

## АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ АКТИВНОСТІ МАТЧУ Й ФІЗІОЛОГІЧНОЇ РЕАКЦІЇ ТЕНІСISTOK В ОДИНОЧНОМУ РОЗРЯДІ

**Євтифієва Ірина Ігорівна,**  
докторка філософії з фізичної культури та спорту, доцентка,  
доцентка кафедри фізичного виховання  
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»  
ORCID ID: 0000-0002-3170-8737

**Донець Юрій Георгійович,**  
старший викладач кафедри фізичного виховання  
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»  
ORCID ID: 0000-0002-0946-8705

**Недбайло Ірина Анатоліївна,**  
старша викладачка кафедри фізичного виховання  
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»  
ORCID ID: 0009-0001-5255-158X

**Хірний Сергій Володимирович,**  
старший викладач кафедри фізичного виховання  
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»  
ORCID ID: 0000-0002-3887-1341

**Бороган Віктор Вікторович,**  
студент 1 курсу кафедри фізичного виховання  
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»  
ORCID ID: 0009-0002-4791-3643

Тенісна гра характеризується техніко-тактичними діями високої інтенсивності з інтервальним навантаженням. Установлено, що жіночий теніс відрізняється від чоловічого тривалішими розіграшами (тобто більшою кількістю виконаних ударів під час розіграшу), але меншою інтенсивністю навантажень під час виконання ударів, має більший відсоток невимушених помилок і менший відсоток виграних геймів на подачах. Проаналізовано, що фізичні аспекти гри впливають на гострі фізіологічні реакції під час виконання ударів на корті, характер активності гри може впливати на фізіологічні потреби гравців із більш високою концентрацією лактату в крові в матчах із більш тривалими розіграшами м'яча. Метою дослідження було оцінити фізіологічне навантаження й індивідуальні особливості активності гри в дівчат-юніорів, які займаються тенісом. У дослідженні брали участь 8 професійних тенісисток, середній вік яких становив 17,3 року. Аналіз активності проводився під час матчів, серцевий ритм і концентрація лактату вимірювалися під час перерв. Середні значення характеристик активності гравців були такі: тривалість розіграшу – 8,2 с, час відпочинку між розіграшами – 17,7 с, ефективний час гри – 21,9%, ударів за розіграш – 2,7, змін напрямку за розіграш – 2,3. Серцевий ритм і концентрація лактату під час матчів становили, відповідно, 161 уд/хв та 2,0 ммоль/л. Проаналізовано, що значення серцевого ритму були вищими під час подачі (166 уд/хв) порівняно з розіграшем (156 уд/хв), тоді як концентрації лактату не відрізнялися. Доведено, що на фізіологічні відповіді, пов'язані з матчевою грою, вплинули характеристики матчу (тривалість розіграшу, кількість ударів за розіграш та зміни напрямку; серцевий ритм був вищий під час подачі). Результати дослідження можуть бути використані для розроблення протоколів інтервальних тренувань для молодших гравців.

**Ключові слова:** навантаження, фізіологічні показники, тенісний матч, серцевий ритм, кореляція.

### ***Yevtyfiieva Iryna, Donets Yurii, Nedbailo Iryna, Khirniy Serhii. Analysis of the relationship of match activity and physiological reaction of tennis players in singles***

The tennis game is characterized by high-intensity technical and tactical actions with interval loading. It has been found that women's tennis differs from men's tennis in longer draws (i.e. a greater number of strokes performed during the draw), but in a lower intensity of loads during the execution of strokes, have a higher percentage of unforced errors and a lower percentage of games won on serves. It is analyzed that the physical aspects of the game affect acute physiological reactions during the execution of shots on the court, the nature of the activity of the game can affect the physiological needs of players with a higher concentration of lactate in the blood in matches with longer ball plays. The aim of the study was to assess the physiological load and individual characteristics of the game activity in junior girls involved in tennis. The study involved 8 professional tennis players, whose average age was 17.3 years. Activity analysis was performed during matches, heart rate and lactate concentration were measured during breaks. The average

values of the players' activity characteristics were: 8.2s draw duration, 17.7s rest time between draws, 21.9% effective game time, 2.7% strokes per draw, 2.3 changes of direction per draw. Heart rate and lactate concentrations during matches were 161 beats/min and 2.0 mmol/L, respectively. It was analyzed that heart rate values were higher during serving (166 beats/min) compared to the draw (156 beats/min), while lactate concentrations did not differ. Physiological responses related to match play were shown to be influenced by match characteristics (length of draw, number of strokes per draw, and changes in direction; heart rate was higher at the time of serving. The results of the study can be used to develop interval training protocols for younger players.

**Key words:** load, physiological indicators, tennis match, heart rate, correlation.

**Вступ.** Фізичні показники, їх взаємозв'язок із тенісними результатами в одиночному розряді досить добре вивчені серед спортсменів-чоловіків [1–6]. Тенісна гра характеризується техніко-тактичними діями з коротким інтервальним навантаженням, що може перериватися кількома більш тривалими періодами й мати як високу, так і низьку інтенсивність [7]. Тенісні матчі часто відрізняються тривалістю від 40 хв до більше ніж 2 год, а в окремих випадках – більше ніж 5 год [4; 7–9]. Більшість матчів складаються з періодів роботи тривалістю 5–10 с і 10–20 с і відпочинком 90 с між перервами.

Під час кожного розіграшу гравці зазвичай б'ють по м'ячу в середньому 2–3 рази й роблять як мінімум 4 зміни напряму м'яча в розіграві [10–11]. На матчеву активність можуть впливати такі фактори, як покриття корту, тип м'яча і стать [12; 13]. Автори O'Donoghue та Ingram [12] наголошують, що розіграві м'яча проаналізовані в матчах Великого шолома в жіночому одиночному розряді були значно довгими (7,1 с), ніж у чоловіків в одиночних матчі (5,2 с), разом із тим і мають більшу кількість ударів із задньої лінії. Крім того, жінки грають значно менше ударів за секунду, меншу кількість влучань, виграють менше геймів на власних подачах і допускають більше подвійних помилок. Незважаючи на те що є деякі дослідження, які дають інформацію про відмінності в ігровій діяльності між чоловічим і жіночим тенісом в одиночному розряді, сьогодні немає досліджень, які б пропонували моделі активності гри професійних тенісисток-дівчат.

Деякі науковці, тренери стверджують, що фізичні аспекти гри впливають на гострі фізіологічні реакції під час виконання ударів на корті [6; 7]. Наприклад, Mendez-Villanueva та ін. [6] виявили, що характер активності гри, наприклад, тривалість розіграшу, може впливати на фізіологічні потреби в чоловічому одиночному тенісі з більш високою концентрацією лактату в крові в матчах із більш тривалими розіграві м'яча й більшою кількістю ударів у розіграві. Таким чином, оскільки профіль активності під час чоловічого та жіночого одиночного тенісу, як повідомляється, значно відрізняється [12], пов'язані із цим фізіологічні реакції також можуть відрізнятися. Однак, наскільки нам відомо, фізіологічне навантаження під час змагань із тенісу в юніорок ніколи не вивчали.

Отже, мета дослідження – дослідити закономірності фізичної активності й фізіологічного навантаження, пов'язаного з професійним юніорським жіночим одиночним тенісом, під час 2-денного тенісного турніру.

**Матеріали та методи.** У дослідженні взяли участь 8 українських юних тенісисток (середній вік – 17,3 року; середній зріст – 167 см; середня маса тіла – 55,2 кг). Усі гравці мали національний або міжнародний рейтинг.

Шість із них мали рейтинг Жіночої тенісної асоціації (WTA) в одиночному розряді (між позиціями 600–800 у рейтингу), 2 тенісистки – переможниці національних чемпіонатів України в одиночному та парному розрядах у різних категоріях.

Усі заміри зняті у гравців під час 2-денного турніру з тенісу в одиночному розряді, що проходив у тенісному клубі «Політехнік», м. Харків. Перед кожним матчем випробовувані проводили стандартну розминку протягом 5 хв, що складалася з ударів із задньої лінії, ударів зльоту й подач. Фізіологічні вимірювання проводили в окремі перерви під час гри (які відбувалися в кінці першого, третього й кожного наступного непарного гейму сету) протягом усього матчу. Таким чином, усі вимірювання отримані без порушення нормального перебігу тенісних змагань. Кількість вимірювань, проведених для кожного гравця, була варіативною, залежно від тривалості матчу (тобто двох або трьох сетів) і кількості геймів, що змагалися в кожному сеті. Частота серцевих скорочень контролювалася й записувалася з інтервалом 5 с під час матчів за допомогою нагрудного монітора та приймача на зап'ясті (Polar S610, Кемпеле, Фінляндія), які встановлювалися на кожного гравця перед розминкою. Концентрацію лактату в крові визначали зі зразків капіляризованої крові об'ємом 25 мл, узятих із мочки вуха, зібраних у гепаринізовані пробірки, а потім аналізували за допомогою електроферментативного методу (Analox Micro Stat GM7; Analox Instruments Ltd, Лондон, Великобританія). Усі зразки крові та HR узяті, коли гравці сиділи під час перерв у гри.

Профіль активності тенісних матчів визначався шляхом зйомки кожного матчу двома відеокамерами (Sony DCR-NC17E, Sony Corp., Токіо, Японія), розташованими на відстані 2 м від бічної лінії корту, на рівні лінії обслуговування та 6 м над кортом. На основі цих даних розраховані такі дані: тривалість розіграшу (с); кількість ударів у розіграві (кількість ударів); час відпочинку між геймами (с); ефективний ігровий час (%); зміна напрямку ударів у розіграві (кількість).

Ми проаналізували 76 геймів протягом турніру й розрахували різницю між подачею (n=38) і геймами у відповідь (n=38). Розраховано середнє значення (SD) для кожної з проаналізованих змінних, нормальність розподілу змінних аналізували за допомогою тесту Колмогорова-Смирнова (з корекцією Лілліфора). Перевірка можливих відмінностей у моделях активності (тривалість розіграшу та зміна напрямку ударів) і фізіологічних реакціях (концентрація ЧСС і лактату в крові) проводилася за допомогою аналізу дисперсії з повторними заходами (ANOVA). Для обчислення відмінностей між іграми «подача-повернення» використовували t-тести незалежної вибірки. Взаємозв'язок між змінними, що

описують характеристики матчу, і фізіологічними реакціями визначений за допомогою кореляційного аналізу Пірсона. Також розраховано 95 довірчих меж. Для статистичних розрахунків використовувався пакет статистичного програмного забезпечення SPSS (V.12, SPSS Inc., Чикаго, Іллінойс). Рівень значущості встановлений на рівні  $p < 0,05$ .

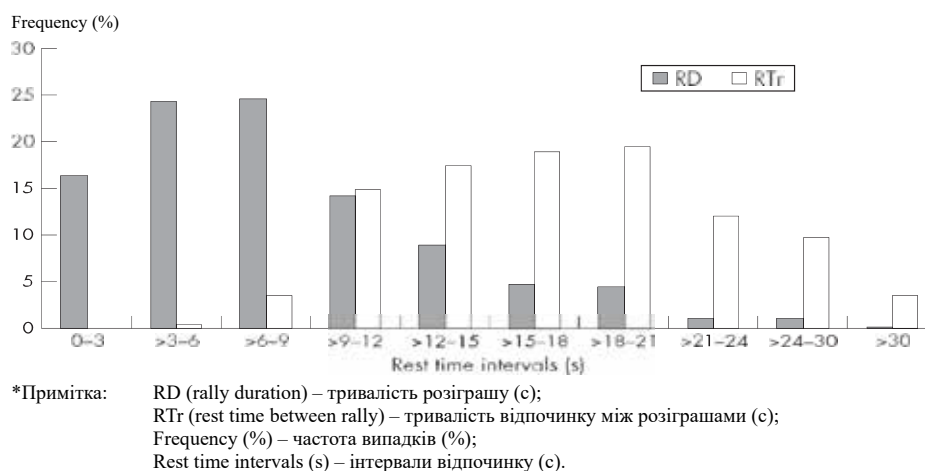
**Результати.** На рисунку 1 показано середній розподіл періодів роботи (тобто тривалість розіграшів) і відновлення (тобто час відпочинку між розіграшами) у задані проміжки часу протягом 76 проаналізованих ігор. Тривалість більшості розіграшів (41%) становила від 1 с до 6 с, а в поєднанні з варіативністю ударів від 6 с до 9 с (25%). 82,7% часу відпочинку між розіграшами становили від 9 с до 24 с (час відпочинку між геймами, перерви під час гри й між сетами, які становили 27 с, 90 с і 180 с відповідно, не враховували).

Результати показали, що ігрова активність найкращих тенісисток-юніорок складається з коротких поєдинків (1–8 с) фізичних вправ і коротких періодів відновлення (11–20 с), що перемежуються кількома періодами тривалішого відновлення (тобто 27–180 с) між іграми та переходами. Фізіологічними реакціями

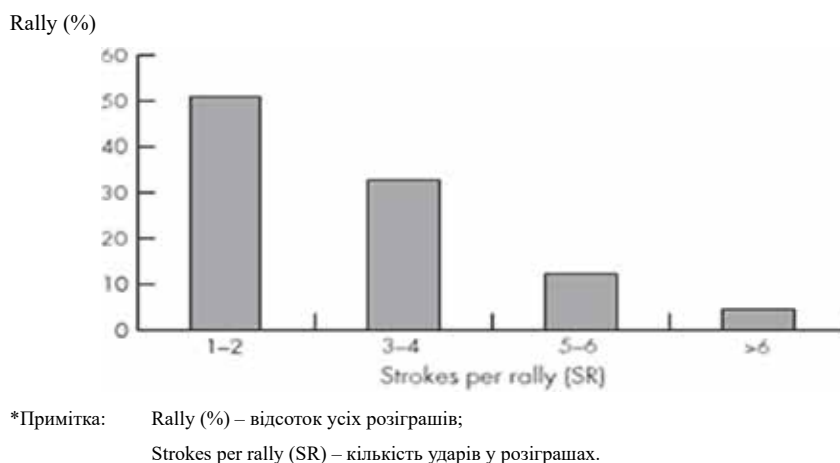
на цей час активності є відносно помірні значення ЧСС і помірні концентрації лактату в крові. Ми також виявили, що кардіо-судинне навантаження (тобто ЧСС) було вищим під час атаки, ніж під час захисту, на нього впливали характеристики матчу (тривалість розіграшів, кількість ударів за розіграш і зміна напрямку). На противагу цьому, однакові концентрації лактату в крові, про які повідомлялося під час атакуючих дій і захисних дій, відображають однаковий обмін гліколітичної енергії під час розіграшу. Таким чином, ці результати надають конкретну інформацію про закономірності фізичної активності й фізіологічне навантаження під час найкращих жіночих одиночних розрядів, яка може бути використана тренерами та фізичними тренерами для розроблення конкретних програм фізичної підготовки відповідно до цих характеристик.

Понад 50% усіх розіграшів вимагали від гравців виконання від 1 до 2 ударів. У поєднанні з варіативністю та зміною напрямку ударів від гравців вимагалось виконання 3–4 ударів, що становило 83,2% від усіх розіграшів (рис. 2).

Вимірювання матчевого ЧСС забезпечує корисний показник загального навантаження на серцево-судинну



**Рис. 1. Середній відсоток ігрових часових інтервалів (тривалість розіграшу) та відновлення (час відпочинку між розіграшами) серед усіх матчів**



**Рис. 2. Загальна кількість ударів під час розіграшів**

систему під час змагальних тенісних матчів. Середнє значення ЧСС гравців, які беруть участь у турнірі, становив 161 уд/хв (таблиця 1).

За отриманими даними, ігрова ситуація (атака й захист) вплинула на реакцію серцево-судинної системи. Порівнюючи подачу та гру у відповідь, виявили значно вищі ( $p=0,004$ ) значення ЧСС під час подачі (166 уд/хв), ніж в іграх у відповідь (156 уд/хв). Крім того, вищі значення ЧСС, які спостерігаються в гравців сфери атаки, можуть відображати інші фактори, такі як психологічний стрес або емоції.

У дослідженні також спробували з'ясувати, чи впливають змінні, що описують характеристики матчів (наприклад, тривалість розіграшу, кількість ударів на розіграш і зміна напрямку), на фізіологічні вимоги жіночих тенісних матчів. Результати вказують на значний позитивний зв'язок між тривалістю розіграшів, кількістю ударів за розіграш, зміною напрямку руху, реакцією лактату в крові та реакцією ЧСС із сильнішими кореляціями, коли гравці подавали (таблиця 2). Ці результати узгоджуються з попередніми дослідженнями, які повідомляли про значно вищі фізіологічні реакції в матчах із більшою тривалістю ралі та збільшенням кількості ударів на ралі в одиночному чоловічому розряді. Однак, незважаючи на значимість, кореляції, отримані між фізіологічними, тобто лактатом у крові, ЧСС і моделями активності, наприклад, тривалістю розіграшів, кількістю ударів і зміною напрямку,

у дослідженні були помірними. Це означає, що, крім моделей активності, кілька інших факторів, які не виміряні в дослідженні, такі як пошкодження м'язів, викликане фізичними вправами, або психологічні стресори (наприклад, поточний результат, публіка, очікування), імовірно, впливатимуть на фізіологічні реакції під час змагань із тенісу. Ці результати необхідно враховувати під час використання індивідуальних моделей гри для призначення тренувальної інтенсивності. Тим не менше результати дослідження свідчать про те, що тренери можуть маніпулювати параметрами активності, тобто кількістю м'ячів, тривалістю розіграшів, зміною тривалості, щоб забезпечити певний фізіологічний стимул під час гри на корті.

**Висновки.** Дослідження спрямовано на виявлення фізіологічних навантажень під час жіночих змагань із тенісу. Поточні результати показують, що профіль активності цих гравців характеризується розіграшами дещо більшої тривалості й, отже, більш ефективним часом гри, ніж раніше повідомлялося в чоловічих і жіночих тенісних змаганнях. На фізіологічні реакції, пов'язані з матчем, впливали характеристики матчу: тривалість розіграшів, кількість ударів за розіграш і зміна напрямку. Більше того, відповіді ЧСС були вищими в атакуючих гравців, ніж у гравців у захисті. Ці результати можуть бути використані для розроблення протоколів інтервальних тренувань для молодших гравців.

Таблиця 1

**Описова статистика показників середнього значення частоти серцевих скорочень тенісисток**

Показник	X	m	Ранг	p
Концентрація лактату в крові (ммоль/л)	2,03	0,8	1,2–4,6	0,003
Частота серцевих скорочень (уд/хв)	161,2	5,1	120–188	0,004
Загальна тривалість матчу (с)	4838	1467,4	3180–6660	0,05
Ефективний ігровий час (%)	21,95	3,8	15,89–25,9	0,001
Тривалість розіграшу (с)	8,20	5,2	0,89–33,0	0,000
Час відпочинку між розіграшами (с)	17,72	6,5	4,32–59,9	0,001
Зміна напрямів за розіграш (кількість)	2,35	1,4	0–9	0,007
Кількість ударів за розіграш (кількість)	2,79	1,7	1–11	0,004

Таблиця 2

**Кореляційний аналіз фізіологічних показників тенісисток з урахуванням характеристик гри**

Показник	Усі гейми		Гейми на подачі		Гейми на прийомі	
	r	p	r	p	r	p
Частота серцевих скорочень (уд/хв)						
Тривалість розіграшу (с)	0,23	0,047	0,32	0,049	0,17	0,298
Зміна напрямів за розіграш (кількість)	0,25	0,027	0,31	0,055	0,16	0,345
Кількість ударів за розіграш (кількість)	0,38	0,001	0,34	0,035	0,19	0,261
Концентрація лактату в крові (ммоль/л)						
Тривалість розіграшу (с)	0,51	<0,001	0,40	0,002	0,45	0,006
Зміна напрямів за розіграш (кількість)	0,40	<0,001	0,44	0,006	0,41	0,013
Кількість ударів за розіграш (кількість)	0,43	<0,001	0,49	0,002	0,43	0,009

**Література:**

1. Кореляційний аналіз психофізіологічних показників борців вільного стилю як фактор успішності змагальної діяльності / А.С. Євтиф'єв та інші. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 15 «Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)»*. Київ, 2023. Вип. 7 (167). С. 84–88. [https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2023.7\(167\).16](https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2023.7(167).16).

2. Аналіз показників техніко-тактичних дій тенісистів 10–12 років з урахуванням властивостей темпераменту і моніторингу показників частоти серцевих скорочень / І. Євтифієва та інші. *Освіта. Інноватика. Практика*. Суми, 2023. Том 11. № 2. С. 19–24. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i2-003>.
3. Шахліна Л. Медико-біологічні основи спортивної підготовки жінок у сучасному спорті найвищих досягнень. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. Київ, 2020. № 2. С. 95–104. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2020.2>.
4. General and individual factor structure of complex preparation of young tennis players of 10–12 years / Z. Kozina et al. *Journal of Physical Education and Sport*. 2020. № 20 (2). P. 1242–1249. <https://efsupit.ro/images/stories/april2020/Art%20173.pdf>.
5. Technical tactical skills related to performance levels in tennis: A systematic review / Nikki S. Kolman et al. *Journal of Sports Sciences*. 2019. № 37 (1). P. 108–121. doi: 10.1080/02640414.2018.1483699.
6. Effects of decision training on decision making and performance in young tennis players: an applied research / L. García-González et al. *Journal of Applied Sport Psychology*. 2014. № 26 (426). P. 40–52. doi: 10.1080/10413200.2014.917441.

#### References:

1. Yevtyfiiev, A.S., Bochkarev, S.V., Yevtyfiieva, I.I., Donets, Yu. H., Nedbailo, I.A., Natarova, V.V. (2023). Koreliatsiyni analiz psykhofiziologichnykh pokaznykiv bortsiv vilnoho styliu yak faktor uspishnosti zmahalnoi diialnosti. [Correlational analysis of psychophysiological indicators of freestyle wrestlers as a factor of success in competitive activity]. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M. P. Drahomanova. Seriya 15. Naukovo-pedahohichni problemy fizychnoi kultury (fizychna kultura i sport)*. No. 7 (167). pp. 84–88 [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2023.7\(167\).16](https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2023.7(167).16).
2. Yevtyfiieva, I., Donets, Yu., Yevtyfiiev, A., Khirnyi, S. (2023). Analiz pokaznykiv tekhniko-taktychnykh dii tenisystiv 10–12 rokiv z urakhuvanniam vlastyvostei temperamentu i monitorynhu pokaznykiv chastoty sertsevykh skorochen. [The analysis of indicators of technical and tactical actions of tennis players 10–12 years old, taking into account properties of temperament and heart rate monitoring indicators]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka*. Tom 11, No. 2. pp. 19–24 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i2-003>.
3. Shakhlina, L. (2020). Medyko-biologichni osnovy sportyvnoi pidhotovky zhinok u suchasnomu sporti naivyschchykh dosiahnen. *Teoriia i metodyka fizychnoho vykhovannia i sportu*. [Medico-biological bases of female sports preparation in modern elite sport]. № 2. pp. 95–104 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2020.2>.
4. Kozina, Zhanneta, Yevtyfiieva, Iryna, Muszkiet, Radoslaw, Krzysztow, Prusik, Podstawski, Robert. (2020). General and individual factor structure of complex preparation of young tennis players of 10–12 years. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(2), 1242–1249. <https://efsupit.ro/images/stories/april2020/Art%20173.pdf>.
5. Nikki, S. Kolman, Tamara Kramer, Marije T. Elferink-Gemser, Barbara C. H. Huijgen & Chris Visscher (2019). Technical tactical skills related to performance levels in tennis: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 37(1), 108–121. doi: 10.1080/02640414.2018.1483699.
6. García-González, L., Moreno, A., Gil, A., Moreno, M.P., Villar, F.D. (2014). Effects of decision training on decision making and performance in young tennis players: an applied research. *Journal of Applied Sport Psychology*, 26 (426), 40–52. doi: 10.1080/10413200.2014.917441.