптацію, але водночас підвищують вразливість організму [5]. У цей час несприятливі впливи можуть змінювати гомеостатичні механізми та формувати довгострокові ризики для здоров'я, що підтверджується сучасними уявленнями про програмування захворювань у критичні періоди розвитку [8, 9, 10, 11].

Нерівномірність становлення функціональних систем зумовлює можливі дисбаланси їх розвитку, що знижує ефективність регуляції та адаптації організму. У поєднанні з впливом зовнішніх чинників це формує передумови для виникнення донозологічних станів і підвищення ризику розвитку патологій.

Таким чином, критичні періоди розвитку виступають ключовими зонами підвищеної вразливості, у межах яких визначається подальша траєкторія функціонування організму та рівень здоров'я.

Зазначені закономірності розвитку організму та підвищена вразливість у критичні періоди зумовлюють необхідність більш детального аналізу механізмів, що лежать в основі адаптаційних процесів. У сучасних умовах саме порушення систем регуляції виступають ключовою ланкою формування функціональних відхилень і зниження адаптаційного потенціалу організму. Вони мають комплексний характер і охоплюють нейрогуморальні, ендокринні, нервові, імунні та метаболічні рівні, що перебувають у тісній взаємодії. З метою узагальнення основних напрямів цих порушень та їх фізіологічних наслідків доцільно подати їх систематизацію у вигляді **таблиці 1**.

Представлені в **таблиці 1** дані свідчать, що порушення механізмів регуляції та адаптації мають системний і багаторівневий характер та охоплюють нейрогуморальні, ендокринні, нервові, імунні й метаболічні процеси. Їх спільною ознакою є порушення узгодженості регуляторних впливів, що забезпечують підтримання гомеостазу та адекватну реакцію організму на зовнішні та внутрішні чинники.

Особливе значення має дисрегуляція гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи, яка виступає центральною ланкою стрес-реакції та визначає характер адаптаційних перебудов.

Водночас взаємопов'язаність окремих регуляторних систем зумовлює формування каскадних змін, за яких первинні порушення нейрогуморальної регуляції супроводжуються зрушеннями в нейромедіаторних, імунних та метаболічних механізмах. Це призводить до зниження функціональних резервів організму, обмеження адаптаційних можливостей та формування донозологічних станів, що в подальшому можуть трансформуватися у хронічну патологію [12, 13, 14, 15, 16].

Таким чином, систематизація порушень механізмів регуляції та адаптації дозволяє розглядати їх як ключову патофізіологічну основу актуальних проблем фізіології розвитку, що визначає необхідність комплексного підходу до їх профілактики та корекції.

У сучасних умовах важливими детермінантами порушень фізіологічного розвитку виступають зміни способу життя та середовища існування людини. Одним із ключових чинників є гіподинамія, що проявляється як дефіцит тривалості та/або інтенсивності рухової активності. Зниження рівня фізичної активності населення має глобальний характер і пов'язане з погіршенням функціонального стану організму, зокрема зниженням кардіореспіраторної витривалості та м'язової працездатності, що обмежує адаптаційні можливості [17, 18, 19].

Водночас трансформація поведінкових моделей у напрямі цифровізації зумовлює зростання частки малорухомої діяльності, пов'язаної з тривалим використанням інформаційних технологій. Доведено, що надмірний час, проведений у цифровому середовищі, асоціюється зі зниженням рівня фізичної активності, формуванням сидячого способу життя та негативними психоемоційними станами, що додатково ускладнює процеси регуляції та адаптації організму [20].

Таблиця 1 – Порушення механізмів регуляції та адаптації в процесі розвитку

Рівень регуляції	Сутність порушення	Основні фізіологічні прояви	Функціональні наслідки
Нейрогуморальний (НРА-вісь)	Дисрегуляція гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи (гіперактивність/гіпореактивність, порушення механізмів зворотного зв'язку)	Дисбаланс секреції кортизолу, неадекватна стрес-реакція	Зниження стресостійкості, формування хронічної дезадаптації
Ендокринний	Порушення гормональної координації, хронічна активація симпатико-адреналової системи	Підвищення рівня катехоламінів, інсулінорезистентність, ендотеліальна дисфункція	Кардіометаболічні порушення, підвищення ризику хронічних захворювань
Нейромедіаторний (центральна регуляція)	Дисбаланс нейромедіаторів (серотоніну, дофаміну, ГАМК), порушення співвідношення процесів збудження і гальмування	Тривожність, емоційна нестабільність, гіперзбудження	Психофізіологічні розлади, зниження адаптаційного потенціалу
Вегетативний (автономна нервова система)	Дисбаланс симпатичного і парасимпатичного відділів	Порушення серцевого ритму, судинного тону, вегетативна нестабільність	Зниження функціональних резервів, порушення гомеостазу
Імунний	Порушення регуляції імунної відповіді, хронічна активація запальних процесів	Підвищення рівня прозапальних цитокінів, системне запалення	Прогресування запальних процесів, підвищення ризику хронічних захворювань
Метаболічний	Порушення енергетичного обміну та гормональної чутливості тканин	Інсулінорезистентність, оксидативний стрес, дисліпідемія	Формування метаболічного синдрому, зниження адаптаційних можливостей
Епігенетичний	Порушення регуляції експресії генів (метилування ДНК, мікроРНК)	Зміни регуляції запалення, судинних і метаболічних процесів	Довготривале «програмування» патологічних змін, зниження адаптації

Таблиця 2 - Наслідки порушень фізіологічного розвитку в сучасних умовах

Напрямок порушень	Сутність проявів	Фізіологічні наслідки	Довгострокові ризики
Функціональні розлади	Порушення регуляції нервової, серцево-судинної та ендокринної систем	Нестабільність гомеостазу, зниження адаптаційних можливостей	Формування донозологічних станів
Донозологічні стани	Початкові відхилення без вираженої клінічної симптоматики	Зниження функціональних резервів, підвищена вразливість до навантажень	Перехід у хронічну патологію
Метаболічні порушення	Дисбаланс енергетичного обміну та гормональної регуляції	Інсулінорезистентність, оксидативний стрес	Метаболічний синдром, ожиріння
Порушення серцево-судинної системи	Зниження кардіореспіраторної витривалості, судинна дисфункція	Порушення гемодинаміки, зниження толерантності до навантаження	Артеріальна гіпертензія, ішемічна хвороба серця
Психофізіологічні розлади	Емоційна нестабільність, підвищений рівень стресу	Порушення нейромедіаторного балансу, хронічна активація стрес-систем	Тривожні та депресивні розлади
Популяційні тенденції здоров'я	Зниження рівня фізичного розвитку та функціональної підготовленості	Зменшення функціональних резервів у різних вікових групах	Зростання захворюваності та зниження якості життя населення

Суттєвий вплив на фізіологію розвитку також мають хронічний стрес, екологічні та соціальні чинники, які діють у комплексі та підсилюють негативний ефект один одного. Їх сукупна дія спричиняє перенапруження регуляторних систем, зниження функціональних резервів і формування стану дезадаптації. У цьому контексті порушення фізіологічного розвитку слід розглядати як результат взаємодії біологічних механізмів із сучасними поведінковими та середовищними факторами, що визначає їх комплексний і системний характер.

Зазначені чинники формують комплекс передумов для виникнення різноспрямованих порушень фізіологічного розвитку, які проявляються на рівні функціональних систем та інтегративних механізмів організму. У результаті їх тривалого впливу відбувається поступове зниження ефективності регуляторних процесів, виснаження адаптаційних резервів і формування стійких функціональних відхилень. З метою узагальнення основних проявів і довгострокових наслідків цих порушень доцільно подати їх систематизацію у вигляді **таблиці 2**.

Подані в **таблиці 2** узагальнення свідчать, що наслідки порушень фізіологічного розвитку мають багаторівневий і взаємопов'язаний характер. Первинні функціональні відхилення, зумовлені дисрегуляцією адаптаційних механізмів, поступово трансформуються у донозологічні стани, які за умов тривалого впливу несприятливих чинників можуть переходити у хронічну патологію. Важливою особливістю сучасного етапу є поєднання метаболічних, серцево-судинних і психофізіологічних порушень, що свідчить про системність змін та їх кумулятивний характер [21, 22, 23, 24, 25].

Негативні тенденції у стані здоров'я різних вікових груп проявляються у зниженні функціональних резервів організму, обмеженні адаптаційних можливостей і зростанні поширеності донозологічних і хронічних станів. Це дозволяє розглядати порушення фізіологічного розвитку не як ізольовані функціональні відхилення, а як інтегральний показник дезадаптації організму в умовах сучасного середовища.

Виявлені закономірності порушень фізіологічного розвитку та їх наслідки зумовлюють необхідність переходу від констатації проблеми до обґрунтування практичних підходів її вирішення. Сучасні уявлення

про багаторівневу організацію регуляторних процесів і взаємодію біологічних та середовищних чинників вимагають комплексного підходу до оптимізації розвитку, який поєднує діагностику, профілактику та корекцію. У цьому контексті доцільно запропонувати поетапну модель оптимізації фізіологічного розвитку, що дозволяє системно впливати на ключові механізми регуляції та адаптації організму.

Алгоритм оптимізації фізіологічного розвитку:

1. *Діагностично-аналітичний етап*. Визначення рівня фізичного розвитку та функціонального стану організму, оцінка стану регуляторних систем і адаптаційних можливостей, виявлення донозологічних станів та факторів ризику порушень фізіологічного розвитку.

2. *Етап ідентифікації детермінант порушень розвитку*. Аналіз способу життя, рівня рухової активності, впливу цифрового середовища, психоемоційного навантаження, а також екологічних і соціальних чинників, що зумовлюють порушення регуляції та адаптації організму.

3. *Профілактично-корекційний етап*. Розробка індивідуалізованих заходів, спрямованих на підвищення рівня рухової активності, нормалізацію режиму праці, відпочинку та сну, а також корекцію психоемоційного стану і зниження впливу стресових факторів.

4. *Етап реалізації медико-педагогічних технологій*. Впровадження систематичної фізичної активності як базового чинника оптимізації фізіологічного розвитку, застосування здоров'язберезувальних технологій у освітньому та повсякденному середовищі, інтеграція міждисциплінарних підходів у практику формування здоров'я.

5. *Етап формування здоров'язберезувальної поведінки*. Закріплення раціонального способу життя, підвищення рівня обізнаності щодо збереження здоров'я, формування стійких навичок фізичної активності та саморегуляції організму.

6. *Оціночно-коригувальний етап*. Систематичний моніторинг динаміки функціонального стану організму, оцінка ефективності впроваджених заходів та корекція програм оптимізації з урахуванням індивідуальних особливостей і змін умов середовища.

Висновки.

У статті здійснено комплексний аналіз актуальних проблем фізіології розвитку, що дозволило встановити, що розвиток організму людини характеризується гетерохронністю та нерівномірністю становлення функціональних систем, що зумовлює їх підвищену чутливість у критичні періоди онтогенезу. Визначено, що саме у ці періоди формуються передумови як для ефективної адаптації, так і для виникнення функціональних порушень.

Обґрунтовано, що порушення механізмів регуляції та адаптації мають системний і багаторівневий характер та охоплюють нейрогуморальні, нервові, ендокринні, імунні та метаболічні процеси, взаємодія яких визначає рівень функціональних резервів організму та його здатність до адаптації.

Встановлено, що в сучасних умовах ключовими детермінантами порушень фізіологічного розвитку виступають гіподинамія, цифровізація способу життя, хронічний стрес, а також екологічні та соціальні чинники, сукупна дія яких призводить до зниження адап-

таційних можливостей і формування стану дезадаптації.

Показано, що наслідки порушень фізіологічного розвитку проявляються у формуванні функціональних розладів і донозологічних станів, які за умов тривалого впливу несприятливих факторів можуть трансформуватися у хронічні захворювання, а також у погіршенні загальних показників здоров'я населення.

Запропоновано авторську поетапну модель оптимізації фізіологічного розвитку, що базується на поєднанні діагностичного, профілактичного та корекційного підходів і передбачає системний вплив на механізми регуляції та адаптації організму.

Перспективи подальших досліджень.

Поглиблене вивчення механізмів адаптації організму до впливу сучасних середовищних чинників, а також у розробці ефективних індивідуалізованих програм оптимізації фізіологічного розвитку з урахуванням вікових та функціональних особливостей.

Література

- Mastorci F, Lazzeri MFL, Vassalle C, Pingitore A. The transition from childhood to adolescence: between health and vulnerability. *Children*. 2024;11(8):1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/children11080989>
- Bonnie RJ, Backes EP, editors. *The Promise of Adolescence: Realizing Opportunity for All Youth*. Washington (DC): National Academies Press; 2019. DOI: <https://doi.org/10.17226/25388>
- Elias CF, Han X, Garcia-Galiano D, Sáenz de Miera C. Neuroendocrine plasticity and crosstalk in pubertal development. *J Neuroendocrinol*. 2026;38:e70145. DOI: <https://doi.org/10.1111/jne.70145>
- Graf GHJ, Biroli P, Belsky DW. Critical periods in child development and the transition to adulthood. *JAMA Netw Open*. 2021;4(1):e2033359. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.33359>
- Kolb B. *Critical and sensitive periods in brain development*. Oxford: Oxford University Press; 2025. DOI: <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190236557.013.700>
- Fuhrmann D, Knoll LJ, Blakemore SJ. Adolescence as a sensitive period of brain development. *Trends Cogn Sci*. 2015;19(10):558-566. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.07.008>
- Fandakova Y, Hartley CA. Mechanisms of learning and plasticity in childhood and adolescence. *Dev Cogn Neurosci*. 2020;42:100764. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100764>
- Carducci B, Chen ZH, Campisi SC, Miliku K. Adolescence as a key developmental window for nutrition promotion and cardiometabolic disease prevention. *npj Metab Health Dis*. 2025;3:40. DOI: <https://doi.org/10.1038/s44324-025-00082-1>
- Tohi M, Bay JL, Tu'akoi S, Vickers MH. The developmental origins of health and disease: adolescence as a critical lifecourse period to break the transgenerational cycle of NCDs—a narrative review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(10):6024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19106024>
- Lacagnina S. The developmental origins of health and disease (DOHaD). *Am J Lifestyle Med*. 2020;14(1):47-50. DOI: <https://doi.org/10.1177/1559827619879694>
- McDonald CR, Weckman AM, Wright JK, Conroy AL, Kain KC. Developmental origins of disease highlight the immediate need for expanded access to comprehensive prenatal care. *Front Public Health*. 2022;10:1021901. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1021901>
- Wang X, Chen L, Wei J, Zheng H, Zhou N, Xu X, et al. The immune system in cardiovascular diseases: from basic mechanisms to therapeutic implications. *Signal Transduct Target Ther*. 2025;10:166. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41392-025-02220-z>
- Azeez OM, Olaniji H, Obong E, Dunkwu CC, Oyovwi JO, Oyovwi MI et al. Epigenetic and endocrine adaptations linking chronic pain, metabolic dysregulation, and cardiovascular remodeling: a narrative review. *Cureus*. 2026;18(1):e100757. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.100757>
- Aburat O. A comparative analysis of neurohumoral regulation and hormonal dynamics in post-traumatic stress disorder (PTSD) between human and mouse models. *J Vasyl Stefanyk Precarpathian Nat Univ Biol*. 2024;11:33-43. DOI: <https://doi.org/10.15330/jpubio.11.33-43>
- McEwen BS, Akil H. Revisiting the stress concept: implications for affective disorders. *J Neurosci*. 2020;40(1):12-21. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0733-19.2019>
- Slavich GM. Social safety theory: a biologically based evolutionary perspective on life stress, health, and behavior. *Annu Rev Clin Psychol*. 2020;16:265-295. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-032816-045159>
- Franklin BA, Eijsvogels TMH, Pandey A, Quindry J, Toth PP. Physical activity, cardiorespiratory fitness, and cardiovascular health: a clinical practice statement of the ASPC. *Am J Prev Cardiol*. 2022;12:1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2022.100424>
- Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Health*. 2018;6(10):e1077-e1086. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)
- Booth FW, Roberts CK, Thyfault JP, Ruesegger GN, Toedebusch RG. Role of inactivity in chronic diseases: evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. *Physiol Rev*. 2017;97(4):1351-1402. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.00019.2016>
- Shao T, Zhou X. Correlates of physical activity habits in adolescents: a systematic review. *Front Physiol*. 2023;14:1-9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1131195>
- Juonala M, Magnussen CG, Berenson GS, Venn A, Burns TL, Sabin MA, et al. Childhood adiposity, adult adiposity, and cardiovascular risk factors. *N Engl J Med*. 2011;365(20):1876-1885. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1010112>
- Reilly JJ, Kelly J. Long-term impact of overweight and obesity in childhood and adolescence on morbidity and premature mortality in adulthood: systematic review. *Int J Obes*. 2011;35(7):891-898. DOI: <https://doi.org/10.1038/ijo.2010.222>
- Biddle SJH, Ciaccioni S, Thomas G, Vergeer I. Physical activity and mental health in children and adolescents: an updated review of reviews and an analysis of causality. *Psychol Sport Exerc*. 2019;42:146-155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.08.011>
- Ortega FB, Lavie CJ, Blair SN. Obesity and cardiovascular disease. *Circ Res*. 2016;118(11):1752-1770. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.115.306883>
- Lubans D, Richards J, Hillman C, Faulkner G, Beauchamp M, Nilsson M et al. Physical activity for cognitive and mental health in youth: a systematic review of mechanisms. *Pediatrics*. 2016;138(3):e20161642. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1642>

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗІОЛОГІЇ РОЗВИТКУ

Боярчук О. Д., Дерев'янка Т. В., Руденко Т. В., Плужнікова Т. В.

Резюме. У статті досліджено актуальні проблеми фізіології розвитку в умовах сучасних соціально-економічних трансформацій і зростання впливу технологічних чинників на організм людини. Обґрунтовано, що розвиток організму має гетерохронний і нелінійний характер, що проявляється у нерівномірності становлення функціональних систем та їх підвищеній чутливості у критичні та чутливі періоди онтогенезу. Встановлено, що саме у ці періоди визначаються передумови формування адаптаційних механізмів і водночас підвищується ризик виникнення функціональних порушень.

Показано, що порушення механізмів регуляції та адаптації мають системний характер і охоплюють нейрогуморальний, нервовий, ендокринний, імунний та метаболічний рівні. Взаємозв'язок цих систем забезпечує підтримання гомеостазу, тоді як їх дисбаланс призводить до зниження функціональних резервів організму, порушення адаптаційних процесів і формування стану дезадаптації.

Визначено, що в сучасних умовах ключовими детермінантами порушень фізіологічного розвитку виступають гіподинамія, трансформація рухової активності, цифровізація способу життя, хронічний психоемоційний стрес, а також екологічні та соціальні чинники. Обґрунтовано, що їх сукупна дія спричиняє погіршення функціонального стану організму, зниження адаптаційних можливостей і підвищення ризику розвитку донозологічних станів і хронічних захворювань.

У роботі здійснено систематизацію порушень механізмів регуляції та адаптації, а також їх наслідків у вигляді узагальнених таблиць, що відображають багаторівневий характер змін в організмі. Запропоновано авторську поетапну модель оптимізації фізіологічного розвитку, яка передбачає поєднання діагностичних, профілактичних і корекційних підходів та спрямована на підвищення адаптаційного потенціалу організму і збереження здоров'я в умовах сучасних викликів.

Отримані результати можуть бути використані у медичній та педагогічній практиці, зокрема при розробці програм профілактики порушень фізіологічного розвитку та формування здоров'язбережувальної поведінки.

Ключові слова: фізіологія розвитку, адаптація, регуляція, гіподинамія, здоров'я.

CURRENT ISSUES IN DEVELOPMENTAL PHYSIOLOGY

Boiarchuk O. D., Derevianko T. V., Rudenko T. V., Pluzhnikova T. V.

Abstract. The article examines current issues in developmental physiology in the context of modern socio-economic transformations and the increasing impact of technological factors on the human body. It is substantiated that human development is characterized by heterochrony and a non-linear nature, which manifests in the uneven formation of functional systems and their increased sensitivity during critical and sensitive periods of ontogenesis. It has been established that these periods determine the prerequisites for the formation of adaptive mechanisms, while simultaneously increasing the risk of functional disorders.

It is shown that disruptions in regulatory and adaptive mechanisms are systemic in nature and involve neuro-humoral, nervous, endocrine, immune, and metabolic levels. The interaction of these systems ensures the maintenance of homeostasis, whereas their imbalance leads to a decrease in functional reserves, impairment of adaptive processes, and the development of a state of maladaptation.

It has been determined that, under modern conditions, key determinants of disturbances in developmental physiology include physical inactivity, transformation of motor activity, digitalization of lifestyle, chronic psycho-emotional stress, as well as environmental and social factors. It is substantiated that their combined influence results in the deterioration of the functional state of the organism, reduced adaptive capacity, and an increased risk of pre-nosological conditions and chronic diseases.

The study systematizes disruptions in regulatory and adaptive mechanisms, as well as their consequences, in the form of generalized tables reflecting the multilevel nature of changes in the organism. An author's step-by-step model for optimizing developmental physiology is proposed, which combines diagnostic, preventive, and corrective approaches and is aimed at enhancing the adaptive potential of the organism and preserving health under modern challenges.

The obtained results can be applied in medical and pedagogical practice, particularly in the development of programs for the prevention of developmental physiological disorders and the formation of health-preserving behavior.

Key words: developmental physiology, adaptation, regulation, physical inactivity, health.

ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Boiarchuk O. D.: <https://orcid.org/0000-0002-4388-6011>^{ABDEF}

Derevianko T. V.: <https://orcid.org/0000-0002-5097-8299>^{BD}

Rudenko T. V.: <https://orcid.org/0000-0002-4758-1389>^{BD}

Pluzhnikova T. V.: <https://orcid.org/0000-0002-4758-1389>^{BD}

Конфлікт інтересів:

Автори статті підтверджують відсутність конфлікту інтересів.

Адреса для кореспонденції

Боярчук Олена Дмитрівна

ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»

Україна, 37500, м. Лубни, вул. Віктора Новікова 2

Тел.: +380930379662

E-mail: tomkov1495@gmail.com

A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Стаття надійшла 01.02.2026 року
Стаття прийнята до друку 04.05.2026 року
Опубліковано 27.05.2026 року

DOI 10.29254/2077-4214-2026-2-181-36-42

УДК 612.3:616-056.3-071

Бубир Л. М.

ФЕНОТИПИ ХАРЧОВОЇ АЛЕРГІЇ: КЛІНІЧНА ГЕТЕРОГЕННІСТЬ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВЕРИФІКАЦІЇ ДІАГНОЗУ

Полтавський державний медичний університет (м. Полтава, Україна)

lyudmila.bubyr@ukr.net

Харчова алергія належить до актуальних проблем сучасної алергології та клінічної медицини у зв'язку зі зростанням поширеності серед дітей і дорослих, різноманітністю клінічних фенотипів та ризиком розвитку тяжких системних реакцій, включаючи анафілаксію. Складність діагностики зумовлена значною клінічною гетерогенністю захворювання, наявністю IgE-опосередкованих і не-IgE-опосередкованих механізмів, а також труднощами інтерпретації лабораторних тестів. Важливою проблемою сучасної клінічної практики залишається гіпердіагностика харчової алергії, що нерідко призводить до необґрунтованих елімінаційних дієт і погіршення якості життя пацієнтів. Метою роботи було узагальнення сучасних наукових даних щодо патогенезу, клінічних фенотипів, основних харчових алергенів, сучасних методів лабораторної та молекулярної діагностики, диференційної діагностики для оптимізації ведення пацієнтів із харчовою алергією відповідно до міжнародних рекомендацій. Особливу увагу приділено сучасним підходам до персоналізованої діагностики та оцінки ризику тяжких алергічних реакцій. У статті проаналізовано сучасні уявлення про механізми розвитку харчової алергії, роль генетичних факторів, порушень епітеліального бар'єра та імунної відповіді. Детально охарактеризовано клінічні прояви IgE-опосередкованих і не-IgE-опосередкованих реакцій, особливості алергії до білків коров'ячого молока, яйця, арахісу, деревних горіхів, риби та морепродуктів. Висвітлено діагностичну цінність шкірних прик-тестів, визначення специфічних IgE, компонентної молекулярної діагностики та оральної провокаційних проб. Особливо розглянуто значення компонентної діагностики у прогнозуванні перебігу захворювання та стратифікації ризику анафілаксії. Сучасна діагностика харчової алергії повинна базуватися на комплексному аналізі клінічних даних та результатів лабораторних досліджень. Використання молекулярної алергодіагностики й персоналізованих стратегій ведення пацієнтів сприяє підвищенню точності верифікації діагнозу, зниженню ризику анафілаксії та оптимізації якості життя пацієнтів. Перспективним напрямком залишається подальше вдосконалення алгоритмів ранньої діагностики та персоналізованих підходів до лікування харчової алергії.

Ключові слова: діти, харчова алергія, молекулярна алергодіагностика, харчові алергени, оральна провокаційна проба.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Ініціативна науково-дослідна робота Полтавського державного медичного університету «Оптимізація ранньої діагностики, лікування та визначення прогнозу найбільш поширених захворювань дитячого віку». Номер державної реєстрації 0122U001876.

Вступ.

Харчова алергія (ХА) є однією з найбільш актуальних проблем сучасної алергології, педіатрії та клінічної медицини загалом у зв'язку зі стрімким зростанням поширеності серед дітей і дорослих, значною клінічною гетерогенністю та ризиком розвитку тяжких системних реакцій, включаючи анафілаксію. За останні десятиліття у світі відзначається неухильне збільшення частоти IgE-опосередкованих

та не-IgE-опосередкованих форм харчової алергії, що суттєво впливає на якість життя пацієнтів, їхній нутритивний статус, психоемоційний стан та економічне навантаження на систему охорони здоров'я. Особливої актуальності проблема набуває у дитячому віці, коли харчова алергія часто поєднується з atopічним дерматитом, бронхіальною астмою та алергічним ринітом, формуючи так званий «атопічний марш».

Протягом останніх 10 років значно змінилися підходи до розуміння патогенезу, діагностики та ведення пацієнтів із харчовою алергією. Сучасні дослідження Alexandra F. Santos, Antonella Muraro, Gideon Lack, Anna Nowak-Wegrzyn, Alessandro Fiocchi, Carina Venter та інших авторів довели важливу роль порушення епітеліального бар'єра, мікробіому кишківника, ранньої сенсibilізації через шкіру та молекуляр-