



**ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:**  
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

## **ФІЗИЧНА ОСВІТА І СПОРТ**

УДК 613.71:796.81

**DOI** <https://doi.org/10.5281/zenodo.13380354>

### **Вплив фізичного розвитку і стану стопи на динамічну рівновагу дітей, що займаються рукопашним боєм**

**Гончарова Наталія Миколаївна**

доктор наук з фізичного виховання і спорту, доцент, доцент кафедри кінезіології та фізкультурно-спортивної реабілітації Національного університету фізичного виховання і спорту України, 03150, м. Київ, вул. Фізкультури, 1, Україна, ORCID <http://orcid.org/0000-0002-3000-9044>

**Довганінець Олег Леонідович**

викладач кафедри кінезіології та фізкультурно-спортивної реабілітації Національного університету фізичного виховання і спорту України, 03150, м. Київ, вул. Фізкультури, 1, Україна, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6881-5474>

**Прийнято: 18.08.2024 | Опубліковано: 29.08.2024**

**Анотація.** Важливим напрямом досліджень є встановлення впливу антропометричних і демографічних показників та інформації щодо плоскостопості у молодших школярів, які займаються рукопашним боєм, на їх динамічну рівновагу. **Мета.** Вивчення динаміки розвитку динамічної рівноваги та визначення віково-статевих відмінностей між взаємозв'язками фізичного



розвитку, станом стопи та рівновагою у дітей молодшого шкільного віку, які займаються рукопашним боєм. **Методи.** Застосовано такі методи як теоретичний аналіз даних науково-методичної і спеціальної літератури, антропометричні методи дослідження, а також статистичний аналіз. **Результати.** Доведено, що існують віково-статеві особливості розвитку динамічної рівноваги у дітей, які займаються рукопашним боєм. Хлопцям властива краща динамічна рівновага за показниками FRT і LRT, а дівчатам – за Y-тестом. Досліджувані показники у хлопців і дівчат мають тенденцію до зростання з віком. Виключенням стали показники FRT для лівої нижньої кінцівки. У дітей у 8 років ці показники досягли піку, а потім дещо знизилися в 9 років і стабілізувалися. Молодші школярі, які займаються рукопашним боєм, характеризуються кращими показниками рівноваги для лівої нижньої кінцівки порівняно з правою за усіма тестами. На основі антропометричних характеристик, індексів оцінки стоп і демографічних даних нами побудовано GRM-моделі. Вони дозволяють прогнозувати показники динамічної рівноваги молодших школярів, що займаються рукопашним боєм. Розроблені моделі є статистично значущими ( $p < 0,05$ ) і пояснюють від 35,3 до 56,2 % загальної дисперсії. Показники динамічної рівноваги у хлопців кращі, ніж у дівчат. Відсутність плоскостопості сприяє підвищенню FRT у дівчат. На відміну від хлопців з нормальною стопою, хлопці з плоскостопістю за Y-тестом показують кращий результат динамічної рівноваги. Дівчата з нормальною стопою демонструють найкраще виконання Y-тесту серед усіх обстежених дітей. **Висновки.** Поєднання таких факторів як стан і будова стопи з показниками фізичного розвитку впливає на показники динамічної рівноваги у молодших школярів, що займаються рукопашним боєм.

**Ключові слова:** молодші школярі, рукопашний бій, рівновага, стопа, вплив.



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:  
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

## **Relationship between anthropometric characteristics, foot type, and dynamic balance in child martial artists**

**Goncharova Nataliia**

Doctor of Science in Physical Education and Sports, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Kinesiology and Sports Rehabilitation, National University of Ukraine on Physical Education and Sport, 1, Fizkultury St., Kyiv, 03150, Ukraine, ORCID <http://orcid.org/0000-0002-3000-9044>

**Dovhaninets Oleh**

Lecturer at the Department of Kinesiology and Sports Rehabilitation, National University of Ukraine on Physical Education and Sport, 1, Fizkultury St., Kyiv, 03150, Ukraine, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6881-5474>

**Abstract.** An important area of research is establishing the influence of anthropometric and demographic indicators and information about flat feet in junior high school students engaged in hand-to-hand combat on their dynamic balance.

**Objective.** The study of the dynamics of postural stability and the determination of age and sex differences in the relationships between physical development, foot arch, and balance in primary school-aged children engaged in wrestling. **Methods.** We used such research methods as: theoretical data analysis of scientific and methodological and special literature, anthropometric research methods, as well as statistical analysis.

**Results.** It has been proven that there are age-sex characteristics of the development of dynamic balance in children engaged in hand-to-hand combat. Boys have better dynamic balance according to the FRT and LRT indicators, and girls - according to the Y-test. The studied indicators in boys and girls tend to increase with age. The



exception was the FRT indicators for the left lower limb. In children at the age of 8, these indicators reached a peak, and then slightly decreased at the age of 9 and stabilized. Younger schoolchildren engaged in hand-to-hand combat are characterized by better balance indicators for the left lower limb compared to the right in all tests. We built GRM (General Regression Models) based on anthropometric characteristics, foot evaluation indices and demographic data. They make it possible to predict dynamic balance indicators of junior high school students engaged in hand-to-hand combat. The developed models are statistically significant ( $p < 0.05$ ) and explain from 35.3 to 56.2% of the total variance. The indicators of dynamic balance in boys are better than in girls. The absence of flat feet contributes to an increase in FRT in girls. In contrast to boys with normal feet, boys with flat feet show a better result of dynamic balance according to the Y-test. Girls with a normal foot show the best performance of the Y-test among all the examined children. **Conclusions.** The combination of such factors as the condition and structure of the foot with indicators of physical development affects the indicators of dynamic balance in younger schoolchildren engaged in hand-to-hand combat.

**Keywords:** younger schoolchildren, hand-to-hand combat, balance, foot, influence.

**Вступ.** Ефективність рухових дій спортсмена з рукопашного бою багато в чому залежить від здатності зберігати рівновагу. По-перше, хороша рівновага допомагає бійцю залишатися стійким і контролювати своє тіло, що особливо важливо при виконанні атакуючих та захисних рухових дій. По-друге, здатність зберігати баланс дозволяє виконувати рухи більш ефективно та з меншими витратами енергії, що забезпечує довше збереження сили та витривалості протягом бою. Крім того, збереження рівноваги під час рухових дій у



рукопашному бої знижує ризик падінь, що може бути критичним під час сутички із супротивником через вразливість та втрату контролю над ситуацією.

Порушення опорно-ресорних властивостей стопи, зокрема плоскостопість, можуть негативно впливати на розвиток координації рухів у дітей. Незважаючи на численні дослідження, присвячені аналізу координаційних здібностей дітей, існує недостатньо даних про вплив цих порушень на розвиток координації рухів у юних спортсменів з рукопашного бою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Динамічний постуральний контроль є передумовою розвитку основних рухових навичок у дітей [8]. Тому значна кількість дослідників зосереджується на вивченні динаміки розвитку рівноваги та її взаємозв'язку з іншими руховими навичками. Вчені досліджують віково-статеві відмінності динамічної рівноваги у дітей [14], перевіряють ефективність і надійність тестів на визначення динамічної рівноваги у молодших школярів [8], розробляють нормативні еталонні значення для функціональних, латеральних і косих тестів на дотягування у дітей [15].

Внаслідок вивчення зв'язків між рівновагою і силою м'язів нижніх кінцівок Т. Muehlbauer зі співавт. [9] встановили, що у дітей спостерігається незначна, але значно більша кореляція між цими показниками, ніж у представників інших вікових груп.

У ході дослідження за допомогою покрокової регресії, міжнародна група дослідників на чолі з Reem S. Alotaib [5] розробила прогностичні моделі для оцінки виконання функціональних тестів на пряме (FRT) та бічне дотягування (LRT) у дітей 6-11 років. Автори свідчать, що вік та довжина тіла є найважливішими предикторами результатів FRT і LRT у дітей.

Оскільки динамічна рівновага – це ключовий компонент у багатьох видах спорту, знижені показники якої супроводжуються підвищеним ризиком



отримання травм та падінь [9], особливо актуальними є дослідження, спрямовані на оцінку динамічної рівноваги юних спортсменів та встановлення факторів, які впливають на їхню здатність зберігати рівновагу при виконанні рухових дій. Одним із негативних факторів впливу може бути плоскостопість.

За різними даними поширеність плоскостопості складає від 16,1 % до 20 % у дівчат до 35 % у хлопців [6, 10]. Згідно з дослідженнями вітчизняних науковців, від 40 до 60 % дітей мають плоскостопість, найхарактернішими ознаками якої є швидка втомлюваність і больові відчуття в нижніх кінцівках під час виконання рухових дій [3, 16]. При цьому у 25 – 33,9 % юних спортсменів реєструють порушення опорно-ресорної функції стопи і їхня частка зростає [13]. Причому надмірні навантаження на стопу юних спортсменів можуть слугувати додатковим фактором ризику плоскостопості [7].

Серед вчених немає однозначного бачення того, як плоскостопість впливає на формування й розвиток рухових навичок і техніки виконання рухових дій юних спортсменів. А. Tudor зі співав. [15] оприлюднили дані, в яких доведено відсутність негативного впливу плоскостопості на рухові навички дітей 11 – 15 років, необхідні для спортивних досягнень. Варто підкреслити, що серед інших рухових навичок автори досліджували й рівновагу. Разом з тим, О. Шинкарук зі співав. [4] навела переконливі докази того, що юні баскетболісти 8 – 9 років із порушеннями опорно-ресорних властивостей стопи мають більш низькі показники виконання технічних елементів, які вимагають високої рівноваги.

Не зважаючи на те, що заняття рукопашним боєм висуває значні вимоги до координації рухів, сили та швидкості, що робить його чутливим до порушень балансу [2], у ході аналізу науково-методичної і спеціальної літератури нами не виявлено наукових розвідок, спрямованих на вивчення впливу фізичного розвитку і стану стопи на рівновагу юних спортсменів, що



займаються рукопашним боєм. Відтак окреслене питання є важливим напрямком досліджень.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.**

Рукопашний бій, як вид спорту, що вимагає високої координації рухів, особливо вразливий до порушень опорно-рухового апарату. Ми припускаємо, що існують віково-статеві особливості розвитку динамічної рівноваги, а такі фактори як будова стопи, наявність плоскостопості та показники фізичного розвитку взаємодіють між собою, впливаючи на розвиток координації рухів у юних спортсменів.

Потенційний внесок полягатиме у розширенні знань про фактори та їхнє поєднання, що впливають на показники динамічної рівноваги у дітей 7 – 10 років, які займаються рукопашним боєм.

Дослідження виконано відповідно до плану НДР Національного університету фізичного виховання і спорту України на 2021-2025 рр. за темою 3.2 «Теоретико-методичні основи біомеханічних технологій у фізичному вихованні, спорті, реабілітації з урахуванням індивідуальних особливостей моторики людини», номер державної реєстрації 0121U107944.

**Формулювання цілей статті.** Вивчення динаміки розвитку динамічної рівноваги та визначення віково-статевих відмінностей між взаємозв'язками фізичного розвитку, станом стопи та рівновагою у дітей молодшого шкільного віку, які займаються рукопашним боєм.

Застосовано такі методи як теоретичний аналіз даних науково-методичної і спеціальної літератури, антропометричні методи дослідження, а також статистичний аналіз.

Для оцінки впливу фізичного розвитку, характеристик стопи та інших факторів на динамічну рівновагу у дітей, які займаються рукопашним боєм, було проведено кореляційний та регресійний аналіз. У дослідженні взяли



участь 81 дитина молодшого шкільного віку. Для побудови моделей був використаний ієрархічний лінійний регресійний аналіз з використанням загальних лінійних моделей (GLM), які є гнучким і потужним інструментом аналізу даних різної природи і використовується вченими у галузі фізичного виховання [1]. Параметризація моделі здійснювалась за допомогою сігма-обмеження, що дозволило порівняти вплив різних рівнів категоріальних предикторів. Для оцінки значущості ефектів застосовувалися суми квадратів типу IV, що є більш консервативним підходом і особливо корисним при наявності незбалансованих даних.

Залежними змінними виступали показники динамічної рівноваги (LRT, FRT, Y-тест), а незалежними – антропометричні характеристики (маса тіла, IMT, довжина і ширина стоп, кути Dahle), індекси оцінки стоп (Вейфслога та Очерета) і демографічні дані (стать, вік). Оскільки між окремими показниками правої і лівої стоп спостерігалася висока кореляція ( $r > 0,7$ ), а відмінності між ними були статистично не значущими ( $p > 0,05$ ), для зменшення мультиколінеарності в модель було введено їх середні значення. Для Y-тесту, де було 6 взаємопов'язаних вхідних показників, була побудована модель множинної лінійної регресії. Вибір множинної регресії був обумовлений необхідністю оцінити одночасний вплив всіх предикторів на залежну змінну.

Показники FRT і LRT розглядалися без перетворення, оскільки вони демонстрували статистично значущі ( $p < 0,05$ ) відмінності для правої і лівої нижньої кінцівки.

Якість моделей оцінювалась за допомогою стандартних статистичних критеріїв, таких як коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ), F-статистика і p-значення. За рівень значущості прийнято величину рівну 0,05.

Опис набору даних для моделювання наведено в таблиці (табл. 1)



**Таблиця 1**

*Опис набору даних для моделювання*

| Показники |            | Спосіб отримання даних                             | Шкала вимірювання                      |
|-----------|------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Залежні   | FRT (п)    | без перетворення                                   | Неперервна                             |
|           | FRT (л)    | без перетворення                                   | Неперервна                             |
|           | LRT (п)    | без перетворення                                   | Неперервна                             |
|           | LRT (л)    | без перетворення                                   | Неперервна                             |
|           | Y-тест, см | $Y_1 = -3,028 + 0,558 \cdot Y_4 + 0,441 \cdot Y_6$ | Неперервна                             |
|           | v1         | Вік, років                                         | Неперервна                             |
| Незалежні | v2         | Кут Dahle, градус (п)                              | Неперервна                             |
|           | v3         | Кут Dahle, градус (л)                              | Неперервна                             |
|           | v4         | Довжина стопи, см                                  | Неперервна                             |
|           | v5         | ІМТ, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$               | Неперервна                             |
|           | v6         | Ширина стопи, см                                   | Неперервна                             |
|           | v7         | Маса тіла, кг                                      | Неперервна                             |
|           | v8         | Стать                                              | кодування: 0 – жіноча; 1 – чоловіча    |
|           | v9         | I Вейфслога                                        | кодування: 1 – нормальна стопа; 0 – ні |
|           | v10        | I Очерета                                          | кодування: 1 – нормальна стопа; 0 – ні |
|           |            |                                                    | Категоріальна                          |

Примітка: І – індекс; п – права, л – ліва стопи/нижні кінцівки;  $Y_1$  –  $Y$  передній (права нижня кінцівка);  $Y_4$  –  $Y$  передній (ліва нижня кінцівка);  $Y_6$  –  $Y$  задньолатеральний (ліва нижня кінцівка)

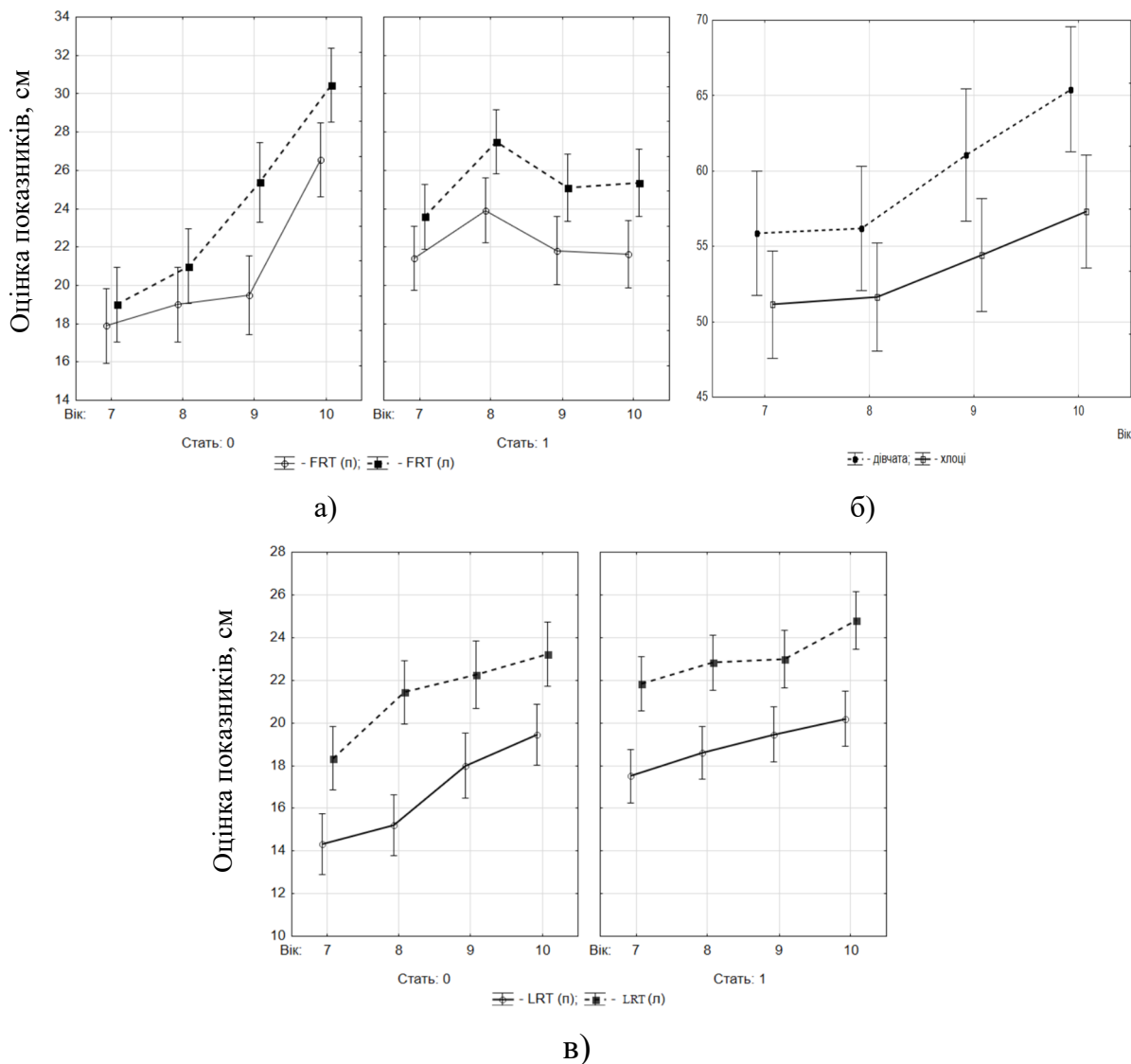
Аналіз проводився в програмному пакеті Statistica версії 10.0.

**Результати дослідження.** У ході моделювання результатів експерименту ми розробили статистичні GLM-моделі, які дозволили вивчити динаміку та оцінити вплив різних фізичних характеристик і тренувальних навантажень на динамічну рівновагу (здатність зберігати вертикальне положення тіла під час руху) дітей 7-10 років, які займаються рукопашним боєм.

Установлено, що динаміка показників динамічної рівноваги за LRT характеризується: поступовим зростанням з віком; переважанням показників у хлопців; і у хлопців, особливо в 7 і 8 років (потім відмінності згладжуються); кращими показниками лівої нижньої кінцівки порівняно з правою (Лямбда Уїлкса=0,502;  $F(15, 190,88)=3,609$ ;  $p<0,05$ ) (рис. 1-в). За Y-тестом підвищені результати зафіксовано у дівчат; у 7-8 років прирости показника незначні; після



8 років починається зростання показника, який у цій віковій групі досягає максимуму в 10 років незалежно від статі (рис. 1-б).



**Рисунок 2 – Віково-статева динаміка показників динамічної рівноваги, де**  
а) FRT; б) Y-тест; в) LRT; вертикальні стовпці дорівнюють 0,95 довірчих інтервалів

Показник FRT для кожної із кінцівок у дівчат свідчить про тенденцію, аналогічну до динаміки LRT. Відмінністю є різке збільшення показника з 9 до 10 років. У от у хлопців пік його зростання припадає на 8 років, коли величина показника значно переважає результати дівчат такого ж віку. У 9 років показник знижується й стабілізується, що може бути пов'язаним із новим сплеском



розвитку динамічної рівноваги у хлопців, які займаються рукопашним боєм вже після 10 років.

За результатами GLM-аналізу із доданням до віково-статевих інших досліджуваних показників отримано наступні моделі прогнозування оцінок показників динамічної рівноваги:

$$FRT_{\Pi} = 2,31 + 0,11 \cdot \text{Кут } Dahle_{\Pi} - 1,20 \cdot C * \text{Стан стопи за IO}(1) \quad (1)$$

$$FRT_{\Delta} = 18,31 + 1,70 \cdot \text{Вік} \quad (2)$$

$$LRT_{\Pi} = 18,10 + 0,86 \cdot \text{Вік} - 1,40 \cdot C(0) \quad (3)$$

$$LRT_{\Delta} = 22,91 + 0,89 \cdot \text{MT} + 3,01 \cdot \text{Стать}(0) - 2,05 \cdot C * \text{Стан стопи за IO}(1) \quad (4)$$

$$Y = 39,31 + 0,11 \cdot \text{Кут } Dahle_{\Pi} - 1,20 \cdot C * \text{Стан стопи за IO}(1) \quad (5),$$

де Стан стопи за IO(1) – нормальна стопа за індексом Очерета; MT – маса тіла; C(0) – дівчата; C(1) – хлопці

Збільшення кута Dahle правої стопи на 1 градус зумовлює збільшення показника FRT для правої нижньої кінцівки на 0,11 см, а відсутність плоскостопості у хлопців, навпаки, призводить до зменшення показника на 1,20 см. Зростання віку супроводжується збільшенням FRT для лівої нижньої кінцівки на 1,70 см за кожен рік. Водночас LRT для правої нижньої кінцівки зростає з кожним роком дитини на 0,86 см, але якщо це дівчина, показник зменшується на 1,40 см. На показник LRT для лівої нижньої кінцівки позитивно впливає маса тіла і жіноча стать і негативно – чоловіча стать і відсутність плоскостопості. Так само, чоловіча стать і відсутність плоскостопості негативно впливає на результат Y-тесту, а позитивно – кут Dahle правої стопи.

Для більш наочного порівняння впливу різних факторів в таблиці (табл. 2) представлені стандартизовані коефіцієнти GLM-моделей та їхні 95% довірчі інтервали.



**Таблиця 2**

*Зведена таблиця GLM-моделей: стандартизовані коефіцієнти*

| V         | Модель I |              | Модель II |             | Модель III |              | Модель IV |              | Модель V |              |
|-----------|----------|--------------|-----------|-------------|------------|--------------|-----------|--------------|----------|--------------|
|           | $\beta$  | 95% ДІ       | $\beta$   | 95% ДІ      | $\beta$    | 95% ДІ       | $\beta$   | 95% ДІ       | $\beta$  | 95% ДІ       |
| v1        | 0,14     | -0,22; 0,51  | 0,45      | 0,11; 0,80  | 0,35       | 0,04; 0,65   | 0,39      | 0,04; 0,74   | -0,07    | -0,37; 0,23  |
| v2        | 0,32     | 0,04; 0,61   | 0,26      | -0,01; 0,53 | -0,08      | -0,32; 0,15  | -0,17     | -0,45; 0,10  | -0,03    | -0,27; 0,20  |
| v3        | -0,12    | -0,44; 0,19  | -0,22     | -0,51; 0,08 | -0,20      | -0,46; 0,06  | 0,03      | -0,27; 0,33  | -0,07    | -0,33; 0,19  |
| v4        | -0,10    | -0,81; 0,60  | -0,17     | -0,83; 0,50 | 0,21       | -0,38; 0,80  | 0,03      | -0,65; 0,72  | 0,43     | -0,15; 1,01  |
| v5        | -0,40    | -0,91; 0,11  | -0,41     | -0,90; 0,07 | -0,30      | -0,72; 0,13  | -0,30     | -0,79; 0,19  | -0,39    | -0,81; 0,02  |
| v6        | 0,26     | -0,25; 0,76  | 0,06      | -0,41; 0,54 | -0,10      | -0,52; 0,32  | -0,05     | -0,54; 0,44  | -0,16    | -0,57; 0,26  |
| v7        | 0,46     | -0,27; 1,19  | 0,42      | -0,27; 1,12 | 0,32       | -0,29; 0,93  | 0,25      | -0,46; 0,96  | 0,75     | 0,15; 1,35   |
| v8        | -0,09    | -0,43; 0,24  | -0,31     | -0,62; 0,01 | -0,50      | -0,77; -0,22 | -0,43     | -0,75; -0,11 | 0,41     | 0,13; 0,68   |
| v9        | 0,01     | -0,28; 0,30  | 0,09      | -0,18; 0,36 | 0,09       | -0,15; 0,33  | -0,01     | -0,29; 0,27  | 0,23     | -0,01; 0,46  |
| v10       | 0,09     | -0,19; 0,38  | 0,01      | -0,26; 0,29 | -0,02      | -0,26; 0,22  | 0,00      | -0,28; 0,28  | -0,02    | -0,26; 0,22  |
| v8*v9     | 0,04     | -0,27; 0,35  | -0,20     | -0,49; 0,10 | 0,04       | -0,22; 0,30  | -0,05     | -0,36; 0,25  | 0,13     | -0,13; 0,38  |
| v8*v10    | -0,32    | -0,63; -0,01 | 0,03      | -0,26; 0,33 | -0,04      | -0,30; 0,22  | 0,04      | -0,26; 0,34  | -0,28    | -0,53; -0,02 |
| v9*v10    | -0,15    | -0,44; 0,14  | -0,14     | -0,41; 0,14 | 0,11       | -0,14; 0,35  | -0,01     | -0,30; 0,27  | 0,15     | -0,09; 0,39  |
| v8*v9*v10 | -0,15    | -0,45; 0,16  | 0,12      | -0,17; 0,40 | 0,08       | -0,17; 0,33  | 0,06      | -0,24; 0,35  | -0,16    | -0,41; 0,09  |

Примітка: V – предиктори та їх поєднання (див. табл. 1); 95% ДІ – довірчий інтервал, в межах якого з ймовірністю 95% знаходиться справжнє значення параметра

У ході оцінки якості розроблених моделей, було проаналізовано значення коефіцієнтів детермінації  $R^2$  (табл. 3).

**Таблиця 3**

*Оцінка якості моделей*

| Моделі | Залежна змінна | $R^2$ | Таблиця дисперсійного аналізу (ANOVA) |              |              |               |               |               |       |        |
|--------|----------------|-------|---------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-------|--------|
|        |                |       | SS<br>Модель                          | df<br>Модель | MS<br>Модель | SS<br>Залишок | df<br>Залишок | MS<br>Залишок | F     | p      |
| I      | FRT (п)        | 0,353 | 399,86                                | 14           | 28,56        | 731,70        | 66            | 11,09         | 2,576 | 0,0051 |
| II     | FRT (л)        | 0,419 | 610,24                                | 14           | 43,59        | 846,82        | 66            | 12,83         | 3,397 | 0,0004 |
| III    | LRT (п)        | 0,550 | 345,08                                | 14           | 24,65        | 282,72        | 66            | 4,28          | 5,754 | 0,0000 |
| IV     | LRT (л)        | 0,392 | 236,29                                | 14           | 16,88        | 366,99        | 66            | 5,56          | 3,035 | 0,0012 |
| V      | Y-тест         | 0,562 | 2464,84                               | 14           | 176,06       | 1919,99       | 66            | 29,09         | 6,052 | <0,05  |

Примітка:  $R^2$  – якість підгонки моделі; SS Модель – сума квадратів відхилень, що пояснюється моделлю; SS Залишок – сума квадратів відхилень, що не пояснюється моделлю (помилки); MS – середній квадрат; df – ступені вільності; F – статистика Фішера; p – досягнутий рівень значущості



Найменше значення  $R^2$  спостерігається у моделі прогнозування показника FRT для правої нижньої кінцівки. Значення  $R^2$  рівне 0,562 для Y-тесту вказує на те, що модель досить добре (на 56,2 %) пояснює варіацію даних. Решта моделей пояснюють від 39,2 до 55,0 % загальної дисперсії. За критерієм Фішера всі розроблені GLM-моделі виявилися статистично значущими ( $p < 0,05$ ).

Порівнюючи отримані результати з даними літератури, ми звернули увагу на цікавий факт, згідно з яким нормативні значення відрізняються в залежності від країни та регіону проживання для саудовських, індійських та турецьких дітей. Тобто показники динамічної рівноваги мають етнічні особливості. Внаслідок дослідження Reem S. Alotaib [5] розробив моделі для дітей Саудівської Аравії 6-11 років, які пояснюють 34 і 27 % загальної дисперсії відповідно і мають вигляд:

$$FRT = -3,22 + 0,12 \cdot \text{Довжина тіла} + 0,75 \cdot \text{вік} \quad (6)$$

$$LRT = 3,83 + 1,10 \cdot \text{вік} \quad (7)$$

В українських дітей маса тіла виявилась більш інформативним показником для прогнозу оцінок динамічної рівноваги порівняно з довжиною тіла. Моделі, до яких на етапах моделювання ми включили довжину тіла, виявилися менш якісними й інтерпретованими. Натомість маса тіла є найзначимішим для прогнозу результатів виконання Y-тесту. Вета-коефіцієнт 0,75 свідчить, що при зростанні тіла на кожен кілограм результат Y-тесту покращується на 0,75 стандартних відхилення. Такі ж висновки декларує і J.S. Tedla зі співав. [8]. Автори оприлюднили регресійні моделі, в яких  $\beta$ -коефіцієнти при масі тіла для прогнозу FRT та LRT становлять 0,788 і 0,708 відповідно, що перевищує ці коефіцієнти при довжині тіла та ІМТ.

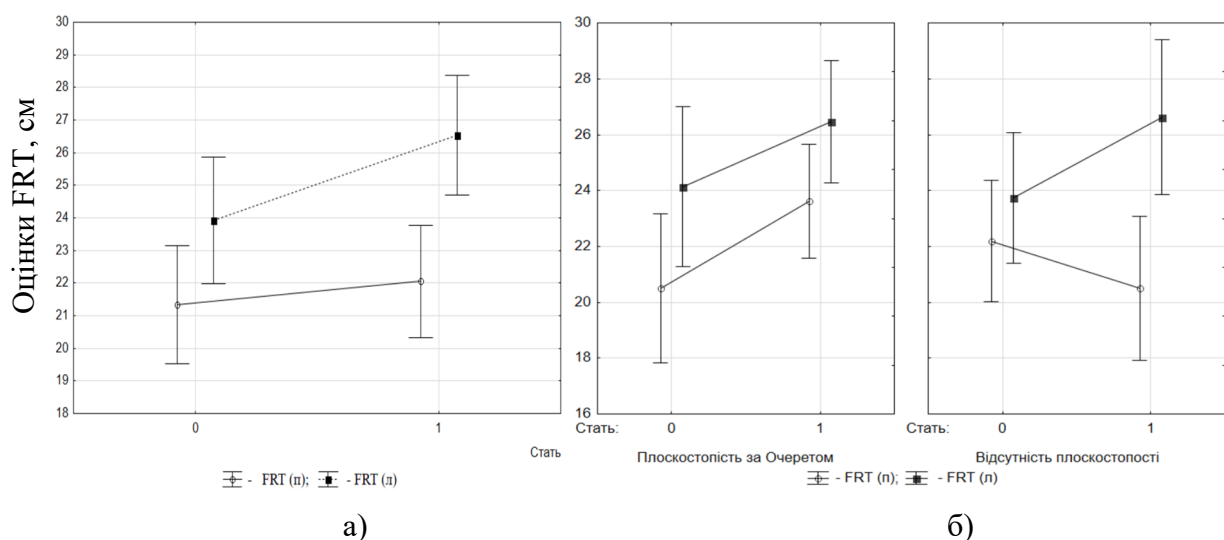
Разом з тим, вік як статистично значущий ( $p < 0,05$ ) предиктор фігурує в наших трьох моделях. Його інтерпретація свідчить, що зростання віку на кожен рік прогнозовано супроводжується збільшенням: FRT та LRT для лівої нижньої



кінцівки на 0,45 і 0,39 і LRT для правої нижньої кінцівки – на 0,35 стандартних відхилення.

Спроба здійснити GRL-моделювання за наведеними вченими предикторами на нашому наборі даних показала, що на показники FRT та LRT для лівої нижньої кінцівки чинить вплив тільки вік дитини ( $\beta$  становить 0,35 і 0,41 відповідно). Такі моделі пояснюють 25,5 та 23,8 % загальної дисперсії. Водночас довжина тіла діє тільки на результат Y-тесту ( $\beta=0,16$ ) і на 30,6% пояснює варіацію в результатах Y-тесту. Отримані дані є наближеними до результатів, наведених в літературі, утім наші моделі, що враховують стан та лінійно-кутові характеристики стопи пояснюють значно більшу варіацію даних.

Дослідження показало, що дівчата, які систематично займаються рукопашним боєм, мають знижені показники функціонального тесту на рівновагу (FRT) для правої і, особливо, лівої ноги порівняно з хлопцями (лямбда Уїлкса=0,712;  $F(5, 62)=5,025$ ;  $p=0,0006$ ) (рис. 2-а). Це свідчить про меншу здатність дівчат зберігати баланс під час руху вперед.



**Рисунок 2 – Взаємозв'язки між показниками, які впливають на оцінки FRT, де**

а) залежно від статі; б) залежно від статі та плоскостопості; вертикальні стовпці дорівнюють 0,95 довірчих інтервалів



Зазначена тенденція зберігається і посилюється при зафіксованій плоскостопості, викликаній слабкістю м'язів та зв'язок, що порушує опорно-ресорні функції стопи (рис. 2-б).

Однак при відсутності плоскостопості дівчата демонструють кращі показники FRT для правої нижньої кінцівки, а для лівої – показники хлопців вищі, ніж у дівчат (лямбда Уїлкса = 0,790;  $F(5, 62) = 3,301$ ;  $p = 0,0105$ ).

Слід вказати, що аналізуючи показники LRT для нижніх кінцівок ми помітили, що для дітей 7 – 10 років, які займаються рукопашним боєм, характерними є кращі показники у хлопців порівняно з дівчатами та дещо вищі показники за відсутності плоскостопості у представників обох груп. Водночас, на відміну від хлопців з нормальною стопою, хлопці з плоскостопістю за Y-тестом показують кращий результат динамічної рівноваги. При цьому дівчата з нормальною стопою демонструють найкраще виконання цього тесту серед усіх обстежених дітей.

Отримані результати можуть мати кілька пояснень. Наявність плоскостопості може призводити до розвитку компенсаторних механізмів, які впливають на біомеханіку рухів і, відповідно, на результати тестів на динамічну рівновагу. Крім того, акцентування на окремих рухах і техніках в процесі тренувальних навантажень при заняттях рукопашним боєм можуть впливати на розвиток певних м'язових груп і, відповідно, на ці показники. І, насамкінець, якщо ударною є права нижня кінцівка, то ліва виконує більше підтримуючої функції, що може призводити до відмінностей у розвитку м'язів і координації. Не зважаючи, що за даними літератури, згідно яких домінування кінцівок не є фактором, що впливає на динамічну рівновагу дітей за Y-тестом, Carissa A. Stoddard зі співав. [12] досліджували популяцію підлітків 13 років, які не займаються спортом. Відтак, наші результати очікувано відрізняються від задекларованих авторами. І, можливо, домінування нижньої кінцівки впливає



на розвиток динамічної рівноваги у молодших школярів, які систематично займаються рукопашним боєм. Але це питання вже має стати предметом наступних досліджень.

**Висновки.** Доведено, що існують віково-статеві особливості розвитку динамічної рівноваги у дітей, які займаються рукопашним боєм. Зокрема, хлопцям властива краща динамічна рівновага за показниками FRT і LRT, а дівчатам – за Y-тестом. Досліджувані показники незалежно від статі мають тенденцію до зростання з віком. Виключенням стали показники FRT для лівої нижньої кінцівки, які в дітей досягли піку у 8 років, а потім дещо знизилися в 9 років і стабілізувалися. При цьому молодші школярі, які займаються рукопашним боєм, характеризуються кращими показниками рівноваги для лівої нижньої кінцівки за усіма тестами, що проводилися.

На основі антропометричних характеристик, індексів оцінки стоп і демографічних даних нами побудовано GRM-моделі, які дозволяють прогнозувати показники динамічної рівноваги молодших школярів, що займаються рукопашним боєм. Розроблені моделі є статистично значущими ( $p < 0,05$ ) і пояснюють від 35,3 до 56,2 % загальної дисперсії. Отже поєднання таких факторів як стан і будова стопи з показниками фізичного розвитку впливає на показники динамічної рівноваги. Дослідження цих взаємозв'язків дозволило розширити знання про фактори, що впливають на розвиток координації рухів у юних спортсменів.

Всупереч наведеним доказам того, що включені у GRM-моделі фактори справді впливають на результати динамічної рівноваги дітей молодшого шкільного віку, які займаються рукопашним боєм, є потенціал для їх покращення шляхом включення додаткових змінних або використання більш складних моделей.



**Перспектива подальших досліджень.** Отримані нами результати є цікавими і потребують подальшого дослідження. Можливі причини встановлених статевих відмінностей і відмінностей між показниками здатності молодших школярів, які займаються рукопашним боєм, утримувати рівновагу при здійсненні рухових дій для правої і лівої кінцівки можуть бути пов'язані з різноманітними факторами, як фізіологічними, так і соціальними. Глибокий аналіз даних і проведення додаткових досліджень дозволить більш точно визначити причини й дозволить розробляти більш ефективні тренувальні програми.

### **Список використаних джерел**

1. Бишевец Н. Г., Лазакович Ю. І. Рухова активність як медіатор впливу воєнного стресу на стрес-асоційовані стани студентів: результати GLM-аналізу. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2024. № 8. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13141560> (дата звернення: 31.07.2024).
2. Гончарова Н.М., Юрченко О.А., Довганінець О.Л. Теоретичні основи рукопашного бою в системі сучасних наукових знань. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Фізична культура і спорт*. 2023. Вип. 3, № 161. С. 58-62. DOI: 10.31392/NPU-ps.series15.2023.03(161).13 (дата звернення: 2.06.2024).
3. Шеїна М. В., Нестерчук Н. Є. Сучасні методи фізичної реабілітації дітей із плоскостопістю. *Реабілітаційні та фізкультурно-рекреаційні аспекти розвитку людини*. 2021. № 8. С. 58-69.
4. Шинкарук О. А., Строганов С. В., Сергієнко К. М., Бишевец Н. Г. Профілактика порушень опорно-ресорних властивостей стопи юних баскетболістів : монографія. Київ : Олімпійська л-ра, 2021, 156 с. (дата звернення: 5.06.2024).



5. Alotaibi R.S., Algabbani M.F., Shaheen A.A.M., Albishi A.M., Almurdi M.M. Normative values and factors affecting Pediatric Reach Tests in Saudi children aged 6–11 years in the eastern province: cross-sectional study. *Front. Pediatr.* 2024. Vol. 11. P. 1240659. DOI: 10.3389/fped.2023.1240659
6. Chen J.P., Chung M.J., Wang M.J. Flatfoot prevalence and foot dimensions Of 5 to 13 year old children in Taiwa. *Foot Ankle Int.* 2009. No. 30. P. 326–332 (date of access: 5.08.2024).
7. Chéron C., Leboeuf-Yde C., Le Scanff C., Jespersen E., Rexen C.T., Franz C., Wedderkopp N. Leisure-Time Sport and Overuse Injuries of Extremities in Children Age 6-13, a 2.5 Years Prospective Cohort Study: The CHAMPS-Study DK. *BMJ Open.* 2017. Vol. 7. P. e012606. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-012606 (date of access: 1.06.2024).
8. Faigenbaum A.D., Myer G.D., Fernandez I.P., Carrasco E.G., Bates N., Farrell A., Ratamess N.A., Kang J. Feasibility and reliability of dynamic postural control measures in children in first through fifth grades. *Int J Sports Phys Ther.* 2014. Vol. 9, No. 2. P. 140-148. (date of access: 3.07.2024).
9. Muehlbauer T., Gollhofer A., Granacher U. Associations Between Measures of Balance and Lower-Extremity Muscle Strength/Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2015. Vol. 45, No. 12. P. 1671-1692. DOI: 10.1007/s40279-015-0390-z. (date of access: 2.07.2024).
10. Pourghasem M., Kamali N., Farsi M., Soltanpour N. Prevalence of flatfoot among school students and its relationship with BMI. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2016. Vol. 50, No. 5. P. 554-557. DOI: 10.1016/j.aott.2016.03.002 (date of access: 4.07.2024).
11. Sagat P., Bartik P., Štefan L., Chatzilelekas V. Are flat feet a disadvantage in performing unilateral and bilateral explosive power and dynamic



balance tests in boys? A school-based study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2023. Vol. 24, No. 1. P. 622. DOI: 10.1186/s12891-023-06752-9 (date of access: 3.07.2024).

12. Stoddard C.A., Wang-Price S., Lam S.E. Limb Dominance Does Not Affect Y-Balance Test Performance in Non-Athlete Adolescents. *Int J Sports Phys Ther.* 2022. Vol. 17, No. 2. P. 164-173. doi: 10.26603/001c.30996. (date of access: 14.07.2024).

13. Stroganov S., Serhiyenko K., Shynkaruk O., Byshevets N., Denysova L., Yukhno Yu., Stepanenko O., Ulan A. Features of preventive activity at the initial stage of training of many years standing of young basketball players. *Journal of Physical Education and Sport.* 2020. Vol. 20, No. 1. P. 452-455. DOI:10.7752/jpes.2020.s1066 (date of access: 6.05.2024).

14. Sugimoto D., Stracciolini A., Berbert L., Nohelty E., Kobelski G.P., Parmeter B., Weller E., Faigenbaum A.D., Myer G.D. Assessment of Physical Tests in 6-11 Years Old Children: Findings from the Play Lifestyle and Activity in Youth (PLAY) Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2023. Vol. 20, No. 3. P. 2552. DOI: 10.3390/ijerph20032552. (date of access: 7.06.2024).

15. Tedla J.S., Sangadala D.R., Gular K., Reddy R.S., Alshahrani M.S., Ahmad I., Abohashrh M.1. Normative Reference Values for Functional, Lateral, and Oblique Direction Reach Tests in Saudi Children Aged Six to 15 Years Old and Psychometric Properties of the Oblique Direction Reach Test. *Nigerian Journal of Clinical Practice.* 2021. Vol. 24, No. 4. P. 576-583. DOI: 10.4103/njcp.njcp\_102\_20. (date of access: 1.06.2024).

16. Wong C., Bjerger C.Y., Jurca A., Petersen M.M., Boedtke S., Balslev-Clausen A., Harsted S. Protocol Article: A Cross-Sectional Evaluation of Children's Feet and Lower Extremities. *Methods Protoc.* 2023. Vol. 6, No. 6. P. 115. DOI: 10.3390/mps6060115 (date of access: 8.07.2024).