

ПАВЛЮК Євген

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0002-4041-4457>
pavlukev@khmnu.edu.ua

ПАВЛЮК Оксана

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0003-0016-2416>
pavliuko@khmnu.edu.ua

ОЛІЙНИК Костянтин

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0009-0000-0673-6738>
kostyaoliynyk01@gmail.com

ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ ЮНИХ СПОРТСМЕНІВ У ДИТЯЧО-ЮНАЦЬКОМУ СПОРТІ

Сучасний дитячо-юнацький спорт виступає одним із найважливіших компонентів фізичного розвитку молодого покоління та є фундаментом для формування майбутнього спортивного резерву країни. Упродовж дитячого та підліткового віку організм перебуває у фазі активного росту, диференціації тканин і вдосконалення функціональних систем, що створює особливі умови для впливу фізичних навантажень. Саме в цей період спостерігаються значні зміни в діяльності серцево-судинної, дихальної, нервової, ендокринної та опорно-рухової систем, які визначають динаміку розвитку фізичних якостей та адаптаційного потенціалу. Особливої ваги набувають питання розроблення тренувальних програм з урахуванням біологічного віку, індивідуальних темпів організму, що росте та природних закономірностей розвитку фізичних якостей. Дослідження цієї проблематики сприяє підвищенню якості спортивної підготовки, збереженню здоров'я дітей і підлітків, а також формуванню підґрунтя для їх подальших досягнень у спорті вищих досягнень. Таким чином, актуальність обраної теми зумовлена необхідністю наукового обґрунтування фізіологічних механізмів розвитку юних спортсменів у дитячо-юнацькому спорті.

Метою статті є дослідження та обговорення фізіологічних механізмів розвитку юних спортсменів у дитячо-юнацькому спорті.

Порівняльний аналіз досліджень дозволяє виділити кілька концептуальних ліній. Перша – домінування нейром'язових адаптацій як початкового і провідного механізму тренувальної відповіді у дітей. Праці K. Legerlotz, U. Granacher та A. Birat підтверджують, що саме удосконалення нервової регуляції є головним чинником приросту сили та продуктивності до моменту гормональної зрілості. Друга лінія – критична роль біологічного віку. Праці S. Tumkur Anil Kumar, S. Enomoto і N. Kanbur демонструють, що скорочення чи інтенсифікація тренувальних ефектів тісно пов'язані з етапами росту, структурними змінами тканин і гормональною активацією. Третя – важливість моніторингу стану спортсмена, що особливо підкреслено у роботі A. Nimmerichter. Це свідчить про трансформацію підходів від «однакових програм для всіх» до персоналізованих моделей тренування.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що сучасні дослідження переорієнтують дитячо-юнацький спорт у бік доказовості та фізіологічного обґрунтування навчально-тренувального процесу. Автори наголошують на тому, що ефективність спортивного тренування визначається поєднанням таких чинників, як нейром'язовий розвиток, гормональні зміни, стан кістково-м'язової системи, тривалість тренувального впливу, індивідуальні особливості росту та адекватність моніторингу навантажень. Такий підхід демонструє переваги поєднання медико-біологічних наук і тренувальної практики, формуючи основу для безпечного та результативного спортивного розвитку дітей.

У ході дослідження встановлено, що фізіологічний розвиток юних спортсменів є багатовекторним процесом, який визначається взаємодією біологічного дозрівання, тренувального впливу та адаптаційних механізмів організму. Найбільш значущими компонентами прогресу у дитячо-юнацькому спорті є формування нейром'язової регуляції, структурні зміни опорно-рухового апарату та гормональні перебудови, які визначають індивідуальні траєкторії спортивного становлення. Дослідження підтверджує, що успішність спортивного розвитку юних спортсменів визначається не лише тренувальною інтенсивністю, а передусім її відповідністю біологічному віку, адаптаційним можливостям та структурним особливостям організму, що росте. Розуміння фізіологічних механізмів розвитку є фундаментом для науково обґрунтованих підходів до тренувального процесу, спрямованих на досягнення високих результатів і збереження здоров'я молоді.

Ключові слова: дитячо-юнацький спорт, фізіологічні механізми, дослідження.

<https://doi.org/10.31891/pcs.2025.4.12>

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сучасний дитячо-юнацький спорт виступає одним із найважливіших компонентів фізичного розвитку молодого покоління та є фундаментом для формування

майбутнього спортивного резерву країни. Упродовж дитячого та підліткового віку організм перебуває у фазі активного росту, диференціації тканин і вдосконалення функціональних систем, що створює особливі умови для впливу фізичних навантажень. Саме в цей період спостерігаються значні зміни в діяльності серцево-судинної, дихальної, нервової, ендокринної та опорно-рухової систем, які визначають динаміку розвитку фізичних якостей та адаптаційного потенціалу.

Збільшення інтересу до спортивного тренування серед дітей і підлітків, розширення мережі дитячо-юнацьких спортивних шкіл, спортивних клубів та впровадження інтенсивних тренувальних програм підсилюють потребу у науковому контролі за станом здоров'я та функціональними можливостями юних спортсменів. Недостатнє врахування вікових особливостей може призводити до неефективності тренувального процесу, зниження спортивної результативності та надмірного навантаження на організм, який росте, що перешкоджає гармонійному розвитку.

Вивчення фізіологічних механізмів розвитку юних спортсменів дозволяє виявити закономірності адаптаційних процесів, сформулювати критерії оцінювання тренувального ефекту та розробити оптимальні моделі навантажень. Аналіз функціональних перебудов та реакцій організму на фізичні вправи відкриває можливості для раннього прогнозування спортивного потенціалу, запобігання перевантаженням та створення безпечних умов розвитку.

Особливої ваги набувають питання розроблення тренувальних програм з урахуванням біологічного віку, індивідуальних темпів організму, що росте та природних закономірностей розвитку фізичних якостей. Дослідження цієї проблематики сприяє підвищенню якості спортивної підготовки, збереженню здоров'я дітей і підлітків, а також формуванню підґрунтя для їх подальших досягнень у спорті вищих досягнень.

Таким чином, актуальність обраної теми зумовлена необхідністю наукового обґрунтування фізіологічних механізмів

розвитку юних спортсменів у дитячо-юнацькому спорті.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

У попередніх дослідженнях нами висвітлені сучасні підходи до професійної підготовки тренера-викладача в дитячому та юнацькому спорті в умовах стрімкого розвитку науки, технологій та змін у суспільстві. Акцентовано увагу на ключових аспектах формування професійних компетенцій, які охоплюють педагогічні, психологічні, медико-біологічні та інноваційні складові. Визначено структуру професійної підготовки, що включає теоретичний, методологічний, практичний і рефлексивний компоненти [1]. Розглянуто трактування дефініції «сім'я», схарактеризовано відносини у сім'ї та вплив зовнішніх і внутрішніх чинників на них. Проаналізовано психологічні та фізіологічні характеристики підліткового віку дівчаток та хлопчиків, щоб краще зрозуміти як будувати взаємодію з підлітками. Було виявлено низку суперечностей, що характерні для підліткового віку. Також було приділено увагу соціально-педагогічній характеристиці тренерів, батьків та спортсменів [2]. Обґрунтовано сучасні підходи до фізичної підготовки дітей і підлітків у спорті, досліджено проблему ранньої спортивної спеціалізації у дитячо-юнацькому спорті [3, 4].

Проблематика фізіологічних механізмів розвитку юних спортсменів є одним із ключових напрямів сучасної спортивної науки, що зумовлено потребою оптимізації навчально-тренувального процесу та профілактики перевантаження у дітей і підлітків. У науковому дискурсі останнього десятиліття домінує мультидисциплінарний підхід, який поєднує знання зі спортивної фізіології, біомеханіки, педіатрії, ендокринології та педагогіки. Аналіз змісту провідних наукових публікацій демонструє зростання інтересу до адаптаційних процесів, що відбуваються в умовах дитячо-юнацького спорту, а також до закономірностей впливу тренувальних стимулів на організм, що росте.

У праці K. Legerlotz та співавт. (2016) наголошується, що силові тренування у молодому віці чинять багатовекторний вплив на організм. Автори підкреслюють значення

нервово-м'язової адаптації як первинної відповіді на тренування у дітей, у яких гормональні механізми ще не повною мірою активізовані. У науковій праці висвітлюється, що приріст сили в більшості юних спортсменів зумовлений не гіпертрофією, а удосконаленням нейромоторного контролю, покращенням міжм'язової координації та активнішою рекрутацією моторних одиниць. Це визначає специфіку тренувального процесу, зокрема ефективність розвитку залежить від віку і етапів біологічного дозрівання [5].

Цю концепцію доповнює дослідження Tumkur Anil Kumar та співавт. (2021), яке пояснює, що адаптаційний потенціал організму дітей визначається станом його структурних компонентів, зокрема м'язових волокон, сухожиль, фасцій та нервової системи. Автори наголошують, що періоди активного росту є критичним «вікном можливостей», коли тренувальні стимули можуть викликати стійкі морфологічні трансформації. Особливо важливим аспектом огляду є пояснення відмінностей у реакціях міотендинозних структур у дітей порівняно з дорослими, що обґрунтовує необхідність модифікації тренувальних методик [6].

Фундаментальні аспекти планування навчально-тренувального процесу для дітей значною мірою уточнює робота А. Nimmerichter та ін. (2024). Автори розглядають спортивний розвиток через призму комплексного моніторингу функціонального стану спортсмена, який має враховувати біологічний вік, рівень дозрівання, тренувальне навантаження та стресові реакції. Публікація підкреслює важливість індивідуалізації процесу спортивного тренування і застосування систем оцінки ризиків, спрямованих на запобігання перевантаженням та травмам [7].

Проблеми адаптації м'язово-сухожильного апарату глибше аналізує інша публікація N. Tumkur Anil Kumar та ін. (2021), де акцентовано на структурних і регуляторних змінах, які відбуваються під впливом спортивного тренування. Результати дослідження підтверджують важливу тезу: «найбільш суттєві ефекти спортивного тренування спостерігаються у періоди активного фізичного та гормонального розвитку». Проте ці зміни є нерівномірними,

що ставить перед тренером завдання врахування періодизації росту [8].

Систематизований огляд S. Enomoto і N. Tottori (2025) деталізує морфологічні аспекти адаптації у дітей і підлітків. Автори узагальнюють, що навчально-тренувальний процес спричиняє збільшення м'язової маси, покращення архітектури волокон і зміцнення сухожиль, проте інтенсивність таких змін безпосередньо пов'язана з видом спорту та спеціалізацією, тривалістю занять і біологічною зрілістю. Цей огляд підтверджує тренд, що сучасна наука визнає залежність розвитку структурних адаптацій від індивідуальних характеристик спортсмена [9].

Цінність дослідження N. Kanbur і співавт. (2005) полягає у висвітленні гормональної регуляції розвитку кісткової системи, зокрема ролі IGF-1 у стимуляції росту кісток. Автори вказують, що інтенсивні тренування позитивно впливають на кістковий метаболізм через взаємодію із гормональною системою, однак результати залежать від рівня статевого дозрівання. Таким чином, робота вводить у розгляд важливий компонент такі як ендокринні механізми розвитку юних спортсменів [10].

Праця U. Granacher та співавт. (2011) розширює розуміння значення силових тренувань, демонструючи, що вони не лише збільшують м'язову силу, а й удосконалюють рухову координацію, стабільність суглобів і стійкість до травм. Дослідники підкреслюють, що тренувальні програми для дітей мають бути багатокомпонентними, зокрема поєднувати силову підготовку, координаційні вправи, ігрові та техніко-тактичні елементи [11].

Динамічний вимір адаптації представлено у роботі А. Virat та ін. (2024), яка порівнює довготривалі ефекти спортивного тренування у тренуваних та нетренуваних підлітків. Результати демонструють, що діти з систематичним спортивним досвідом мають значно кращу ефективність руху, швидшу нервово-м'язову активацію та вищу функціональну стабільність. Це підтверджує ключову тезу інших авторів: «адаптації у юному віці є не миттєвими, а накопичувальними і залежними від тривалості тренування» [12].

Порівняльний аналіз досліджень дозволяє виділити кілька концептуальних ліній. Перша

– домінування нейром'язових адаптацій як початкового і провідного механізму тренувальної відповіді у дітей. Праці K. Legerlotz, U. Granacher та A. Birat підтверджують, що саме удосконалення нервової регуляції є головним чинником приросту сили та продуктивності до моменту гормональної зрілості. Друга лінія – критична роль біологічного віку. Праці S. Tumkur Anil Kumar, S. Enomoto і N. Kanbur демонструють, що скорочення чи інтенсифікація тренувальних ефектів тісно пов'язані з етапами росту, структурними змінами тканин і гормональною активацією. Третя – важливість моніторингу стану спортсмена, що особливо підкреслено у роботі A. Nimmerichter. Це свідчить про трансформацію підходів від «однакових програм для всіх» до персоніфікованих моделей тренування.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що сучасні дослідження переорієнтовують дитячо-юнацький спорт у бік доказовості та фізіологічного обґрунтування навчально-тренувального процесу. Автори наголошують на тому, що ефективність спортивного тренування визначається поєднанням таких чинників, як нейром'язовий розвиток, гормональні зміни, стан кістково-м'язової системи, тривалість тренувального впливу, індивідуальні особливості росту та адекватність моніторингу навантажень. Такий підхід демонструє переваги поєднання медико-біологічних наук і тренувальної практики, формуючи основу для безпечного та результативного спортивного розвитку дітей.

3. ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ ОЗНАЧЕНА СТАТТЯ

Попри наявність значної кількості досліджень, що присвячені фізіологічним механізмам розвитку дітей і підлітків, аналіз наукових джерел засвідчує низку аспектів, які залишаються недостатньо розкритими та потребують подальшої наукової уваги. Дослідження нейром'язових адаптацій у юних спортсменів зосереджені здебільшого на окремих фізичних якостях або ізольованих фізіологічних показниках. Недостатньо представленими є моделі, що пояснюють комплексну взаємодію нервової, м'язової та опорно-рухової систем у процесі

довготривалого тренування, особливо у «переломних» вікових періодах.

В науковій літературі також наголошується на провідній ролі біологічного віку та індивідуальних темпів росту але відсутні узагальнені підходи до поєднання фаз ростового стрибка з плануванням мікро-, мезо- та макроциклів. Наявні дослідження лише частково описують, як враховувати біологічне дозрівання у практиці тренувального процесу, і не пропонують чітких алгоритмів його моніторингу.

Потребує подальшого вивчення інтеграція гормонально-метаболических змін з тренувальними навантаженнями різного характеру. Незважаючи на встановлену роль IGF-1, гормону росту та статевих гормонів, досі не з'ясовано, як ці фактори впливають на індивідуальну чутливість до силових, швидкісних чи витривалих навантажень у конкретних вікових підгрупах.

Також бракує комплексних систем моніторингу функціонального стану юних спортсменів, які б об'єднували дані про нейром'язові показники, гормональний профіль, стан опорно-рухового апарату та рівень адаптації до стресу. Існуючі методики оцінки часто фрагментарні, не мають єдиних стандартів і не враховують динамічність вікового розвитку.

У наукових дослідженнях майже не розглядається вплив індивідуальних траєкторій розвитку на довготривалий спортивний результат. Залишається відкритим питання прогнозування спортивного потенціалу на основі фізіологічних показників у поєднанні з віковими та морфологічними характеристиками.

Таким чином, не вирішеними частинами загальної проблеми залишаються: відсутність комплексних моделей фізіологічної адаптації юних спортсменів; неузгодженість тренувальних навантажень з фазами біологічного дозрівання; недостатня інтеграція фізіологічних, гормональних і тренувальних даних; відсутність систем довгострокового прогнозування спортивного розвитку.

4. ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є дослідження та обговорення фізіологічних механізмів

розвитку юних спортсменів у дитячо-юнацькому спорті.

5. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБҐРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Фізіологічні механізми розвитку юних спортсменів у дитячо-юнацькому спорті відображають складний процес взаємодії біологічного дозрівання та адаптації до систематичних фізичних навантажень. У цей період організм перебуває у стані підвищеної пластичності, що створює сприятливі умови для розвитку рухових здібностей та навчання новим руховим діям. Однак висока адаптивність поєднується з вразливістю до зовнішніх впливів, зокрема тренувального стресу. Тому розуміння закономірностей росту, дозрівання і функціональних реакцій організму має фундаментальне значення для формування безпечного та ефективного навчально-тренувального середовища.

Нейром'язові механізми і дозрівання нервової регуляції. Одним із ключових напрямів фізіологічного розвитку юних спортсменів є вдосконалення нервово-м'язової регуляції. У дитячо-юнацькому віці спостерігається активна мієлінізація нервових волокон та становлення механізмів центральної координації. Поступове дозрівання рухових центрів мозку підвищує швидкість проведення нервових імпульсів, покращує точність, ритмічність і координацію рухів.

Під впливом тренувального процесу посилюється рекрутація моторних одиниць, зростає синхронізація їхньої діяльності, що є провідним механізмом збільшення сили у дітей до моменту суттєвої гормональної активації. Важливо, що удосконалення нейромоторного контролю сприяє не лише підвищенню спортивних результатів, а й зменшенню травматизму, оскільки формує стабільність суглобів і точність виконання рухів.

Морфофункціональні зміни опорно-рухового апарату. Організм юних спортсменів зазнає суттєвих структурних змін у м'язах, сухожиллях та кістковій тканині. З одного боку, тренувальні впливи сприяють формуванню оптимальної м'язової архітектури, розвитку силових можливостей і підвищенню об'єму м'язових волокон. З

іншого, під час періодів активного росту, довжина кісток збільшується швидше, ніж здатність м'язів і сухожиль адаптуватися, що може викликати дисбаланс та функціональну нестабільність.

Саме тому навчально-тренувальний процес має враховувати нерівномірність росту, зокрема надмірна інтенсифікація навантажень у періоди ростових стрибків підвищує ризик травматизації та порушення формування кістково-м'язових структур. Важливо, щоб тренування були спрямовані не лише на розвиток сили, але й на гнучкість, стабілізацію та пропріоцепцію, що сприяє формуванню збалансованої опорно-рухової системи.

Гормонально-метаболичні регуляторні механізми. Ендокринна система забезпечує метаболічне підґрунтя для росту та адаптації. На ранніх етапах тренувальної діяльності ефекти фізичного навантаження переважно опосередковані нервовою регуляцією, тоді як із наближенням до періоду статевого дозрівання активізуються анаболічні гормони, зокрема IGF-1, гормон росту та статеві стероїди.

Ці зміни стимулюють гіпертрофію м'язової тканини, відкладення мінералів у кістках та формування більшої м'язово-скелетної потужності. Разом із тим нерівномірність гормонального дозрівання пояснює різницю у темпах спортивного прогресу серед однолітків, що вимагає індивідуалізації тренувальних підходів та корекції очікувань щодо результатів.

Адаптаційні механізми і довготривалі ефекти тренувань. Тренувальна адаптація у дитячо-юнацькому спорті має накопичувальний характер. Специфічні зміни у нервовій, м'язовій, серцево-судинній та ендокринній системах розвиваються поступово і стають стійкими лише за умови достатньої тривалості та регулярності тренування.

Дослідження доводять, що діти з багаторічним спортивним досвідом демонструють кращу ефективність рухових дій, вищу здатність до нервово-м'язової активації та стабільнішу поструральну регуляцію. Це підтверджує необхідність довготривалого планування розвитку спортсмена, коли пріоритетом є не миттєвий результат, а поступове формування рухового потенціалу.

Сучасна спортивна наука підкреслює важливість диференційованого підходу до підготовки дітей і підлітків. Ефективні програми повинні ґрунтуватися на таких принципах, зокрема багатокомпонентність – тренування повинне включати розвиток сили, координації, спритності, витривалості, швидкості та гнучкості; поетапність – навантаження повинні змінюватися відповідно до фаз біологічного дозрівання; варіативність і ігровий характер – особливо важлива у молодшому віці для формування мотивації та стійких рухових навичок; індивідуалізація – врахування відмінностей у темпах росту, реакції на тренувальний стрес і спортивній спеціалізації. Застосування цих принципів сприяє повноцінному розвитку адаптаційних систем і зменшує ризики негативних наслідків для здоров'я.

Фізіологічний моніторинг передбачає багатовимірну оцінку стану спортсмена, зокрема фізичного розвитку, функціональної підготовленості, психоемоційного стану та реакцій на навантаження. Регулярний контроль дозволяє своєчасно виявляти ознаки стомлення, перенапруження або затримки адаптації та коригувати тренувальні програми.

Важливими компонентами моніторингу є оцінка біологічного віку та стадій організму, що росте; реєстрація динаміки показників фізичної працездатності; аналіз тренувального навантаження; відстеження суб'єктивного самопочуття спортсмена.

Такий підхід зміщує акцент навчально-тренувального процесу від стандартних методик до персоніфікованого управління розвитком спортсмена.

Узагальнюючи, фізіологічні механізми розвитку юних спортсменів формуються через системну взаємодію нейрогуморальної регуляції, гормональних сигналів, адаптаційних перебудов тканин і довготривалого впливу тренувальних стимулів. Ефективність спортивного прогресу визначається не лише інтенсивністю навантаження, а й його відповідністю біологічному віку, індивідуальному темпу розвитку та стану організму. Це обумовлює необхідність науково обґрунтованих підходів до планування тренувального процесу, моніторингу адаптації та збереження здоров'я дітей і підлітків.

6. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У ході дослідження встановлено, що фізіологічний розвиток юних спортсменів є багатовекторним процесом, який визначається взаємодією біологічного дозрівання, тренувального впливу та адаптаційних механізмів організму. Найбільш значущими компонентами прогресу у дитячо-юнацькому спорті є формування нейрогуморальної регуляції, структурні зміни опорно-рухового апарату та гормональні перебудови, які визначають індивідуальні траєкторії спортивного становлення.

Виявлено, що в молодшому віці провідну роль у прирості сили та рухових здібностей відіграють нейрогуморальні адаптації, тоді як морфологічні та метаболічні зміни стають більш вагомими у період статевого дозрівання. Це підтверджує необхідність поетапного й індивідуалізованого планування навчально-тренувального процесу.

Структурна перебудова опорно-рухового апарату, особливо у фазах швидкого росту, вимагає корекції навантажень і включення компонентів стабілізації, координації та гнучкості для профілактики травматизму та дисфункцій. Ендокринні механізми розвитку впливають на темп спортивного прогресу та пояснюють відмінності результативності серед однолітків.

Значущим чинником ефективності дитячо-юнацького спорту визначено системний моніторинг функціонального стану спортсменів, який дозволяє регулювати навантаження, попереджувати перевантаження та підтримувати безпечні умови розвитку.

Таким чином, дослідження підтверджує, що успішність спортивного розвитку юних спортсменів визначається не лише тренувальною інтенсивністю, а передусім її відповідністю біологічному віку, адаптаційним можливостям та структурним особливостям організму, що росте. Розуміння фізіологічних механізмів розвитку є фундаментом для науково обґрунтованих підходів до тренувального процесу, спрямованих на досягнення високих результатів і збереження здоров'я молоді.

Перспективними напрямками подальших наукових розвідок є вивчення гендерних та індивідуальних особливостей адаптації, що

може сприяти корекції навчально-тренувальних моделей для хлопчиків і дівчат; аналіз психофізіологічних взаємозв'язків, зокрема впливу мотивації, стресу та поведінкових факторів на ефективність адаптації.

Отримані результати формують наукове підґрунтя для подальшого вдосконалення теорії й практики дитячо-юнацького спорту та створення безпечних, ефективних і доказових тренувальних підходів.

Література

1. Павлюк Є., Тостановський Я., Киданчук М., & Сірий В. (2024). Сучасні вимоги до тренера-викладача в дитячому та юнацькому спорті. *Physical culture and sport: scientific perspective*, (4), 207–214. <https://doi.org/10.31891/pcs.2024.4.29>
2. Павлюк О., Павлюк Є., Решітник О., & Олійник К. (2024). Соціально-педагогічні характеристики тренерів, батьків та спортсменів у дитячому та юнацькому спорті. *Physical culture and sport: scientific perspective*, (3), 136–141. <https://doi.org/10.31891/pcs.2024.3.22>
3. Павлюк Є., Ференчук Б., Мельник М. (2025). Сучасні підходи до фізичної підготовки дітей і підлітків у спорті. *Physical culture and sport: scientific perspective*, (2), 267–273. <https://doi.org/10.31891/pcs.2025.2.34>
4. Павлюк Є., Сірий В., & Цісар, В. (2025). Суперечності та перспективи ранньої спортивної спеціалізації у дитячо-юнацькому спорті. *Physical culture and sport: scientific perspective*, (3), 194–200. <https://doi.org/10.31891/pcs.2025.3.23>
5. Legerlotz K, Marzilger R, Bohm S, Arampatzis A. Physiological adaptations following resistance training in youth athletes-a narrative review. *Pediatr Exerc Sci*. (2016) 28(4):501–20. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0023>
6. Tumkur Anil Kumar, S., Torres-Ortiz, A., Malso, R., & Ratel, S. (2021). Growth, maturation, and resistance training adaptations: neuromuscular and musculotendinous mechanisms. *Sports (MDPI)*. <https://doi.org/10.3390/sports9050059>
7. Nimmerichter, A., Williams, C. A., & Bergen, A. (2024). Youth athlete performance development: Contemporary issues and monitoring approaches. *Pediatric Exercise Science (Special Issue)*. <https://doi.org/10.1123/pes.2024-0138>
8. Tumkur Anil Kumar, N., Oliver, J. L., Lloyd, R. S., Pedley, J. S., & Radnor, J. M. (2021). The Influence of Growth, Maturation and Resistance Training on Muscle-Tendon and Neuromuscular Adaptations: A Narrative Review. *Sports*, 9(5), 59. <https://doi.org/10.3390/sports9050059>
9. Enomoto S and Tottori N (2025) Muscle morphological adaptations to resistance training and sports participation in children and adolescents: a scoping review. *Front. Sports Act. Living* 7:1646835. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1646835>
10. Kanbur N, Derman O, Kinik E. The relationships between pubertal development, igf-1 axis, and bone formation in healthy adolescents. *J Bone Miner Metab*. (2005) 23(1):76–83. <https://doi.org/10.1007/s00774-004-0544-9>
11. Granacher U, Goesele A, Roggo K, Wischer T, Fischer S, Zuerny C, et al. Effects and mechanisms of strength training in children. *Int J Sports Med*. (2011) 32(5):357–64. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271677>
12. Birat A, Garnier YM, Dupuy A, Bontemps B, Dodu A, Grossoeuvre C, et al. Neuromuscular adaptations in endurance-trained male adolescents versus untrained peers: a 9-month longitudinal study. *Scand J Med Sci Sports*. (2024) 34(6):e14681. <https://doi.org/10.1111/sms.14681>

References

1. Pavliuk Ye., Tostanovskyi Ya., Kydanchuk M., & Siryj V. (2024). Suchasni vymohy do trenera-vykladacha v dytyachomu ta yunatskomu sporti. *Physical culture and sport: scientific perspective*, (4), 207–214. <https://doi.org/10.31891/pcs.2024.4.29>
2. Pavliuk O., Pavliuk Ye., Reshitnyk O., & Oliynyk K. (2024). Sotsialno-pedahohichni kharakterystyky treneriv, bat'kiv ta sportsmeniv u dytyachomu ta yunatskomu sporti. *Physical culture and sport: scientific perspective*, (3), 136–141. <https://doi.org/10.31891/pcs.2024.3.22>
3. Pavliuk Ye., Ferenchuk B., Mel'nyk M. (2025). Suchasni pidkhody do fizychnoyi pidgotovky ditey i pidlitkiv u sporti. *Physical culture and sport: scientific perspective*, (2), 267–273. <https://doi.org/10.31891/pcs.2025.2.34>
4. Pavliuk Ye., Siryj V., & Tsisar V. (2025). Superechnosti ta perspektyvy ranni sportyvnoi spetsializatsii u dytyachoyunats'komu sporti. *Physical culture and sport: scientific perspective*, (3), 194–200. <https://doi.org/10.31891/pcs.2025.3.23>
5. Legerlotz K, Marzilger R, Bohm S, Arampatzis A. Physiological adaptations following resistance training in youth athletes-a narrative review. *Pediatr Exerc Sci*. (2016) 28(4):501–20. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0023>
6. Tumkur Anil Kumar, S., Torres-Ortiz, A., Malso, R., & Ratel, S. (2021). Growth, maturation, and resistance training adaptations: neuromuscular and musculotendinous mechanisms. *Sports (MDPI)*. <https://doi.org/10.3390/sports9050059>
7. Nimmerichter, A., Williams, C. A., & Bergen, A. (2024). Youth athlete performance development: Contemporary issues and monitoring approaches. *Pediatric Exercise Science (Special Issue)*. <https://doi.org/10.1123/pes.2024-0138>
8. Tumkur Anil Kumar, N., Oliver, J. L., Lloyd, R. S., Pedley, J. S., & Radnor, J. M. (2021). The Influence of Growth, Maturation and Resistance Training on Muscle-Tendon and Neuromuscular Adaptations: A Narrative Review. *Sports*, 9(5), 59. <https://doi.org/10.3390/sports9050059>

9. Enomoto S and Tottori N (2025) Muscle morphological adaptations to resistance training and sports participation in children and adolescents: a scoping review. *Front. Sports Act. Living* 7:1646835. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1646835>
10. Kanbur N, Derman O, Kinik E. The relationships between pubertal development, igf-1 axis, and bone formation in healthy adolescents. *J Bone Miner Metab.* (2005) 23(1):76–83. <https://doi.org/10.1007/s00774-004-0544-9>
11. Granacher U, Goesele A, Roggo K, Wischer T, Fischer S, Zuerny C, et al. Effects and mechanisms of strength training in children. *Int J Sports Med.* (2011) 32(5):357–64. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271677>
12. Birat A, Garnier YM, Dupuy A, Bontemps B, Dodu A, Grosseoeuvre C, et al. Neuromuscular adaptations in endurance-trained male adolescents versus untrained peers: a 9-month longitudinal study. *Scand J Med Sci Sports.* (2024) 34(6):e14681. <https://doi.org/10.1111/sms.14681>

Abstract

PAVLYUK Yevgen, PAVLIUK Oksana, OLIINYK Kostiantyn
Khmelnitskyi National University

PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF YOUNG ATHLETES' DEVELOPMENT IN YOUTH SPORTS

Modern youth sports represent a crucial component of the physical development of the younger generation and serve as the foundation for forming the future sports reserve of the country. During childhood and adolescence, the body undergoes active growth, tissue differentiation, and improvement of functional systems, creating specific conditions for the influence of physical loads. It is during this period that significant changes occur in the activities of the cardiovascular, respiratory, nervous, endocrine, and musculoskeletal systems, which determine the dynamics of physical qualities and adaptive potential development. Special emphasis is placed on developing training programs that consider biological age, individual growth rates, and natural patterns in the development of physical qualities. Research into these areas contributes to enhancing the quality of sports training, maintaining the health of children and adolescents, and building the foundation for their future achievements in elite sports. Thus, the relevance of the chosen topic is highlighted by the need for scientific substantiation of the physiological mechanisms involved in young athletes' development in youth sports.

The aim of the article is to investigate and discuss the physiological mechanisms of young athletes' development in youth sports.

The comparative analysis of studies allows for identifying several conceptual lines. The first is the dominance of neuromuscular adaptations as the initial and leading mechanism of training response in children. The works of K. Legerlotz, U. Granacher, and A. Birat confirm that the enhancement of neural regulation is the main factor in the increase in strength and performance until the point of hormonal maturity. The second line is the critical role of biological age. The works of S. Tumkur Anil Kumar, S. Enomoto, and N. Kanbur demonstrate that the reduction or intensification of training effects is closely related to growth stages, structural tissue changes, and hormonal activation. The third is the importance of monitoring the athlete's condition, which is particularly emphasized in the work of A. Nimmerichter. This indicates a transformation in approaches from 'one-size-fits-all programs' to personalized training models.

In summary, it can be stated that modern research reorients youth sports towards evidence-based and physiologically justified training processes. The authors emphasize that the effectiveness of sports training is determined by the combination of factors such as neuromuscular development, hormonal changes, the condition of the musculoskeletal system, the duration of training exposure, individual growth characteristics, and the adequacy of load monitoring. This approach demonstrates the advantages of integrating biomedical sciences and training practice, forming a foundation for the safe and effective athletic development of children.

The research established that the physiological development of young athletes is a multifaceted process determined by the interaction of biological maturation, training effects, and the organism's adaptation mechanisms. The most significant components of progress in youth sports are the formation of neuromuscular regulation, structural changes in the musculoskeletal system, and hormonal adjustments, which define individual trajectories of sports formation. The study confirms that the success of the sports development of young athletes is determined not only by training intensity but primarily by its alignment with biological age, adaptive capacities, and the structural features of a growing organism. Understanding the physiological mechanisms of development is the foundation for scientifically grounded approaches to the training process aimed at achieving high results and preserving the health of young people.

Keywords: youth sports, physiological mechanisms, research.

Стаття надійшла до редакції / Received 02.11.2025
Прийнята до друку / Accepted 14.12.2025