

**Жула Володимир**

ORCID 0000-0003-3649-464X

Кандидат педагогічних наук, доцент кафедри спорту,  
Національний університет «Чернігівський колегіум»  
імені Т.Г. Шевченка (Чернігів, Україна)  
E-mail: azula19@ukr.net

**Жула Лідія**

ORCID 0000-0001-9589-3435

Кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри спорту,  
Національний університет «Чернігівський колегіум»  
імені Т.Г. Шевченка (Чернігів, Україна)  
E-mail: lidia.zhula@jmail.com

**Лошакова Ганна**

ORCID 0000-0003-0002-5681

Аспірантка кафедри педагогіки, психології  
і методики фізичного виховання,  
Національний університет «Чернігівський колегіум»  
імені Т.Г. Шевченка (Чернігів, Україна)  
E-mail: anyazhula@ukr.net

## МОДЕЛЮВАННЯ БІОДИНАМІЧНОЇ СТРУКТУРИ РУХІВ ВОЛЕЙБОЛІСТОК ПРИ ВИКОНАННІ ПЕРЕДАЧІ М'ЯЧА ДВОМА РУКАМИ ЗНИЗУ

У статті представлені результати вивчення біомеханічних характеристик опорних реакцій тіла волейболісток при виконанні передачі м'яча двома руками знизу. Побудовано графічні моделі біодинамічної структури рухів волейболісток різного ігрового амплуа. Доведено, що чим вище спортивна майстерність волейболісток, тим більше значення силових показників опорних реакцій і менший час виконання ігрового прийому.

**Мета.** Визначити особливості біодинамічної структури рухів волейболісток розряду КМС та І розряду при виконанні передачі м'яча двома руками знизу.

**Методологія.** Для досягнення цілей дослідження було використано теоретичні та емпіричні методи: порівняння, узагальнення, тензодинамометрія, моделювання та математично-статистичні методи.

**Наукова новизна.** Визначено особливості біодинамічної структури рухів при виконанні передачі м'яча двома руками знизу волейболістками в залежності від спортивного розряду.

**Висновки.** При виконанні волейболістками передачі м'яча двома руками знизу визначено, що з підвищенням спортивної кваліфікації значення біодинамічних показників збільшуються, а часових показників зменшуються.

За даними кореляційного аналізу встановлено, що між зареєстрованими показниками у волейболісток розряду КМС та І розряду виявлено 143 та 205 значимих взаємозв'язків відповідно. В результаті кореляційного аналізу побудовано графічні моделі біодинамічної структури рухів волейболісток для кожного спортивного розряду. Найбільша кількість значимих взаємозв'язків показників у волейболісток КМС – це максимальна сила відштовхування відносно вертикальної осі та максимальне значення вертикальних складових опорних реакцій. У волейболісток І розряду – час підсиду.

Наявність або відсутність взаємозв'язків між окремими показниками біодинамічної структури впливає на вибір тренувальних засобів, що застосовуються для удосконалення тренувального процесу та методів контролю. Відсутність значимих взаємозв'язків припускає пошук засобів направленої впливу, наявність – дозволяє використання вправ інтегрованого характеру. У результаті дослідження визначено, що значущість окремих показників біодинамічної структури у ефективності виконання технічного прийому, змінюється в залежності від спортивної майстерності волейболісток, що відповідно пов'язано з особливостями формування їх рухової навички.

Таким чином можна зазначити, що біодинамічна структура рухів при виконанні передачі м'яча двома руками знизу волейболісток різної кваліфікації має свої особливості. Із зростанням рівня спортивної майстерності на перше місце виходять силові показники. Побудовані графічні моделі біодинамічної структури рухів можна вважати еталонними для волейболісток розряду КМС та I розряду. Отримані дані, що базуються на виявлені закономірностей раціональної організації біодинамічної структури рухових дій, дозволяють аналізувати та удосконалювати рівень підготовленості волейболісток.

**Перспективи подальших розвідок** з окресленої тематики полягають у подальшому дослідженні біодинамічної структури рухів спортсменок у волейболі в залежності від виконання технічних прийомів.

**Ключові слова:** біодинамічна структура, волейболістки, передача м'яча.

**Постановка проблеми.** Процес пізнання, побудови та оцінки рухових дій полягає у модельному уявленні про об'єкт дослідження. В теорії спорту моделювання техніки вправ є процесом відображення та уявлення рухової дії спортсмена, а також процесу вирішення знання про рухи для виявлення просторових, часових та силових параметрів. Для вирішення рухового завдання складається комплекс нормативних, психологічних, біомеханічних, фізіологічних та інших моделей.

Моделювання біодинамічної структури рухів за допомогою методів біомеханіки надає можливість визначити найважливіші структурні закономірності руху спортсменів та отримати об'єктивну інформацію щодо структури, яка реалізує різні рухові завдання, що може бути взято за основу при розробці та підборі спеціальних вправ які сприятимуть ефективній підготовці спортсменів в обраному виді спорту [1, 2].

**Актуальність роботи.** Аналіз біодинамічної структури рухів при виконанні технічних прийомів гри з використанням знань про закономірності керування рухами сприяє прискоренню якості підготовки спортсменів та їх удосконаленню. Побудова моделей біодинамічних рухів спортсменів є складовою дослідження кількісних та якісних характеристик їх рухового апарату та зразків виконання технічних дій.

Отже, постає проблема об'єктивізації біомеханічних характеристик рухових дій, що вивчають та удосконалюють, вибір раціональних варіантів техніки вправ для розробки на їх основі еталонних параметрів технічних прийомів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження з використанням методів біомеханіки виділяють такі основні моделі спортивної техніки як аналітичні, статистичні й індивідуальні. Будь-яка з цих моделей не може бути головною, так як у кожній моделі є свої переваги та недоліки. Тому, відповідно до потреб практичних завдань буде обрана та чи інша модель [5].

Метод моделювання доводить, що розроблена певна модель техніки рухів не є тотожністю, але є відтворенням у визначному масштабі певних властивостей та є спрощенням оригіналу [2, 3].

Для розроблення моделі потрібно розуміти, що являють собою її складові структурних елементів, визначити співвідношення між компонентами моделі. Важливим етапом моделювання є кількісна оцінка параметрів функціонування об'єкту. Співвідношення між процесами та компонентами також можуть бути представлені у вигляді математичного виразу [6].

Кожне дослідження та побудова моделі порівнюється у відповідності до реального об'єкту моделі. Нову модель можна ускладнити суттєвими припущеннями зв'язків та компонентів, або спростити введенням менш суттєвих процесів функціонування.

Огляд моделей біодинамічних рухів з дослідженням кількісних характеристик рухового апарату спортсменів і зразків техніки виконання рухових дій потребує об'єктивізації біомеханічних характеристик вправ, вибору більш раціональних варіантів, що буде взято за основу для розробки еталонних параметрів техніки виконання. Такі дані можна використовувати під час оперативного педагогічного контролю для порівняння рухів з еталонними моделями [3, 4].

**Мета.** Визначити особливості біодинамічної структури рухів волейболісток розряду КМС та I розряду при виконанні передачі м'яча двома руками знизу.

**Методологія.** Для досягнення цілей дослідження було використано теоретичні та емпіричні методи: порівняння, узагальнення, тензодинамометрія, моделювання та математично-статистичні методи.

**Наукова новизна.** Визначено особливості біодинамічної структури рухів при виконанні передачі м'яча двома руками знизу волейболістками в залежності від спортивного розряду.

**Результати дослідження.** У волейболі передача м'яча відноситься до техніки володіння м'ячем, передача двома руками знизу – цілеспрямована дія, що пов'язана з прийомом м'яча і перенаправленням його іншому гравцю для подальших атакуючих дій команди. Техніка виконання передачі м'яча двома руками знизу: ноги зігнуті в колінних і гомілковостопних суглобах, ступні розташовані паралельно, волейболістка стоїть, спираючись на всю ступню з переносом ваги тіла злегка вперед, тулуб трохи нахилений вперед, руки випрямлені, лікті максимально зближені між собою, передпліччя зведені та зафіксовані, кисті разом. Рух виконується лише в плечових суглобах, м'яч приймається на передпліччя ближче до кистей рук [4].

Удосконалення техніки виконання передбачає виконання волейболістками рекомендацій тренера, що засновані на його суб'єктивному сприйнятті та зіставлені з еталонними показниками ігрових прийомів.

Ефективність навчання та удосконалення складнокоординаційних рухів у волейболі залежить від оперативного контролю тренером виконання поставлених завдань [1].

Дослідження біодинамічної структури рухів при виконанні передачі м'яча двома руками знизу було проведено з використанням методу тензодинамометрії за участю волейболісток кандидатів в майстри спорту (КМС) та І розряду команди вищої ліги України «Університет-ШВСМ», в лабораторії біомеханіки Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка. Тензодинамографічний метод реєстрації динамографічних характеристик рухів виконувався динамометричним комплексом «Модуль»: динамометрична платформа ПД-3А, універсальна плата перетворення електричних сигналів WAD-ADC 16-32, ноутбук зі спеціальним програмним забезпеченням.

Виконання передачі м'яча двома руками знизу здійснювалося волейболістками розряду КМС (грають в команді 3 роки і більше) на тензодинамометричній платформі, в результаті чого було зареєстровано та визначено середні силові показники: максимальна сила відштовхування відносно вертикальної осі ( $F_{z \max}$ )  $1869,81 \pm 531,78$  Н, максимальної сили відносно сагітальної ( $F_{x \max}$ ) і фронтальної ( $F_{y \max}$ ) осей –  $65,32 \pm 2,03$  Н і  $67,02 \pm 22,74$  Н, максимальне значення вертикальних складових опорних реакцій ( $F_{\max}$ ) –  $1881,16 \pm 531,21$  Н, співвідношення максимального значення силових показників опорних реакцій до ваги тіла спортсменки ( $F_{\max}/P$ ) –  $2,69 \pm 0,39$ . Величина градієнта сили (GRAD) становить  $7721,04 \pm 3682,74$  Н/с, а імпульсу сили (I) –  $132,11 \pm 11,13$  Нс (табл. 1).

При виконанні передачі м'яча двома руками знизу волейболістками І розряду (грають в команді менше 3 років) ( $F_{z \max}$ ) –  $1772,94 \pm 171,23$  Н, ( $F_{x \max}$ ) і ( $F_{y \max}$ ) –  $59,12 \pm 3,11$  Н і  $37,12 \pm 3,21$  Н відповідно, ( $F_{\max}$ ) –  $1773,84 \pm 171,15$  Н, ( $F_{\max}/P$ ) –  $2,56 \pm 0,41$ . Величина градієнта сили складає  $5620,29 \pm 2016,82$  Н/с, а імпульсу сили –  $104,98 \pm 23,34$  Нс.

Середньостатистичні показники часових характеристик виконання передачі м'яча двома руками знизу волейболістками КМС та І розряду мали значення: час підсиду ( $T_{ps}$ ) –  $0,211 \pm 0,02$  та  $0,312 \pm 0,13$  с, час досягнення максимальної сили ( $T_{\max}$ ) –  $0,231 \pm 0,059$  с і  $0,258 \pm 0,052$  с, час відриву тіла від опори ( $T_o$ ) –  $0,121 \pm 0,051$  с і  $0,091 \pm 0,07$  с, сумарний час відштовхування тіла від опори ( $T_{\max}+T_o$ ) –  $0,345 \pm 0,109$  с і  $0,354 \pm 0,053$  с, час польоту ( $T_h$ ) –  $0,467 \pm 0,062$  с і  $0,408 \pm 0,081$  с, загальний час ( $T_{\text{sum}}$ ) –  $1,013 \pm 0,159$  с і  $1,071 \pm 0,139$  с відповідно.

Таблиця 1

**Середньостатистичні біомеханічні показники  
опорних реакцій тіла волейболісток  
при виконанні передачі м'яча двома руками знизу**

№ з/п	Позначення характеристик	Од. вимірів	Волейболістки розряду КМС	Волейболістки І розряд
1	$F_{z \max}$	Н	$1869,81 \pm 531,78$	$1772,94 \pm 171,23$
2	$F_{x \max}$	Н	$65,32 \pm 2,03$	$59,12 \pm 3,11$
3	$F_{y \max}$	Н	$67,02 \pm 22,74$	$37,12 \pm 3,21$
4	$F_{\max}$	Н	$1881,16 \pm 531,21$	$1773,84 \pm 171,15$
5	$F_{\max}/P$	-	$2,69 \pm 0,39$	$2,56 \pm 0,41$
6	GRAD	Н/с	$7721,04 \pm 3682,74$	$5620,29 \pm 2016,82$
7	I	Нс	$132,11 \pm 11,13$	$104,98 \pm 23,34$
8	P	-	$6989,45 \pm 35,15$	$672,825 \pm 33,95$
9	$T_{ps}$	с	$0,211 \pm 0,02$	$0,312 \pm 0,13$
10	$T_{\max}$	с	$0,231 \pm 0,059$	$0,258 \pm 0,052$
11	$T_o$	с	$0,121 \pm 0,051$	$0,091 \pm 0,07$
12	$T_{\max}+T_o$	с	$0,345 \pm 0,109$	$0,354 \pm 0,053$
13	$T_h$	с	$0,467 \pm 0,062$	$0,408 \pm 0,081$
14	$H_{\max}$	м	$0,146 \pm 0,059$	$0,102 \pm 0,081$
15	$T_{\text{sum}}$	м	$1,013 \pm 0,159$	$1,071 \pm 0,139$

Аналіз отриманих середньостатистичних показників при виконанні волейболістками передачі м'яча двома руками знизу виявив, що біодинамічні показники опорних реакцій виконання технічного прийому у волейболісток розряду КМС більші ніж у волейболісток I розряду. Часові середньостатистичні показники та загальний час виконання технічного прийому більший у волейболісток I розряду.

Для подальшого моделювання біодинамічної структури рухів волейболісток при виконанні передачі м'яча двома руками знизу було проведено кореляційний аналіз отриманих показників біомеханічних характеристик. Ранговий розподіл показників волейболісток розряду КМС: найбільший внесок здійснили показники ( $F_{z\max}$ ) та ( $F_{\max}$ ) – по 7,97 %, далі ( $T_{\max}+T_0$ ) – 7,75 %, ( $T_{\max}$ ) – 7,68 %, ( $GRAD$ ) – 7,61 %. Діапазон відсоткового внеску знаходився у межах від 3,24 % до 7,97 % (рис. 1).

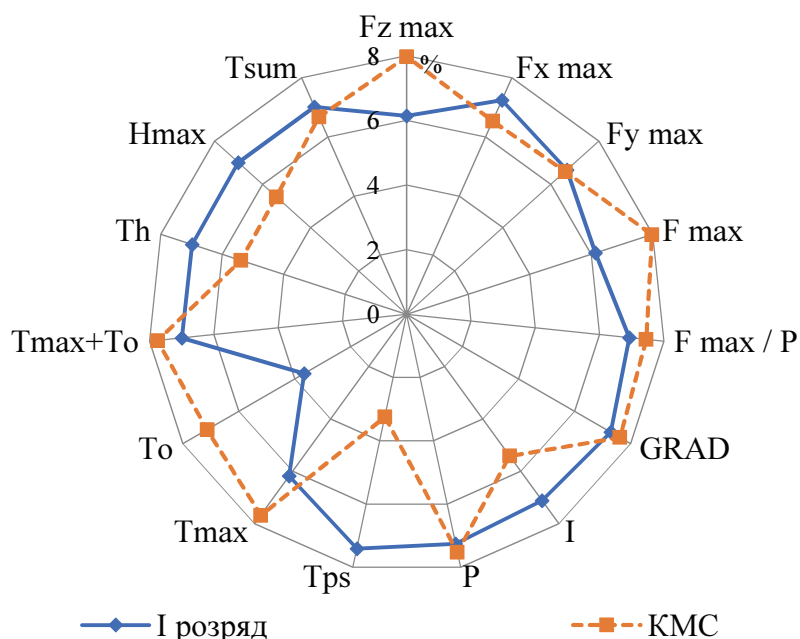


Рис. 1. Графічна модель біодинамічної структури рухів волейболісток при виконанні передачі м'яча двома руками знизу (%)

Ранговий розподіл показників у волейболісток I розряду при виконанні передачі м'яча двома руками знизу: найбільший внесок показника ( $T_{ps}$ ) – 7,41 %, на другому місці ( $GRAD$ ) – 7,29 %, на третьому місці маса тіла ( $P$ ) – 7,26 %. Діапазон відсоткового внеску знаходився у межах від 3,63 % до 7,41 %.

За даними кореляційного аналізу встановлено, що між зареєстрованими показниками у волейболісток розряду КМС виявлено 143 значимих взаємозв'язків і 205 значимих взаємозв'язків у волейболісток I розряду.

Взаємозв'язок між окремими показниками біодинамічної структури, тобто його наявність чи відсутність, впливає на вибір тренувальних засобів, що застосовуються для удосконалення тренувального процесу та методів контролю. Відсутність значимих взаємозв'язків припускає пошук засобів направлено впливу, наявність – дозволяє використання вправ інтегрованого характеру. У результаті дослідження визначено, що значущість окремих показників біодинамічної структури рухів волейболісток при виконанні передачі м'яча двома руками знизу, у ефективності виконання технічного прийому, змінюється в залежності від кваліфікації спортсменок, що відповідно пов'язано з особливостями формування їх рухової навички.

**Висновки.** Дослідження біомеханічних показників опорних реакцій взаємодій тіла волейболісток розряду КМС та I розряду, при виконанні передачі м'яча двома руками знизу, виявило, що з підвищенням спортивної кваліфікації значення біодинамічних показників збільшується, а часових показників зменшуються.

В результаті кореляційного аналізу побудовано графічні моделі біодинамічної структури рухів волейболісток для кожного спортивного розряду. Найбільша кількість значимих взаємозв'язків показників у волейболісток КМС – це максимальна сила відштовхування відносно вертикальної осі та максимальне значення вертикальних складових опорних реакцій. У волейболісток I розряду – час підсиду.

Таким чином можна зазначити, що біодинамічна структура рухів при виконанні передачі м'яча двома руками знизу волейболісток різної кваліфікації має свої особливості. Із зростанням рівня спортивної майстерності на перше місце виходять силові показники. Побудовані графічні моделі біодинамічної структури рухів можна вважати еталонними для волейболісток розряду КМС та I розряду. Отримані дані, що базуються на виявленні закономірностей раціональної організації біодинамічної структури рухових дій, дозволяють аналізувати та удосконалювати рівень підготовленості волейболісток.

Перспективи подальших розвідок з окресленої тематики полягають у подальшому дослідженні біодинамічної структури рухів спортсменок у волейболі в залежності від виконання технічних прийомів.

## References

1. Жула Л. В., Жула В. П., Лошакова Г. В. Використання методів біомеханічного контролю в підготовці волейболісток ігрового амплуа ліберо. *Вісник Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка. Вип. 25(181)*. Чернігів : НУЧК, 2024. С. 38-42. (Серія: Педагогічні науки). DOI: 10.58407/visnik.242506.  
Zhula L. V., Zhula V. P., Loshakova G. V. (2024) Vykorystannya metodiv biomekhanichnoho kontrolyu v pidhotovtsi voleybolistok ihrovoho amplua libero. [The use of biomechanical control methods in the training of volleyball players libero]. *Visnyk Nacionalnyi universitet Chernigivskiy kolegium imeni T. G. Shevchenka. Scientific bulletin of the National university «Chernihiv collegium» Shevchenko. Zbirnyk: ped. nauky. Fizychno vyhovannya ta sport, 10 (166), 274-277. Chernihiv, Ukraine.*
2. Костюкевич В. М. Теоретичні та методичні основи моделювання тренувального процесу спортсменів ігрових видів спорту: автореф. дис. ... докт. наук з фіз. вих. та спорту: спец. 24.00.01 «Олімпійський і професійний спорт». Київ, 2012. 41 с.  
Kostyukevich V. M. (2012) Teoretychni ta metodychni osnovy modelyuvannya trenuval'noho protsesu sport-smeniv ihrovyykh vydiv sportu: avtoref. dys. ... dokt. nauk z fiz. vykh. ta sportu: spets. 24.00.01 «Olimpiys'kyu i profesiynny sport» [Theoretical and methodical bases of modeling the training process of athletes of game sports: autoref. thesis ... Dr. sciences in physics exit and sports: spec. 24.00.01 «Olympic and professional sports»]. Kyiv, Ukraine.
3. Носко М. О. Теоретичні та методичні основи формування рухової функції у молоді під час занять фізичною культурою та спортом : дис. ... д-ра. пед. наук : 13.00.09. К., 2003. 430 с.  
Nosko M. (2003) Teoretychni ta metodychni osnovy formuvannya rukhovoї funktsii u molodi pid chas zaniat fizychnoiu kulturoiu ta sportom: Extended abstract of Doctoral thesis. [Theoretical and methodological foundations of the formation of motor function in youth during physical education and sports: dissertation ... Doctor of Pedagogical Sciences: 13.00.09]. Kyiv, Ukraine.
4. Носко М. О., Архипов О. А., Жула В. П. Волейбол у фізичному вихованні студентів: [підручник]. К.: «МП Леся», 2015. 396 с.  
Nosko M.O., Arhipov O.A., Zhula V.P. (2015). Volleyball u phizychnomu vyhovanni studentiv: pidruchnik. [Volleyball in physical education of students: [textbook]. Kyiv, Ukraine : «MP Lesiya».
5. Рыбак О.Ю., Рыбак Л. И., Виноградский Б. А. та ін. Біомеханіка спорту : підручник. Львів : ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2021. 268 с.  
Rybak O. Y., Rybak L. I., Vynogradskiy B. A. (2021). Biomehanika sportu : pidruchnyk [Biomechanic of sport]. Lviv, Ukraine : LDUFK im. Ivana Boberskogo.
6. Якушева Ю, Буртова О., Сівер А. Методичні основи моделювання змагальної діяльності волейбольних команд високої кваліфікації. Фізична культура, спорт та здоров'я нації. 2014. Вип. 2 (18). С. 251-257.  
Yakusheva Yu., Burtova, O., Siver A. (2014) Metodychni osnovy modelyuvannya zmahal'noyi diyal'nosti voleybol'nykh komand vysokoyi kvalifikatsiyi. *Fizychna kul'tura, sport ta zdorov'ya natsiyi* [Methodical foundations of modeling the competitive activity of highly qualified volleyball teams. Physical culture, sport and health of the nation]. [in Ukrainian].

**Zhula Volodymyr**

ORCID 0000-0003-3649-464X

Candidate of pedagogical science, docent, docent,  
T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,  
(Chernihiv, Ukraine) E-mail: azula19@ukr.net

**Zhula Lidiya**

ORCID 0000-0001-9589-3435

Candidate of pedagogical science, docent, docent,  
T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»  
(Chernihiv, Ukraine) E-mail: lidia.zhula@jmail.com

**Loshakova Hanna**

ORCID 0000-0003-0002-5681

Postgraduate student, Department of Pedagogy,  
Psychology and methods of physical education,  
T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,  
(Chernihiv, Ukraine) E-mail: anyazhula@ukr.net

## MODELING OF THE BIODYNAMIC STRUCTURE OF A VOLLEYBALL PLAYER'S MOVEMENTS DURING A FOREARM PASS PERFORMANCE

*The article presents the results of studying the biomechanical characteristics of the supporting reactions of the volleyball players body during a forearm pass performance. Graphic models of the biodynamic structure of the volleyball players movements (players of various positions) were constructed. It has been proven, the higher volleyball players athletic skills are the greater the value of the power indicators of support reactions is, also the shorter time required to perform the game technique. Goal. Identify the features of the biodynamic structure of volleyball players' movements (players of the 1st category and Candidates for Master of Sports) during a forearm pass performance.*

**Methodology.** *Theoretical and empirical methods such as: comparison, generalization, tensodynamometry, modeling, mathematical method, as well as statistical methods were used to achieve the research objectives.*

**Scientific novelty.** *The features of the biodynamic structure of volleyball players movements during a forearm pass performance, depending on the sport category, have been determined.*

**Conclusions.** *During a forearm pass performance by volleyball players, it was determined that the higher sports qualification is the more value of biodynamic indicators increases, but time indicators decrease. According to the correlation analysis, among the registered indicators of the volleyball players (1st category and Candidates for Master of Sports) the 143 and 205 significant.*

*As a result of correlation analysis, graphic models of the biodynamic structure of volleyball players movements for each sports category were constructed. The largest number of significant correlations of indicators in female volleyball players (specifically Candidates for Masters of Sports) is the maximum repulsion force relative to the vertical axis and the maximum value of the vertical components of support reactions. Meanwhile for the first category female volleyball players, it is TPS. The presence or absence of interconnections between individual indicators of the biodynamic structure affects the choice of training tools used to improve the training process and control methods. The absence of significant interconnections suggests the search for means of directed influence, while their presence allows the use of integrated exercises. As a result of the study, it was determined that the significance of individual indicators of the biodynamic structure in the effectiveness of performing specific techniques varies depending on the volleyball players category, which is accordingly related to the peculiarities of their motor skills formation.*

*As follows, it can be noted that the biodynamic structure of movements during a forearm pass performance by volleyball players of different qualifications has its own characteristics. The higher category of the player is the more likely strength indicators come to the fore. The constructed graphic models of the biodynamic structure of movements can be considered as a reference for Candidates for the Matters of Sports and first category volleyball players. The obtained data, based on the identified patterns of rational organization of the biodynamic structure of motor actions, allow us to analyze and improve the level of volleyball players performance. Prospects for further research on the outlined topic consist of further research the biodynamic structure of movements of female volleyball players depending on the performance of various techniques.*

**Keywords:** *biodynamic structure, volleyball players, ball passing.*

Стаття надійшла до редакції 27.01.2025

Рецензент: доктор педагогічних наук, професор **Носко М. О.**