УДК 796.015.132:373.5.091.3:796.8 **DOI https://doi.org/10.24195/2617-6688-2026-1-26**

Орлов Олександр Іванович
кандидат педагогічних наук, доцент, заслужений тренер України, докторант Українського державного університету імені Михайла Драгоманова, Київ, Україна
E-mail: alexalians007@gmail.com
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-3965-2620
Researcher ID: KIC-1174-2024
Scopus: 58710626900

Гуніна-Орлова Лариса Михайлівна
доктор біологічних наук, професор Державного податкового університету, Ірпінь, Україна
E-mail: gunina.sport@gmail.com
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6207-1117
Researcher ID: AET-1655-2022
Scopus: 57199579037

Інтегративна оцінка фізичної підготовленості старшокласників під час занять єдиноборствами: науково-практичний підхід

Морфофункціональні показники становлять одну з базових передумов ефективної реалізації фізичних навантажень і розвитку фізичних здібностей. Особливої значущості вони набувають у контексті навчання старшокласників, які в межах уроків фізичної культури вибирають заняття конкретним видом спорту, зокрема єдиноборствами. У цьому випадку параметри морфометричних і функціональних характеристик організму виступають визначальними чинниками адаптації до специфічних навантажень, формування рухових навичок та оптимізації фізичної підготовленості, фактично становлячи наріжний камінь розвитку фізичних здібностей у пізньому підлітковому віці. Попри значну кількість наукових публікацій, присвячених окремим аспектам морфологічного розвитку, функціонального стану чи фізичної підготовленості учнівської молоді, у сучасній літературі бракує узагальнюючих робіт, у яких би було системно інтегровано існуючі фактори, принципи та показники морфофункціонального статусу в їх поєднанні з параметрами фізичної підготовленості та розвитком фізичних здібностей. Недостатність комплексних підходів до інтерпретації зазначених характеристик з урахуванням вікової динаміки та специфіки занять єдиноборствами зумовлює наукову та практичну актуальність проведеного дослідження. Метою оглядової роботи стало формулювання інтегрованої науково-методичної позиції щодо ролі різноманітних показників, що відображають морфофункціональний статус старшокласників, які займаються єдиноборствами під час уроків фізичної культури. Для досягнення поставленої мети було використано комплекс загальнонаукових методів: аналіз і систематизацію даних сучасних наукових і науково-методичних джерел з окресленої проблематики, опрацювання інформаційних ресурсів мережі Internet, баз даних PubMed і MEDLINE, узагальнення практичного досвіду організації занять єдиноборствами, а також інтегративну оцінку отриманої інформації. У статті проаналізовано окремі параметри морфометрії (довжина і маса тіла, індекс маси тіла, компонентний склад тіла тощо), функціональні характеристики (показники кардіореспіраторної системи, адаптаційні можливості, особливості вегетативної регуляції), рівень розвитку фізичних здібностей, а також ключові параметри психоемоційного стану учнів старшої школи, які займаються єдиноборствами. Досліджені характеристики було структуровано у взаємопов'язані блоки, що дало змогу здійснити інтегральну оцінку морфофункціонального стану з урахуванням вікових змін організму на етапі пізнього пубертату та постпубертатного розвитку. На основі отриманих узагальнень запропоновано алгоритм подальшого фізичного та функціонального розвитку учнівської молоді віком 16–17 років з урахуванням специфіки занять єдиноборствами. Завершальним етапом роботи стало формування науково обґрунтованих рекомендацій для вчителів фізичного виховання, спрямованих на систематизацію даних про стан учнів, оптимізацію моніторингу морфофункціональних показників та побудову методично вивірених підходів до організації занять єдиноборствами у старшій школі.

Ключові слова: *загальноосвітня школа, фізичне виховання, фізична культура, єдиноборства, старшокласники, морфофункціональні характеристики, інтегральна оцінка.*

Вступ. Зниження рівня рухової активності серед дітей та підлітків є однією з провідних глобальних проблем громадського здоров'я XXI століття. За результатами масштабного аналізу, проведеного під егідою ВООЗ, понад 80 % підлітків віком 12–17 років не досягають рекомендованого рівня щоденної фізичної активності (Guthold et al., 2020). Особливо тривожною є тенденція зниження рухової активності саме в підлітковому віці, коли відбувається перехід від дитинства до дорослості й формується довготривала модель поведінки щодо здорового способу життя (Lo et al., 2017).

Системний аналіз сучасних досліджень свідчить, що в період середнього та старшого підліткового віку спостерігається найбільш виражене скорочення рівня фізичної активності, яке супроводжується зростанням тривалості сидячої поведінки (van Sluijs et al., 2021). Причинами цього явища є поєднання біологічних, соціальних та освітніх чинників: зростання академічного навантаження, підготовка до вступу в заклади вищої освіти, підвищення ролі цифрових технологій у навчанні та дозвіллі.

Рівень фізичного та функціонального стану учнів старшої школи залежить від багатьох факторів, основні з яких пов'язані зі способом життя і рівнем рухової активності (Bourke et al., 2025). Систематичні навчальні та позанавчальні локомоції є важливою умовою нормального фізичного й духовного розвитку особистості учня, обов'язковою умовою виховання пріоритетних орієнтацій на зміцнення здоров'я і мотиваційним стимулом до регулярних самостійної занять рухової активності у вигляді фізичної культури та/або спорту (Пантік та співавт., 2022). Напружена сенсомоторна активність, складна координація рухів та їхній високий динамізм (наприклад, в ігрових видах спорту) створюють екстремальність умов і надійність результату, що зумовлено функціональними можливостями центральної нервової системи, нервово-м'язового апарату, системи киснезабезпечення організму й механізмами інтеграції діяльності цих систем (Barnett et al., 2016; Tomkinson et al., 2018).

У практичному сенсі, незалежно від того, який вид локомоцій є переважаючим у старшокласників під час рухової активності, поряд із належним фізичним розвитком і фізичною підготовленістю потрібно мати високу анаеробно-аеробну потужність і рівень сенсомоторного реагування (Гончар, Борисова, 2019). Недостатня фізична активність у старшому підлітковому віці асоціюється не лише з погіршенням соматичного здоров'я, але й зі зниженням психоемоційного благополуччя, підвищеним ризиком тривожних і депресивних проявів (Liu et al., 2024; Rodriguez-Ayllon et al., 2019; Wang, 2025). Таким чином, проблема рухової недостатності школярів віком 16–17 років виходить за межі суто фізичного розвитку й набуває комплексного медико-соціального значення.

Але, незважаючи на значну кількість публікацій, що висвітлюють окремі сторони цієї проблеми, робіт, у яких би було здійснено узагальнення існуючих факторів, принципів і показників морфофункціонального статусу в поєднанні з параметрами фізичної підготовленості та розвитком фізичних здібностей, явно недостатньо, що й визначило актуальність цього дослідження.

Дослідження виконано відповідно до тематичного плану Державного податкового університету; тема НДР «Підвищення фізичної працездатності різних груп населення в процесі занять фізичною культурою і спортом» (термін виконання 2021–2026 рр., номер держреєстрації 0121U113261) та тематичного плану Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького; тема НДР «Психолого-педагогічні засоби організації та оптимізації навчальної діяльності в умовах постійних змін» (термін виконання 2021–2025 рр., номер держреєстрації 0121U111317).

Мета та завдання дослідження*. Мета* – сформулювати інтегровану науково-методичну позицію щодо ролі різноманітних показників, що відображають морфофункціональний статус старшокласників, які займаються єдиноборствами під час уроків фізичної культури.

Завдання:

1. Провести аналітично-синтетичну розвідку даних стосовно показників морфофункціонального стану старшокласників 16–17 років.

2. Виокремити найбільш інформативні показники під час занять старшокласників єдиноборствами на уроках фізичної культури.

3. Оцінити взаємозалежності між вибраними показниками морфофункціонального стану.

4. Сформувати цілісний алгоритм обстеження старшокласників, які займаються єдиноборствами, придатний для втілення в загальноосвітній школі.

***Матеріали та методи дослідження*.** У роботі використано аналіз і систематизацію даних із сучасних наукових і науково-методичних джерел з окресленої проблематики, інформаційних ресурсів мережі Internet, баз даних PubMed та MEDLINE, узагальнення практичного досвіду й інтегративну оцінку одержаних даних.

Результати дослідження. Значна частина проблем низької фізичної активності підлітків 16–17 років визначається особливостями пубертатного та постпубертатного періоду (Chen & Bai, 2024; Ludwig-Walz et al., 2025). Вік 16–17 років відповідає кінцевим фазам пубертату та початковому постпубертатному

періоду, які характеризуються завершенням основних гормональних перебудов, стабілізацією вторинних статевих ознак і досягненням майже остаточних антропометричних параметрів (Andaki et al., 2024; Viner et al., 2017). Проте, попри відносну морфологічну стабілізацію, функціональні системи організму в цьому віці продовжують удосконалюватися.

У юнаків у цьому віці триває приріст м'язової маси та сили під впливом андрогенів, тоді як у дівчат спостерігається стабілізація жирового компонента та формування індивідуальних особливостей композиції тіла. Водночас нейроендокринні процеси, що супроводжують пубертат, впливають на когнітивні та поведінкові реакції, зокрема мотивацію до фізичної активності (Vijayakumar et al., 2018). Таким чином, вік 16–17 років є критичним життєвим періодом, коли біологічне дозрівання поєднується із соціальними викликами, що може зумовлювати як сприятливі адаптаційні зміни, так і формування факторів ризику для здоров'я (Bourke et al., 2025).

Морфофункціональні перебудови організму є одним із найважливіших факторів розвитку фізичної підготовленості учнів старших класів (Chen & Bai, 2024). Морфофункціональний розвиток у віці 16–17 років характеризується завершенням лінійного росту, оптимізацією пропорцій тіла та подальшим формуванням функціональних резервів серцево-судинної і дихальної систем (Halson & Shona, 2019). Проте ступінь функціональної підготовленості організму підлітків суттєво залежить від рівня фізичної активності, який підтримувався в попередні роки (Ferreira et al., 2024).

Дослідження демонструють, що регулярна фізична активність позитивно впливає на кардіореспіраторну витривалість, метаболічний профіль і психічне здоров'я підлітків (Liu et al., 2024; Rodriguez-Ayllon et al., 2019). Водночас дефіцит активності може призводити до формування функціональних обмежень навіть за відносно нормальних антропометричних показників (Mateo-Orcajada & Moreno-Gómez, 2024). Проблема дисбалансу між морфологічним розвитком, показниками фізичної, функціональної підготовленості та психофізіологічним станом на момент закінчення пубертатного періоду та в ранньому постпубертаті набуває особливого значення (Jang et al., 2022). У сучасному освітньому середовищі все частіше спостерігається феномен, коли антропометричні показники школярів відповідають віковим нормативам, проте рівень функціональної підготовленості залишається недостатнім (Walters et al., 2018). Це створює дисбаланс між морфологічним розвитком і функціональною спроможністю організму представників юнацтва. Подібна невідповідність частково пояснюється глобальним зниженням рівня рухової активності підлітків (Guthold et al., 2020; van Sluijs et al., 2021; Walters et al., 2018). Морфологічне дозрівання, зумовлене генетичною програмою розвитку, як свідчать дані Консенсусу Міжнародного олімпійського комітету щодо розвитку юних атлетів, дуже часто не супроводжується адекватним тренувальним стимулом, що необхідний для формування функціональних резервів (Bergeron et al., 2015).

Тому недостатність сучасних комплексних оцінок морфофункціонального стану старшокласників створює складності під час їхніх занять фізичною культурою як на шкільних уроках, так і в інших формах (секції, клуби, спортивні школи тощо). Більшість сучасних досліджень зосереджено або на аналізі рівня фізичної активності, або на оцінці окремих показників фізичної підготовленості чи складу тіла. Натомість



Рис. 1. Морфофункціональний стан у системі медико-біологічного моніторингу старшокласників (узагальнено за допомогою засобів ШІ)

інтегративні дослідження, що поєднують морфологічні, функціональні та поведінкові характеристики старшокласників, залишаються недостатньо представленими в науковому просторі (рис. 1).

Комплексна оцінка морфофункціонального стану дає можливість глибше зрозуміти адаптаційні можливості організму в умовах сучасного освітнього середовища, що характеризується високою когнітивною напруженістю та обмеженою руховою активністю.

Запропонована схема (*див.* рис. 1) відображає концепцію комплексної (інтегративної) оцінки морфофункціонального стану учнів / спортсменів на основі чотирьох взаємопов'язаних блоків: морфологічні показники, функціональні показники, фізична підготовленість та психоемоційний стан. Такий підхід відповідає сучасним уявленням спортивної науки про необхідність багатокомпонентного контролю, оскільки тренувальне навантаження впливає не на один параметр, а на систему взаємодіючих регуляторних і виконавчих ланок (Halson, 2014). В умовах старшої школи (10–11-ті класи), де учні поєднують навчальне навантаження та систематичні заняття руховою активністю (зокрема, єдиноборствами), комплексний моніторинг є важливим інструментом забезпечення безпеки занять, профілактики перевтоми та раціональної індивідуалізації педагогічного впливу.

Перший блок схеми охоплює антропометричні параметри (зріст, маса тіла, окружність грудної клітки), склад тіла (м'язова, жирова, безжирова маса) та соматотип / гармонійність розвитку (World Health Organization, 2007). Морфологічні характеристики є базовими, оскільки відображають стан соматичного розвитку та біологічної зрілості, визначають «морфологічний ресурс» для прояву рухових якостей і виступають критеріями ризику за умов невідповідності маси тіла віковим нормам або за різких її коливань, що особливо актуально у видах діяльності з ваговими обмеженнями (силові, єдиноборства, складно-координаційні) або прагненням до «естетичного» образу) (Haapala et al., 2015).

Узагальнені дані щодо параметрів антропометрії та біоімпедансу, які є базовими для оцінки фізичного розвітку старшокласників віком 16–17 років, наведено в таблиці 1. Перш ніж аналізувати одержані дані, зазначимо, що для індивідуальної оцінки фізичного розвитку підлітків та його гармонійності нами використано непараметричний (центильний) метод і таблиці центильного розподілу ознак. Відповідно до методики, область «дуже низьких» значень показників займає діапазон до 3-го центиля, «низьких» значень – від 3-го до 10-го центиля, «нижчих за середні» – від 10-го до 25-го центиля, «середній» рівень – від 25-го до 75-го центиля, «вищих за середні» – від 75-го до 90-го центиля, «високих» значень – від 90-го до 97-го центиля, а область «дуже високих» значень – вище за 97-й центиль (Гончар, Борисова, 2019).

Довжина тіла є інтегральним індикатором соматичного розвитку підлітків та відображає завершення пубертатного стрибка росту. Згідно із запропонованим центильним підходом, значення показника в межах інтервалу Р3–Р97 характеризують фізіологічну варіативність популяції відповідної статі та віку. Показники нижче 3-го перцентиля можуть свідчити про затримку фізичного розвитку, хронічні соматичні порушення або пізнє біологічне дозрівання, тоді як значення вище 97-го перцентиля частіше пов'язані з генетично детермінованою високорослістю або прискореним ростом.

Таблиця 1

Морфометричні показники старшокласників віком від 16 до 17 років

Показник	Юнаки		Дівчата	
	16 років	**17 років**	**16 років**	**17 років**
Довжина тіла (см) *P3–P97*	165–186	168–189	155–174	156–175
Довжина тіла (см) *P50*	173–175	175–178	162–164	163–165
Маса тіла (кг) *P3–P9*	50–90	52–95	45–78	47–80
Маса тіла (кг) *P50*	62–68	65–72	54–60	56–62
ІМТ (кг·м$^{-2}$) *P3–P97*	17,5–27,5	18,0–28,0	17,0–26,5	17,5–27,0
ІМТ(кг·м$^{-2}$) *P50*	20,5–23,5	21,0–24,0	19,5–22,5	20,0–23,0
Окружність грудної клітки (см) *P3–P97*	82–102	84–104	76–94	78–96
Окружність грудної клітки (см) *P50*	88–94	90–96	82–88	83–89
Окружність талії (см) *P3–P97*[1]	65–95	67–97	60–88	61–90
Окружність талії (см) *P50*	80–82	82–84	82–83	72–73
Довжина нижніх кінцівок (см) *P3–P97*	82–100	84–102	78–96	80–98
Довжина нижніх кінцівок (см) *P50*	88–94	90–96	84–90	85–91

Примітка: Р50 – медіанні значення показника, Р3–Р97 – межі 3-го і 97-го перцентилів.

[1] Вимірювання проводять у положенні стоячи, після спокійного видиху, на рівні середини між нижнім краєм останнього ребра та верхнім краєм клубової кістки. У спортсменів можливі відхилення медіани через варіації складу тіла; інтерпретацію доцільно поєднувати з ІМТ та % жирової маси. Для оцінки абдомінального ризику інколи застосовують пороги, близькі до дорослих (юнаки ~ 94 см; дівчата ~ 80 см), але у 16–17 років коректніше використовувати перцентильний підхід.

Ми додаємо методичний коментар щодо перцентильних рядів. У таблиці наведено медіанні значення (P50) та межі фізіологічної варіативності (P3–P97), що відповідають 3-му та 97-му перцентилям референтної популяції відповідного віку та статі. Показник P50 відображає центральне значення розподілу (медіану), за якого 50 % обстежених мають нижчі значення та 50 % – вищі. Інтервал P3–P97 охоплює приблизно 94 % популяції, тобто лише 3 % підлітків мають значення нижче P3 і 3 % – вище P97. У педіатричній та підлітковій медицині інтервал P3–P97 традиційно застосовується для клінічної оцінки фізичного розвитку, тоді як у частині епідеміологічних досліджень використовують межі P5–P95. Використання перцентильних рядів забезпечує стандартизовану інтерпретацію антропометричних характеристик і дає можливість здійснювати коректне порівняння з міжнародними референтними системами ВООЗ для дітей і підлітків 5–19 років (World Health Organization, 2007) та CDC Growth Charts для 2–20 років. Перцентильні ряди в таблиці 1 наведено відповідно до зазначених міжнародних референтних систем.

У біомеханічному аспекті більша довжина тіла корелює з параметрами просторової організації рухів (довжина кроку), механікою сегментарних важелів та характером реалізації швидкісно-силових і координаційних якостей у різних видах рухової діяльності, а також зі специфікою виконання атакувальних і контратакувальних дій – у єдиноборствах, що може впливати на вибір тактичної моделі поєдинку. Оцінка параметрів маси тіла у підлітків 16–17 років потребує інтерпретації в поєднанні з показниками складу тіла. Діапазон P3–P97 відображає індивідуальну варіативність, зумовлену співвідношенням м'язової та жирової тканини. Сам по собі показник маси не дає змогу об'єктивно оцінити функціональний потенціал без аналізу параметрів безжирової маси (FFM – від англ. *Fat Free Mass*), яка є морфологічним субстратом силових і швидкісно-силових здібностей.

Індекс маси тіла (ІМТ) виступає скринінговим показником нутритивного статусу. Значення у верхній частині перцентильного ряду можуть відображати як високий рівень м'язової маси, так і надлишкове жировідкладення, тому потребують диференційованої інтерпретації. Показники понад P97 асоціюються з підвищеним кардіометаболічним ризиком і потребують додаткового аналізу складу тіла. У 1832 році Ламберт Адольф Кетле[2] розробив консолідований індекс маси тіла та зросту як спосіб оцінки маси тіла людини. Він запропонував просту формулу розрахунку ІМТ (BMI – англ. *Body Mass Index*), і це була перша спроба створити універсальний показник, який можна було б використати для оцінки маси тіла незалежно від статі та віку. Сьогодні ІМ, навіть враховуючи вік і стать, розраховують за класичною формулою Кетле, яка використовується ВООЗ та узгоджена з більшістю міжнародних рекомендацій:

$$IMT = M \div H^2 \quad (1)$$

де: *IMT* – індекс маси тіла, кг·м$^{-2}$; *M* – маса тіла, кг; *H* – зріст, м.

Індекс маси тіла – це інтегральний антропометричний показник, що відображає співвідношення маси тіла до зросту та використовується для орієнтовної оцінки харчового статусу й відповідності маси тіла віковим і статевим біологічним нормам. ІМТ дає можливість виявляти недостатню або надмірну масу тіла й ожиріння, що є важливими маркерами ризику метаболічних, серцево-судинних та функціональних порушень. Сама формула залишається незмінною з XIX століття. Сучасні підходи змінили не саму формулу, а інтерпретацію показника, по-перше, для дітей і підлітків застосовується перцентильний підхід (віково-статеві нормативи); по-друге, для спортсменів ІМТ обов'язково доповнюють оцінкою складу тіла; по-третє, у клінічній практиці ІМТ розглядають як скринінговий, а не діагностичний показник.

У старшому шкільному віці (16–17 років) ІМТ має особливу діагностичну цінність, оскільки відображає завершення або завершальну фазу пубертатного періоду та дає змогу оцінити гармонійність фізичного розвитку. Цей індекс допомагає виявити дефіцит маси тіла, що може асоціюватися зі зниженням функціональних резервів і дає можливість ідентифікувати надлишкову масу, яка може обмежувати швидкісно-силові якості та витривалість, а також використовується як базовий показник у системі медико-біологічного моніторингу.

Водночас слід враховувати, що в осіб, які систематично займаються спортом, підвищене значення ІМТ може бути зумовлене збільшенням м'язової маси, а не надлишком жирової тканини. Тому інтерпретація ІМТ за постійних фізичних навантажень потребує обов'язкового поєднання з оцінкою складу тіла. На відміну від дорослих, у підлітків оцінка цього індексу здійснюється з урахуванням віку та статі, оскільки в період пубертату відбуваються суттєві зміни композиції тіла, гормонального профілю та темпів росту (Rosner et al., 1998). Для осіб 16–17 років за рекомендаціями ВООЗ та міжнародних перцентильних таблиць орієнтовно застосовують такі інтерпретаційні категорії: недостатня маса тіла – < 5-го перцентиля; нормальна маса тіла – 5–85-й перцентиль; надлишкова маса тіла – 85–95-й перцентиль; ожиріння – > 95-го перцентиля (Vehrs et al., 2022).

[2] Адольф Кетле (Кветеле) (Lambert-Adolph-Jacques Quetelet) − бельгійський математик, астроном, метеоролог, соціолог; є одним з родоначальників наукової статистики.

У 16–17 років показники ІМТ вже наближаються до дорослих критеріїв, однак повна стандартизація за дорослими межами (18,5–24,9 кг·м$^{-2}$) допускається лише після завершення ростових процесів. Орієнтовні середні значення ІМТ у здорових підлітків 16–17 років приблизно становлять у юнаків 20–23 кг·м$^{-2}$, у дівчат – 19–22 кг·м$^{-2}$ (Itzkowitz et al., 2016), що загалом збігається з узагальненими даними, наведеними нами вище в таблиці 1. Проте ці інтервали можуть варіювати залежно від популяційних особливостей. Перцентильний метод є найбільш коректним способом оцінки ІМТ у старшокласників. Його сутність полягає у порівнянні індивідуального показника з референтними віково-статевими нормативами. Перевагами перцентильного підходу в оцінці ІМТ є урахування вікової динаміки соматичного розвитку, можливість оцінки гармонійності фізичного розвитку, виявлення ризикових відхилень ще до формування клінічних проявів і більш точна інтерпретація показників у спортсменів підліткового віку (Passos et al., 2010). Додатково такий підхід описує розподіл ІМТ за перцентилями у великий вибірці підлітків і порівнює з міжнародними референсами (CDC[3], WHO, або ВООЗ, IOTF[4]). У контексті занять старшокласників єдиноборствами перцентильний аналіз дає змогу контролювати відповідність маси тіла вимогам вагових категорій та запобігати надмірному або дефіцитному зниженню маси (Kelly et al., 2024), а також оцінювати адекватність тренувальних навантажень і харчування і, що дуже важливо, своєчасно виявляти ризик формування RED-S у підлітків[5].

Для підлітків 16–17 років оцінка маси тіла повинна виконуватися не лише за абсолютними величинами, а з урахуванням віку та статі, бажано у вигляді перцентильного / SD-підходу. ВООЗ у довідниках для 5–19 років інтерпретує BMI-for-age через відхилення у стандартних відхиленнях (SD): надлишкова маса тіла відповідає > +1 SD, ожиріння – > +2 SD, низька масса тіла – < –2 SD. Це принципово важливо для шкільного контингенту, де тривають вікові зміни зросту й композиції тіла (Said et al., 2022). Водночас для спортсменів (у тому числі старшокласників, які тренуються регулярно) ІМТ має скринінгове значення й потребує доповнення показниками складу тіла: підвищений ІМТ може відображати як надлишок жирової тканини, так і збільшення м'язової маси (Liu et al., 2024). Саме тому блок морфології у схемі доповнений компонентом «склад тіла», що підвищує точність висновків і знижує ризик помилкової інтерпретації (Viner et al., 2017).

Окружність грудної клітки опосередковано відображає розвиток грудної мускулатури та морфофункціональні передумови формування життєвої ємності легень. Підвищені значення в межах фізіологічного перцентильного ряду за умов достатнього рівня рухової активності можуть свідчити про кращі передумови розвитку кардіореспіраторної витривалості.

Довжина нижніх кінцівок визначає біомеханічні умови реалізації рухових дій. Більші значення в межах фізіологічної варіативності створюють потенційну перевагу у швидкісних та стрибкових вправах завдяки збільшенню важеля сили. Проте ефективність реалізації цієї переваги залежить від рівня м'язової сили, координації, технічності виконавця, тобто загалом від рівня підготовленості старшокласників. У єдиноборствах це техніка, заснована на використанні вибухової сили: контратаки, кидкові, больові та задушливі прийоми (Orlov et al., 2025: 209−221).

Достатньо цікавими є проведені нами узагальнені кореляційні зв'язки між основними морфометричними характеристиками школярів 16–17 років та проявами фізичних здібностей і показниками фізичної підготовленості (табл. 2). Представлені діапазони коефіцієнтів кореляції (r) ґрунтуються на даних метааналізів та узагальнюючих досліджень у галузі дитячої та підліткової спортивної фізіології (Beunen & Malina, 2008; Suchomel et al., 2016).

Найбільш виражений позитивний зв'язок спостерігається між показниками FFM і максимальної сили (r = 0,65–0,85), що підтверджено сучасними узагальнюючими дослідженнями з теорії м'язової сили (Suchomel et al., 2016). Це пояснюється прямою залежністю між поперечним перерізом м'язових волокон і здатністю генерувати механічне зусилля (Rowland, 2005). Аналогічний зв'язок встановлено для стрибкової потужності (r = 0,60–0,80), що відображає роль м'язової маси у формуванні пікової анаеробної потужності (Beunen & Malina, 2008; Suchomel et al.,2016) та є дуже важливим у єдиноборствах у роботі на ближній дистанції.

Відсоток жирової тканини демонструє статистично значущий негативний зв'язок з відносним показником VO_2max (r = –0,50 − –0,70), що узгоджується з даними досліджень з аеробної підготовленості підлітків (Armstrong & Welsman, 2007; Ortega et al., 2008) та видіграє важливу роль у виконанні больових і задушливих технік, зокрема в бойовому єдиноборстві дзю-дзюцу.

---

[3] CDC створили **Growth Charts (2000)** − перцентильні криві: stature-for-age (зріст для цього віку); weight-for-age (маса для цього віку); BMI-for-age (ІМТ для цього віку). Саме звідси походить система P3, P5, P50, P85, P95, P97.

[4] IOTF − Міжнародна робоча група з ожиріння (від англ. скор. − *International Obesity Task Force*); експертна група, яка розробляє міжнародні стандарти ІМТдля оцінки надмірної ваги й ожиріння, особливо серед підлітків.

[5] RED-S (синдром відносного дефіциту енергії в спорті – англ. *Relative Energy Deficiency in Sport*) − це клініко-функціональний синдром, що виникає внаслідок хронічного дефіциту енергетичної доступності (Low Energy Availability, LEA) і призводить до порушення функціонування багатьох систем організму спортсмена; у постпубертатний період у разі занять спортом зустрічається достатньо часто.

Таблиця 2

Кореляційні зв'язки морфометричних показників із фізичними здібностями

Морфометричний показник	Фізична здібність / функціональна характеристика	Кореляційний діапазон (r)
Безжирова маса (FFM), %	Максимальна сила	0,65–0,85
	Стрибкова потужність	0,60–0,80
Відсоток жирової маси, %	Швидкісна витривалість / відносний VO_2max	–0,50 – –0,70
Індекс маси тіла, кг·м$^{-2}$	Швидкість / результат бігу на 30 м з місця, с	0,30–0,45
Окружність талії	Швидкісна витривалість / варіабельність серцевого ритму[6]	–0,30 – –0,50

Збільшення нефункціональної маси тіла підвищує енергетичні витрати на переміщення та знижує аеробну ефективність, що є особливо критичним у тестах на витривалість (Ortega et al., 2008). Помірний позитивний зв'язок (r = 0,30–0,45) між ІМТ та результатами бігу на 30 м з місця пояснюється тим, що зростання ІМТ у межах нормальних значень може відображати збільшення м'язової маси, і це асоціюється з вищими силовими можливостями (Suchomel et al., 2016). У єдиноборствах ідеться про виконання багатьох кидкових технік (Orlov et al., 2025: 270−276). Водночас надлишковий ІМТ за рахунок жирової тканини погіршує швидкісні показники, що підтверджується результатами популяційних досліджень фізичної підготовленості (Ortega et al., 2008); у єдиноборствах у цьому випадку мова може йти про виконання больових і задушливих технік. Негативна кореляція (r = від –0,30 до –0,50) між показниками окружності талії та варіабельності серцевого ритму свідчить про взаємозв'язок абдомінального жировідкладення з вегетативною регуляцією серцевої діяльності та кардіометаболічним ризиком (Armstrong & Welsman, 2007; Ortega et al., 2008). Для єдиноборств це погіршує результативність роботи на дальній дистанції (Orlov et al., 2025: 209−221).

Загалом наведені кореляційні зв'язки, які базуються на результатах систематичних досліджень, підтверджують, що морфометричні характеристики є структурною основою розвитку фізичних здібностей, однак їх реалізація залежить від функціонального стану, рівня тренованості та біологічної зрілості підлітків (Beunen & Malina, 2008; Malina et al., 2015).

Другий блок схеми включає функціональні показники серцево-судинної системи (ЧСС, артеріальний тиск, індекс Робінсона), дихальної системи (життєва ємність легень − ЖЄЛ, а також проби Штанге і Генчі) та вегетативний статус. Фізична підготовленість розглядається як один із провідних інтегральних індикаторів здоров'я підлітків, оскільки вона відображає функціональні можливості серцево-судинної, дихальної та нервово-м'язової систем, а також рівень адаптації організму до фізичних навантажень. Водночас упродовж останніх десятиліть у науковій літературі накопичено дані про стійку негативну динаміку фізичної підготовленості сучасних підлітків порівняно з попередніми поколіннями. Особливо виражені несприятливі тенденції спостерігаються серед міського населення, що пов'язують із гіподинамією, зростанням часу екранної активності та змінами способу життя.

У цьому аспекті було проаналізувано часову динаміку кардіореспіраторної витривалості (КРВ) у міських підлітків Каталонії (Іспанія) за 1999–2019 рр., тобто протягом 20-річного періоду (Arboix-Alió et al., 2020). Дослідження мало перехресний дизайн і ґрунтувалося на аналізі результатів тесту човникового бігу на 20 м (SRT – від скор. англ. *Shuttle Run Test*), зібраних упродовж зазначеного періоду. Загальна вибірка становила 1701 підліток віком 15–17 років (914 юнаків і 787 дівчат), яких було розподілено на чотири групи відповідно до послідовних п'ятирічних інтервалів: група 1 – 1999–2004 рр.; група 2 – 2005–2009 рр.; група 3 – 2010–2014 рр.; група 4 – 2015–2019 рр. Для оцінки впливу часової змінної на показники кардіореспіраторної витривалості автори цитованого дослідження застосовували дисперсійний аналіз (ANOVA). Попарні міжгрупові відмінності визначали за допомогою поправки Бонферроні[7] за рівня статистичної значущості $p < 0,05$. Отримані результати засвідчили статистично значуще зниження показників кардіореспіраторної витривалості у представників обох статей упродовж досліджуваного періоду. Відсоткове зменшення результатів (порівняно з першим часовим інтервалом) становило для юнаків 0,67 %, 9,6 % та 7,0 % відповідно в наступних періодах, тоді як у дівчат негативна динаміка була більш вираженою − 5,06 %, 14,97 % та 9,41 %.

[6] У єдиноборствах, зокрема східному єдиноборстві дзю-дзюцу, варіабельність серцевого ритму (ВСР, HRV – англ. *Heart Rhythm Variability*) пов'язана зі здатністю до швидкого переключення режимів (атака / захист), толерантністю до гіпоксії, нейром'язовою координацією, стресостійкістю в умовах змагального напруження.

[7] Поправка Бонферроні − це широко використовуваний метод коригування рівня значущості для множинних порівнянь із метою контролю загального рівня помилок першого типу. Однак вона має ряд обмежень: може бути надто суворою, що може призвести до втрати статистичної сили, припускає, що всі порівняння є незалежними, що може бути не так у реальних даних, що потенційно призводить до вищих показників помилок типу II. Ще одним обмеженням поправки Бонферроні є те, що вона збільшує імовірність хибнонегативних результатів або помилок типу II, тобто збільшується ймовірність пропустити справжній ефект.

Таким чином, встановлено стійку тенденцію до зниження рівня кардіореспіраторної витривалості серед міських підлітків обох статей упродовж останніх двох десятиліть. З огляду на доведений зв'язок між рівнем кардіореспіраторної витривалості в підлітковому віці та ризиком розвитку серцево-судинних і метаболічних захворювань у дорослому періоді життя отримані результати підкреслюють необхідність розроблення та впровадження ефективних програм підвищення фізичної підготовленості в умовах міського середовища.

Проби із затримкою дихання традиційно розглядаються як інтегральні функціональні тести, що відображають взаємодію вентиляційних, гемодинамічних і нейрорегуляторних механізмів. У фізіологічних дослідженнях доведено, що тривалість затримки дихання є чутливим маркером адаптації до гіпоксії та може використовуватися для динамічного моніторингу функціонального стану як у спортсменів, так і в осіб без спеціальної підготовки (Huang et al., 2018), тобто підходить для учів шкіл.

Функціональні показники є «оперативним» зрізом адаптації: вони швидко реагують на зміни навантаження, відновлення, сон, стрес і поточний стан здоров'я (Reigal et al., 2020). Такий підхід узгоджується з концепцією моніторингу тренувального впливу, де ключовим завданням є визначити, чи учень, який займається єдиноборствами, адаптується до навантаження, чи входить у зону ризику нефункціонального перенапруження (Arboix-Alió et al., 2020; Halson, 2014). Це може потребувати додаткового проведення лабораторних досліджень для встановлення наявності / відсутності проявів перенапруження або навіть синдрому RED-S.

Запропоновані тести, зокрема визначення ЧСС та артеріального тиску, є простими й доступними показниками, що дають змогу оцінити реактивність та відновлення. Індекс Робінсона (подвійний добуток) відображає «цінність» роботи серця (умовну вартість міокардіального навантаження) і тому має прикладну значущість у педагогічному контролі. Оцінка ЖЄЛ і результатів проб Штанге та Генчі корисні для судження стосовно дихального резерву та толерантності до гіпоксичного компонента, що є особливо актуальним у єдиноборствах, де висока щільність роботи може супроводжуватися епізодами «кисневого боргу» (Gryffin & Diaz, 2021; Sohrabi et al., 2015). Вегетативний статус (за наявності можливості) доцільно доповнювати показниками варіабельності серцевого ритму або простими шкалами самопочуття / відновлення, що підвищує чутливість моніторингу до ранніх проявів перевтоми та зниження функціональних резервів (Halson, 2014).

Третій блок («фізична підготовленість») у наведеній схемі містить п'ять базових компонентів фізичних здібностей: швидкість, сила, витривалість, гнучкість, координація. Ця структура відповідає сучасним уявленням про багатовимірність фізичної підготовленості у дітей і підлітків; у валідованих тестових батареях для віку від 6 до 18 років саме ці компоненти розглядаються як основні (Altermann & Gröpel, 2024). У контексті занять єдиноборствами фізична підготовленість виступає не лише «результатом» тренувального процесу, а й чинником, що визначає:

~ технічну ефективність (реалізацію прийомів);

– стійкість до втоми;

– профілактику травматизму завдяки розвитку сили, координації та рухового контролю.

Для старшокласників доцільним є поєднання шкільних тестів фізичної підготовленості з елементами спеціальної підготовленості (наприклад, вправи на координацію та швидкість переміщень), однак у межах цієї схеми наголошується саме на універсальних компонентах, що забезпечують порівнюваність і методичну зручність.

Четвертий блок інтегративної схеми охоплює показники психоемоційного стану: вираженість стресу, якість сну, мотивацію та рівень втоми (Гуніна-Орлова та співавт., 2025). У сучасних моделях спортивного моніторингу психологічні маркери розглядаються як ключові, оскільки саме вони часто першими сигналізують про зниження відновлення, перенапруження або несприятливий вплив позатренувальних факторів (навчальне навантаження, конфлікти, порушення режиму дня) (Hallal et al., 2006) Огляди психологічних інструментів у спорті підкреслюють, що зміни настрою, стресу, що відчувається, відчуття відновлення та якості сну мають високу практичну цінність для керування навантаженням і корекції режиму дня та тренувальних навантажень (Reigal et al., 2020).

Окремо серед психоемоційних показників слід відзначити сон, який у підлітків є одним із компонентів, що найчастіше погіршується в разі порушення режиму або перевантаження та має прямий зв'язок із когнітивною працездатністю, емоційною стабільністю і швидкістю відновлення після тренувань (Vijayakumar et al., 2018). Огляд із проблематики моніторингу сну в атлетів аналізує методи та підкреслює практичну значущість контролю якості сну для запобігання накопиченню втоми. Усе частіше визнається, що багато спортсменів мають погану кількість та/або якість сну, незважаючи на прогрес у знаннях щодо важливості нічного відпочинку для представників спортивної популяції (Day

et al., 2024), у тому числі у віці 16–17 років (Milewski et al., 2014). Більшість досліджень з оцінки та лікування розладів сну (серед загальної популяції) зосереджена на медичному розладі безсоння, і тому може не бути спеціально актуальною для спортсменів. Крім того, наразі немає рекомендацій стосовно стандартизації оцінки, втручання, зворотного зв'язку та стратегій зміни поведінки як у старшокласників, що регулярно тренуються, так і в спортсменів. У цьому огляді окреслено потенційні причини порушень сну, переваги та недоліки ряду методів оцінки сну (полісомнографія, моніторинг активності, технології споживчого сну, щоденники сну й анкети), міркування щодо надання зворотного зв'язку, опис потенційних втручань і проблем та стратегій зміни поведінки. Тому важливим є надання практикуючим фахівцям найновіших наукових даних у галузі спортивного знання, яка швидко розвивається (Day et al., 2024; Halson, Shona 2019).

У заключному блоці сформованої нами схеми розглядаються моніторинг і логіка інтегральної оцінки. Цей блок ми структурували за трьома рівнями: поточний, періодичний та індивідуальний. Така градація відповідає практиці спортивної та педагогічної науки, де моніторинг розглядається як процес, що поєднує регулярні оперативні оцінки (щотижня / щомісяця), контрольні зрізи (півріччя, навчальний рік), індивідуально спрямовані рішення для учнів, які займаються єдиноборствами, із підвищеним ризиком виникнення перевтоми (Chaput et al., 2020; Halson, 2014).

Центральною ланкою є «Інтегральна оцінка», яка узагальнює дані з чотирьох блоків і приводить до висновків щодо чотирьох «виходів» системи:

1. Рівень здоров'я – як інтегральний медико-біологічний стан (скринінг ризиків).
2. Функціональні резерви – здатність організму витримувати навантаження й відновлюватися.
3. Рухова активність – реальна здатність і готовність до виконання навантаження в шкільній / спортивній діяльності.
4. Потенціал розвитку – перспективи прогресу за умов корекції навантаження, режиму й методики тренування старшокласників.

Цей інтегративний принцип є методично виправданим: ізольована оцінка лише фізичної підготовленості без морфологічного та психоемоційного контексту може бути неповною; аналогічно, окремі медичні показники без аналізу рухових якостей не відображають реальної працездатності. У сучасних оглядах підкреслюється цінність багатокомпонентного підходу до контролю втоми й адаптації, зокрема через поєднання функціональних та біологічних маркерів, що є доцільним у педагогічній практиці.

Сформована модель має практичне та методичне значення для процесу фізичного виховання в старшій школі, зокрема для проведення занять із єдиноборств у межах урочної форми навчання. З позицій шкільних методичних підходів до занять єдиноборствами в динаміці начання в 10–11-х класах запропонована нами схема має кілька практичних переваг:

– *доступність:* більшість показників можуть бути отримані простими засобами (антропометрія, ЧСС, артеріальний тиск, прості навантажувальні проби, тестові вправи, короткі опитувальники);

– *інформативність:* показники охоплюють ключові системи, що лімітують працездатність (кардіореспіраторна, нервово-м'язова, психоемоційна);

– *профілактична спрямованість*: раннє виявлення ризиків перевтоми та небажаних змін здоров'я;

– *можливість індивідуалізації*: модель дає можливість групувати учнів за рівнем ризику й адаптації, коригувати навантаження та добирати вправи в межах уроку фізичної культури.

У єдиноборствах, зокрема прадавньому східному єдиноборстві дзю-дзюцу, така модель може бути базою для впровадження нескладних нейромоторних тестів (наприклад, теппінг-тесту) як частини функціонального блоку / підготовленості, але принципово важливо, що схема зберігає універсальність і є придатною для шкільного середовища.

Нарешті, для уніфікації одержаних даних та наочного відображення динаміки життєво важливих морфофункціональних параметрів в умовах шкільної освіти доцільно використовувати різноманітні розрахункові індекси.

Морфофункціональні індекси:

1. Індекс маси тіла, що вираховується із співвідношення зросту та маси тіла й оцінюється за центильними таблицями відповідно до віку та статі (інтерпретація для підлітків: < 15–25-й центиль – дефіцит маси, 25–75-й – нормальне значення, 85-й – надмірна маса або ожиріння).
2. Індекс Кетле II, що іноді використовується замість ІМТ (норма для старшокласників становить 32–40 кг·м$^{-1}$ залежно від статі та віку).
3. Індекс Ерісмана, або показник пропорційності тіла, що враховує окружність грудної клітки та зріст (нормальна тілобудова – від 0 до +5 см, < 0 – астенічна будова (схильність до дефіциту маси), +5 – гіперстенічна будова).

4. Індекс Піньє (Pignet Index), що враховує показники зросту, маси тіла й окружності грудної клітки (інтерпретація: < 10 – сильний тип тілобудови, 10–20 – середній, > 20 – слабкий).

5. Життєвий індекс, що характеризує співвідношення життєвої ємності легенів до маси тіла (норма 55–65 мл·кг$^{-1}$ у юнаків, 45–55 мл·кг$^{-1}$ – у дівчат).

Функціональні індекси:

1. Індекс Руф'є, що відображає оцінку роботи серцево-судинної системи за навантаження та базується на вимірюванні ЧСС за 15 с перед навантаженням, за перші 15 с після 30 присідань, за останні 15 с першої хвилини відновлення (інтерпретація: до 3 – відмінна, 3–6 – добра, 6–9 – задовільна, 9 та вище – низька працездатність).

2. Індекс Скибінського, який оцінює функцію кардіореспіраторної системи та враховує значення ЖЄЛ, затримки дихання і ЧСС (інтерпретація: 6000 – відмінна функція, 4000–6000 – задовільна, < 3000 – незадовільна).

3. Індекс Робінсона (подвійний добуток), що характеризує економічність роботи серця та вираховується з використанням показників ЧСС і системного артеріального тиску (інтерпретація: 80–90 у стані спокою – референтний рівень, більш високі значення – підвищене навантаження на серце).

4. Коефіцієнт витривалості, який грунтується на співвідношенні ЧСС та артеріального тиску в стані спокою (інтерпретація: < 0,4 – добра витривалість, 0,5–0,7 – середня, 0,8 – низька).

Рекомендації щодо застосування інтегративних індексів для шкільного моніторингу: під час навчання учнів 10–11-х класів єдиноборств на уроках фізичної культури зручно використовувати 4–5 індексів, а саме ІМТ, Ерісмана, Піньє, Руф'є, Скибінського. Важливо враховувати вік, стать, рівень фізичної активності осіб, що займаються. Оптимальним є проведення обстежень два рази в динаміці навчального року (на початку та наприкінці).

Висновки. Отже, з огляду на глобальні тенденції гіподинамії серед підлітків, біологічну специфіку віку 16–17 років та недостатність комплексних досліджень актуальним є всебічний аналіз морфофункціонального та фізичного стану школярів старших класів.

Отримані результати можуть стати науково-практичним підґрунтям для вдосконалення програм фізичного виховання й формування методичних основ занять єдиноборствами у старшій школі, індивідуалізації навантажень та ефективних профілактичних стратегій у закладах загальної середньої освіти.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленні цієї наукової розвідки шляхом застосування інтегральних індексів оцінки морфофункціональних змін, що стане у пригоді вчителям фізичного виховання під час навчання учнів старших класів єдиноборств.

Література

Гончар Л., Борисова Ю. Аналіз показників фізичного розвитку дітей старшого дошкільного віку. *Слобожанський науково-спортивний вісник.* 2019. № 2 (70). С. 50–54. DOI: https://doi.org/10.15391/snsv.2019-2.008.

Гуніна-Орлова Л. М., Височіна Н. Л., Орлов О. І., Наконечний А. В. Результати динамічного психодіагностичного тестування старшокласників при заняттях єдиноборствами у сполученні із фармаконутрієнтною підтримкою. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт).* 2025. Вип. 12 (199). С. 62–69. DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.202512(199).13.

Пантік В. В., Ващук Л. М., Іщук О. А. Рівень фізичного стану студентів факультету фізичної культури та його вплив на адаптаційні можливості організму. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)* 2022. Випуск 3К (147). С. 316–320. DOI: https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2022.3К(147).68.

Altermann W., Gröpel, P. Physical fitness is related to concentration performance in adolescents. *Scientific Reports.* 2024. Vol. 14 (1). P. 587. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-50721-0.

Andaki A. C. R., Silva J. M. P., Oliveira L. B. Physical activity patterns among children and adolescents: Sex and age differences. *Childhood and Adolescence Studies.* 2024. Vol. 12 (1). P. 45–59. DOI: https://doi.org/10.1080/ced.2024.6993.

Arboix-Alió J., Buscà B., Sebastiani E. M., Aguilera-Castells J., Marcaida, S., [et al.]. Temporal trend of cardiorespiratory endurance in urban Catalan high school students over a 20-year period. Peer J. 2020. Vol. 8. P. e10365. DOI: https://doi.org/10.7717/peerj.10365.

Armstrong N., Welsman J. R. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. Exercise and Sport Sciences Reviews. 1994. Vol. 22. P. 435–476.

Barnett L. M., Lai S. K., Veldman S. L. C., Hardy L. L., Cliff D. P. [et al.]. Correlates of gross motor competence in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2016. Vol. 46 (11). P. 1663–1688. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-016-0495-z.

Bergeron M. F., Mountjoy M., Armstrong N., Chia M., Côté J. [et al.] International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. British Journal of Sports Medicine. 2015. Vol. 49 (13). P. 843–851. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094962.

Beunen G., Malina, R. M. Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. Exercise and Sport Sciences Reviews. 1988. Vol. 16. P. 503–540.

Bourke M., Wang H. F. W., Wicks H., Barnett L. M., Cairney J. Children's and adolescents' actual motor competence, perceived physical competence and physical activity: A structural equation modelling meta-analysis. *Sports Medicine.* 2025. Vol. 55 (8). P. 1923–1936. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-025-02233-2.

Centers for Disease Control and Prevention. CDC growth charts for the United States: Methods and development. *National Center for Health Statistics.* 2000. Retrieved from https://www.cdc.gov/growthcharts.

Chaput J. P., Willumsen J., Bull F., Chou R., Ekelund U. [et al.] WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5–17 years: Summary of the evidence. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.* 2020. Vol. 17 (1). P. 141. DOI: https://doi.org/10.1186/s12966-020-01037-z.

Chen J., Bai Y., Ni W. Reasons and promotion strategies of physical activity constraints in obese/overweight children and adolescents. *Sports Medicine and Health Science.* 2023. Vol. 6 (1). P. 25–36. DOI: https://doi.org/10.1016/j.smhs.2023.10.004.

Day C., Nishino N., Tsukahara, Y. Sleep in the athlete. Clinics in Sports Medicine. 2024. Vol. 43 (1). P. 93–106. DOI: https://doi.org/10.1016/j.csm.2023.06.007.

Ferreira F. A., Santos C. C., Palmeira A. L., Fernandes R. J., Costa M. J. Effects of swimming exercise on early adolescents' physical conditioning and physical health: A systematic review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology.* 2024. Vol. 9 (3). P. 158. DOI: https://doi.org/10.3390/jfmk9030158.

Gryffin P. A., Diaz R. E. Effects of Tai Chi and running on blood oxygen saturation: A pilot study. Journal of Complementary and Integrative Medicine. 2021. Vol. 18 (4). P. 821–825. DOI: https://doi.org/10.1515/jcim-2020-0306.

Guthold R., Stevens G. A., Riley L. M., Bull F. C. Global trends in insufficient physical activity among adolescents aged 11–17 years, 2001–2016. The Lancet Child & Adolescent Health. 2020. Vol. 4 (1). P. 23–35. DOI: https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30323-7.

Haapala E. A., Lintu N., Väistö J., Tompuri T., Brage S. [et al.]. Associations of physical performance and adiposity with cognition in children. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2015. Vol. 47 (10). P. 2166–2174. DOI: https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000652.

Hallal P. C., Victora C. G., Azevedo M. R., Wells J. C. Adolescent physical activity and health: A systematic review. Sports Medicine. 2006. Vol. 36 (12). P. 1019–1030. DOI: https://doi.org/10.2165/00007256-200636120-0000.

Halson S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. Sports Medicine. 2014. Vol. 44 (Suppl 2). S139–S147. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z.

Halson S. L., Shona L. Sleep monitoring in athletes: Motivation, methods, miscalculations, and why it matters. Sports Medicine. 2019. Vol. 49 (10). P. 1487–1497. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-019-01119-4.

Huang H. C., Wu W. L., Chang Y. K., Chu I. H. Physical fitness characteristics of adolescent wushu athletes. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2018. Vol. 58 (4). P. 399–406. DOI: https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06748-7.

Itzkowitz A., Kaplan S., Doyle M., Weingarten G., Lieberstein M. [et al.] Timed Up and Go: Reference data for children who are school age. Pediatric Physical Therapy. 2016. Vol. 28 (2). P. 239–246. DOI: https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000239.

Jang W. Y., Ah K. S., Oh S., Lee J. E., Choi J. [et al.]. Difference between bone age at the hand and elbow at the onset of puberty. Medicine (Baltimore). 2022. Vol. 101 (1), e28516. DOI: https://doi.org/10.1097/MD.0000000000028516.

Kelly A. S., Armstrong S. C., Michalsky M. P., Fox C. K. Obesity in adolescents: A review. JAMA. 2024. Vol. 332 (9). P. 738–748. DOI: https://doi.org/10.1001/jama.2024.1180.

Liu C., Liang X., Sit C. H. P. Physical activity and mental health in children and adolescents: Systematic review and meta-analysis. JAMA Pediatrics. 2024. Vol. 178 (3), e241311. DOI: https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2024.1311.

Lo K. Y., Wu M. C., Tung S. C., Hsieh C. C., Yao H. H., Ho C. C. Association of school environment and after-school physical activity with health-related physical fitness among junior high school students in Taiwan.

International Journal of Environmental Research and Public Health. 2017. Vol. 14 (1). P. 83. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph14010083.

Ludwig-Walz H., Heinisch S., Siemens W., Niessner C., Eberhardt T. [et al.]. Trends in physical fitness among children and adolescents in Europe: A systematic review and meta-analyses during and after the COVID-19 pandemic. Journal of Sports Sciences. 2025. Vol. 43 (4). P. 267–281. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsams.2025.02.001.

Malina R. M., Rogol A. D., Cumming S. P., Coelho e Silva M. J., Figueiredo A. J. Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. British Journal of Sports Medicine. 2015. Vol. 49 (13). P. 852–859. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623.

Mateo-Orcajada A., Moreno-Gómez J. Physical activity, body composition, and fitness variables in adolescents: Effects of a step-tracker mobile application. *JMIR mHealth and uHealth.* 2024. Vol. 12 (1), e51206. DOI: https://doi.org/10.2196/51206.

Milewski M. D., Skaggs D. L., Bishop G. A., Pace J. L., Ibrahim D. A. [et al.]. Chronic lack of sleep is associated with increased sports injuries in adolescent athletes. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 2014. Vol. 34 (2). P. 129–133. DOI: https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000151.

Orlov O., Skalski D. W., Grygus I., Tsyhanovska N. Doskonalenie metod nauczania Ju-jitsu w szkołach wyższych: Podręcznik. Starogard : Wydawnictwo Uczelniane “Pomorska Szkoła Wyższa”. 2025. pp. 209−221, 270−276. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.17351883.

Ortega F. B., Ruiz J. R., Castillo M. J. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *International Journal of Obesity.* 2008. Vol. 32 (1). P. 1–11. DOI: https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774.

Passos M. A. Z., de Pádua Cintra I., Branco L. M., da Costa Machado H., Fisberg M. Body mass index percentiles in adolescents of the city of São Paulo, Brazil, and their comparison with international parameters. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia.* 2010. Vol. 54 (3). P. 295–302. DOI: https://doi.org/10.1590/s0004-27302010000300008.

Reigal R. E., Moral-Campillo L., de Mier R. J., Morillo-Baro J. P., Morales-Sánchez V. [et al.]. Physical fitness level is related to attention and concentration in adolescents. *Frontiers in Psychology.* 2020. Vol. 11. P. 110. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.0011.

Rodriguez-Ayllon M., Cadenas-Sánchez C., Estévez-López F., Muñoz N. E., Mora-Gonzalez J. [et al.]. Role of physical activity and sedentary behaviour in the mental health of preschoolers, children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2019. Vol. 49 (9). P. 1383–1410. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-019-01099-5.

Rosner B., Prineas R., Loggie J., Daniels S. R. Percentiles for body mass index in U.S. children 5 to 17 years. The Journal of Pediatrics. 1998. Vol. 132 (2). P. 211–222. DOI: https://doi.org/10.1016/S0022-3476(98)70434-2.

Rowland T. W. Children’s exercise physiology (2nd ed.). *Human Kinetics.* 2005. 543 p.

Said M. A., Alhumaid M. M., Atta I. I., Al-Sababha K. M., Abdelrahman M. A., Alibrahim M. S. Lower fitness levels, higher fat-to-lean mass ratios, and lower cardiorespiratory endurance are more likely to affect the body mass index of Saudi children and adolescents. Frontiers in Public Health. 2022. Vol. 10. P. 984469. DOI: https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.984469.

Sohrabi K., Scholtes M., Mursina L., Weissflog A., Hildebrandt W. [et al.]. Determination of hypercapnic ventilatory response in COPD patients. Pneumologie. 2015. Vol. 69 (11). P. 662–666. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0034-1392998.

Suchomel T. J., Nimphius S., Stone M. H. The importance of muscular strength in athletic performance. Sports Medicine. 2016. Vol. 46 (10). P. 1419–1449. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0.

Tomkinson G. R., Carver K. D., Atkinson F., Daniell N. D., Lewis L. K. [et al.]. European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9–17 years: Results from 2,779,165 Eurofit performances representing 30 countries. British Journal of Sports Medicine. 2018. Vol. 52 (22). P. 1445–1456. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098253.

van Sluijs E. M. F., Ekelund U., Crochemore-Silva I. Physical activity behaviours in adolescence: Current evidence and opportunities for intervention. The Lancet. 2021. Vol. 398 (10298). P. 429–442. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01259-9.

Vehrs P. R., Fellingham G. W., McAfery A., Kelsey L. Trends in BMI percentile and body fat percentage in children aged 12 to 17 years. Children. 2022. Vol. 9 (5). P. 744. DOI: https://doi.org/10.3390/children9050744.

Vijayakumar N., Op de Macks Z., Shirtcliff E. A., Pfeifer J. H. Puberty and the human brain: Insights into adolescent development. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2018. Vol. 92. P. 417–436. DOI: https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.05.015.

Viner R. M., Allen N. B., Patton G. C., Bundy D. A. P., de Silva N. [et al.]. Puberty, developmental processes, and health interventions. In D. A. P. Bundy, N. de Silva, S. Horton, D. T. Jamison, G. C Patton (Eds.), Child

and adolescent health and development (3rd ed., Chap. 9). Washington, DC : World Bank, 2017. DOI: https://doi.org/10.17226/9634.

Walters B. K., Read C. R., Estes A. R. The effects of resistance training, overtraining, and early specialization on youth athlete injury and development. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2018. Vol. 58 (9). P. 1339–1348. DOI: https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07409-6.

Wang Z. Integration of wearable technologies in monitoring physical performance and psychological stress in tennis players. Acta Psychologica. 2025. Vol. 260. P. 105706. DOI: https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105706.

World Health Organization. WHO growth reference BMI-for-age for 5–19 years. 2007. Retrieved from https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years.

Morphofunctional indicators as a basis for physical development of senior school students engaged in combat sports

Orlov Oleksander
PhD in Pedagogy (Candidate of Pedagogical Sciences), Associate Professor, Doctoral Student
Dragomanov Ukrainian State University, Kyiv, Ukraine

Gunina-Orlova Larisa
Doctor of Sciences (in Biology), Professor
State Tax University, Irpin, Ukraine

Morphofunctional indicators represent one of the fundamental prerequisites for the effective implementation of physical loads and the development of physical abilities. Their relevance becomes particularly pronounced in the context of senior school students who, within physical education classes, choose to engage in a specific sport, including combat sports. Despite the considerable number of scientific publications addressing individual aspects of morphological development, functional status, or physical fitness of youth, contemporary literature lacks comprehensive studies that systematically integrate existing factors, principles, and indicators of morphofunctional status in conjunction with parameters of physical preparedness and the development of physical abilities. This gap determines the scientific and practical relevance of the present study. The aim of this review was to formulate an integrated scientific and methodological position regarding the role of various indicators reflecting the morphofunctional status of senior school students engaged in combat sports during physical education lessons. To achieve this objective, a комплекс of general scientific methods was employed, including analysis and systematization of data from contemporary scientific and methodological sources related to the outlined problem, examination of online informational resources, searches within scientometric databases (PubMed and MEDLINE), generalization of practical experience in organizing combat sports classes, and integrative evaluation of the obtained information. The article analyzes selected morphometric parameters, functional characteristics, levels of physical abilities development, as well as key indicators of the psychoemotional state of senior school students engaged in combat sports. The examined characteristics were structured into interconnected blocks, enabling an integral assessment of morphofunctional status while considering age-related changes during late puberty and the post-pubertal stage. Based on the synthesized findings, an algorithm for further physical and functional development of students aged 16–17 years was proposed, taking into account the specific features of combat sports training.

Keywords: *general secondary school, physical education, physical culture, combat sports, senior school students, morphofunctional characteristics, integral assessment.*

References

Altermann, W., & Gröpel, P. (2024). Physical fitness is related to concentration performance in adolescents. *Scientific Reports, 14* (1), 587. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-50721-0.

Andaki, A. C. R., Silva, J. M. P., & Oliveira, L. B. (2024). Physical activity patterns among children and adolescents: Sex and age differences. *Childhood and Adolescence Studies, 12* (1), 45–59. DOI: https://doi.org/10.1080/ced.2024.6993.

Arboix-Alió, J., Buscà, B., Sebastiani, E. M., Aguilera-Castells, J., Marcaida, S., Garcia Eroles, L., & Sánchez López, M. J. (2020). Temporal trend of cardiorespiratory endurance in urban Catalan high school students over a 20-year period. Peer J, 8, e10365. DOI: https://doi.org/10.7717/peerj.10365.

Armstrong, N., & Welsman, J. R. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. Exercise and Sport Sciences Reviews, 22, 435–476.

Barnett, L. M., Lai, S. K., Veldman, S. L. C., Hardy, L. L., Cliff, D. P., Morgan, P. J., Zask, A., Lubans, D. R., Shultz, S. P., Ridgers, N. D., Rush, E., Brown, H. L., & Okely, A. D. (2016). Correlates of gross motor competence in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 46 (11), 1663–1688. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-016-0495-z.

Bergeron, M. F., Mountjoy, M., Armstrong, N., Chia, M., Côté, J., Emery, C. A. [et al., total 18 authors] (2015). International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. British Journal of Sports Medicine, 49 (13), 843–851. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094962.

Beunen, G., & Malina, R. M. (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. Exercise and Sport Sciences Reviews, 16, 503–540.

Bourke, M., Wang, H. F. W., Wicks, H., Barnett, L. M., Cairney, J. (2025). Children's and adolescents' actual motor competence, perceived physical competence and physical activity: A structural equation modelling meta-analysis. *Sports Medicine, 55* (8), 1923–1936. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-025-02233-2.

Centers for Disease Control and Prevention (2000). *CDC growth charts for the United States: Methods and development*. National Center for Health Statistics. Retrieved from https://www.cdc.gov/growthcharts.

Chaput, J. P., Willumsen, J., Bull, F., Chou, R., Ekelund, U., Firth, J., Jago, R., Ortega, F. B., & Katzmarzyk, P. T. (2020). 2020-WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5–17 years: Summary of the evidence. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 17* (1), 141. DOI: https://doi.org/10.1186/s12966-020-01037-z.

Chen, J., Bai, Y., & Ni, W. (2023). Reasons and promotion strategies of physical activity constraints in obese/overweight children and adolescents. *Sports Medicine and Health Science, 6* (1), 25–36. DOI: https://doi.org/10.1016/j.smhs.2023.10.004.

Day, C., Nishino, N., & Tsukahara, Y. (2024). Sleep in the athlete. *Clinics in Sports Medicine, 43* (1), 93–106. DOI: https://doi.org/10.1016/j.csm.2023.06.007.

Ferreira, F. A., Santos, C. C., Palmeira, A. L., Fernandes, R. J., & Costa, M. J. (2024). Effects of swimming exercise on early adolescents' physical conditioning and physical health: A systematic review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 9* (3), 158. DOI: https://doi.org/10.3390/jfmk9030158.

Gryffin, P. A., & Diaz, R. E. (2021). Effects of Tai Chi and running on blood oxygen saturation: A pilot study. Journal of Complementary and Integrative Medicine, 18 (4), 821–825. DOI: https://doi.org/10.1515/jcim-2020-0306.

Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents aged 11–17 years, 2001–2016. The Lancet Child & Adolescent Health, 4 (1), 23–35. DOI: https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30323-7.

Haapala, E. A., Lintu, N., Väistö, J., Tompuri, T., Brage, S., Westgate, K., Ekelund, U., Lindi, V., & Lakka, T. A. (2015). Associations of physical performance and adiposity with cognition in children. Medicine & Science in Sports & Exercise, 47 (10), 2166–2174. DOI: https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000652.

Hallal, P. C., Victora, C. G., Azevedo, M. R., & Wells, J. C. (2006). Adolescent physical activity and health: A systematic review. Sports Medicine, 36 (12), 1019–1030. DOI: https://doi.org/10.2165/00007256-200636120-0000.

Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. Sports Medicine, 44 (Suppl 2), S139–S147. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z.

Halson, S. L., Shona L. (2019). Sleep monitoring in athletes: Motivation, methods, miscalculations, and why it matters. Sports Medicine, 49 (10), 1487–1497. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-019-01119-4.

Honchar, L., & Borysova, Yu. (2019). Analiz pokaznykiv fizychnoho rozvytku ditey starshoho doshkilnoho viku [Analysis of indicators of physical development of children of senior preschool age]. *Slobozhanskyy naukovo-sportyvnyy visnyk – Slobozhanskyi naukovo-sportivniy visnyk*, *2* (70), 50–54. DOI: https://doi.org/10.15391/snsv.2019-2.008 [in Ukrainian].

Huang, H. C., Wu, W. L., Chang, Y. K., & Chu, I. H. (2018). Physical fitness characteristics of adolescent wushu athletes. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 58 (4), 399–406. DOI: https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06748-7.

Hunina-Orlova, L. M., Vysochina, N. L., Orlov, O. I., & Nakonechnyy, A. V. (2025). Rezultaty dynamichnoho psykhodiahnostychnoho testuvannya starshoklasnykiv pry zanyattyakh yedynoborstvamy u spoluchenni iz farmakonutriyentnoyu pidtrymkoyu [Results of dynamic psychodiagnostic testing of high school students during martial arts classes in combination with pharmaconutrient support]. *Naukovyy chasopys Ukrayinskoho derzhavnoho universytetu imeni Mykhayla Drahomanova. Seriya 15. Naukovo-pedahohichni problemy fizychnoyi kultury (fizychna kultura i sport) – Scientific journal of the Mykhailo Dragomanov Ukrainian State University. Series 15. Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sports), 12* (199), 62−69. DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.202512(199).13 [in Ukrainian].

Itzkowitz, A., Kaplan, S., Doyle, M., Weingarten, G., Lieberstein, M., Covino, F., & Vialu, C. (2016). Timed Up and Go: Reference data for children who are school age. Pediatric Physical Therapy, 28 (2), 239–246. DOI: https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000239.

Jang, W. Y., Ahn, K. S., Oh, S., Lee, J. E., Choi, J., Kang, C. H. [et al.]. (2022). Difference between bone age at the hand and elbow at the onset of puberty. Medicine (Baltimore), 101 (1), e28516. DOI: https://doi.org/10.1097/MD.0000000000028516.

Kelly, A. S., Armstrong, S. C., Michalsky, M. P., & Fox, C. K. (2024). Obesity in adolescents: A review. JAMA, 332 (9), 738–748. DOI: https://doi.org/10.1001/jama.2024.1180.

Liu, C., Liang, X., & Sit, C. H. P. (2024). Physical activity and mental health in children and adolescents: Systematic review and meta-analysis. JAMA Pediatrics, 178 (3), e241311. DOI: https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2024.1311.

Lo, K. Y., Wu, M. C., Tung, S. C., Hsieh, C. C., Yao, H. H., & Ho, C. C. (2017). Association of school environment and after-school physical activity with health-related physical fitness among junior high school students in Taiwan. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14 (1), 83. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph14010083.

Ludwig-Walz H., Heinisch S., Siemens W., Niessner, C., Eberhardt, T. Dannheim, I. Guthold, R., Bujard, M. (2025). Trends in physical fitness among children and adolescents in Europe: A systematic review and meta-analyses during and after the COVID-19 pandemic. Journal of Sports Sciences, 43 (4), 267–281. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsams.2025.02.001.

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. British Journal of Sports Medicine, 49 (13), 852–859. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623.

Mateo-Orcajada, A., & Moreno-Gómez, J. (2024). Physical activity, body composition, and fitness variables in adolescents: Effects of a step-tracker mobile application. *JMIR mHealth and uHealth, 12* (1), e51206. DOI: https://doi.org/10.2196/51206.

Milewski, M. D., Skaggs, D. L., Bishop, G. A., Pace, J. L., Ibrahim, D. A., Wren, T. A., & Barzdukas, A. (2014). Chronic lack of sleep is associated with increased sports injuries in adolescent athletes. *Journal of Pediatric Orthopaedics, 34* (2), 129–133. DOI: https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000151.

Orlov, O., Skalski, D. W., Grygus, I., Tsyhanovska, N. (2025). Doskonalenie metod nauczania Ju-jitsu w szkołach wyższych: Podręcznik. Starogard: Wydawnictwo Uczelniane “Pomorska Szkoła Wyższa”, pp. 209−221, 270−276. DOI: http://doi/10.5281/zenodo.17351883.

Ortega, F. B., Ruiz, J. R., & Castillo, M. J. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *International Journal of Obesity, 32* (1), 1–11. DOI: https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774.

Pantik, V. V., Vashchuk, L. M., & Ishchuk, O. A. (2022). Riven fizychnoho stanu studentiv fakultetu fizychnoyi kultury ta yoho vplyv na adaptatsiyni mozhlyvosti orhanizmu [The level of physical condition of students of the Faculty of Physical Culture and its impact on the adaptive capabilities of the body]. *Naukovyy chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova. Seriya 15. Naukovo-pedahohichni problemy fizychnoyi kultury (fizychna kultura i sport) – Scientific Journal of the NPU named after M. P. Dragomanov. Series 15. Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sports),* 3K (147), 316−320. DOI: https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2022.3K(147).68 [in Ukrainian].

Passos, M. A. Z., de Pádua Cintra, I., Branco, L. M., da Costa Machado, H., & Fisberg, M. (2010). Body mass index percentiles in adolescents of the city of São Paulo, Brazil, and their comparison with international parameters. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, 54* (3), 295–302. DOI: https://doi.org/10.1590/s0004-27302010000300008.

Reigal, R. E., Moral-Campillo, L., de Mier, R. J., Morillo-Baro, J. P., Morales-Sánchez, V., Pastrana, J. L., & Hernández-Mendo, A. (2020). Physical fitness level is related to attention and concentration in adolescents. *Frontiers in Psychology, 11*, 110. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.0011.

Rodriguez-Ayllon, M., Cadenas-Sánchez, C., Estévez-López, F., Muñoz, N. E., Mora-Gonzalez, J., Migueles, J. H., Ortega, F. B. (2019). Role of physical activity and sedentary behaviour in the mental health of preschoolers, children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 49 (9), 1383–1410. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-019-01099-5.

Rosner, B., Prineas, R., Loggie, J., & Daniels, S. R. (1998). Percentiles for body mass index in U.S. children 5 to 17 years. The Journal of Pediatrics, 132 (2), 211–222. DOI: https://doi.org/10.1016/S0022-3476(98)70434-2.

Rowland, T. W. (2005). Children’s exercise physiology (2nd ed.). Human Kinetics.

Said, M. A., Alhumaid, M. M., Atta, I. I., Al-Sababha, K. M., Abdelrahman, M. A., & Alibrahim, M. S. (2022). Lower fitness levels, higher fat-to-lean mass ratios, and lower cardiorespiratory endurance are more likely to

affect the body mass index of Saudi children and adolescents. Frontiers in Public Health, 10, 984469. DOI: https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.984469.

Sohrabi, K., Scholtes, M., Mursina, L., Weissflog, A., Hildebrandt, W., Hildebrandt, O. [et al.] (2015). Determination of hypercapnic ventilatory response in COPD patients. Pneumologie, 69 (11), 662–666. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0034-1392998.

Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. Sports Medicine, 46 (10), 1419–1449. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0.

Tomkinson, G. R., Carver, K. D., Atkinson, F., Daniell, N. D., Lewis, L. K., Fitzgerald, J. S., Ortega, F. B. (2018). European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9–17 years: Results from 2,779,165 Eurofit performances representing 30 countries. British Journal of Sports Medicine, 52 (22), 1445–1456. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098253.

van Sluijs, E. M. F., Ekelund, U., Crochemore-Silva, I. (2021). Physical activity behaviours in adolescence: Current evidence and opportunities for intervention. The Lancet, 398 (10298), 429–442. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01259-9.

Vehrs, P. R., Fellingham, G. W., McAfery, A., & Kelsey, L. (2022). Trends in BMI percentile and body fat percentage in children aged 12 to 17 years. Children, 9 (5), 744. DOI: https://doi.org/10.3390/children9050744.

Vijayakumar, N., Op de Macks, Z., Shirtcliff, E. A., & Pfeifer, J. H. (2018). Puberty and the human brain: Insights into adolescent development. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 92, 417–436. DOI: https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.05.015.

Viner, R. M., Allen, N. B., Patton, G. C., Bundy, D. A. P., de Silva, N., Horton, S., & Jamison, D. T. (2017). Puberty, developmental processes, and health interventions. In D. A. P. Bundy, N. de Silva, S. Horton, D. T. Jamison, & G. C. Patton (Eds.), Child and adolescent health and development (3rd ed., Chap. 9). Washington, DC: World Bank. DOI: https://doi.org/10.17226/9634.

Walters, B. K., Read, C. R., & Estes, A. R. (2018). The effects of resistance training, overtraining, and early specialization on youth athlete injury and development. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 58 (9), 1339–1348. DOI: https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07409-6.

Wang, Z. (2025). Integration of wearable technologies in monitoring physical performance and psychological stress in tennis players. Acta Psychologica, 260, 105706. DOI: https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105706.

World Health Organization (2007). WHO growth reference BMI-for-age for 5–19 years. Retrieved from https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

Received: February 23, 2026
Accepted: March 18, 2026
Published: April 22, 2026