

УДК 796:004.38:612.172

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-93-111

Юлія Петрівна Луць

Національний університет фізичного виховання і спорту України

yulialuts06@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9374-37322>**Олександр Миколайович Бакуновський**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

alexandr.bakunovskiy@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6546-1025>**Галина Володимирівна Лук'янцева**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

lukjantseva@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8054-0108>**Тетяна Василівна Куценко**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

tetianakutsenko@ukr.netORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4244-3187>**Світлана Володимирівна Федорчук**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

svitlana.v.fedorchuk@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2207-9253>

ТОЧНІСТЬ РЕАКЦІЇ НА РУХОМИЙ ОБ'ЄКТ ТА ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ СЕРЦЕВОГО РИТМУ КІБЕРСПОРТСМЕНІВ

Дана робота присвячена проблемі вивчення точності та швидкості сенсомоторних реакцій, автономної регуляції варіабельності серцевого ритму (ВСР) у кіберспортсменів. Аналіз та узагальнення науково-методичної літератури дозволив з'ясувати, що специфіка тренувальної і змагальної діяльності в кіберспорті накладає свій відбиток на рівень розвитку сенсомоторних реакцій гравців. Виявлено, що кіберспортсмени продемонстрували вищу точність в реакції на рухомий об'єкт (РРО) порівняно із IT-спеціалістами та нетренованими особами, які не займаються комп'ютерними іграми ($p < 0,05$). Виявлено взаємозв'язок точності РРО у обстежених кіберспортсменів з показниками ВСР під час виконання завдання. Більшій точності РРО кіберспортсменів відповідала більша активність симпатичного відділу у регуляції роботи серця ($p < 0,05$). В групі кіберспортсменів виявлено асиметрію в регуляції ВСР із домінуванням активності лівої півкулі, що узгоджується із уявленнями про метаконтроль рухових виконавчих функцій лівою півкулею. Виявлені відмінності РРО кіберспортсменів у порівнянні з IT-спеціалістами та нетренованими особами, які не займаються комп'ютерними іграми, можуть мати прогностичну цінність і використовуватися для оптимізації спортивного вдосконалення в кіберспорті.

Ключові слова: кіберспорт; реакція на рухомий об'єкт; варіабельність серцевого ритму.

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. У фізіології спорту одним із найбільш інформативних та чутливих методів оцінки функціонального стану організму спортсмена вважається аналіз варіабельності серцевого ритму (ВСР), оскільки він відображає стан регуляторних механізмів мозку [1, 2, 3].

За результатами Г. В. Коробейнікова та А. І. Коханевича (2024), помірне напруження системи регуляції ритму серця у кваліфікованих борців супроводжується зростанням психічної працездатності та зниженням рівня тривоги. В свою чергу, зростання напруження автономної регуляції відображається в наявності внутрішнього психологічного дискомфорту та незалежністю у формуванні прийняття рішення. Однак, при цьому спостерігається зростання рівня тривоги та зниження рівня психічної працездатності [4].

У групах професійних кіберспортсменів ВСР досить добре вивчена: виявлено, що агресивні екшн-ігри, файтинги порушують кардіореспіраторний синхронізм за рахунок гіперактивації симпатичного відділу автономної нервової системи [1, 5].

Закономірні фізіологічні зміни у кіберспортсменів виражені у посиленні симпатичної активності з боку автономної нервової системи, але за умови наявності чи прояву високої мотивації впродовж соціально значущих змагань [6]. Виявлено, що попередній досвід стресових ситуацій у кіберспортсменів мінімізує автономну реактивність, що є доказом ефективності тренувань та змагань.

Поодинокими є дослідження механізмів регулювання функцій організму в залежності від результативності кіберспортсменів. До прикладу, за даними S. Machado та співавторів (2022), у кіберспортсменів-переможців спостерігалось значне збільшення кардіоінтервалу (R-R) та високочастотних коливань (HF), а також значне зниження низькочастотних коливань (LF) та LF/HF у спектрограмі (більша парасимпатична активація), тоді як у переможених кіберспортсменів спостерігалася протилежна реакція (більша симпатична активація) [2].

ВСР відбиває зміни емоційної напруги – стресогенного чинника змагальної діяльності спортсменів у будь-яких видах спорту. За результатами багаторічних досліджень за участю представників різних видів спорту (баскетбол, гандбол, хокей, легка атлетика, біатлон, лижні гонки, веслування на байдарках і каное, триатлон та інших) в працях вітчизняних дослідників доведено, що переважання в регуляції серцевого ритму активності парасимпатичного відділу автономної нервової системи сприяє досягненню спортсменами більшого рівня фізичної працездатності як за умов виконання фізичної роботи при переважанні аеробних процесів в енергозабезпеченні (рівень аеробного порогу), так і за умов максимальної реалізації аеробних можливостей організму (при досягненні максимального рівня споживання кисню) [7, 8]. Нормотонічний та ваготонічний типи регуляції серцевого ритму (СР) характеризують оптимальний функціональний стан організму спортсмена, його високі функціональні можливості, що забезпечують збереження параметрів гомеостазу, стійку регуляцію і високий рівень економічності функціонування [8].

Ваготонічний, нормотонічний та симпатикотонічний типи регуляції СР в стані відносного спокою дозволяють говорити про задовільну адаптацію організму спортсмена до впливу різних факторів зовнішнього середовища. Натомість, незадовільну адаптацію характеризує різко виражений ваготонічний та різко виражений симпатикотонічний типи регуляції СР в стані відносного спокою [8].

В роботах М. В. Макаренка, В. С. Лизогуба та співавторів досліджено серцевий ритм у студентів з різними індивідуально-типологічними властивостями вищої нервової діяльності за умов емоційного стресу [9], особливості реакцій центральної гемодинаміки та регуляції серцевого ритму на ортопробу осіб з різним індексом маси тіла [10], гемодинаміку головного мозку та серцевий ритм при розумовій діяльності людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи [11], хвильові процеси регуляції серцевого ритму осіб з різними типами гемодинаміки під час проби head-up-tilt [12].

Постійно зростає кількість досліджень, які свідчать про генетичний компонент серцево-судинної реактивності (Carmelli, Chesney, Ward, Rosenman, 1985; Rose, Grim, Miller, 1984; Sims, Carroll, Hewitt, Turner, 1987; Smith et al., 1987) [цит. за 13]. У цих дослідженнях зазвичай вимірюється реактивність на такі лабораторні завдання, як тест Струпа та ментальна арифметика (стресори, що вимагають активного подолання), а також захват рукою та холодний тиск (стресори, що вимагають пасивного подолання) [цит. за 13].

Стосовно спортивної діяльності у кіберспорті, можна припустити, що основою індивідуальних відмінностей в реакціях адаптації представників цього виду спорту до

тренувальних і змагальних навантажень можуть бути в першу чергу індивідуально-типологічні характеристики ВНД та особливості функціонування автономної нервової системи в регуляції фізіологічних функцій організму, серцевого ритму зокрема.

За даними О. А. Шинкарук (2022), до моделі ігрової підготовленості гравця в кіберспорті віднесено такі здібності, якості та характеристики: координаційні здібності та здібності, які впливають на контроль, адаптацію та навчання рухових навичок: рухових образів, рухової пам'яті, рівноваги; сенсомоторні навички, техніка, особливості обробки інформації при виконанні рухів; швидкість реакції, рухливість, локальна анаеробна алактатна витривалість пальців, кистей і рук, локальна та глобальна аеробна витривалість; реакція, а також циклічні та дискретні дії, швидкість рухів, сила утримання м'язів хребта; швидке сприйняття та оцінка поточної ситуації, прийняття адекватних рішень; сприйняття, прийняття рішень і креативність, оперативна пам'ять, увага та багатозадачність; вмотивованість, емоційна стабільність і гнучкість дій, індивідуальні якості особистості, комунікативні навички та соціальна поведінка, надійність, поведінка всередині і поза грою після перемоги або поразки [14, с. 159].

Тому важливим завданням у підготовці кіберспортсменів є дослідження типологічних особливостей нервової системи гравців та пов'язаних із ними сенсомоторних здібностей [15, 16, 17, 18], аналіз факторів, що визначають функціональну підготовленість та психофізіологічний статус кіберспортсменів [14, 19, 20].

Метою дослідження була оцінка автономної регуляції варіабельності серцевого ритму у зв'язку з функціональним станом центральної нервової системи за показниками реакції на рухомий об'єкт у кіберспортсменів.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводилося на базі Науково-дослідного центру Навчально-наукового інституту здоров'я, реабілітації та фізичного виховання Національного університету фізичного виховання і спорту України. У дослідженні брали участь 41 респондент чоловічої статі віком 17–25 років, серед яких 14 – кіберспортсменів (спортивний стаж у кіберспорті 3–10 років), 13 ІТ-спеціалістів (стаж гри у відеоігри 0–15 років) та 14 нетренованих осіб, які не займаються комп'ютерними іграми (контрольна група). Слід зазначити, що обстежені ІТ-спеціалісти грали у відеоігри як хобі, у вільний час, не виступали на змаганнях; нетреновані особи займалися раніше іншими видами спорту (не кіберспортом), але на момент проведення обстежень вже 1,5 роки і більше не тренувалися. В даній роботі проаналізовано результати обстеження кіберспортсменів у порівнянні з ІТ-спеціалістами і контрольною групою. У більшості обстежуваних домінантною виявилася права рука.

ВСР визначали за допомогою комплексу діагностичного автоматизованого «Кардіо+» (НВП «МЕТЕКОЛ», Україна) [21] як в стані спокою (перед проходженням психофізіологічних тестів), впродовж виконання психофізіологічних тестів, так і під час І періоду відновлення (3–5 хвилин) [22].

Для визначення стану психофізіологічних функцій, оцінки швидкості і точності реагування, співвідношення процесів збудження і гальмування в реакції на рухомий об'єкт респондентів використовували діагностичний комплекс «Діагност-1» (М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб) [23, 24]. Відповідно до мети роботи у обстежуваних досліджувалися показники реакції на рухомий об'єкт (РРО): точність РРО, кількість реакцій випередження і запізнювання, сумарне та середнє відхилення у РРО, сумарне та середнє випередження і запізнювання та співвідношення показників, зазначених вище. Даний варіант методики передбачає реєстрацію рухових відповідей людини на об'єкт, що рухається у зазначеному місці з рівномірною швидкістю; у якості подразників застосовувалися предметні символи – геометричні фігури [24, 25].

Обстежувані тричі проходили тест РРО. Реєструвалися такі основні показники виконання тесту РРО [23]:

1. Кількість точних реакцій (для кращої спроби), сума всіх відхилень та їхнє середнє значення в мс;
2. Кількість випереджаючих відхилень та їхнє середнє значення в мс (для кращої спроби);
3. Кількість запізнювальних відхилень та їхнє середнє значення в мс (для кращої спроби);
4. Кількість точних реакцій (для трьох спроб), сума відхилень та їхнє середнє значення в мс;
5. Кількість випереджаючих відхилень та їхнє середнє значення в мс (для трьох спроб);
6. Кількість запізнювальних відхилень та їхнє середнє значення в мс (для трьох спроб).

Для визначення зміни інтервалу серцевих скорочень (тривалості серцевого циклу) при нормальному синусовому ритмі серця використовували дослідження ВСП [21]. Методом вибору для дослідження ВСП є метод ритмокардіографії (РитмКГ), що ґрунтується на реєстрації електрокардіограми. Для дослідження ВСП шляхом реєстрації РитмКГ використовували аналіз за Баєвським [26]:

M_o (мс) – діапазон значень кардіоінтервалів, що найчастіше зустрічаються.

A_{Mo} (%) (амплітуда моди) – кардіоінтервали, що потрапили в діапазон моди.

dX (мс) (варіаційний розмах) – максимальна амплітуда коливань значень кардіоінтервалів (регуляторних впливів). Визначається за різницею між максимальною та мінімальною тривалістю кардіоциклу.

ІВР (індекс вегетативної рівноваги) – показник, що характеризує баланс симпатичного та парасимпатичного відділів у регуляції роботи серця, розраховується за формулою: A_{Mo}/dX . Чим менша величина ІВР, тим менша активність парасимпатичного відділу, і навпаки, чим більша величина ІВР, тим більша активність симпатичного відділу.

ВПр (вегетативний показник ритму) розраховується за формулою: $1/(M_o*dX)$. Чим менша величина ВПр, тим більша активність парасимпатичного відділу та автономного контуру регуляції СР.

ПАПр (показник адекватності процесів регулювання) – характеризує відповідність між активністю симпатичного відділу вегетативної нервової системи і рівнем функціонування синусового вузла, розраховується за формулою: A_{Mo} / M_o .

ІНРС (індекс напруження регуляторних систем) – показник активності регуляторних систем через особливості регуляції ЧСС. Розраховується за формулою: $(A_{Mo} / ((2*dX)*M_o))$.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою програми IBM SPSS Statistics, версія 26. Для опису вибіркового розподілу вказували медіани та міжквартильний розкид ($Me [25\%; 75\%]$). Для порівняння незалежних вибірок використовували критерій Манна-Уїтні. Тест Спірмена застосовували для дослідження кореляційних зв'язків. Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p = 0,05$.

Дослідження були проведені відповідно до основних біоетичних норм Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення науково-медичних досліджень із поправками (2000, з поправками 2008), Конвенції Ради Європи з прав людини та біомедицини (1997), Універсальної декларації з біоетики та прав людини (1997) [цит. за 18], а також розробленої в НДІ НУФВСУ «Програми комплексного біологічного дослідження особливостей функціональних можливостей спортсменів» [27]. Письмова інформована згода була отримана у кожного учасника дослідження.

Результати досліджень та їх обговорення. Відповідно до мети роботи досліджувалися особливості точності РРО кіберспортсменів (І група, КІБ) ІТ-спеціалістів (ІІ група, ІТ) та нетренованих осіб, які не займаються комп'ютерними іграми (ІІІ група, ІТ) окремо для домінантної (ДМР) і субдомінантної (СДР) руки. Виявлено, що за спортивним стажем групи обстежених кіберспортсменів, ІТ спеціалістів та нетренованих осіб не відрізнялись (табл. 1). Стаж гри у відеоігри був вищим у кіберспортсменів порівняно з нетренованими особами ($p < 0,01$).

Таблиця 1

Вік та спортивний стаж обстежених кіберспортсменів (n=14),
ІТ-спеціалістів (n=13) та нетренованих осіб,
які не займаються комп'ютерними іграми (n=14), Me [25%, 75%]

Показники	I група, кіберспортсмени (n=14)	II група, ІТ-спеціалісти (n=13)	III група, нетреновані особи (n=14)
Вік, роки	19,00 [18,25; 19,00]	21,00* [20,00; 23,00]	18,00^ [18,00; 19,00]
Стаж гри у відеоігри, роки	5,50 [5,00; 7,00]	5,00 [0,00; 8,00]	0,50* [0,00; 2,00]
Спортивний стаж, роки	1,25 [0,00; 4,00]	0,50 [0,00; 6,00]	5,50 [1,25; 9,75]

Примітка: * $p < 0,01$ – значуща різниця з групою КІБ за критерієм Манна-Уїтні;
^ $p < 0,01$ – значуща різниця з групою ІТ за критерієм Манна-Уїтні.

В групі кіберспортсменів показники РРО були пов'язані як з віком, так і зі стажем гри у відеоігри ($p < 0,05$; ** $p < 0,01$), виявлені як прямі, так і обернені кореляційні зв'язки (табл. 2). Точність РРО за результатами трьох спроб зменшувалась з віком, але тільки за показниками для ДМР. Зі збільшенням стажу гри у відеоігри точність РРО збільшувалась, але тільки за показниками для СДР (табл. 2). Отримані результати цілком узгоджуються з відомими літературними даними про вплив занять спортом на формування та стан психофізіологічних функцій, а саме на зменшення функціональної асиметрії при здійсненні рухових реакцій [28, 29].

Таблиця 2

Кореляційні зв'язки показників реакції на рухомий об'єкт з віком і стажем гри у відеоігри для групи кіберспортсменів (n=14), r_s

Показники	Кореляційні зв'язки, r_s	
	З віком	Зі стажем гри у відеоігри
Краща спроба в РРО		
Показник точності реакції на рухомий об'єкт, кількість точних влучань	-0,63*	–
Показник точності реакції на рухомий об'єкт, відсоток точних влучань	-0,63*	–
Сумарне запізнювання в реакції на рухомий об'єкт, мс	0,73**	–
Середнє випередження в реакції на рухомий об'єкт, мс	–	-0,56*
Середнє запізнювання в реакції на рухомий об'єкт, мс	-0,65*	0,58*
Співвідношення середнє випередження / середнє запізнювання	–	0,68**
Три спроби в РРО		
Сумарне відхилення в реакції на рухомий об'єкт, мс	0,60*	-0,56*
Сумарне запізнювання в реакції на рухомий об'єкт, мс	0,53*	–
Середнє відхилення в реакції на рухомий об'єкт, мс	0,59*	-0,56*
Середнє запізнювання в реакції на рухомий об'єкт, мс	–	-0,55*

Примітка: Кореляційні зв'язки для доміантної руки (ДМР); **кореляційні зв'язки для субдоміантної руки (СДР)**; *статистична значущість коефіцієнта кореляції $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Крім того, у кіберспортсменів за результатами кращої спроби з віком збільшувалися кількість і відсоток точних влучань, сумарний час реакцій запізнювання для ДМР, проте зменшувався середній час реакцій запізнювання для СДР. Зі збільшенням стажу збільшувався середній час реакцій запізнювання для ДМР, натомість зменшувався середній час реакцій випередження для СДР (табл. 2).

Результати обстеження кіберспортсменів у порівнянні з ІТ-спеціалістами та нетренованими особами, які не займаються комп'ютерними іграми, при виконанні кращої спроби і трьох спроб у РРО, представлені у табл. 3.

Таблиця 3

Психофізіологічні показники реакції на рухомий об'єкт у групах КІБ (n=14), ІТ (n=13), НТ (n=14), Ме [25%; 75%]

Показники	ДМР/СДР	Групи	За всі виконання	Кількість точних влучань	Реакції випередження	Реакції запізнення
За одну кращу спробу	ДМР	КІБ	30 виконань	6,50 [5,50; 7,75]	10,50 [9,00; 12,75]	12,50 [11,25; 14,00]
		ІТ		5,00* [4,00; 6,00]	11,00 [10,00; 14,00]	14,00 [11,00; 15,00]
		НТ		3,50* [3,00; 5,75]	12,50* [12,00; 14,00]	12,50 [11,00; 14,75]
	СДР	КІБ		7,50 [5,25; 8,00]	11,50 [9,25; 13,75]	11,50 [9,25; 13,00]
		ІТ		6,00 [4,00; 7,00]	13,00 [9,00; 14,00]	11,00 [9,00; 14,00]
		НТ		5,00* [5,00; 6,00]	14,00*^ [12,25; 15,00]	11,00 [9,25; 12,00]
Сума відхилень	ДМР	КІБ	458,00 [406,50; 89,00]	-	223,00 [181,50; 252,00]	224,00 [196,50; 290,50]
		ІТ	614,00* [494,00; 658,00]	-	248,00 [214,00; 412,00]	282,00* [240,00; 366,00]
		НТ	605,00* [536,00; 653,00]	-	295,00* [260,00; 341,00]	286,00* [245,50; 325,00]
	СДР	КІБ	466,00 [398,50; 502,50]	-	221,00 [189,50; 278,00]	208,00 [174,50; 240,00]
		ІТ	520,00* [478,00; 578,00]	-	258,00 [220,00; 376,00]	232,00 [194,00; 320,00]
		НТ	541,00* [484,00; 680,50]	-	307,00* [274,00; 385,50]	260,50 [176,50; 298,50]

Продовження таблиці 3

Середнє відхилення	ДМР	КІБ	15,25 [13,55; 16,28]	-	20,25 [18,00; 23,23]	19,00 [15,68; 22,00]
		ІТ	20,50* [16,50; 21,90]	-	23,80 [19,20; 31,70]	24,20* [20,10; 26,10]
		НТ	20,15* [17,88; 21,78]	-	26,10* [19,85; 29,40]	23,40* [18,05; 29,23]
	СДР	КІБ	15,55 [13,30; 16,73]	-	20,85 [17,50; 24,28]	18,80 [15,70; 20,23]
		ІТ	17,30* [15,90; 19,30]	-	23,50 [18,80; 25,30]	21,30* [18,40; 25,70]
		НТ	18,00* [16,10; 22,70]	-	23,10 [18,65; 25,65]	22,40 [16,78; 26,78]
За всі спроби (3)	ДМР	КІБ	90 виконань	17,00 [14,25; 21,00]	34,00 [33,00; 36,00]	38,00 [36,25; 41,25]
		ІТ		13,00* [12,00; 14,00]	38,00 [32,00; 45,55]	39,00 [33,00; 43,00]
		НТ		10,50* [7,00; 14,25]	41,50* [39,00; 43,75]	37,00 [34,00; 40,75]
	СДР	КІБ		16,50 [14,25; 19,00]	37,00 [34,25; 41,75]	35,00 [33,25; 39,25]
		ІТ		14,00 [11,00; 17,00]	38,00 [33,00; 46,00]	33,00 [31,00; 43,00]
		НТ		13,00* [12,00; 15,00]	40,00* [40,00; 45,75]	36,50 [31,50; 38,00]
Сума відхилень за всі спроби	ДМР	КІБ	1647,00 [1361,50; 1838,50]	-	769,00 [731,00; 924,50]	779,00 [658,50; 934,00]
		ІТ	2170,00* [1724,00; 2546,00]	-	1010,00* [756,00; 1406,00]	902,00* [848,00; 1164,00]
		НТ	2112,00* [1852,00; 2539,50]	-	1087,00* [1032,00; 1253,50]	930,00* [807,50; 1223,00]
	СДР	КІБ	1714,00 [1474,00; 2013,00]	-	847,00 [695,50; 1154,00]	815,00 [643,00; 955,00]
		ІТ	1896,00 [1664,00; 2036,00]	-	938,00 [838,00; 1218,00]	812,00 [710,00; 1098,00]
		НТ	2006,00 [1631,00; 2496,00]	-	1132,00* [1012,50; 1330,50]	873,00 [681,50; 1071,00]

Продовження таблиці 3

Середнє відхилення за всі спроби	ДМР	КІБ	18,30 [15,15; 20,40]	-	22,45 [21,58; 25,35]	20,30 [18,13; 23,38]
		ІТ	24,10* [19,20; 28,30]	-	29,70* [24,50; 31,20]	25,50* [22,20; 29,30]
		НТ	23,45* [20,58; 28,23]	-	26,35* [24,48; 31,80]	25,15* [23,55; 30,63]
	СДР	КІБ	19,05 [16,38; 22,33]	-	24,95 [20,25; 29,75]	22,45 [19,23; 23,95]
		ІТ	21,10 [18,50; 22,60]	-	27,70 [20,20; 29,40]	23,30 [21,30; 25,50]
		НТ	22,25 [18,10; 27,74]	-	27,70 [23,80; 31,23]	24,90 [20,65; 27,96]

Примітка: ДМР – доміантна рука, СДР – субдоміантна рука, КІБ – кіберспортсмени, ІТ – ІТ-спеціалісти, НТ – нетреновані особи, які не займаються комп'ютерними іграми; * – засвідчує статистично вірогідну різницю з групою КІБ ($p < 0,05$); ^ – засвідчує статистично вірогідну різницю з групою ІТ.

За низкою показників точності РРО для обох рук при виконанні кращої спроби кіберспортсмени були більш точними ($p < 0,05$) за ІТ-спеціалістів та нетренованих осіб, які не займаються комп'ютерними іграми (табл. 3). Однак, за кількістю точних влучань в кращій спробі для СДР між групами кіберспортсменів та ІТ-спеціалістів не виявлено статистично значущих відмінностей (табл. 3). Кіберспортсмени у порівнянні з контрольною групою продемонстрували вищу точність в РРО за кількістю точних влучань і кількістю реакцій випередження в кращій спробі для ДМР та СДР, за сумарним і середнім відхиленням для ДМР та СДР, за сумарним і середнім випередженням і запізнюванням для ДМР, а також за сумарним випередженням для СДР (табл. 3).

Аналіз результатів виконання трьох спроб в РРО продемонстрував наявність статистично значущих відмінностей ($p < 0,05$) за основними вимірюваними показниками точності РРО між виділеними групами обстежуваних кіберспортсменів та ІТ-спеціалістів, але тільки для доміантної руки (табл. 3).

Проте, при порівнянні кіберспортсменів та нетренованих осіб виявлені статистично значущі відмінності ($p < 0,05$) за показниками точності РРО при виконанні трьох спроб як для доміантної, так і для субдоміантної руки, хоча для СДР таких відмінностей виявлено набагато менше, ніж для ДМР, відповідно 3 і 8 відмінностей. Кіберспортсмени у порівнянні з контрольною групою за показниками для СДР при виконанні трьох спроб продемонстрували вищу точність в РРО за кількістю точних влучань і кількістю реакцій випередження, а також за сумарним часом реакцій випередження. За іншими показниками РРО для СДР I і III групи за критерієм Манна-Уїтні значуще не відрізнялись (табл. 3).

Можна припустити, що виявлені відмінності між виділеними групами свідчать про особливості функціональної асиметрії півкуль головного мозку обстежених респондентів, про більшу функціональну спроможність СДР у кіберспортсменів та ІТ-спеціалістів у порівнянні з нетренованими особами.

В усіх трьох групах обстежуваних асиметрія між доміантною та субдоміантною рукою за показниками точності РРО була відсутня, значущих відмінностей за критерієм Манна-Уїтні не виявлено. За даними фахівців з психофізіології спорту, зменшення функціональної асиметрії у досвідчених спортсменів свідчить про оптимальну тактику тренувань [30].

У нетренованих осіб, які не займаються кіберспортом, отримали, так би мовити, очікуваний розподіл кореляційних зв'язків між показниками РРО та ВСР: при виконанні тесту відповідною рукою маємо більшу кількість зв'язків саме між однойменними показниками (РРО правою рукою – ВСР при роботі правою рукою, РРО лівою рукою – ВСР при роботі лівою рукою) (рис. 1). Можемо припустити, що при виконанні завдання відповідною рукою в мозку складається латералізована до завдання функціональна система, спрямована на його виконання. В цілому кількість зв'язків велика, що вказує на наявність сформованої в результаті адаптації до фізичних навантажень системи регуляції «мозок – серце» [31].

У кіберспортсменів значно більше зв'язків між показниками виконання тесту РРО правою рукою і показниками ВСР; причому, здавалося б, парадоксально, з показниками ВСР при виконанні тесту РРО лівою рукою кількість цих зв'язків найбільша, що вказує на те, що ліва півкуля бере на себе жорсткий контроль за виконанням завдань, не зважаючи на те, якою рукою вони виконуються (рис. 1). Зв'язків між показниками РРО при виконанні тесту лівою рукою і показниками ВСР значно менше. Можемо констатувати асиметрію в регуляції ВСР із домінуванням лівої півкулі, що узгоджується із уявленнями про метаконтроль рухових виконавчих функцій лівою півкулею [32, 33, 34].

Цікавими виявились результати ІТ-спеціалістів. У цих обстежуваних кількість кореляційних зв'язків між показниками виконання тесту РРО і показниками ВСР найменша із усіх груп (рис. 1). Це може вказувати на менше напруження функціональних систем мозку при виконанні таких завдань, їхнє забезпечення іншими регуляторними системами мозку, менше емоційне реагування на такі завдання. Сам розподіл зв'язків схожий на той, який виявлений для спортсменів групи, що не займаються кіберспортом.

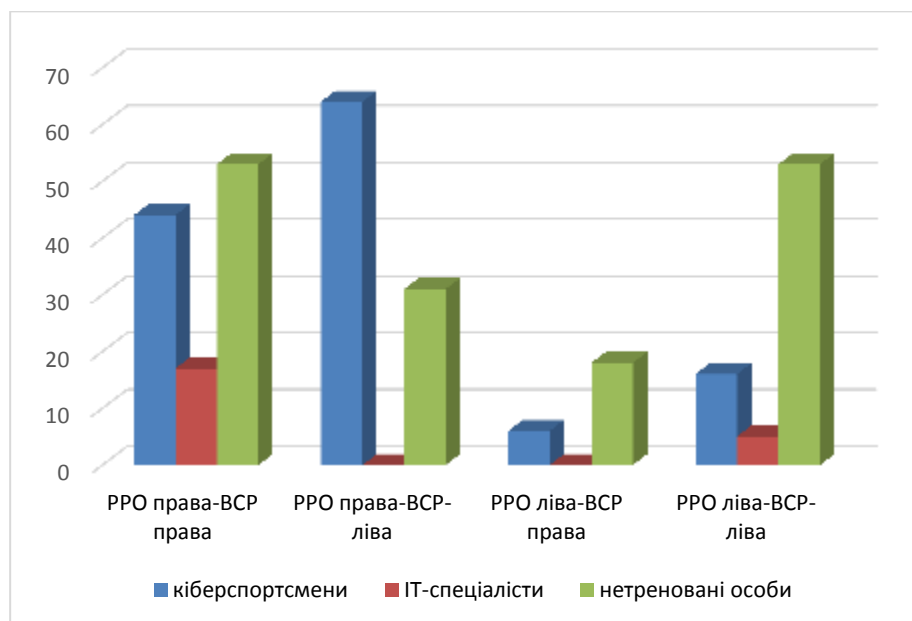


Рис. 1. Кількість статистично значущих кореляційних зв'язків між показниками РРО та ВСР у групах кіберспортсменів, ІТ-спеціалістів і нетренованих осіб, які не займаються комп'ютерними іграми при виконанні тесту РРО (краща спроба).

Примітки: РРО права/РРО ліва – виконання тесту на РРО правою/лівою рукою відповідно, ВСР права/ВСР ліва – показники ВСР під час виконання тесту РРО правою/лівою рукою відповідно.

Отримані результати узгоджуються з відомими літературними даними: як зазначають більшість дослідників, для респондентів, які грають у комп'ютерні ігри,

характерні в першу чергу висока швидкість реакції, здатність одночасно відстежувати велику кількість об'єктів та їх динаміку тощо [14, 15, 35, 36]. Зазначається, що показники РРО можуть використовуватися у якості модельних характеристик спортсменів ігрових видів спорту [37].

Загалом за показниками РРО кіберспортсмени у порівнянні з ІТ-спеціалістами та нетренованими особами, які не займаються комп'ютерними іграми, продемонстрували вищі результати, більшість відмінностей досягли рівня значущості ($p < 0,05$), що цілком підтверджує відомі літературні дані про вплив занять різними видами спорту на формування і стан психофізіологічних функцій [28, 29] та доповнює раніше отримані результати при тестуванні спортсменів в інших видах спорту [38].

Результати психофізіологічного тестування кіберспортсменів відбивають адаптивні когнітивні ефекти тренувань. J. Feng, I. Spence & J. Pratt (2007) у своїй роботі зазначають, що відеоігри впливають на формування та розвиток просторових здібностей спортсменів [цит. за 15]. В цілому, сенсомоторні здібності (сприйняття часу і простору, просторово-динамічна чутливість, чутливість кінестетичної сенсомоторної системи тощо), з одного боку, обумовлюють високу ефективність гравців в спортивній діяльності, а з іншого – відеоігри впливають на формування та розвиток цих здібностей [15, 39].

Так, у роботі A. Sousa (2020) досліджено динаміку когнітивних показників до та після сеансу кіберспортивних ігор у двох типах кіберспортивних ігор (FPS та MOBA). Показано, що психомоторна швидкість, виміряна з допомогою тесту FTT, була значно вищою після ігрового сеансу; збільшився показник розумової гнучкості у тесті «числова послідовність» [39].

За результатами досліджень M. W. G. Dye, C. S. Green, D. Bavelier (2009), аналіз причинно-наслідкового зв'язку між «ігровою діяльністю» та збільшенням швидкості розумової обробки виявив значне скорочення латентного періоду часу реакції на фоні підвищення точності рухів без збільшення імпульсивності [40]. В роботі B. Bediou, D. M. Adams, R. E. Mayer, E. Tipton, C. S. Green, D. Bavelier (2018) доведено, що не всі ігри однаково впливають на когнітивні здібності. Наприклад, екшн-відеоігри значно розширюють увагу та просторове мислення, і не вибагливі до прояву сприйняття [41].

ВСР має важливе значення для динамічного моніторингу працездатності, своєчасної профілактики втоми та попередження перетренованості гравців [3]. Показники ВСР у стані спокою дозволяють визначити загальний рівень втоми [42]. Щодо реактивності кардіо- та гемодинамічних параметрів кіберспортсменів зазначається, що під час змагань у гравців спостерігається значний приріст гемодинамічних показників – систолічного і діастолічного артеріального тиску [43]. Крім того, якщо середні значення ЧСС тренувального навантаження в кіберспорті становлять 120-140 ударів за хвилину [44], пікова ЧСС, що реєструється під час змагань, досягає 160-190 ударів за хвилину [5, 44]. Однак, як зазначають дослідники, варіабельність кардіо- та гемодинамічних показників, а також частоти дихання у геймерів залежить від типу (жанру) комп'ютерної гри [39].

Таким чином, виявлені відмінності показників РРО кіберспортсменів у порівнянні з ІТ-спеціалістами та нетренованими особами, які не займаються комп'ютерними іграми, а також особливості регуляторних механізмів організму кіберспортсменів у зв'язку із успішністю виконання реакції на рухомий об'єкт цілком узгоджуються з відомими літературними даними і, безумовно, можуть мати прогностичну цінність та використовуватися для оптимізації спортивного вдосконалення в кіберспорті.

Висновки

1. Аналіз та узагальнення науково-методичної літератури дозволив з'ясувати, що специфіка тренувальної і змагальної діяльності в кіберспорті накладає свій відбиток на рівень розвитку сенсомоторних реакцій гравців.

2. Кіберспортсмени продемонстрували вищу точність в реакції на рухомий об'єкт (РРО) порівняно із ІТ-спеціалістами та нетренованими особами, які не займаються комп'ютерними іграми.

3. Виявлено кореляцію точності РРО у обстежених кіберспортсменів з показниками варіабельності серцевого ритму (ВСР) під час виконання завдання. Більшій точності РРО кіберспортсменів відповідає більша активність симпатичного відділу у регуляції роботи серця під час виконання завдання.

4. У групах кіберспортсменів і нетренованих осіб кількість кореляційних зв'язків між показниками РРО і ВСР значно більша, ніж у ІТ-спеціалістів – 130, 155 і 22 відповідно. Розподіл кореляційних зв'язків між показниками РРО і ВСР при виконанні завдання правою і лівою рукою наступний: для кіберспортсменів 108 проти 22, для нетренованих осіб – 84 проти 71, для ІТ спеціалістів – 17 проти 5. Виявлена асиметрія зв'язків у групі кіберспортсменів вказує на домінування лівої півкулі в регуляції серцевого ритму незалежно від того, якою рукою виконується завдання.

5. Виявлені відмінності РРО кіберспортсменів у порівнянні з ІТ-спеціалістами та нетренованими особами, які не займаються комп'ютерними іграми, можуть мати прогностичну цінність і використовуватися для оптимізації спортивного вдосконалення в кіберспорті.

Перспективи подальших досліджень.

Цікавим є подальше дослідження з проведенням порівняльного аналізу психофізіологічних показників у спортсменів, що спеціалізуються в різних кіберспортивних дисциплінах та в процесі спортивної діяльності зазнають впливу навантажень різних типів, а також проведення кореляційного аналізу між досліджуваними психофізіологічними показниками та результатами змагальної діяльності кіберспортсменів.

Колектив авторів висловлює щире подяку кафедрі кіберспорту та інформаційних технологій НУФВСУ, зав. кафедри О. А. Шинкарук та Науково-дослідному центру Навчально-наукового інституту здоров'я, реабілітації та фізичного виховання НУФВСУ, директору НДЦ І. О. Когут, а також студентам і всім причетним за участь в організації і проведенні досліджень.

Список використаної літератури

1. Hasan Y., Bègue L., Bushman B. J. Violent video games stress people out and make them more aggressive. *Aggressive Behavior*. 2013. Vol. 39 (1). pp. 64–70. DOI: 10.1002/ab.21454
2. Machado S., de Oliveira Sant'Ana L., Cid L. et al. Impact of victory and defeat on the perceived stress and autonomic regulation of professional eSports athletes. *Frontiers in Physiology*. 2022. Vol. 13. Article 987149. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.987149
3. Meeusen R., Duclos M., Foster C. et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2013. Vol. 45 (1). pp. 186–205. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a
4. Коробейніков Г. В., Коханевич А. І. Особливості психічного стану у кваліфікованих борців. *Єдиноборства*. 2024. № 2 (32). С. 52–60.
5. Valladão S. P., Middleton J., Andre T. L. Esport: fortnite acutely increases heart rate of young men. *International Journal of Exercise Science*. 2020. Vol. 13 (6). pp. 1217–1227.
6. Behnke M., Kosakowski M., Kaczmarek L. D. Social challenge and threat predict performance and cardiovascular responses during competitive video gaming. *Psychology of Sport and Exercise*. 2020. Vol. 46. Article 101584. DOI: 10.1016/j.psychsport.2019.101584
7. Лисенко О., Федорчук С., Колосова О., Виноградов В. Вплив вегетативної регуляції серцевого ритму на прояв фізичної працездатності кваліфікованих спортсменів (I повідомлення). *Спортивна наука та здоров'я людини*. 2020. № 1 (3). С. 70–87. DOI: 10.28925/2664-2069.2020.1.6
8. Лисенко О., Федорчук С., Колосова О., Тимошенко О. Адаптація до напруженої м'язової діяльності та особливості вегетативної регуляції варіабельності серцевого ритму спортсменів (II повідомлення). *Спортивна наука та здоров'я людини*. 2023. № 2 (10). С. 119–141. DOI: 10.28925/2664-2069.2023.210

9. Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Юхименко Л. І. Серцевий ритм у студентів з різними індивідуально-типологічними властивостями вищої нервової діяльності за умов емоційного стресу. *Фізіологічний журнал*. 2003. № 49 (1). С. 28–33.
10. Лизогуб В. С., Коваленко С. О., Дзюбан Ю. О., Кудій Л. І., Грищенко О. В., Борейко Т. І. Особливості реакцій центральної гемодинаміки та регуляції серцевого ритму на ортопробу осіб з різним індексом маси тіла. *Вісник морфології*. 2008. № 14 (1). С. 109–114.
11. Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Юхименко Л. І., Черненко Н. П. Гемодинаміка головного мозку та серцевий ритм при розумовій діяльності людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського Серія «Біологія, хімія»*. Том 25 (64). 2012. № 4. С. 136–143.
12. Лизогуб В. С., Макарчук М. Ю., Юхименко Л. І., Хоменко С. М., Черненко-Курагіна Н. П. Хвильові процеси регуляції серцевого ритму осіб з різними типами гемодинаміки під час проби head-up-tilt. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. V. (13). Issue 121. 2017. P. 10–14. URL: <https://seanewdim.com/wp-content/uploads/2021/03/The-wave-processes-of-regulation-the-heart-V.-S.-Lizogub-M.-Yu.-Makarchuk-L.-I.-Yukhymenko-S.-M.-Khomenko-N.-P.-Chernenko-Kuragina.pdf>
13. Gabbay F. H. Behavior-Genetic Strategies in the Study of Emotion. *Psychological Science*. 1992. Vol. 3 (1). pp. 50–55. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1992.tb00256.x>
14. Шинкарук О. Модель ігрової підготовленості гравців у кіберспорті. *Спортивний вісник Придніпров'я. Науково-практичний журнал*. 2022. № 2. С. 158–168. DOI: 10.32540/2071-1476-2022-2-158
15. Пятисоцька С. С., Романенко В. В., Ашанін В. С., Єфременко А. М. Аналіз сенсомоторних здібностей та властивостей нервової системи гравців різних кіберспортивних дисциплін. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 15 : Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)* : зб. наук. праць. За ред. О. В. Тимошенка. Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2021. Вип. 11 (143). С. 125–131. DOI: 10.31392/NPU-nc.series15.2021.11(143).26 URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/36253>
16. Пятисоцькая С. С., Романенко В. В., Голоха В. Л. Сравнительный анализ сенсомоторных реакций единоборцев и игроков киберспортивной дисциплины DOTA 2. *Єдиноборства*. 2020. № 1 (15). С. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.15391/ed.2020-1.06>
17. Луць Ю. П., Лук'янцева Г. В., Федорчук С. В. Психофізіологічні показники кіберспортсменів в оптимальному режимі тестування. *Адаптаційні та психофізіологічні проблеми фізичної культури і спорту* : Міжнар. наук.-практ. конф. Київ – Черкаси, Україна, НУФВСУ, 7–8 груд. 2023 р. URL: <https://uni-sport.edu.ua/content/mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferenciya-adaptaciyni-psyhofiziologichni-problemy>
18. Луць Ю., Лук'янцева Г., Федорчук С. Прояв нейродинамічних властивостей кіберспортсменів у зв'язку із рівнем стресу, саморегуляції, адаптивності та інтелекту. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series* 2023. № 2. С. 76–86. DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2-76-86
19. Пятисоцька С. С., Подрігало Л. В., Романенко В. В., Петренко Ю. І., Алексєнко Я. В. Порівняльний аналіз психофізіологічних показників спортсменів єдиноборств та кіберспорту за допомогою факторного методу. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15 : Науково- педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)* : зб. наукових праць. За ред. О. В. Тимошенка. Київ : Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, 2024. Вип. 3 (175). С. 144–148. DOI: [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.3\(175\).27](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.3(175).27)
20. Korobeinikova I., Kokun O., Raab M., Korobeinikova L., Korobeynikov G., Kostiuchenko V., Aksutin V., Dekha N. Psychophysiological states of elite athletes after critical life events. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*. 2024. Vol. 28 (2). pp. 141–146. DOI: 10.15561/26649837.2024.0208
21. Diagnostic automated complex «CARDIO+» : Instructions for operation. Nizhin: W.p. 2016. 28 p. [in Ukrainian]
22. Luts Yu. P., Lukyantseva H. V., Bakunovskyi O. M., Fedorchuk S. V., Kolosova O. V. Development of a protocol for the study of the functional state of the cardiovascular and neuromuscular systems and the state of psychophysiological functions of e-athletes. *Bulletin of problems in biology and medicine*. 2023. Issue 4 (171). pp. 391–402. DOI: 10.29254/2077-4214-2023-4-171-391-402

23. Компьютерная система Н. В. Макаренко и В. С. Лизогуба «Диагност–1М» (инструкция пользователя). Киев – Черкассы. 2015. 63 с.
24. Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини. Київ-Черкаси. 2014. 102 с.
25. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Реакція на рухомий об'єкт як тест на визначення зрівноваженості нервових процесів. *Вісник національного університету оборони України*. 2015. № 1 (44). С. 142–147.
26. Флюнт І. С., Тимочко О. Б., Гривнак Р. Ф., Оліярник О. Я., Романський Р. Ю., Ткачук С. П. Зв'язки показника активності регуляторних систем Баєвського з параметрами варіабельності серцевого ритму. *Медицина гідрологія та реабілітація*. 2011. Т. 9. № 2. С. 102–108. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/41269/10-Flyunt.pdf>
27. Шинкарук О. А., Лисенко О. М., Гуніна Л. М., Карленко В. П., Земцова І. І., Олішевський С. В. та ін. Медикобіологічне забезпечення підготовки спортсменів збірних команд України з олімпійських видів спорту. К. : Олімпійська література, 2009. 144 с.
28. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини. Черкаси. 2011. 256 с.
29. Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П. Нейродинамічні властивості спортсменів різної кваліфікації та спеціалізації. *Актуальні проблеми фізичної культури і спорту*. 2004. № 4 С. 105–109.
30. Romanenko V., Podrihalo O., Podrigalo L., Iermakov S., Sotnikova-Meleshkina Z., Bobrova O. The study of functional asymmetry in students and schoolchildren practicing martial arts. *Physical education of students*. 2020. № 24 (3). pp. 154–161. DOI: <https://doi.org/10.15561/20755279.2020.0305>
31. Matusik P. S., Zhong C., Matusik P. T., Alomar O., Stein P. K. Neuroimaging Studies of the Neural Correlates of Heart Rate Variability: A Systematic Review. *Journal of clinical medicine*. 2023. № 12 (3). Article 1016. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12031016>
32. Куценко Т. В. Міжпівкульне перенесення інформації при виконанні складного тесту Струпа із залученням просторової ознаки у правшів і лівшів. *Вісник Черкаського університету. Серія : Біологічні науки*. 2017. № 1. С. 37–47.
33. Mutha P. K., Haaland K. Y., Sainburg R. L. The effects of brain lateralization on motor control and adaptation. *J. Mot. Behav.* 2012. № 44 (6). pp. 455–469. DOI: 10.1080/00222895.2012.747482. PMID: 23237468; PMCID: PMC3549328.
34. Sainburg R. L. Laterality of Basic Motor Control Mechanisms: Different Roles of the Right and Left Brain Hemispheres. In *Laterality in Sports: Theories and Applications* (pp. 155–177). Elsevier. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801426-4.00008-0>
35. Подрігало Л. В., Пятисоцька С. С. Професіографічний аналіз спортивної діяльності кіберспортсменів, що спеціалізуються у різних ігрових жанрах. *Спортивні ігри*. 2024. № 1 (31). С. 51–64. DOI: <https://doi.org/10.15391/si.2024-1.05>
36. Подригало Л. В., Ровная О. А., Сокол К. М., Голодько Е. А. Физиолого-гигиенические аспекты киберспорта. *Науково-методичні основи використання інформаційних технологій в галузі фізичної культури та спорту*. 2018. № 2. С. 90–93.
37. Федорчук С., Петровська Т., Арнаутова Л., Когут І., Петрушевський Є. Реакція на рухомий об'єкт та властивості уваги у кваліфікованих гандболісток. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. 2023. № 1. С. 68–74. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2023.1.68-74>
38. Федорчук С., Куценко Т., Ярошенко О., Лисенко О., Шинкарук О. Функціональний стан центральної нервової системи спортсменів-веслувальників за показниками реакції на рухомий об'єкт. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2022. №1. С. 42–48. DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2022.1.42-48>
39. Sousa A., Ahmad S. L., Hassan T. et al. Physiological and cognitive functions following a discrete session of competitive esports gaming. *Frontiers in Psychology*. 2020. Vol. 11. Article 1030. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01030
40. Dye M. W. G., Green C. S., Bavelier D. Increasing Speed of Processing With Action Video Games. *Current Directions in Psychological Science*. 2009. Vol. 18 (6). pp. 321–326. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01660.x>

41. Bediou B., Adams D. M., Mayer R. E., Tipton E., Green C. S., Bavelier D. Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*. 2018. Vol. 144 (1). pp. 77–110. DOI: <https://doi.org/10.1037/bul0000130>
42. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*. 2014. Vol. 5. Article 73. DOI: 10.3389/fphys.2014.00073
43. Porter A. M., Goolkasian P. Video games and stress: how stress appraisals and game content affect cardiovascular and emotion outcomes. *Frontiers in Physiology*. 2019. Vol. 10. Article 967. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.00967
44. Andre T. L., Walsh S. M., Valladão S., Cox D. Physiological and perceptual response to a live collegiate esports tournament. *International Journal of Exercise Science*. 2020. Vol. 13 (6). pp. 1418–1429.

References

1. Hasan Y., Bègue L., Bushman B. J. (2013) Violent video games stress people out and make them more aggressive. *Aggressive Behavior*. Vol. 39 (1). pp. 64–70. DOI: 10.1002/ab.21454
2. Machado S., de Oliveira Sant'Ana L., Cid L. et al. (2022) Impact of victory and defeat on the perceived stress and autonomic regulation of professional eSports athletes. *Frontiers in Physiology*. Vol. 13. Article 987149. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.987149
3. Meeusen R., Duclos M., Foster C. et al. (2013) Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 45 (1). pp. 186–205. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a
4. Korobeinikov H. V., Kokhanevych A. I. (2024) Osoblyvosti psykhnichnoho stanu u kvalifikovanykh bortsiv. *Yedynoborstva*. № 2 (32). S. 52–60. [in Ukrainian].
5. Valladão S. P., Middleton J., Andre T. L. (2020) Esport: fortnite acutely increases heart rate of young men. *International Journal of Exercise Science*. Vol. 13 (6). pp. 1217–1227.
6. Behnke M., Kosakowski M., Kaczmarek L. D. (2020) Social challenge and threat predict performance and cardiovascular responses during competitive video gaming. *Psychology of Sport and Exercise*. Vol. 46. Article 101584. DOI: 10.1016/j.psychsport.2019.101584
7. Lysenko O., Fedorchuk S., Kolosova O., Vynohradov V. (2020) Vplyv vehetatyvnoi rehuliatcii sertsevoho rytmu na proiav fizychnoi pratsezdatsnosti kvalifikovanykh sportsmeniv (I povidomlennia). *Sportyvna nauka ta zdorov'ia liudyny*. № 1 (3). S. 70–87. DOI: 10.28925/2664-2069.2020.1.6 [in Ukrainian].
8. Lysenko O., Fedorchuk S., Kolosova O., Tymoshenko O. (2023) Adaptatsiia do napruzhenoi miazovoi diialnosti ta osoblyvosti vehetatyvnoi rehuliatcii variabelnosti sertsevoho rytmu sportsmeniv (II povidomlennia). *Sportyvna nauka ta zdorov'ia liudyny*. № 2 (10). S. 119–141. DOI: 10.28925/2664-2069.2023.2.10 [in Ukrainian].
9. Makarenko M. V., Lyzohub V. S., Yukhymenko L. I. (2003). Sertsevyi rytm u studentiv z riznymy indyvidualno-typolohichnymy vlastyvoistamy vyshchoi nervovoi diialnosti za umov emotsiinoho stresu. *Fiziolohichni zhurnal*. № 49 (1). S. 28–33. [in Ukrainian].
10. Lyzohub V. S., Kovalenko S. O., Dziuban Yu. O., Kudii L. I., Hryshchenko O. V., Boreiko T. I. (2008). Osoblyvosti reaktsii tsentralnoi hemodynamiky ta rehuliatcii sertsevoho rytmu na ortoprobuvannia osib z riznym indeksom masy tila. *Visnyk morfologii*. № 14 (1). S. 109–114. [in Ukrainian].
11. Makarenko M. V., Lyzohub V. S., Yukhymenko L. I., Chernenko N. P. (2012). Hemodynamika holovnoho mozku ta sertsevyi rytm pry rozumovii diialnosti liudei z riznymy indyvidualno-typolohichnymy vlastyvoistamy vyshchych viddiliv tsentralnoi nervovoi systemy. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu im. V. I. Vernadskoho Serii «Biolohiia, khimiia»*. T. 25 (64). № 4. S. 136–143. [in Ukrainian].
12. Lyzohub V. S., Makarchuk M. Yu., Yukhymenko L. I., Khomenko S. M., Chernenko-Kurahina N. P. (2017). Khvylovi protsesy rehuliatcii sertsevoho rytmu osib z riznymy typamy hemodynamiky pid chas proby head-up-tilt. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. V. (13). Issue 121. P. 10–14. URL: <https://seanewdim.com/wp-content/uploads/2021/03/The-wave-processes-of-regulation-the-heart-V.-S.-Lizogub-M.-Yu.-Makarchuk-L.-I.-Yukhymenko-S.-M.-Khomenko-N.-P.-Chernenko-Kuragina.pdf> [in Ukrainian].

13. Gabbay F. H. (1992) Behavior-Genetic Strategies in the Study of Emotion. *Psychological Science*. Vol. 3 (1). pp. 50–55. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1992.tb00256.x>
14. Shynkaruk O. (2022). Model ihrovoi pidhotovlenosti hravtsiv u kibersporti. *Sportyvnyi visnyk Prydniprovia. Naukovo-praktychnyi zhurnal*. № 2. S. 158–168. DOI: 10.32540/2071-1476-2022-2-158 [in Ukrainian].
15. Piatysotska S. S., Romanenko V. V., Ashanin V. S., Yefremenko A. M. (2021) Analiz sensomotornykh zdibnostei ta vlastyvostei nervovoi systemy hravtsiv riznykh kibersportyvnykh dystsyplin. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M. P. Drahomanova. Serii 15 : Naukovo-pedahohichni problemy fizychnoi kultury (fizychna kultura i sport) : zb. nauk. prats. Za red. O. V. Tymoshenka*. Kyiv : Vyd-vo NPU imeni M. P. Drahomanova. Vyp. 11 (143). S. 125–131. DOI: 10.31392/NPU-nc.series15.2021.11(143).26 URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/36253> [in Ukrainian].
16. Piatysotskaia S. S., Romanenko V. V., Holokha V. L. (2020) Sravnytelnyi analiz sensomotornykh reaktsyi edynobortsev y yhrokov kibersportyvnoi dystsyplyny DOTA 2. *Yedynoborstva*. № 1 (15). S. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.15391/ed.2020-1.06> [in Ukrainian].
17. Luts Yu. P., Lukiantseva H. V., Fedorchuk S. V. (2023) Psykhofiziologichni pokaznyky kibersportsmeniv v optymalnomu rezhymi testuvannia. *Adaptatsiini ta psykhofiziologichni problemy fizychnoi kultury i sportu : Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Kyiv – Cherkasy, Ukraina, NUFVSU, 7–8 hrud.* URL: <https://uni-sport.edu.ua/content/mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferenciya-adaptaciyni-psyhofiziologichni-problemy> [in Ukrainian].
18. Luts Yu., Lukiantseva H., Fedorchuk S. (2023) Proiav neirodynamichnykh vlastyvostei kibersportsmeniv u zviazku iz rivnem stresu, samorehuliatcii, adaptyvnosti ta intelektu. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*. № 2. S. 76–86. DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2-76-86 [in Ukrainian].
19. Piatysotska S. S., Podrihalo L. V., Romanenko V. V., Petrenko Yu. I., Aleksienko Ya. V. (2024) Porivnialnyi analiz psykhofiziologichnykh pokaznykiv sportsmeniv yedynoborstv ta kibersportu za dopomohoiu faktornoho metodu. *Naukovyi chasopys Ukrainskoho derzhavnogo universytetu imeni Mykhaila Drahomanova. Serii 15 : Naukovo-pedahohichni problemy fizychnoi kultury (fizychna kultura i sport) : zb. naukovykh prats. Za red. O. V. Tymoshenka*. Kyiv : Vyd-vo UDU imeni Mykhaila Drahomanova. Vyp. 3 (175). S. 144–148. DOI: [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.3\(175\).27](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.3(175).27) [in Ukrainian].
20. Korobeinikova I., Kokun O., Raab M., Korobeinikova L., Korobeynikov G., Kostiuhenko V., Aksutin V., Dekha N. (2024) Psychophysiological states of elite athletes after critical life events. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*. Vol. 28 (2). pp. 141–146. DOI: 10.15561/26649837.2024.0208.
21. Diagnostic automated complex «CARDIO+»: Instructions for operation. Nizhin: W.p. 2016. 28 p. [in Ukrainian]
22. Luts Yu. P., Lukyantseva H. V., Bakunovskiy O. M., Fedorchuk S. V., Kolosova O. V. (2023) Development of a protocol for the study of the functional state of the cardiovascular and neuromuscular systems and the state of psychophysiological functions of e-athletes. *Bulletin of problems in biology and medicine*. Issue 4 (171). pp. 391–402. DOI: 10.29254/2077-4214-2023-4-171-391-402
23. Kompiuternaia systema N. V. Makarenka y V. S. Lyzohuba (2015) «Dyahnost–1M» (ynstruktsiia polzovatelii). Kyev – Cherkassy. 63 s. [in Ukrainian].
24. Makarenko M. V., Lyzohub V. S., Bezcopylnyi O. P. (2014) Metodychni vkazivky do praktykumu z dyferentsialnoi psykhofiziologii ta fiziologii vyshchoi nervovoi diialnosti liudyny. Kyiv-Cherkasy. 102 s. [in Ukrainian].
25. Makarenko M. V., Lyzohub V. S. (2015) Reaktsiia na rukhomyi obiekt yak test na vyznachennia zrivnovazhenosti nervovykh protsesiv. *Visnyk natsionalnoho universytetu oborony Ukrainy*. № 1 (44). S. 142–147. [in Ukrainian].
26. Fliunt I. S., Tymochko O. B., Hryvnyak R. F., Oliiarnyk O. Ya., Romanskyi R. Yu., Tkachuk S. P. (2011) Zviazky pokaznyka aktyvnosti rehuliatornykh system Baievskoho z parametramy variabelnosti sertsevoho rytmu. *Medychna hidrolohiia ta rehabilitatsiia*. T. 9. № 2. S. 102–108. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/41269/10-Flyunt.pdf> [in Ukrainian].
27. Shynkaruk O. A., Lysenko O. M., Hunina L. M., Karlenko V. P., Zemtsova I. I., Olishevskiy S. V. ta in. (2009) Medykobiologichne zabezpechennia pidhotovky sportsmeniv zbirnykh komand Ukrainy z olimpiiskykh vydiv sportu. K. : Olimpiiska literatura, 144 s. [in Ukrainian].

28. Makarenko M. V., Lyzohub V. S. (2011) Ontohenez psichofiziologichnykh funktsii liudyny. Cherkasy. 256 s. [in Ukrainian].
29. Makarenko M. V., Lyzohub V. S., Bezcopylnyi O. P. (2004) Neurodynamichni vlastyvoli sportsmeniv riznoi kvalifikatsii ta spetsializatsii. *Aktualni problemy fizychnoi kultury i sportu*. № 4 S. 105–109. [in Ukrainian].
30. Romanenko V., Podrihalo O., Podrigalo L., Iermakov S., Sotnikova-Meleshkina Z., Bobrova O. (2020) The study of functional asymmetry in students and schoolchildren practicing martial arts. *Physical education of students*. № 24 (3). pp. 154–161. DOI: <https://doi.org/10.15561/20755279.2020.0305>
31. Matusik P. S., Zhong C., Matusik P. T., Alomar O., Stein P. K. (2023). Neuroimaging Studies of the Neural Correlates of Heart Rate Variability: A Systematic Review. *Journal of clinical medicine*. № 12 (3). Article 1016. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12031016>
32. Kutsenko T. V. (2017) Mizhpivkulne perenesennia informatsii pry vykonanni skladnoho testu Strupa iz zaluchenniam prostorovoi oznaky u pravshiv i livshiv. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Serii : Biologichni nauky*. № 1. S. 37–47. [in Ukrainian].
33. Mutha P. K., Haaland K. Y., Sainburg R. L. (2012) The effects of brain lateralization on motor control and adaptation. *J. Mot. Behav.* № 44 (6). P. 455–469. DOI: 10.1080/00222895.2012.747482.
34. Sainburg R. L. (2016). Laterality of Basic Motor Control Mechanisms: Different Roles of the Right and Left Brain Hemispheres. In *Laterality in Sports: Theories and Applications* (pp. 155–177). Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801426-4.00008-0>
35. Podrihalo L. V., Piatysotska S. S. (2024) Profesiografichniy analiz sportyvnoi diialnosti kibersportsmeniv, shcho spetsializuiutsia u riznykh ihrovyykh zhanrakh. *Sportyvni ihry*. № 1 (31). S. 51–64. DOI: <https://doi.org/10.15391/si.2024-1.05> [in Ukrainian].
36. Podryhalo L. V., Rovnaia O. A., Sokol K. M., Holodko E. A. (2018) Fyzyoloho-hyhyenycheskye aspekty kybersporta. *Naukovo-metodychni osnovy vykorystannia informatsiinykh tekhnolohii v haluzi fizychnoi kultury ta sportu*. № 2. S. 90–93. [in Ukrainian].
37. Fedorchuk S., Petrovska T., Arnautova L., Kohut I., Petrushevskiy Ye. (2023) Reaktsiia na rukhomiyi obiekt ta vlastyvoli uvahy u kvalifikovanykh handbolistok. *Teoriia i metodyka fizychnoho vykhovannia i sportu*. № 1. S. 68–74. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2023.1.68-74> [in Ukrainian].
38. Fedorchuk S., Kutsenko T., Yaroshenko O., Lysenko O., Shynkaruk O. (2022) Funktsionalnyi stan tsentralnoi nervovoi systemy sportsmeniv-vesluvalnykiv za pokaznykamy reaktsii na rukhomiyi obiekt. *Sportyvna medytsyna, fizychna terapiia ta erhoterapiia*. №1. S. 42–48. DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2022.1.42-48> [in Ukrainian].
39. Sousa A., Ahmad S. L., Hassan T. et al. (2020) Physiological and cognitive functions following a discrete session of competitive esports gaming. *Frontiers in Psychology*. Vol. 11. Article 1030. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01030
40. Dye M. W. G., Green C. S., Bavelier D. (2009) Increasing Speed of Processing With Action Video Games. *Current Directions in Psychological Science*. Vol. 18 (6). pp. 321–326. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01660.x>
41. Bediou B., Adams D. M., Mayer R. E., Tipton E., Green C. S., Bavelier D. (2018) Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*. Vol. 144 (1). pp. 77–110. DOI: <https://doi.org/10.1037/bul0000130>
42. Buchheit M. (2014) Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*. Vol. 5. Article 73. DOI: 10.3389/fphys.2014.00073
43. Porter A. M., Goolkasian P. (2019) Video games and stress: how stress appraisals and game content affect cardiovascular and emotion outcomes. *Frontiers in Physiology*. Vol. 10. Article 967. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.00967
44. Andre T. L., Walsh S. M., Valladão S., Cox D. (2020) Physiological and perceptual response to a live collegiate esports tournament. *International Journal of Exercise Science*. Vol. 13 (6). pp. 1418–1429.

Luts Yu. P., Bakunovskiy O. M., Lukyantseva H. V., Kutsenko T. V., Fedorchuk S. V.
ACCURACY OF REACTION TO A MOVING OBJECT AND HEART RATE VARIABILITY OF CYBER-ATHLETES

Introduction. This work is devoted to the problem of studying the accuracy and speed of sensorimotor reactions, *autonomic* regulation of heart rate variability in e-athletes. *The purpose of the study was to evaluate the autonomic regulation of heart rate variability in connection with the functional state of the central nervous system by the indicators of the reaction to a moving object (RMO) in e-athletes.*

Methods. The study involved 41 male respondents aged 17–25 years, among whom 14 were e-athletes (3–10 years of e-sports experience), 13 IT specialists (0–15 years of video game experience), and 14 untrained individuals who do not play computer games (control group). Heart rate variability (HRV) was determined using the Cardio+ automated diagnostic complex (METEKOL, Ukraine) with the option of recording 100 cardio intervals, analysis according to Baevsky. The diagnostic complex "Diagnost-1" (Ukraine) was used to determine the state of psychophysiological functions, assessment of RMO. Statistical processing of the obtained results was carried out using the IBM SPSS Statistics program, version 26.

Results. According to a number of indicators of RMO accuracy for both hands when performing the best attempt, e-athletes were more accurate ($p < 0,05$) than IT specialists and untrained individuals who do not play computer games. Compared to the control group, e-athletes demonstrated higher accuracy in RMO by the number of accurate hits and the number of overtaking reactions in the best attempt for DH and SDH, by the total and average deviation for DH and SDH, by the total and average lead and delay for DH, as well as by a total advance for the SDH. A higher psychophysiological status according to the accuracy of RMO in e-athletes was mainly associated with higher values of indexes of heart rate variability according to Baevsky. The presence of direct correlations between RMO deviation indicators and the Mo indicator was revealed, which indicates the activation of the sympathetic division of heart rhythm regulation. The greater accuracy of the RMO of e-athletes corresponded to the greater activity of the sympathetic division in the regulation of the heart according to the index of vegetative balance. Greater accuracy of RMO in e-athletes corresponded ($p < 0,05$) to higher values of autonomic indicator of rhythm (which characterizes the activity of the parasympathetic division and the autonomous circuit of heart regulation) and stress index of regulatory systems. Inverse correlations were found between the RMO accuracy indicators based on the results of the best attempt and the indicator of adequacy of regulatory processes. On the other hand, both direct and inverse correlations were found between the RMO accuracy indicators based on the results of three attempts and the indicator of adequacy of regulatory processes. It should be noted that, in general, statistically significant correlations between measured parameters of HRV according to Baevsky and RMO accuracy indicators were found much more when analyzing the performance of the best attempt in RMO than according to the results of three attempts (respectively, 70 and 41 correlations), which is quite natural, since a better attempt requires greater tension on the functional systems of the brain, which ensure higher performance. In the groups of e-athletes and untrained individuals, the number of correlations between RMO and HRV indicators is significantly higher than in IT specialists - 130, 155 and 22, respectively. The distribution of correlations between RMO and HRV indicators when performing tasks with the right and left hands is as follows: for e-athletes 108 versus 22, for untrained persons – 84 versus 71, for IT specialists – 17 versus 5. Asymmetry of connections in the group was revealed of e-athletes indicates the dominance of the left hemisphere in the regulation of heart rate, regardless of which hand the task is performed.

Originality. There is no data on the study of accuracy and speed of RMO and autonomic regulation of heart rate variability in e-athletes.

Conclusion. It was found that e-athletes demonstrated higher accuracy in the reaction to a moving object (RMO) compared to IT specialists and untrained individuals who do not play computer games ($p < 0,05$). The relationship between the accuracy of RMO in the examined e-athletes and HRV indicators during the performance of the task was revealed. Greater activity of the sympathetic division in the regulation of heart function corresponded to greater accuracy of RMO of e-athletes ($p < 0,05$). In the group of e-athletes, an asymmetry in the regulation of HRV was found with the dominance of the activity of the left hemisphere, which is consistent with the notions of metacontrol of motor executive functions by the left hemisphere. The identified differences in the RMO of eSports players compared to IT specialists and untrained individuals who do not play computer games can have predictive value and be used to optimize sports improvement in eSports.

Key words: eSports; reaction to a moving object; heart rate variability.

Одержано редакцією: 8.04.2024

Прийнято до публікації: 10.05.2024