

УДК 796.83:796.015.132:796.012.6-053.6

DOI <https://doi.org/10.24195/olympicus/2025-4.3>**Ворончак Микола Тарасович**аспірант кафедри теорії і методики фізичної культури
Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського**ORCID ID:** 0000-0002-8755-561X**Куцериб Тетяна Миколаївна**кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри анатомії та фізіології
Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського**ORCID ID:** 0000-0002-7037-7861**Рихаль Володимир Ігорович**доктор філософії (017 Фізична культура і спорт), доцент,
доцент кафедри теорії та методики фізичної культури
Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського**ORCID ID:** 0000-0002-1670-0066

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ БОКСЕРІВ ВІКОМ 15–16 РОКІВ УПРОДОВЖ РІЧНОГО МАКРОЦИКЛУ ПІДГОТОВКИ

Актуальність. Вивчення взаємозв'язків морфо-функціональних показників надає об'єктивну інформацію для оптимізації навчально-тренувального процесу, індивідуалізації навантажень й прогнозування спортивних результатів. **Мета дослідження:** встановити взаємозв'язки морфо-функціональних показників боксерів віком 15–16 років упродовж річного макроциклу підготовки. **Матеріали і методи.** Методи: теоретичний аналіз і узагальнення, аналізування документальних матеріалів, педагогічне спостереження, педагогічний експеримент; методи математичної статистики. Використано біоімпедансний аналізатор Omron BF-511 визначено показники ваги тіла (кг); індекс маси тіла (ІМТ, кг/м²); вміст жирової тканини та скелетних м'язів (%); основний обмін (ккал); вісцеральний жир (бали). Педагогічний експеримент тривав 10 місяців – з вересня 2024 року до червня 2025 року. **Результати.** Після шести місяців тренувальної програми в експериментальній групі зафіксовано позитивні зміни: зниження середньої ваги до 59,79 кг при стабільному ІМТ (20,8 кг/м²); підвищення % скелетних м'язів до 37,2 %; стабільність жирової складової (11,71 %). Це свідчить про оптимізацію співвідношення м'язової та жирової маси, що є показником ефективності тренувального впливу. За підсумками 10 місяців виявлено зростання м'язової маси (% скелетних м'язів – 38,61 %); зниження жирової тканини (% жиру – 11,10 %); стабілізацію ІМТ (20,54 кг/м²) при незмінній середній вазі (60,21 кг); підвищення основного обміну (1584,14 ккал), що свідчить про покращення метаболічної активності у представників експериментальної групи боксерів віком 15–16 років. **Висновки.** Індекс маси тіла, вага та показник жирового компоненту можуть бути використані як ключові індикатори для оцінки фізичного стану та потенціалу юних боксерів. Їхній зв'язок з м'язовою масою та енергетичними параметрами дає змогу здійснювати обґрунтовану корекцію тренувального процесу.

Ключові слова: показники, об'єктивність, кореляційний зв'язок, зміни, підготовленість, адаптація.

Вступ. Важливим періодом сенситивного розвитку спортивної майстерності у боксі на основі удосконалення фізичних здібностей спортсменів є вік 15–16 років. У ньому організм спортсмена активно реагує на тренувальні навантаження як стрес-стимули, що запускають складні адаптаційні механізми на рівні серцево-судинної, дихальної, нервової та опорно-рухової систем. Саме в цей час відбувається інтенсивне формування морфологічних структур, зростання м'язової маси, покращення координації рухів, швидкісно-силових якостей та витривалості [2; 16; 18; 20; 21; 22, 27]. Дослідження з використанням сучасних статистичних методів демонструють можливість виокремлення специфічних профілів юних боксерів на основі морфо-функціональних характеристик. Це дозволяє проводити індивідуалізацію навантажень та оптимізувати тренувальний процес із урахуванням рівня біологічної зрілості та морфологічних особливостей [23].

У цьому віці формуються основи спеціальної працездатності, що визначає успішність подальшої спортивної кар'єри. Морфологічні показники, серед яких маса тіла, зріст, обхват, склад тіла тощо відображають структурні зміни, що виникають під впливом тренувань. До того ж функціональні показники (ЧСС, артеріальний тиск, швидкість реакції, координація, витривалість) демонструють адаптацію серцево-судинної, нервової та м'язової систем до навантажень [12; 19; 22; 26].

Упродовж річного макроциклу на різних етапах багаторічного спортивного удосконалення повинна відбуватися динамічна зміна показників, що, певною мірою, корелює з обсягом і спрямованістю тренувальних навантажень [15; 17]. Для прикладу, у підготовчому періоді переважає розвиток загальної фізичної підготовки, що сприяє зростанню м'язової маси та витривалості. У змагальному – акцент на швидкісно-силові якості та координацію.

Вивчення взаємозв'язків морфо-функціональних показників юних спортсменів є важливим елементом для оптимізації навчально-тренувального процесу, індивідуалізації навантажень і прогнозування спортивних результатів [4; 5]. У боксі, де велике значення мають співвідношення м'язової та жирової маси, показники основного обміну та рівень вісцерального жиру, системний аналіз цих параметрів дозволяє своєчасно коригувати тренувальні програми для досягнення оптимальної спортивної форми [11; 25]. Дослідження морфо-функціональної динаміки в юних спортсменів у межах річного циклу дозволяє оцінити ефективність різних моделей фізичного навантаження, зокрема силових тренувань, які, як доведено, стимулюють розвиток м'язової маси без негативного впливу на ростові процеси та здоров'я підлітків [3; 5]. З огляду на це, застосування кореляційного аналізу дасть змогу виявити найбільш значущі зв'язки між морфо-функціональними параметрами та тренувальним процесом.

Тобто вивчення взаємозв'язків морфо-функціональних показників може надати об'єктивну інформацію для оптимізації навчально-тренувального процесу та/чи індивідуалізації навантажень й прогнозування спортивних результатів. Це особливо важливо для юних боксерів, у яких закладаються основи майбутньої спортивної майстерності [23; 27].

Питання підготовки боксерів привертають значну увагу серед фахівців спортивної галузі. У наукових дослідженнях розглядаються різноманітні аспекти тренувального процесу, зокрема: загальна структура підготовки спортсменів різного рівня кваліфікації; пошук актуальних та інноваційних підходів до підготовки боксерів різних вікових і кваліфікаційних; технічна та техніко-тактична підготовка спортсменів; біомеханічні основи тренувального процесу; а також питання прогнозування ефективності тренувальної та змагальної діяльності і контролю різних компонентів підготовленості [21; 23; 28].

Узагальнюючи зміст наукових джерел, можна констатувати, що більшість дослідників наголошують на необхідності врахування індивідуальних характеристик спортсменів при плануванні та реалізації навчально-тренувального процесу [6; 9; 18]. Очевидно, що врахування всіх чинників у межах тренувального процесу є складним завданням, яке нерідко супроводжується суперечностями. Отже доцільно орієнтуватися на об'єктивні критерії, серед яких морфо-функціональні показники, що відображають реакцію організму на навантаження.

Мета дослідження: встановити взаємозв'язки морфо-функціональних показників боксерів віком 15–16 років упродовж річного макроциклу підготовки.

Матеріали і методи. Застосовано методи: теоретичний аналіз і узагальнення інформації з наукових та методичних джерел, а також з ресурсів мережі Internet; педагогічне спостереження; педагогічний експеримент; методи математичної статистики.

Для реалізації педагогічного спостереження використано біоімпедансний аналізатор Omron BF-511 та визначено показники ваги тіла (кг); індекс маси тіла (ІМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$); частки жирової тканини та скелетних м'язів (%); основний обмін (ккал); вісцеральний жир (бали).

До участі в педагогічному експерименті було залучено 56 боксерів середніх вагових категорій (60–70 кг), які перебували на етапі спеціалізованої базової підготовки, з них 29 спортсменів у складі експериментальної групи та 27 – контрольної. Педагогічний експеримент тривав 10 місяців – з вересня 2024 року до червня 2025 року. У цей період було реалізовано два підготовчих етапи (вересень–грудень 2024 та січень–червень 2025 років), що відповідали макроциклу річного тренувань. Вони були узгоджені не лише з графіком змагань, але й з календарем тренувальних занять. Для спортсменів, які перебувають на другому–третьому році навчання тренувальний процес передбачав проведення чотирьох занять у межах кожного тижневого мікроциклу. Учасники експериментальної групи проходили тренування за програмою, яка орієнтована на стандартизовані підходи та загальні положення програми ДЮСШ, але з можливістю оперативної корекції тренувальних впливів. Корекцію виконували на основі результатів поточного контролю морфо-функціональних показників спортсменів.

Для оцінки взаємозв'язку між морфо-функціональними показниками у обстежуваних групах використовували коефіцієнти кореляції Пірсона (r) та рівня статистичної значущості (p). Статистичну обробку даних здійснювали з використанням програмного забезпечення IBM SPSS Statistics 6.0. Статистично значущими вважали зв'язки при $p < 0,05$. Описову статистику (середні значення (M) та стандартні відхилення (SD)) розраховували для всіх основних змінних. Групові відмінності між спортсменами контрольної та експериментальної груп оцінювали за допомогою t -критерію для незалежних вибірок, порівнюючи середні значення між групами.

Результати дослідження. У дослідженні вивчалися морфо-функціональні показники боксерів віком 15–16 років у контрольній (КГ) та експериментальній (ЕГ) групах на трьох етапах річного тренувального циклу: на початку дослідження, через 6 місяців та через 10 місяців тренувань. Описова статистика демонструє, що у контрольній групі показники ваги, ІМТ та жирової складової залишалися відносно стабільними упродовж року, тоді як у експериментальній групі після 6 місяців тренувальної програми спостерігалися зміни показників, що свідчить про ефективність застосованої програми силових навантажень, спрямованих на оптимізацію співвідношення м'язової та жирової маси та підвищення метаболічної активності (основний обмін – 1584,14 ккал). Порівняння динаміки морфо-функціональних показників контрольної та експериментальної груп демонструє помітний позитивний вплив спеціальної тренувальної програми у ЕГ. У контрольній групі (КГ) упродовж річного макроциклу спостерігалася стабільність основних показників: вага (61,05–61,78 кг, $p > 0,05$), ІМТ (20,55–20,69 $\text{кг}/\text{м}^2$, $p > 0,05$), відсоток жиру (11,52–12,42 %, $p > 0,05$) та м'язової маси (33,73–34,88 %, $p > 0,05$), що свідчить про відсутність статистично значущих змін під впливом стандартних тренувальних навантажень.

На противагу, експериментальна група (ЕГ), яка проходила спеціальну програму тренувань, показала суттєві позитивні зміни. Відзначалося збільшення відсотка скелетної м'язової маси (37,2 % $\rightarrow$ 38,61 %, $p < 0,05$), зниження жирової тканини (11,71 % $\rightarrow$ 11,10 %, $p < 0,05$) та підвищення основного обміну (1579,14 $\rightarrow$ 1584,14 ккал, $p < 0,05$). Вісцеральний жир також зменшився ($p < 0,05$), що підтверджує позитивний вплив програми на метаболічну активність та морфо-функціональний стан боксерів.

Аналіз нормальності розподілу початкових результатів обстежень контрольної групи показав, що для всіх показників значення перебували у межах допустимих значень.

Це дозволяє зробити висновок, що морфо-функціональні показники підлітків-боксерів підпорядковуються приблизно нормальному розподілу, що забезпечує коректність застосування кореляційного аналізу Пірсона для подальшого аналізу. Описова статистика для всіх змінних представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

**Взаємозв'язки морфо-функціональних показників
у контрольній групі на початковому етапі досліджень**

№	Змінна	1	2	3	4	5	6
1	Вага, кг	X					
2	ІМТ, кг/м ²	0,82	X				
3	% жиру	0,53	0,64	X			
4	% скелетних м'язів	-0,48	-0,61	-0,89	X		
5	Основний обмін, ккал	0,77	0,70	0,41	-0,39	X	
6	Вісцеральний жир, бали	0,44	0,58	0,72	-0,62	0,32	X

Кореляційний аналіз Пірсона показав численні важливі взаємозв'язки між морфо-функціональними показниками підлітків-боксерів. Між вагою та ІМТ спостерігалася дуже сильна позитивна кореляція ($r = 0,82$, $p < 0,001$), що свідчить про прямий зв'язок маси тіла та індексу маси. Вага також мала позитивні кореляції з відсотком жиру ($r = 0,53$, $p = 0,004$) та основним обміном ($r = 0,77$, $p < 0,001$), і негативний зв'язок з відсотком скелетних м'язів ($r = -0,48$, $p = 0,011$). Зв'язок ваги з вісцеральним жиром був позитивним і статистично значущим ($r = 0,44$, $p = 0,022$).

ІМТ показав позитивні кореляції з відсотком жиру ($r = 0,64$, $p < 0,001$), основним обміном ($r = 0,70$, $p < 0,001$) та вісцеральним жиром ($r = 0,58$, $p = 0,002$), а також негативний зв'язок з м'язовою масою ($r = -0,61$, $p = 0,001$). Відсоток жиру мав дуже сильну негативну кореляцію з відсотком скелетних м'язів ($r = -0,89$, $p < 0,001$) та сильну позитивну кореляцію з вісцеральним жиром ($r = 0,72$, $p < 0,001$). Кореляції відсотка жиру та основного обміну були помірними, але статистично значущими ($r = 0,41$, $p = 0,034$). Відсоток скелетних м'язів мав негативний зв'язок із основним обміном ($r = -0,39$, $p = 0,044$) та з вісцеральним жиром ($r = -0,62$, $p = 0,001$).

Єдиний взаємозв'язок, який не досяг статистичної значущості, спостерігався між основним обміном та вісцеральним жиром ($r = 0,32$, $p = 0,104$), що свідчить про відсутність достовірного лінійного зв'язку між цими показниками у даній вибірці. Усі інші кореляції підтверджують наявність реальних фізіологічних взаємозв'язків між антропометричними та функціональними характеристиками підлітків-боксерів.

Отримані результати демонструють, що індекс маси тіла, вага та відсоток жирової маси є ключовими показниками, які взаємопов'язані з м'язовою масою та енергетичними параметрами організму. Ці закономірності узгоджуються з даними літератури [1; 2; 28] і дозволяють робити науково обґрунтовані висновки щодо морфо-функціональних показників, фізичного розвитку та спортивного потенціалу підлітків-боксерів.

Аналіз нормальності розподілу у експериментальній групі показав, що для всіх показників емпіричні значення коефіцієнтів асиметрії скосу та ексцесу, а також критичні t-критерії для максимуму і мінімуму перебували у межах допустимих значень. Це дозволяє зробити висновок, що морфо-функціональні показники підлітків-боксерів підпорядковуються приблизно нормальному розподілу, що забезпечує коректність застосування для подальшого аналізу кореляційного аналізу Пірсона.

Кореляційний аналіз Пірсона виявив низку статистично значущих взаємозв'язків (табл. 2). Між вагою та ІМТ спостерігалася дуже сильна позитивна кореляція ($r = 0,78$, $p < 0,001$), що свідчить про прямий зв'язок ваги тіла та індексу маси тіла. Спостерігалась позитивна кореляція ваги з відсотком жиру ($r = 0,50$, $p = 0,006$) та основним обміном ($r = 0,75$, $p < 0,001$), і негативний зв'язок з відсотком скелетних м'язів ($r = -0,44$, $p = 0,017$). Зв'язок ваги з вісцеральним жиром був позитивним і статистично значущим ($r = 0,48$, $p = 0,008$).

Таблиця 2

**Взаємозв'язки морфо-функціональних показників
у експериментальній групі на початковому етапі досліджень**

№	Змінна	1	2	3	4	5	6
1	Вага, кг	X					
2	ІМТ, кг/м ²	0,78	X				
3	% жиру	0,50	0,62	X			
4	% скелетних м'язів	-0,44	-0,59	-0,87	X		
5	Основний обмін, ккал	0,75	0,69	0,40	-0,37	X	
6	Вісцеральний жир, бали	0,48	0,56	0,70	-0,60	0,31	X

ІМТ показав позитивну кореляцію з відсотком жиру ($r = 0,62$, $p < 0,001$), основним обміном ($r = 0,69$, $p < 0,001$) та вісцеральним жиром ($r = 0,56$, $p = 0,002$), а також негативний зв'язок з м'язовою масою ($r = -0,59$, $p = 0,001$). Відсоток жиру мав дуже сильну негативну кореляцію з відсотком скелетних м'язів ($r = -0,87$, $p < 0,001$) та сильну позитивну кореляцію з вісцеральним жиром ($r = 0,70$, $p < 0,001$). Кореляція відсотка жиру та основного обміну була помірною, але статистично значущою ($r = 0,40$, $p = 0,032$). Відсоток скелетних м'язів мав негативний зв'язок із основним обміном ($r = -0,37$, $p = 0,048$) та з вісцеральним жиром ($r = -0,60$, $p = 0,001$).

Єдиний взаємозв'язок, який не досяг статистичної значущості, спостерігався між основним обміном та вісцеральним жиром ($r = 0,31$, $p = 0,102$), що свідчить про відсутність достовірного лінійного зв'язку між цими показниками у даній групі. Усі інші кореляції підтверджують наявність реальних фізіологічних взаємозв'язків між антропометричними та функціональними характеристиками підлітків-боксерів.

Отримані результати демонструють, що індекс маси тіла, вага та відсоток жирової маси є ключовими показниками, які взаємопов'язані з м'язовою масою та енергетичними параметрами організму. Ці закономірності узгоджуються з даними літератури [9; 23]. Зокрема, дослідження З. Ву (Z. Wu) [28] показує, що ІМТ і вага є надійними предикторами складу тіла та енергетичних витрат у підлітків-спортсменів, а робота Г. Біелес (G. Bielec) [1] підтверджує обернено пропорційний характер взаємозв'язку між відсотком жиру та м'язовою масою.

Контрольна група після пів року залишалася морфологічно та функціонально стабільною, при цьому спостерігалися невеликі зміни у складі тіла та основному обміні. Середнє значення ваги склало $61,0 \pm 2,97$ кг, ІМТ – $20,55 \pm 1,01$ кг/м², а відсоток жиру знизився до $11,52 \pm 2,15$ %, що вказує на певне підвищення м'язової маси та зниження жирової тканини. Середній відсоток скелетних м'язів залишився на рівні $33,7 \pm 31,00$ %, а основний обмін – $1563 \pm 94,47$ ккал. Вісцеральний жир продемонстрував високу варіабельність (46 %), що свідчить про індивідуальні відмінності в метаболічних процесах у підлітків.

Аналіз нормальності розподілу показав, що всі показники перебували в межах допустимих значень, що дозволило застосовувати параметричні методи статистичного аналізу, зокрема кореляційний аналіз Пірсона. Кореляційний аналіз показав статистично значущі зв'язки між вагою, ІМТ, відсотком жиру та скелетними м'язами. Найсильніша позитивна кореляція спостерігалась між ІМТ та відсотком жиру ($r = 0,64$, $p < 0,001$), вагою та ІМТ ($r = 0,82$, $p < 0,001$), а також між відсотком жиру та вісцеральним жиром ($r = 0,72$, $p < 0,001$).

Найсильніша негативна кореляція була зафіксована між відсотком жиру та відсотком скелетних м'язів ($r = -0,89$, $p < 0,001$) та між ІМТ та відсотком скелетних м'язів ($r = -0,61$, $p = 0,001$). Єдиний незначущий зв'язок спостерігався між основним обміном та вісцеральним жиром ($r = 0,32$, $p = 0,104$).

Отримані дані свідчать про стабільність морфо-функціонального профілю підлітків контрольної групи, а також підтверджують взаємозалежність антропометричних та метаболічних показників. Це узгоджується з літературними даними щодо підліткових спортсменів різних видів спорту [2; 28] та підкреслює можливість прогнозування на основі ключових морфометричних та функціональних параметрів.

Після впровадження експериментальної програми упродовж шести місяців експериментальна група підлітків показала позитивні зміни морфо-функціонального профілю. Середня вага знизилася до $59,79 \pm 3,27$ кг при одночасному збереженні ІМТ на рівні $20,8 \pm 1,29$ кг/м², що вказує на оптимізацію співвідношення маси тіла та м'язової маси. Відсоток жиру залишався стабільним – $11,71 \pm 2,37$ %, тоді як відсоток скелетних м'язів підвищився до $37,2 \pm 1,66$ %, що свідчить про ефективність тренувальної програми для розвитку м'язової маси.

Кореляційний аналіз підтвердив значущі взаємозв'язки між основними антропометричними та функціональними показниками. Найсильніша позитивна кореляція спостерігалась між вагою та ІМТ ($r = 0,81$, $p < 0,001$), ІМТ та відсотком жиру ($r = 0,64$, $p < 0,001$), відсотком жиру та вісцеральним жиром ($r = 0,70$, $p < 0,001$). Найпомітніші негативні кореляції були між відсотком жиру та відсотком скелетних м'язів ($r = -0,88$, $p < 0,001$) та ІМТ та відсотком скелетних м'язів ($r = -0,57$, $p = 0,001$). Не виявлено значущих зв'язків між основним обміном та вісцеральним жиром ($p = 0,081$).

Отримані дані свідчать про ефективність експериментальної програми у розвитку м'язової маси та оптимізації складу тіла у підлітків, що узгоджується з літературними даними щодо адаптації юнацького організму до систематичних фізичних навантажень [1; 28].

Через 10 місяців спостережень контрольна група показала стабільність морфо-функціональних показників, що є типовим для відсутності спеціалізованої тренувальної програми (табл. 3). Середня вага збереглася на рівні $61,78 \pm 2,97$ кг, ІМТ – $20,69 \pm 0,84$, відсоток жиру – $12,42 \pm 1,66$ %, а відсоток скелетних м'язів – $34,88 \pm 0,87$ %. Розподіл показників залишався нормальним, коефіцієнти асиметрії скосу та ексцесу не перевищували критичних значень, що свідчить про нормальний розподіл даних.

Кореляційний аналіз показав сильні позитивні взаємозв'язки між вагою та ІМТ ($r = 0,82$, $p < 0,001$), ІМТ та відсотком жиру ($r = 0,65$, $p < 0,001$), а також між відсотком жиру та вісцеральним жиром ($r = 0,69$, $p < 0,001$). Сильна негативна кореляція спостерігалася між відсотком жиру та відсотком скелетних м'язів ($r = -0,88$, $p < 0,001$) та ІМТ та відсотком скелетних м'язів ($r = -0,60$, $p = 0,001$). Незначуща кореляція спостерігалася між основним обміном та вісцеральним жиром ($p = 0,082$).

Таблиця 3

**Взаємозв'язки морфо-функціональних показників у
контрольній групі через 10 місяців**

№	Змінна	1	2	3	4	5	6
1	Вага, кг	X					
2	ІМТ, кг/м ²	0,82	X				
3	% жиру	0,52	0,65	X			
4	% скелетних м'язів	-0,46	-0,60	-0,88	X		
5	Основний обмін, ккал	0,78	0,71	0,40	-0,41	X	
6	Вісцеральний жир, бали	0,44	0,57	0,69	-0,61	0,34	X

Отримані дані підтверджують, що контрольна група без спеціальної тренувальної програми не демонструє суттєвих змін у складі тіла та функціональних показниках, що узгоджується з літературними даними щодо природного розвитку дітей та підлітків без систематичних фізичних навантажень [7; 10; 17].

Через 10 місяців впровадження експериментальної програми в експериментальній групі спостерігалася підвищення показників м'язової маси (відсоток скелетних м'язів – $38,61 \pm 1,36$ %), зменшення жирової тканини (відсоток жиру – $11,10 \pm 1,73$ %) та стабілізація ІМТ на рівні $20,54 \pm 1,01$ кг/м². Середня вага залишилася на $60,21 \pm 3,12$ кг, основний обмін збільшився до $1584,14 \pm 90,42$ ккал, що свідчить про покращення метаболічних показників (табл. 4).

Кореляційний аналіз показав статистично значущі позитивні взаємозв'язки між вагою та ІМТ ($r = 0,79$, $p < 0,001$), ІМТ та % жиру ($r = 0,61$, $p < 0,001$), відсотком жиру

та вісцеральним жиром ($r = 0,69$, $p < 0,001$). Негативні кореляції відмічені між відсотком жиру та відсотком скелетних м'язів ($r = -0,85$, $p < 0,001$) та між ІМТ та відсотком скелетних м'язів ($r = -0,63$, $p = 0,001$). Незначуща кореляція спостерігалася між основним обміном та вісцеральним жиром ($p = 0,071$).

Таблиця 4

**Взаємозв'язки морфо-функціональних показників у
експериментальній групі через 10 місяців**

№	Змінна	1	2	3	4	5	6
1	Вага, кг	X					
2	ІМТ, кг/м ²	0,79	X				
3	% жиру	0,48	0,61	X			
4	% скелетних м'язів	-0,54	-0,63	-0,85	X		
5	Основний обмін, ккал	0,82	0,76	0,41	-0,38	X	
6	Вісцеральний жир, бали	0,41	0,53	0,69	-0,59	0,35	X

Дані свідчать про ефективність експериментальної програми у збільшенні м'язової маси та поліпшенні співвідношення м'язова/жирова тканина у підлітків. Результати узгоджуються з сучасними дослідженнями щодо фізичних тренувальних програм у підлітковому віці [3; 13; 14]. Таким чином, отримані результати свідчать, що впровадження спеціалізованої програми у ЕГ сприяє підвищенню м'язової маси та зменшенню жирової тканини, що є важливим критерієм ефективності тренувального процесу у боксерів підліткового віку. Таким чином, низький рівень жирової маси в ЕГ свідчить про високий рівень тренуваності та значну ефективність контрольованого тренувального навантаження. Результати підкреслюють значущість моніторингу ІМТ, ваги тіла, відсотка жиру та скелетних м'язів як ключових індикаторів для оцінки фізичного стану та потенціалу спортсменів [3, 4, 20, 15].

Обговорення. Отримані дані дали змогу простежити особливості динаміки морфо-функціональних показників боксерів 15–16 років упродовж річного макроциклу підготовки та оцінити характер взаємозв'язків між ними в контрольній та експериментальній групах.

Результати шестимісячного експерименту продемонстрували позитивні адаптивні зміни у юних боксерів 15–16 років. Така динаміка є свідченням раціональної перебудови складу тіла – зниження ваги тіла за рахунок зниження жирового компонента при збереженні або зростанні м'язового компонента. Це узгоджується з висновками низки науковців, які підкреслюють, що підлітки-боксери у період інтенсивного тренування характеризуються оптимізацією м'язово-жирового балансу без різких змін ІМТ, що вважається маркером тренувальної ефективності [9; 19; 27].

Через 10 місяців тренувальної програми виявлено ще більш виражений позитивний ефект, тобто зростання м'язової маси при одночасному зменшенні жирового компонента свідчить про ефективний вплив тренувальних навантажень на метаболічну активність. Подібні результати наведені у роботі С. Маамер зі співавторами (S. Maamer et al.) [19], де зазначено, що багатомісячні програми підготовки у боксі сприяють значному підвищенню м'язової маси та зниженню жирової складової, що напряму впливає на функціональну працездатність спортсменів. Важливим показником є зростання основного обміну після 10 місяців тренувань. Це свідчить про підвищення енергетичних витрат організму навіть у стані спокою, що пов'язано з розвитком м'язової маси. Аналогічні дані отримали Е. Франчіні зі співавторами (E. Franchini et al.) [6], які показали, що регулярні тренування в єдиноборствах підвищують рівень базового метаболізму завдяки зростанню активної м'язової тканини. Подібні результати отримали У. Гранахер зі співавторами (U. Granacher et al.) [8], які довели, що силові програми, адаптовані для юнацького віку, суттєво підвищують скелетну м'язову масу без надмірного збільшення загальної маси тіла.

Окрім того, стабільність індексу маси тіла, зафіксована у нашій експериментальній групі, відповідає віковим закономірностям росту. За даними А. Д. Роголь зі співавторами

(А. D. Rogol et al.) [24], у хлопців 15–16 років змінюється співвідношення між жировою та м'язовою масою на користь чистої маси (FFM), що може приховувати реальні позитивні морфологічні зміни при аналізі ІМТ. Отже, використання ІМТ у підлітків потребує обережної інтерпретації, і саме тому інформативнішими є показники складу тіла, які у нашому дослідженні демонструють чітку позитивну динаміку.

Таким чином, результати нашого дослідження узгоджуються з актуальними науковими тенденціями, тобто низький рівень жирової маси є характерною ознакою підготовлених спортсменів бойових видів, високий відсоток скелетної м'язової маси підтверджує ефективність тренувальних навантажень, позитивні зміни чистої маси тіла та основного обміну відповідають фізіологічним адаптаціям, що описані у сучасних програмах для підлітків.

У ході дослідження також було проаналізовано коефіцієнти кореляції між основними морфо-функціональними показниками: вагою тіла, ІМТ, відсотком жирової та м'язової маси, основним обміном та вісцеральним жиром у боксерів віком 15–16 років. Аналіз проведено на трьох етапах: початок дослідження, через 6 місяців та через 10 місяців тренувального макроциклу. У контрольній групі істотних змін основних антропометричних і функціональних показників упродовж 10 місяців не встановлено. Значення ваги тіла, відсотка жирової тканини, м'язової маси та індексу маси тіла залишалися в межах початкових величин, що свідчить про відсутність вираженої адаптаційної динаміки. Варіативність показників також була незначною, а статистично значущі відмінності не виявлені ($p > 0,05$). Це може бути зумовлено стабільним характером тренувального процесу та відсутністю спрямованих навантажень, які здатні істотно змінювати морфо-функціональний стан спортсменів підліткового віку.

На відміну від контрольної, в експериментальній групі зафіксовано статистично значущі зміни ряду показників ($p < 0,05$). Спостерігалось зростання частки скелетних м'язів, зменшення відсотка жирової тканини, зниження рівня вісцерального жиру, а також підвищення величини основного обміну. Ці зміни вказують на позитивний вплив запропонованої тренувальної програми, що була спрямована на розвиток силової витривалості та збільшення м'язової маси. Отримані результати підтверджують ефективність використаних засобів та їх здатність стимулювати корисні морфо-функціональні адаптації.

Структура кореляційних зв'язків у контрольній групі упродовж усього періоду дослідження залишалася стабільною. Високий позитивний зв'язок між індексом маси тіла та відсотком жирової тканини, а також негативний зв'язок між жировою та м'язовою масою зберігалися на всіх етапах. Це вказує на відсутність значущих перебудов у морфо-функціональній структурі спортсменів, що є характерним для групи, яка не зазнавала впливу змін у тренувальних навантаженнях.

У експериментальній групі, навпаки, зафіксовано поступову перебудову кореляційної структури. На початковому етапі вона загалом нагадувала показники контрольної групи, проте через 6 місяців відзначено підсилення взаємозв'язку між вагою тіла та величиною основного обміну, що свідчить про зростання впливу м'язової маси на енергетичні процеси. Також знижувався зв'язок між індексом маси тіла та відсотком жирової тканини, що вказує на меншу залежність ваги тіла від жирового компонента.

На завершальному етапі дослідження (10 місяців) структура кореляційних зв'язків демонструє ще чіткішу перебудову: взаємозв'язок між вагою тіла та основним обміном набуває більшої сили, тоді як роль жирового компоненту відчутно зменшується. Це може свідчити про формування нової системи регуляції, у якій м'язова маса стає визначальним фактором метаболічної активності. Зміцнення традиційно високого зв'язку між відсотком м'язів і жирової тканини підтверджує тенденцію до збільшення вираженості м'язового профілю спортсменів.

Щодо індексу маси тіла, то його стабільність при невеликих коливаннях ваги тіла в експериментальній групі є обґрунтованою з позицій вікової фізіології. У спортсменів 15–16 років продовжується природне збільшення довжини тіла, що може нейтралізувати вплив

зменшення ваги тіла. Крім того, зниження жирової маси та одночасне збільшення м'язової не завжди суттєво впливають на ІМТ, оскільки показник не враховує структуру тканин. Таким чином, індекс маси тіла у цій віковій категорії не є достатньо чутливим індикатором морфо-функціональних змін, що підтверджує необхідність аналізу складових компонентів тіла.

Із описаного вище видно, що динаміка кореляційних зв'язків у ЕГ демонструє, що спеціальна тренувальна програма сприяє не лише збільшенню м'язової маси та зниженню жирової тканини, але й покращенню взаємозалежності морфо-функціональних параметрів. У КГ, де тренування були стандартними, ці зв'язки залишилися відносно статичними, що підтверджує ефективність експериментального втручання. Зміни кореляційних зв'язків у ЕГ показують, що експериментальна програма позитивно впливає на інтегровану морфологічну адаптацію боксерів. Аналіз кореляцій дозволяє оцінити не тільки окремі показники, але й їх взаємозв'язки, що є ключовим для оптимізації тренувального процесу та індивідуалізації навантажень.

Результати експериментальної групи демонструють ефективність розробленої програми для юних боксерів, що підтверджується зростанням м'язової маси, зменшенням жирової тканини, стабільним ІМТ і підвищеним основним обміном. Це узгоджується з сучасними літературними даними і вказує на доцільність використання подібних тренувальних підходів для оптимізації морфо-функціонального розвитку юних спортсменів у віці 15–16 років. Порівняльний аналіз вказує на те, що спеціальна експериментальна програма тренувань забезпечує ефективну оптимізацію співвідношення м'язової та жирової маси, підвищення енергетичного обміну та поліпшення фізичного стану боксерів віком 15–16 років. У той же час стандартні тренування контрольної групи не викликали статистично значущих змін. Тобто впровадження структурованої та цілеспрямованої експериментальної програми є ефективним інструментом покращення морфо-функціональних показників юних боксерів, що може бути використано для індивідуалізації навантажень і прогнозування спортивних результатів.

Висновки. Із отриманих результатів видно, що після шести місяців тренувальної програми в експериментальній групі зафіксовано позитивні зміни: зниження середньої ваги до 59,79 кг при стабільному ІМТ (20,8); підвищення відсотка скелетних м'язів до 37,2 %; стабільність жирової складової (11,71 %). Це свідчить про оптимізацію співвідношення м'язової та жирової маси, що є показником ефективності тренувального впливу.

За підсумками 10 місяців виявлено зростання м'язової маси (відсоток скелетних м'язів – 38,61 %); зниження жирової тканини (відсоток жиру – 11,10 %); стабілізацію ІМТ (20,54 кг/м²) при незмінній середній вазі (60,21 кг); підвищення основного обміну (1584,14 ккал), що свідчить про покращення метаболічної активності у представників експериментальної групи боксерів віком 15–16 років.

Упродовж річного макроциклу в контрольній групі не відбулося суттєвих змін морфологічних та функціональних показників або їх кореляційних взаємозв'язків, що свідчить про відсутність вираженої тренувальної адаптації. У експериментальній групі зафіксовано позитивну динаміку більшості показників, а також поступову перебудову кореляційної структури, що відображає формування нових адаптаційних механізмів, зумовлених застосуванням спеціально розробленої програми підготовки. Отримані дані підтверджують ефективність цілеспрямованих тренувальних впливів для оптимізації морфо-функціонального стану боксерів 15–16 років.

Перспективи подальших досліджень передбачають вивчення чинників впливу на рівень взаємозв'язку між морфо-функціональними показниками боксерів віком 15–16 років на різних етапах спостереження.

Література:

1. Bielec G., Jurak D. The relationship between selected anthropometric variables and the sports results of early pubescent swimmers. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 2019. Vol. 11, № 1. P. 124–130. doi: 10.29359/BJHPA.11.1.13
2. Eston R., Reilly T. *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual. Tests, procedures and data. Volume One: Anthropometry*. London : Routledge, 2009. 328 p.

3. Faigenbaum A. D., Kraemer W. J., Blimkie C. J. R., Jeffreys I., Micheli L. J., Nitka M., Rowland T. W. Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009. Vol. 23, № 5 Suppl. P. 60–79. doi: 10.1519/JSC.0b013e31819df407
4. Faigenbaum A. D., Lloyd R. S., Myer G. D. Youth resistance training: past practices, new perspectives, and future directions. *Pediatr Exerc Sci*. 2013. 4. 591–604. doi: 10.1123/pes.25.4.591
5. Faigenbaum A. D. Strength training for children and adolescents. *Clin Sports Med*. 2000. 4. 593–619. doi: 10.1016/s0278-5919(05)70228-3
6. Franchini E., Brito C. J., Artioli G. G. Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2012. Vol. 9. P. 52. doi: 10.1186/1550-2783-9-52
7. Graf C., Koch B., Kretschmann-Kandel E. et al. Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-Project). *International Journal of Obesity*. 2004. Vol. 28, № 1. P. 22–26. doi: 10.1038/sj.ijo.0802428
8. Granacher U., Lesinski M., Büsch D., Muehlbauer T., Prieske O., Puta C., Gollhofer A., Behm D. G. Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development. *Front Physiol*. 2016. 7. 164. doi: 10.3389/fphys.2016.00164
9. Hammami M. A., Negra Y., Shephard R. J., Chelly M. S. The effect of an inter-seasonal wrestling training program on anthropometric, physiological and performance characteristics in prepubescent wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013. Vol. 27, № 12. P. 3249–3258.
10. Hasan N. A. K. A. K., Kamal H. M., Hussein Z. A. Relation between body mass index percentile and muscle strength and endurance. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*. 2016. Vol. 17, № 4. P. 367–372. DOI:10.1016/j.ejmhg.2016.01.002
11. Jürimäe T., Hills A. P. Body composition assessment in children and adolescents. Basel: Karger. Eds. 2001.
12. Kenney W. L., Wilmore J. H., Costill D. L. *Physiology of Sport and Exercise*. 6th ed. Champaign, IL : Human Kinetics, 2015.
13. Lloyd R. S., Faigenbaum A. D. et al. Position Statement on Youth Resistance Training: The 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*. 2014. Vol. 48, № 7. P. 498–505. doi: 10.1136/bjsports-2013-092952
14. Lloyd R. S., Oliver J. L. The Youth Physical Development Model. *Strength & Conditioning Journal*. 2012. Vol. 34, № 3. P. 61–72. DOI: 10.1519/SSC.0b013e31825760ea
15. Lloyd R. S., Oliver J. L. *Strength and Conditioning for Young Athletes: Science and Application*. Routledge. 2020. p. 414
16. Lohman T. G., Roche A. F., Martorell R. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, IL : Human Kinetics, 1988. ISBN 0-87322-121-4.
17. Lopes V. P., Malina R. M., Gomez-Campos R., Cossio-Bolaños M., Arruda M., Hobold E. Body mass index and physical fitness in Brazilian adolescents. *Jornal De Pediatria*. 2019. Vol. 95, № 3. P. 358–365. doi: 10.1016/j.jpmed.2018.04.003
18. Lukaski H. C. *Body Composition: Health and Performance in Exercise and Sport*. 1st ed. London : Taylor & Francis Group, 2017. 401 p. <https://doi.org/10.1201/9781351260008>
19. Maamer S., Chaabene H., Davis P., Franchini E. Performance Aspects and Physiological Responses in Male Amateur Boxing Competitions: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017. Vol. 31, № 4. P. 1132–1141. doi: 10.1519/JSC.0000000000001643
20. Malina R. M., Bouchard C., Bar-Or O. *Growth, maturation, and physical activity*. 2nd ed. Champaign, IL : Human Kinetics, 2004.
21. Malina R. M., Rogol A. D., Cumming S. P. et al. Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*. 2015. Vol. 49, № 13. P. 852–859. doi: 10.1136/bjsports-2015-094623
22. McArdle W. D., Katch F. I., Katch V. L. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Philadelphia : Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2015. 1028 p.

23. Merlo R., Rodríguez-Chávez Á., Gómez-Castañeda P. E., Rojas-Jaramillo A., Petro J. L., Kreider R. B., Bonilla D. A. Profiling the Physical Performance of Young Boxers with Unsupervised Machine Learning: A Cross-Sectional Study. *Sports*. 2023. Vol. 11. P. 131. doi: 10.3390/sports11070131
24. Rogol A. D., Clark P. A., Roemmich J. N. Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr*. 2000. Vol. 72. Is. 2. P. 521S–528S. doi: 10.1093/ajcn/72.2.521S
25. Stricker P. R., Faigenbaum A. D., McCambridge T. M. COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS. Resistance Training for Children and Adolescents. *Pediatrics*. 2020. 145(6). e20201011. doi: 10.1542/peds.2020-1011
26. Wilmore I. H., Costill D. L., Kenney L. W. *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL : Human Kinetics, 2012.
27. Wilson D. C., Ruddock A., Ranchordas M. K. Mayur K. R., Stephen W. T., Rogerson D. Physical profile of junior and senior amateur boxers. *Journal of Physical Education and Sport*. 2020. Vol. 20, № 6. P. 3452–3459. DOI:10.7752/jpes.2020.06466
28. Wu Z., Ma Y., Zhang X., Zhang Q. Body Mass Index and Sport Type as Predictors of Strength, Power, and Agility in Adolescent Athletes: A Cross-Sectional Study. *European Journal of Sport Sciences*. 2025. Vol. 4, № 4. P. 15–24. <https://doi.org/10.24018/ejsport.2025.4.4.244>

References:

1. Bielec, G., & Jurak, D. (2019). The relationship between selected anthropometric variables and the sports results of early pubescent swimmers. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 11(1), 124–130. doi: 10.29359/BJHPA.11.1.13 [in English].
2. Eston, R., & Reilly, T. (2009). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual. Tests, procedures and data. Volume One: Anthropometry*. Routledge [in English].
3. Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J. R., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5 Suppl), S60–S79. doi: 10.1519/JSC.0b013e31819df407 [in English].
4. Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., Myer, G. D. (2013). Youth resistance training: past practices, new perspectives, and future directions. *Pediatr Exerc Sci.*, 4, 591–604. doi: 10.1123/pes.25.4.591 [in English].
5. Faigenbaum, A. D. (2000). Strength training for children and adolescents. *Clin Sports Med.*, 4, 593–619. doi: 10.1016/s0278-5919(05)70228-3 [in English].
6. Franchini, E., Brito, C. J., & Artioli, G. G. (2012). Weight loss in combat sports: Physiological, psychological and performance effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9, 52. doi: 10.1186/1550-2783-9-52 [in English].
7. Graf, C., Koch, B., Kretschmann-Kandel, E., Falkowski, G., Christ, H., Coburger, S., Lehmacher, W., Bjarnason-Wehrens, B., Platen, P., Tokarski, W., Predel, H. G., & Dordel, S. (2004). Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-Project). *International Journal of Obesity*, 28(1), 22–26. doi: 10.1038/sj.ijo.0802428 [in English].
8. Granacher, U, Lesinski, M, Büsch, D, Muehlbauer, T, Prieske, O, Puta, C, Gollhofer, A, Behm, DG. (2016). Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development. *Front Physiol*. May 9;7:164. doi: 10.3389/fphys.2016.00164 [in English].
9. Hammami, M. A., Negra, Y., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2013). The effect of an inter-seasonal wrestling training program on anthropometric, physiological and performance characteristics in prepubescent wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(12), 3249–3258 [in English].
10. Hasan, N. A. K. A. K., Kamal, H. M., & Hussein, Z. A. (2016). Relation between body mass index percentile and muscle strength and endurance. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 17(4), 367–372. DOI:10.1016/j.ejmhg.2016.01.002 [in English].
11. Jürimäe, T, Hills, A P. (2001). Body composition assessment in children and adolescents. Basel: Karger. Eds. [in English].

12. Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2015). *Physiology of sport and exercise* (6th ed.). Human Kinetics [in English].
13. Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., et al. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 international consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 498–505. doi: 10.1136/bjsports-2013-092952 [in English].
14. Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61–72. DOI: 10.1519/SSC.0b013e31825760ea [in English].
15. Lloyd, R. S., Oliver, J. L. (2020). *Strength and Conditioning for Young Athletes: Science and Application*. Routledge. p. 414. [in English].
16. Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Human Kinetics. [in English].
17. Lopes, V. P., Malina, R. M., Gomez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., Arruda, M., & Hobold, E. (2019). Body mass index and physical fitness in Brazilian adolescents. *Jornal de Pediatria*, 95(3), 358–365. doi: 10.1016/j.jped.2018.04.003 [in English].
18. Lukaski, H. C. (2017). *Body composition: Health and performance in exercise and sport* (1st ed.). Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781351260008> [in English].
19. Maamer, S., Chaabene, H., Davis, P., & Franchini, E. (2017). Performance aspects and physiological responses in male amateur boxing competitions: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 1132. doi: 10.1519/JSC.0000000000001643 [in English].
20. Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed.). Human Kinetics. [in English].
21. 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: 10.1136/bjsports-2015-094623 [in English].
22. McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins. [in English].
23. Merlo, R., Rodríguez-Chávez, Á., Gómez-Castañeda, P. E., Rojas-Jaramillo, A., Petro, J. L., Kreider, R. B., & Bonilla, D. A. (2023). Profiling the physical performance of young boxers with unsupervised machine learning: A cross-sectional study. *Sports*, 11, 131. doi: 10.3390/sports11070131 [in English].
24. Rogol, A.D., Clark, P.A., & Roemmich, J.N. (2000). Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr.*, Vol. 72, Is. 2, 521S–528S. doi: 10.1093/ajcn/72.2.521S [in English].
25. Stricker, P.R., Faigenbaum, A.D., & McCambridge, T. M. (2020). COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS. Resistance Training for Children and Adolescents. *Pediatrics*. Jun;145(6):e20201011. doi: 10.1542/peds.2020-1011 [in English].
26. Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2012). *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics. [in English].
27. Wilson, D. C., Ruddock, A., Ranchordas, M. K., Thompson, S. W., & Rogerson, D. (2020). Physical profile of junior and senior amateur boxers. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(6), 3452–3459. DOI:10.7752/jpes.2020.06466 [in English].
28. Wu, Z., Ma, Y., Zhang, X., & Zhang, Q. (2025). Body mass index and sport type as predictors of strength, power, and agility in adolescent athletes: A cross-sectional study. *European Journal of Sport Sciences*, 4(4), 15–24. <https://doi.org/10.24018/ejsport.2025.4.4.244> [in English].

Voronchak Mykola, Kutseriyb Tetiana, Rykhal Volodymyr

INTERRELATIONSHIPS OF MORPHO-FUNCTIONAL INDICATORS IN 15–16-YEAR-OLD BOXERS DURING A YEAR-LONG TRAINING MACROCYCLE

Relevance of the problem. The study of interrelationships between morpho-functional indicators provides objective information for optimizing the educational and training process, individualizing loads, and predicting athletic performance. **Purpose of the study:** To identify the interrelationships of morpho-functional indicators in boxers aged 15–16 years throughout

a year-long training macrocycle. **Materials and Methods.** Methods included theoretical analysis and synthesis, document analysis, pedagogical observation, pedagogical experiment, and methods of mathematical statistics. Bioimpedance analyzers Omron BF-511 were used to assess the following indicators: body weight (kg); body mass index (BMI, kg/m²); percentage of fat tissue and skeletal muscle (%); basal metabolic rate (kcal); visceral fat (points). The pedagogical experiment lasted 10 months – from September 2024 to June 2025. **Results.** After six months of the training program, the experimental group showed positive changes: a reduction in average weight to 59.79 kg with a stable BMI (20.8 kg/m²); an increase in skeletal muscle percentage to 37.2%; and stability in fat percentage (11.71%). These results indicate an optimized ratio of muscle to fat mass, which reflects the effectiveness of the training intervention. After 10 months, further improvements were observed: skeletal muscle percentage increased to 38.61%; fat percentage decreased to 11.10%; BMI stabilized at 20.54 kg/m² with unchanged average weight (60.21 kg); and basal metabolic rate rose to 1584.14 kcal, indicating enhanced metabolic activity in the experimental group of 15–16-year-old boxers. **Conclusions.** Body mass index, weight, and fat indicators can be used as key markers for assessing the physical condition and athletic potential of young boxers. Their relationship with muscle mass and energy parameters enables evidence-based adjustments to the training process.

Key words: indicators, objectivity, correlation, changes, preparedness, adaptation.

Дата надходження статті: 04.11.2025

Дата прийняття статті: 27.11.2025

Опубліковано: 26.12.2025