

УДК 796.7012.68:087.814

БИОМЕХАНИЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ТЕХНІКИ СИЛОВОГО УДАРУ ПО М'ЯЧУ У ФУТБОЛІ

Олена Ренко, Євген Тімко**, Станіслав Поліщук*, Гліб Кіцила**

** Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди*

*** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Анотація:

Актуальність теми дослідження. Футбол є складним видом спорту і з точки зору фізичної підготовки спортсмена, і з точки зору технічної майстерності. Удар ногою в футболі – одна з найважливіших і фундаментальних навичок, яка використовується в грі, і тому удар широко досліджується. Розуміння оптимальних біомеханічних методів для тренерів і гравців важливо для підвищення механічної ефективності при виконанні і визначення факторів, що впливають на успішне виконання. **Мета роботи:** виявити основні кінематичні характеристики силового удару по м'ячу у студентів-футболістів різної кваліфікації. **Методи:** теоретичний аналіз і узагальнення літературних джерел; методи математичної статистики; за допомогою комп'ютерної програми Kinovea 0.8.15 були проаналізовані кінематичні характеристики техніки удару по м'ячу (група 1 – кваліфіковані спортсмени, група 2 – початкуючі спортсмени) на основі визначення величини кутів в тазостегновому суглобі у фазі замаха і проводки, а також в колінному суглобі у фазі замаха. В дослідженні прийняли участь 24 студенти факультету фізичного виховання спортивної спеціалізації футбол. 12 кваліфікованих футболістів і 12 спортсменів – початківців чоловічої статі. Вік спортсменів від 19 до 23 років. Усі учасники експерименту студенти ХНПУ ім. Г. С. Сковороди. Дослідження проводилося з серпня по жовтень 2020 року. **Результати:** виявлені основні кінематичні параметри силового удару, характерні для спортсменів різної кваліфікації. Показана наявність достовірних відмінностей ($p < 0,001$) у величині кутів в тазостегновому суглобі у фазі проводки. Також виявлені достовірні

A Biomechanical Comparison of the Power Hitting Technique in Soccer

Relevance of the research issue. Football is a difficult sport both in terms of physical fitness of an athlete and in terms of technical skill. Kicking in football is one of the most important and fundamental skills used in the game, and it is widely researched. Understanding optimal biomechanical techniques for coaches and players is important to improve mechanical performance during performance and to identify factors that influence successful performance. **The purpose of the work** is to identify the main kinematic characteristics of a power hit on a ball in football among students-athletes of different qualifications. **Methods:** theoretical analysis and generalization of literary sources; methods of mathematical statistics; using the computer program Kinovea 0.8.15, the kinematic characteristics of the ball hitting technique (group 1 – qualified athletes, group 2 – beginner athletes) were analyzed based on the determination of the angles in the hip joint in the swing and drive phase, as well as in the knee joint in the phase swing. **Participants:** 24 students of the sports specialization football. 12 qualified footballers and 12 male aspiring athletes. The age of athletes is from 19 to 23 years old. All participants in the experiment are students of the KhNPU named after G. S. Skovoroda. The study was conducted from August to October 2020. **Results:** the main kinematic parameters of the power impact, typical for athletes of different qualifications, were revealed. The presence of significant differences ($p < 0.001$) in the

Биомеханическое сравнение техники силового удара по мячу в футболе

Актуальность темы исследования. Футбол является сложным видом спорта и с точки зрения физической подготовки спортсмена, и с точки зрения технического мастерства. Удар ногами в футболе – один из самых важных и фундаментальных навыков, используемых в игре, и он широко исследуется. Понимание оптимальных биомеханических методов для тренеров и игроков важно для повышения механической эффективности при выполнении и определения факторов, влияющих на успешное выполнение. **Цель работы:** выявить основные кинематические характеристики силового удара по мячу в студентов-футболистов разной квалификации. **Методы:** теоретический анализ и обобщение литературных источников; методы математической статистики; с помощью компьютерной программы Kinovea 0.8.15 были проанализированы кинематические характеристики техники удара по мячу (группа 1 – квалифицированные спортсмены, группа 2 – начинающие спортсмены) на основе определения величины углов в тазобедренном суставе в фазе замаха и проводки, а также в коленном суставе в фазе замаха. Участники: 24 студента спортивной специализации футбол. 12 квалифицированных футболистов и 12 начинающих спортсменов от 19 до 23 лет. Все участники эксперимента студенты ХНПУ им. Г. С. Сковороды. Исследование проводилось с августа по октябрь 2020 года. **Результаты:** выявлены основные кинематические параметры силового удара, характерные для спортсменов разной квалификации. Показано наличие

II. Науковий напрям

відмінності ($p < 0,001$) у величині кутів в колінному суглобі у фаза замаха. Достовірних відмінностей не виявлено ($p > 0,05$) у величині кутів тазостегнового суглоба у фазі замаха у спортсменів різної кваліфікації. **Висновки.** У результаті дослідження було виявлено, що кваліфіковані спортсмени виконуючи удар по м'ячу роблять замахи ударної ноги більш ефективно за рахунок більшої амплітуди руху гомілки, тим самим досягаючи більш високої швидкості дистальної ланки.

Ключові слова:

футбол; аналіз техніки; програма Kinovea; студенти; біомеханічні характеристики.

angles in the hip joint in the wiring phase was shown. Also, significant differences ($p < 0,001$) were revealed in the angles in the knee joint during the swing phase. There were no significant differences ($p > 0,05$) in the angles of the hip joint in the swing phase among athletes of various qualifications. The theoretical substantiation of differences in the technique of power strike fulfillment by athletes of different qualifications is given.

football – soccer; analysis of technology; Kinovea program; students; biomechanical characteristics.

достовірних различий ($p < 0,001$) в величині кутів в тазобедерному суглобі в фазі проводки. Також виявлені достовірні различия ($p < 0,001$) в величині кутів в колінному суглобі в фаза замаха. Достовірних различий не виявлено ($p > 0,05$) в величині кутів тазобедерного суглоба в фазі замаха у спортсменів різної кваліфікації. Дано теоретичне обґрунтування различий техніки виконання силового удару спортсменами різної кваліфікації.

футбол; аналіз техніки; программа Kinovea; студенты; биомеханические характеристики.

Постановка проблеми. Правильна техніка фізичної вправи – це спосіб її виконання, при якому рухове завдання вирішується найбільш ефективно та раціонально [3, 11]. Це рухове завдання повинно бути виконано найбільш раціонально: як можна швидше, влучніше, результативніше і т.д. [4–6]. Правильна техніка передбачає, перш за все, енергетичну економічність руху, що обумовлює економію сил, створюючи тим самим можливість досягнення максимально високих для спортсмена результатів [12–14].

Зв'язок дослідження з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проведено згідно: науково-дослідній роботі, яка фінансується за рахунок державного бюджету Міністерства освіти і науки України на 2017–2018 рр. «Теоретико-методичні основи застосування технологій інтегральної спрямованості для самовдосконалення, гармонійного фізичного, інтелектуального і духовного розвитку та формування здорового способу життя людей різних вікових та соціальних груп, у тому числі – спортсменів та людей з особливими потребами» (№ держреєстрації: 0119U100616).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Футбол є складним видом спорту і з точки зору фізичної підготовки спортсмена, і з точки зору технічної майстерності. Особливе місце в дослідженні техніки рухів у футболі має біомеханічний аналіз, який має на меті визначення різних показників техніки рухів: швидкості та прискорення рухів окремих ланок тіла, величини кутів у суглобах і т.д. [1, 2]. Розуміння оптимальних біомеханічних методів для тренерів і гравців важливе для підвищення механічної ефективності при виконанні та визначення факторів, що впливають на успішне виконання [2, 14]. Зіставлення даних характеристик з законами фізики дає можливість визначити найбільш ефективний варіант виконання різних елементів [1, 3, 7].

Удар по м'ячу є одним з головних елементів ведення гри. Футбольний удар є основним атакуючою дією під час гри, і команда, яка завдасть більше ударів по воротах, має більше шансів забити та виграти гру. З цієї причини вдосконалення техніки футбольного підйому ногою є однією з найважливіших цілей навчання молодих гравців [1, 3, 16]. Удар по м'ячу у футболі може виконуватися ногою або головою, різними способами. Кожен спосіб удару залежить від мети даного удару по м'ячу, тобто від необхідної траєкторії польоту м'яча з оптимальною швидкістю [6, 9]. Удар може бути виконаний по нерухомому м'ячу, по м'ячу що котиться або летить в різних напрямках. Попри велику різноманітність ударів по м'ячу ногою, виділяються фази, які характерні для більшості видів удару [1, 8, 11].

Успіх футбольного удару залежить від різних чинників, включаючи відстань удару від воріт, тип використовуваного удару, опір повітря і техніку основного удару, яку найкраще описати за допомогою біомеханічного аналізу. Метою цього дослідження було вивчити біомеханіки силового футбольного удару ногами та виявити нові аспекти, які можуть мати вирішальне значення для виконання футбольних ударів.

Мета роботи. Виявити основні кінематичні характеристики силового удару по м'ячу у студентів-футболістів різної кваліфікації.

Матеріал і методи дослідження. Учасники: 24 студента ХНПУ ім. Г. С. Сковороди чоловічої статі, які спеціалізуються у футболі. 1 група – 12 футболістів, кваліфікації I спортивний розряд і КМС, а також 2 група – 12 футболістів не мають спортивних розрядів. Вік спортсменів 19–23 роки.

Методологія: Проведено порівняння величин вимірюваних кутів в тазостегновому суглобі ударної ноги в фазі замаху і в фазі «проводки» після удару по м'ячу, а також кут в колінному суглобі ударної ноги в фазі замаху.

Статистичний аналіз: Цифровий матеріал був оброблений з використанням традиційних методів математичної статистики за допомогою програм Microsoft Excel, SPSS. За кожним показником визначали середнє арифметичне значення, середньоквадратичне відхилення, оцінку вірогідності відмінностей між параметрами початкового і кінцевого результатів по t-критерію Стюдента з відповідним рівнем значущості (p).

Організація дослідження. Дослідження проводилося на базі ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, з серпня по жовтень 2020 року. В експерименті взяли участь 24 студенти факультету фізичного виховання і спорту різної кваліфікації спеціалізуються у футболі. За допомогою комп'ютерної програми Kinovea 0.8.15 були проаналізовані кінематичні характеристики техніки удару по м'ячу (група 1 кваліфіковані спортсмени, група 2 – початківці спортсмени). В дослідженні вимірювались: кут в тазостегновому суглобі у фазі замах, кут в тазостегновому суглобі у фазі проводка та кут у колінному суглобі в фазі замах. Контрольні маркери при вимірюванні кута у тазостегновому суглобі між опорною ногою й ударною ногою в фазі замаху, встановлювались на колінних суглобах лівої та правої ніг, вершина кута встановлювалась на тазостегновому суглобі махової ноги. Контрольні маркери при вимірюванні кута в колінному суглобі в фазі замах, встановлювались на гомілковому суглобі та на тазостегновому суглобі махової ноги, маркер вершини кута був розташований на колінному суглобі. Для вимірювання кута в тазостегновому суглобі в фазі проводка, маркери розташовувались на колінних суглобах лівої та правої ніг, маркер вершина кута розташовувався на тазостегновому суглобі махової ноги. На основі визначення величини кутів у тазостегновому суглобі між опорною ногою та ударної в фазі замаху і в фазі проводки, а також визначення величини кутів у колінному суглобі ударної ноги в фазі замаху був проведений порівняльний аналіз біомеханічних показників та виявлена різниця між технікою виконання силового удару в футболі у спортсменів різної кваліфікації.

Результати дослідження та їх обговорення. Аналіз техніки силового удару у студентів-футболістів різної кваліфікації показав суттєві відмінності за основними параметрами в техніці виконання даного руху. Відмінності у величині кутів в різних фазах силового удару представлені в таблиці 1.

Статистичний аналіз показав відсутність достовірних відмінностей ($p > 0,05$) між величинами кутів у тазостегновому суглобі в цій фазі удару (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика величин кутів в тазостегновому суглобі між опорною і ударною ногами у фазі замаху, у фазі «проводки» м'яча і в колінному суглобі ударної ноги у фазі замаху (n=12)

Показники	Групи	Статистичні показники			
		\bar{x}	S	t	p
Кутів у тазостегновому суглобі в фазі замах	2 група	84,5	8,5	2,04	p>0,05
	1 група	78	7		
Кутів у тазостегновому суглобі в фазі «проводки» мяча	2 група	73,5	7	-5.70	p<0,001
	1 група	91	8		
Кутів у колінному суглобі в фазі замах ударної ноги	2 група	79	6,5	7.18	p<0,001
	1 група	62	5		

II. Науковий напрям

На рис. 1 представлена фаза силового удару – замах, де були проаналізовані відмінності величин кутів у тазостегновому суглобі між опорною та ударною ногами. На рис. 1А показаний представник групи 1 (кваліфікований гравець), на рис. 1Б футболіст групи 2 (початківець футболіст).



Рис. 1. Біомеханічний аналіз кутів в тазостегновому суглобі в фазі замах:

А – кваліфікований футболіст (група 1); Б – футболіст без спортивного розряду (група 2)

Різниця між показниками величин кутів в тазостегновому суглобі у спортсменів різної кваліфікації зображено на рисунку 2.

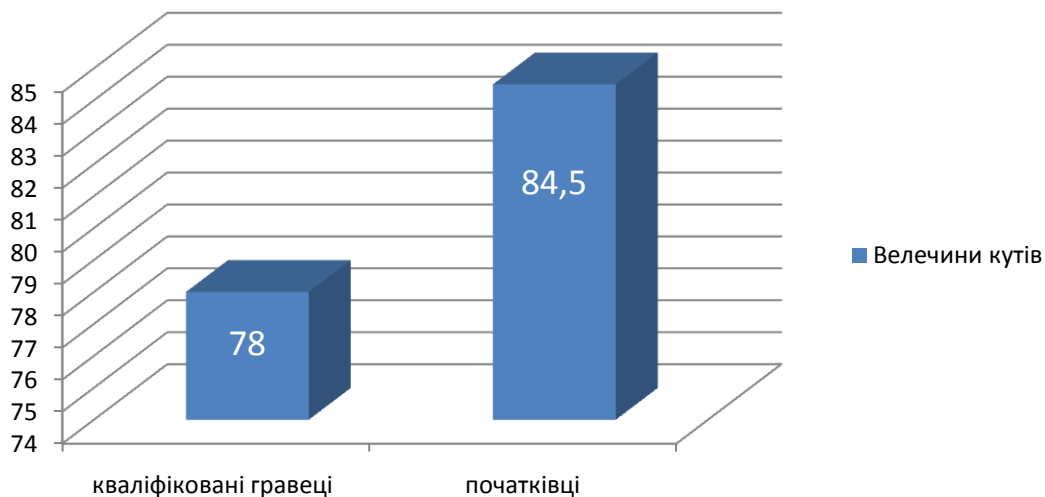


Рис. 2. Порівняння кутів в тазостегновому суглобі в фазі замах (%)

На рисунку 3 представлена фаза силового удару – проводка, де були проаналізовані відмінності величин улов в тазостегновому суглобі між опорною та ударної ногами. На рисунку 3А показаний представник групи 1 (кваліфікований гравець), на рисунку 3Б представлений футболіст групи 2 (початківець футболіст).



Рис. 3. Біомеханічний аналіз кутів тазостегнового суглобу в фазі проводка:

А – кваліфікований футболіст (група 1); Б – футболіст без спортивного розряду (група 2)

На рисунку 4 зображено порівняння кутів в тазостегновому суглобі у спортсменів різної кваліфікації в фазі замаха. Статистичний аналіз показав вірогідні відмінності ($p < 0,001$) між величинами кутів у тазостегновому суглобі між опорною та ударною ногами в цій фазі удару (табл. 1). Тип техніки кваліфікованого гравця характеризується більшою амплітудою руху ударної ноги в порівнянні з футболістом початківцем.

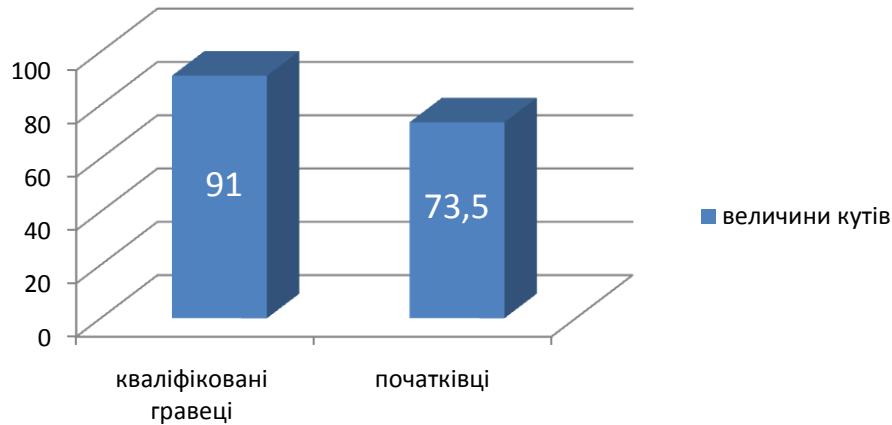


Рис. 4. Порівняння кутів тазостегнового суглобу в фазі замаха

На рисунку 5 представлена фаза силового удару – замах, де були проаналізовані відмінності величин кутів у колінному суглобі ударної ноги. На рис.5А показаний представник групи 1 (кваліфіковані гравці), на рисунку 5Б представлений футболіст групи 2 (футболіст початківець).



Рис. 5. Біомеханічний аналіз кутів в колінному суглобі в фазі замаха:

А – кваліфікований футболіст (група 1); Б – футболіст без спортивного розряду (група 2)

Різниця між показниками величин кутів в колінному суглобі відображена на рисунку 6. Статистичний аналіз показав достовірні відмінності ($p < 0,001$) між величинами кутів в колінному суглобі в цій фазі удару (табл.1). Тип техніки кваліфікованого гравця характеризується більшою амплітудою руху гомілки у порівнянні з футболістом початківцем.

Дискусія. Правильна техніка має на увазі найбільш ефективне виконання руху, тобто рух, при якому спостерігається оптимальне поєднання витрачених зусиль і досягаемого ефекту [2, 12, 13]. Удар ногою в футболі – одна з найважливіших і фундаментальних навичок, яка використовується в грі, і тому удар широко досліджується [1, 5, 6, 8]. Базова кінематика сегментів нижніх кінцівок під час футбольних ударів стопою була розглянута раніше [4, 5]. Сюди входить вивчення кривих кутового положення, часу і кутової швидкості під час удару, а також лінійна кінематика залучених суглобів. Дослідження кінетики суглобів під час удару ногою в основному зосереджені на двох питаннях: по-перше, величиною моментів, що діють

II. Науковий напрям

на суглоби нижніх кінцівок, і, по-друге, часовий послідовності генерації моменту під час удару. Що стосується першого фактора, дослідження показали, що моменти згинання стегна майже вдвічі перевищують відповідні моменти розгинання коліна [1, 3, 6, 15] під час удару ногою. Виконання удару по м'ячу включає чотири основні фази: попередня, підготовча, робоча і заключна. Підготовча фаза поділяється на два етапи: замах ударної ноги та постановка опорної ноги. Робоча фаза поділяється на наступні два етапи: ударний рух і проводка. Важливим аспектом успішного удару є розміщення опорної ноги позаду або поруч з м'ячем. Немає єдиної думки щодо розміщення м'яча поруч зі стпоєю. Було запропоновано, щоб ступня приземлялася на 5-10 см позаду м'яча і на 5-28 см поруч з м'ячем [1, 3, 6, 11, 16]. Однак експериментально ця інформація не підтверджена. В Надалі необхідно досліджувати оптимальна відстань для розміщення опорної ноги, яка може бути доведена корисним інструментом для інструкторів та тренерів в керівництві ніг продуктивності футболістів. Удар ногою досягається комбінацією моментів м'язів і моментів, що залежать від руху. Провідним параметром ударної взаємодії є швидкість ударника, яка створюється в багатоланкових кінематичних ланцюгах тіла шляхом послідовної хвильової передачі енергії від опори до дистальної ланки [9–11]. Крутячий момент допомагає моменту інерції тіла і м'яча, коли він набирає імпульс в русі удару [1, 2].

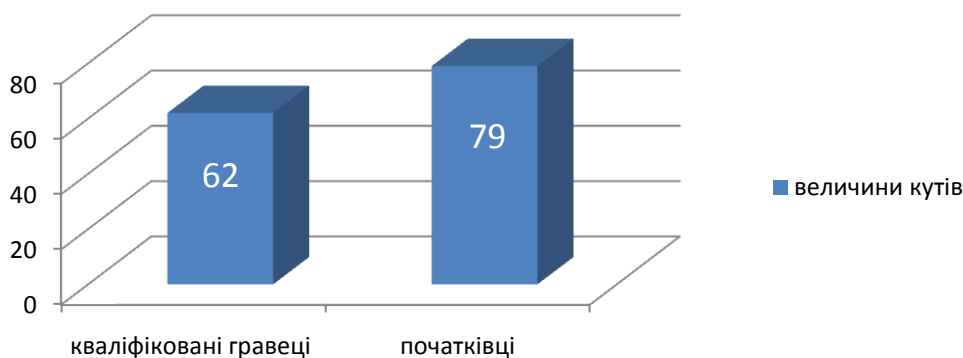


Рис. 6. Порівняння величин кутів в колінному суглобі в фазі замах

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті дослідження було виявлено, що кваліфіковані спортсмени виконуючи удар по м'ячу роблять замах ударної ноги більш ефективно користуючись більшою амплітудою руху гомілки, тим самим досягаючи більш високої швидкості дистальної ланки. А також у фазі проводки, кваліфіковані спортсмени завдяки кращій гнучкості та рухливості тазостегнового суглоба можуть більш ефективно погасити інерційні сили після удару.

Подальші дослідження будуть спрямовані на удосконалення основних кінематичних характеристик силового удару по м'ячу у студентів-футболістів різної кваліфікації.

Список літературних джерел

References

1. Blazeovich, A. J. (2013). *Sports biomechanics: the basics: optimising human performance*. London: A&C Black
2. Cooper, J.M., &Glassow, R.B. (2016). *Kinesiology*, 4th edn. St. Louis, MO: Mosby.
3. Gongbing Shan, Xiang Zhang, Bingjun Wan, Daifeng Yu, Brandie Wilde & Peter Visentin (2019) Biomechanics of coaching maximal instep soccer kick for practitioners, *Interdisciplinary Science Reviews*, 44:1, 12-20.
4. Lees, A., Barton, G., & Robinson, M. (2010). The influence of the Cardan rotation sequence in the reconstruction of angular orientation data for the lower limb in the soccer kick. *Journal of Sports Sciences*, 28, 445–450.
5. Lees, A., Asai, T., Anderson, T., Nunome, H., & Sterzing, T. (2010). The biomechanics of kicking in soccer: A review. *Journal of Sport Sciences*. 28(8), p. 805-815.
6. Hides, J., Stanton, W. (2014). Can motor control training lower the risk of injury for professional football players? *Med Sci Sports Exerc.*, 46(4), 762-8. doi:10.1249/MSS.000000000000169. PubMed PMID: 24056268.
7. Knudson .D., (2018). *Qualitative Diagnosis of Human Movement: Improving Performance in Sport*. Madison, WI: Brown & Benchmark.
8. Illarionov A. V., Kapilevich L. V. Features intramuscular and intermuscular coordination dosing effort in conditions of

unstable equilibrium. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2014, no. 12, pp. 44–46.

9. Inoue, K., Nunome, H., Sterzing, T., Shinkai, H. and Ikegami, Y. (2014). Dynamics of the support leg in soccer instep kicking. *Journal of Sports Sciences*, 32(11), pp. 1023–1032.

10. Kapilevich L. V., Guzhov F. A., Bredikhina Y. P., Ilyin A. A. Physiological ensure accuracy and coordination in a delicate balance, and moving target. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2014, no. 12, pp. 22–24.

11. Koshelskaja E.V., Kapilevich L.V., Bajenov V.N., Andreev V.I., Buravel O.I. Physiological and biomechanical characteristics of the kick and goal techniques of football players. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2012. T. 153. № 2. С. 266-268

12. Kozin S.V. (2019). Biomechanical substantiation of the technique of hanging in rock climbing. *Health, sport, rehlitation*, 15(1), 25-35.

13. Kozina Z.L., Ol'khovij O.M., Temchenko V.A. Influence of information technologies on technical fitness of students in sport-oriented physical education. *Physical education of students*. 2016; 20(1):21-8.

14. Kozina, Zh., Sobko, I., Bazulyuk, T., Rvepko, O., Lachno, O., & Il'nitskaya, A. (2015). The applying of the concept of individualization in sport. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(2), 172. doi:10.7752/jpes.2015.02027.

15. Nunome H., Ikegami Y., Kozakai R., Apriantono T., Sano S. (2010). Segmental dynamics of soccer instep kicking with the preferred and non-preferred leg. *Journal of Sports Sciences* 24, 529-541.

16. Kellia, E., Katis, A.(2007). Biomechanical Characteristics and Determinants of Instep Soccer Kick. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2007 Jun; 6(2): 154–165.

DOI: [doi.org/10.31652/2071-5285-2020-10\(29\)-99-105](https://doi.org/10.31652/2071-5285-2020-10(29)-99-105)

Відомості про авторів:

Репко О. О.; orcid.org/0000-0001-6879-6015; olenarepko@gmail.com; Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, вул. Алчевських, 29, Харків, 61002, Україна.

Тімко Є. М.; orcid.org/0000-0002-9816-709X; evgenitimko@gmail.com; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, 61023, Україна.

Поліщук С. Б.; orcid.org/0000-0001-6879-6015; polischuk1070@gmail.com; Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, вул. Алчевських, 29, Харків, 61002, Україна.

Кіцила Г. К.; orcid.org/0000-0001-6151-7164; olenarepko@gmail.com; Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, вул. Алчевських, 29, Харків, 61002, Україна.