DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2026.06(206).20

Пятисоцька С.С.
доктор наук з фізичного виховання та спорту, доцент
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків
https://orcid.org/0000-0002-2246-1444
Полторацька Г.С.
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків
https://orcid.org/0000-0002-0076-4727
Ляшко Є.В.
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків
https://orcid.org/0009-0001-6146-0946
Жерновнікова Я.В.
кандидат педагогічних наук, доцент
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків
https://orcid.org/0000-0002-5574-8652

ТЕХНОЛОГІЇ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У КІБЕРСПОРТІ: КОГНІТИВНИЙ ТА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ ВИМІРИ

Анотація. *Метою дослідження є систематизація актуальних наукових даних щодо застосування технологій віртуальної реальності (VR) у підготовці кіберспортсменів у контексті розвитку когнітивних функцій, фізіологічного аспекту й профілактиці травматизму. Аналіз публікацій показує, що VR-тренування достовірно скорочують час реакції, покращують концентрацію, зорово-просторову пам'ять і виконавчі функції зі збереженням ефекту. Практика у VR прискорює набуття моторних і когнітивних навичок та їх перенос у реальне середовище. Водночас фізіологічний вплив є суперечливим: поряд із серцево-судинною активацією виникають специфічні ризики – вестибулярна дестабілізація, зорове перевантаження та змінений спектр травматизму. Відсутність цілісних тренувальних протоколів, що інтегрують когнітивну та фізіологічну складові, зумовлює потребу в їх розробці. Це є важливим науково-практичним завданням, особливо для підготовки української збірної з кіберспорту до міжнародних змагань.*

Ключові слова: *віртуальна реальність, кіберспорт, спортивна підготовка, когнітивні здібності, травматизм, фізіологічні реакції.*

Piatysotska S.S., Poltoratska H.S., Liashko Y.V., Zhernovnikova Y.V. Virtual reality technologies in esports: cognitive and physiological dimensions. *The primary objective of this study is to systematically review and synthesize current scientific data regarding the application of virtual reality (VR) technologies in the training regimens of esports athletes. Specifically, the research focuses on the impact of VR on the development of cognitive functions, physiological adaptations, and the prevention of occupational injuries.*

An extensive analysis of contemporary academic publications reveals that VR-based training interventions yield substantial cognitive benefits. Notably, engaging in virtual reality significantly reduces reaction times, enhances sustained concentration, and improves both visuospatial memory and executive functions. Furthermore, these cognitive enhancements demonstrate a prolonged retention effect. Practice within VR environments substantially accelerates the acquisition of complex motor and cognitive skills, facilitating their effective and seamless transfer into real-world competitive settings.

Despite these pronounced cognitive advantages, the physiological impact of VR technology remains highly contradictory. On one hand, VR interventions serve as a source of beneficial cardiovascular activation, promoting physical engagement. On the other hand, they introduce specific occupational risks. Esports athletes utilizing VR frequently encounter vestibular destabilization, commonly known as cybersickness, alongside severe visual fatigue and a fundamentally altered spectrum of musculoskeletal injuries.

The findings highlight a significant gap in the current literature: the notable absence of comprehensive, unified training protocols that effectively integrate both the cognitive and physiological components of VR utilization. Consequently, the development, validation, and implementation of such holistic protocols represent a critical scientific and practical imperative. Addressing this gap is of paramount importance, particularly for optimizing the preparation of the Ukrainian national esports team for elite international competitions.

Keywords: *virtual reality, esports, sports training, cognitive abilities, injury, physiological responses.*

Постановка проблеми. Кіберспорт стрімко перетворюється на повноцінну глобальну індустрію з власною інституційною інфраструктурою, системою змагань і науково обґрунтованими підходами до підготовки спортсменів. Сучасний кіберспорт висуває до гравців вимоги, порівнянні з вимогами до спортсменів у традиційних видах спорту. Швидкість реакції, просторове мислення, стійкість до когнітивного перевантаження та управління стресом у реальному часі є критично важливими компетенціями, від яких безпосередньо залежить результат змагань [8]. Водночас інтенсивні та тривалі тренувальні сесії породжують специфічні ризики: м'язово-скелетні порушення, зорове перевантаження та постуральні дисфункції [4]. Ці проблеми формують запит на нові методичні підходи та технологічні інструменти в системі підготовки кіберспортсменів.

Одним із найперспективніших напрямів є застосування технологій VR, AR та XR [18]. Іммерсивні середовища відкривають принципово нові можливості для розвитку когнітивних здібностей: тренування реакції, просторового сприйняття, розподілу уваги та прийняття рішень в умовах, максимально наближених до змагальних. Окремим напрямом є дослідження, в яких технології VR використовують як інструмент вимірювання та корекції когнітивних функцій гравців. Проте застосування цих технологій супроводжується специфічними фізіологічними ризиками, що потребують комплексного наукового осмислення – і саме ця суперечність визначає проблематику цієї статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технології віртуальної реальності (VR) активно інтегруються в сферу кіберспорту, відкриваючи нові можливості для розвитку когнітивних та фізіологічних функцій спортсменів. Дослідження підкреслюють, що VR підвищує імерсію ігрового процесу, сприяє комплексному розвитку виконавчих функцій, уваги, реакції та координації рухів, водночас впливаючи на фізіологічні параметри організму [8; 18].

Значну увагу дослідники приділяють впливу VR-тренінгів на когнітивні показники кіберспортсменів аматорів. Так, M. Lachowicz та ін. [9;10] вивчали вплив занурення у віртуальне ігрове середовище на психофізіологічні та когнітивні показники гравців. У межах серії експериментів аналізувалася ефективність сеансів різної тривалості, а також оцінювалася стійкість отриманих результатів у часі. Встановлено, що інтерактивні цифрові тренування позитивно впливають на специфічні моторні навички, концентрацію уваги та аналітичні процеси. У продовженні серії досліджень автори дійшли висновку [11], що спеціалізоване програмне забезпечення на основі технології VR має значний потенціал і може ефективно використовуватись як практичний інструмент підготовки у електронному спорті.

Фізіологічний вимір застосування технологій VR складає окремий напрям досліджень. C.V. Sousa та ін. [17] встановили, що активні відеоїгри в умовах повної імерсії VR забезпечують фізичну активність помірної та високої інтенсивності у студентів, що ведуть малорухливий спосіб життя, одночасно покращуючи когнітивну продуктивність. Це свідчить про синергію когнітивного та фізичного навантаження, що особливо актуально для кіберспорту, якому притаманний низький рівень рухової активності. K. Yin та ін. [19] у оглядовій роботі аналізують ризики та переваги кіберспорту. Вони зазначають, що інтеграція VR може частково компенсувати негативні фізіологічні ефекти (седентарність, проблеми з поставою) завдяки підвищенню рівня фізичної активності та кращому контролю над стресом.

Інші дослідження підтверджують позитивний вплив VR на когнітивні функції в контексті спортивної підготовки. M. Alghadier [1] виявив покращення когнітивних показників (MoCA-тест) у жінок, що ведуть малорухливий спосіб життя, після гри в активні VR-ігри. Інший огляд [6] демонструє, що VR-тренінг позитивно впливає на баланс, час реакції та нейрокогнітивні функції у спортсменів. Водночас наголошується на необхідності подальших досліджень щодо довготривалих фізіологічних ефектів, таких як зміни варіабельності серцевого ритму, гормонального фону та втоми в умовах інтенсивного VR-геймінгу.

Загалом, сучасні публікації свідчать про перспективність VR-технологій для цільового розвитку когнітивних (увага, виконавчі функції, координація) та фізіологічних (фізична працездатність, відновлення) характеристик кіберспортсменів. Однак переважна більшість наявних досліджень обмежується аматорськими вибірками, тоді як крупних рандомізованих контрольованих випробувань (RCT) за участю професійних кіберспортсменів, а також довгострокового моніторингу стану їхнього здоров'я досі не реалізовано.

Мета статті (постановка завдань). Метою роботи є систематизація актуальних наукових даних щодо застосування технологій віртуальної реальності (VR) у підготовці кіберспортсменів у контексті розвитку когнітивних функцій, фізіологічного аспекту й профілактики травматизму. Для реалізації мети визначено такі завдання: 1) проаналізувати наявну доказову базу щодо когнітивних ефектів VR-тренування та його нейрофізіологічних механізмів; 2) охарактеризувати фізіологічні ризики, пов'язані з використанням технологій VR у кіберспорті, та можливості їх профілактики; 3) виявити ключові дослідницькі проблеми та сформулювати рекомендації щодо пріоритетних напрямів наукових досліджень і практичного впровадження цих технологій у систему підготовки кіберспортсменів.

Матеріали і методи. Для досягнення мети дослідження здійснено систематизований пошук наукових публікацій у базах даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar за період 2021–2026 рр. Пошукові запити формувалися з використанням ключових термінів: virtual reality, esports, cognitive training, reaction time, musculoskeletal injuries, cybersickness, ophthalmology. До аналізу включено дослідження, які: а) стосуються безпосередньо кіберспортсменів або гравців у відеоігри як основної популяції; б) застосовують VR як незалежну змінну або діагностичний інструмент; в) є публікаціями у рецензованих журналах або систематичними оглядами.

Виклад основного матеріалу дослідження. Після скринінгу за критеріями включення для детального аналізу відібрано 12 джерел, розподілених між двома тематичними блоками: когнітивним та фізіологічним.

1. Когнітивні здібності у тренуванні з використанням VR-технологій.

1.1. Поведінкові ефекти.

Найбільш розробленим напрямом у досліджуваній галузі є вивчення поведінкових когнітивних ефектів VR-тренування на кіберспортсменів, представленим насамперед серією рандомізованих контрольованих досліджень польської наукової групи під керівництвом M. Lachowicz [9, 10, 11, 12]. Концептуальна цінність цих робіт – у застосуванні суворого RCT-дизайну на однорідній вибірці аматорів кіберспорту (n = 40), що дозволяє контролювати ефект попереднього досвіду та ізолювати вплив саме VR-інтервенції.

Перше дослідження серії [11] встановило, що восьмиденна програма ритмічних VR-тренувань на основі гри Beat Saber (15 хв. на день) призводить до статистично значущого скорочення часу реакції та моторного часу, а також до покращення зорово-моторної координації ($p < 0,05$). Особливо важливими з практичного погляду є те, що досягнутий ефект зберігається протягом місяця після завершення програми. Це свідчить про реальну нейропластичну перебудову, а не лише про ситуативне збудження нервової системи.

У наступній роботі серії [9] порівнно ефективність короткострокового (8 сесій) та тривалого (28 сесій) форматів тренування. Примітним результатом є те, що обидва формати забезпечили зіставне покращення концентрації (d = 0,71) та перемикання уваги – без статистично значущих відмінностей між групами. Це суперечать інтуїтивному припущенню про лінійну залежність між тривалістю тренування і когнітивним приростом і потребують подальшого осмислення: чи існує межа когнітивного поліпшення від VR-інтервенцій, і якщо так – де вона проходить?

У третій роботі серії [10] розширено діагностичний інструментарій за рахунок включення тесту Корсі (оцінка зорово-просторової пам'яті) та Color Trail Test (вимірювання виконавчих функцій). Результати підтвердили, що VR-тренування покращують обидва показники незалежно від тривалості програми, а стійкість ефекту через 30 діб після завершення курсу свідчить про закріплення когнітивних змін на структурному рівні. Разом із тим обмеженням усіх трьох робіт залишається відсутність плацебо-контрольної умови та жіночої вибірки, що обмежує генералізацію висновків.

1.2. Нейрофізіологічні механізми.

Нейрофізіологічне обґрунтування ефективності VR-тренування у кіберспорті знаходить підтримку в роботі M. Mangalam та ін. [13]. Автори продемонстрували, що практика у віртуальному середовищі дозволяє значно прискорити набуття складних моторних навичок, які успішно переносяться на фізичну діяльність. Порівняно з традиційним фізичним тренуванням, VR забезпечує швидше досягнення високого рівня, суттєво знижує фінансові витрати та повністю усуває ризик фізичних травм.

Дослідження підкреслює, що VR є потужним інструментом не лише для практичної підготовки кіберспортсменів, але й виступає перспективною експериментальною платформою для вивчення нейрофізіологічних механізмів моторного навчання та формування експертності. Отримані результати підтверджують високий трансферний потенціал навичок, набутих у тренуваннях з використанням технологій VR.

Водночас робота M. Mangalam та ін. [13] має обмеження, пов’язані з характером вибірки та специфікою експериментальних завдань, що потребує подальшої перевірки в умовах підготовки кіберспортивних команд.

1.3. Нейрофідбек та перцептивна оптимізація.

Окремий, прикладний напрям – розробка систем нейрофідбеку, що інтегрують ЕЕГ-моніторинг у реальному часі з ігровим середовищем. Система Neuroprotrainer [16] є першим задокументованим прикладом такого підходу: платформа забезпечує безперервне когнітивне профілювання гравця та коригування ігрових завдань відповідно до поточного стану. Попри відсутність контрольної групи у пілотному дослідженні, концептуальна цінність системи полягає у переході від групових до індивідуальних тренувальних протоколів – що є стратегічним напрямом персоналізованої спортивної підготовки.

У напрямку нейробіології важливою є також робота B. Duinkharjav та ін. [7], в якій встановлено пряму залежність між графічними параметрами ігрового рендерингу та латентністю сакад (швидких рухів очей). Розроблена авторами ймовірнісна перцептивна модель передбачає час реакції з точністю до мілісекунд залежно від статистичних характеристик зображення. Практичне значення цього відкриття важко переоцінити: воно переносить питання «оптимальних умов тренування» з педагогічного у нейробіологічний вимір, відкриваючи можливість проєктування тренувальних VR-середовищ, що адаптуються до напрямку погляду гравця (gaze-contingent rendering).

Синтез представлених досліджень дозволяє сформулювати три ключові аналітичні позиції: 1) доказова база щодо когнітивних ефектів VR-тренування є переконливою на рівні поведінкових показників (час реакції, увага, пам'ять), проте залишається попередньою на рівні нейрофізіологічних механізмів – ЕЕГ-дослідження ще не досягли критичної маси для метааналітичного узагальнення; 2) між дослідженнями спостерігається певна неузгодженість: M. Lachowicz та ін. [10] демонструють зіставність коротко- і довгострокових програм, що суперечить логіці накопичення тренувального ефекту і потребує пояснення – чи є восьмиденна програма вже оптимальною, чи ефект тренування «насичується» на певному когнітивному рівні? 3) попри переконливість результатів, жодне з аналізованих досліджень не включало кіберспортсменів високого рівня, що також є обмеженням при спробі перенести висновки на рівень підготовки збірних команд.

2. Фізіологія, фізичне здоров'я і травматизм у тренуванні з використанням VR-технологій.

Якщо перший блок свідчить про значний потенціал VR-технологій для у когнітивній сфері, другий розкриває їхній зворотний бік: фізіологічні ризики, що супроводжують іммерсивний гейміг. Принципово важливо, що ці ризики якісно відрізняються від відомих загроз класичного кіберспорту – і саме ця відмінність має головне значення для проєктування безпечних тренувальних програм.

2.1. Вплив на серцево-судинну систему.

За даними B. Bicer та A.C. Lokluoglu [5], при заняттях VR-геймінгом спостерігаються статистично значущо вищі показники максимальної, середньої та загальної частоти серцевих скорочень порівняно з мобільним та комп’ютерним геймінгом ($p < 0,01$). Цей факт є цілком логічним через різний характер діяльності: локальна моторика у комп’ютерному геймінгу і активна рухова діяльність у VR-геймінгу. Поєднання цих видів діяльності відкриває можливість розглядати VR-компонент тренування одночасно як інструмент когнітивного розвитку і засіб профілактики гіподинамії.

Систематичний огляд K.D. Seffah та ін. [15] підтверджує цей вектор: VR-геймінг загалом пов’язаний із підвищенням рівня фізичної активності та має вимірювані переваги щодо впливу на серцево-судинну систему гравців, хоча й не може повноцінно замінити аеробні навантаження. Огляд також фіксує занепокоєння щодо формування ігрової залежності як супутнього ризику надмірного занурення у VR-середовища – питання, яке залишається мало розробленим у контексті кіберспорту.

2.2. Вестибулярні та постуральні ризики.

Серйозну пересторогу для нерефлексивного впровадження VR у тренувальний процес подають дані A. Marco-Ahullo et al. [14]: вже після 30-хвилинної VR-сесії у 64% учасників зафіксовано статистично значуще погіршення

статичного постурального контролю з відкритими очима, а симптоми cybersickness (нудота, дезорієнтація, зорова нестабільність) зустрічалися в більшості учасників. Ці результати принципово важливі з двох причин: а) вестибулярна дестабілізація безпосередньо після VR-сесії підвищує ризик побутових падінь та травм; б) якщо VR-тренування проводиться перед або після змагальної гри – ефект перенесення може бути негативним, а не позитивним.

Критичним обмеженням дослідження A. Marco-Ahullo та ін. [14] є короткочасний поперечний дизайн: незрозуміло, чи адаптується вестибулярна система до повторних VR-сесій, і якщо так – яка кількість сесій потрібна для цієї адаптації. Відповідь на це питання має важливе значення для визначення безпечних протоколів тренування.

2.3. Травматизм

Якщо окрім VR також розглянути впровадження AR-технологій та моушн-контролерів (Nintendo Wii, Pokémon Go), то можна сказати, що вони якісно змінили спектр ігрового травматизму – і ця трансформація є центральною думкою огляду C.M. Belyea та ін. [3]. Відомо, що класичний кіберспорт породжує переважно статичні м'язово-скелетні перевантаження (синдроми зап'ястного каналу, тендинопатії, постуральні деформації тощо). VR та AR-формати додали до цього переліку гострі високоенергетичні травми, зумовлені втратою пильності до реального простору: зіткнення з предметами, падіння, розтягнення зв'язок тощо.

Важливо, що ця трансформація не є заміщенням одних ризиків іншими, а їхнім поєднанням та накопиченням. Впровадження VR та AR-форматів тренувань до системи підготовки кіберспортсменів потребує паралельного ведення двох типів профілактичних протоколів. C.M. Belyea та ін. [3] також констатують системну проблему: стандартизованого реєстру травм кіберспортсменів досі не існує, що унеможливлює аналіз і порівняння між командами та лігами.

2.4. Специфіка зорового навантаження.

Окремий і недостатньо досліджений напрям – офтальмологічні наслідки тривалого занурення у VR/AR-середовища. M. Argiles та ін. [2**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**] встановили, що вимоги до зорового аналізатору у кіберспорті принципово відрізняються від вимог традиційного спорту: спортсменам традиційних (рухових) видів спорту необхідна орієнтація в широкому просторі, тоді як кіберспортсмени потребують значної зорової точності на близьких відстанях у поєднанні з тривалою концентрованою фіксацією погляду. У VR-середовищі ця специфіка посилюється ефектом розбіжності акомодації та вергенції (vergence-accommodation conflict), що є структурною особливістю більшості сучасних VR-гарнітур. Автори наголошують на необхідності розробки принципово нових офтальмологічних стандартів для кіберспорту, адаптованих до особливостей іммерсивних дисплеїв.

Фізіологічний блок виявляє принципово важливу суперечність: ті самі VR-технології, що демонструють когнітивний потенціал у першому блоці, одночасно зумовлюють специфічні ризики для вестибулярного апарату, опорно-рухової системи та зорового аналізатора. Ця суперечність не є підставою для відмови від VR-технологій у підготовці кіберспортсменів – вона є підставою для їхнього дозованого та протокольно обґрунтованого застосування. Жодне з проаналізованих досліджень не пропонує цілісного тренувального протоколу, який би інтегрував когнітивний приріст і фізіологічну безпеку – це є ключовою дослідницькою прогалиною, подолання якої є першочерговим завданням для наступного покоління досліджень у галузі спортивної науки щодо кіберспорту. Особливо гостро ця потреба постає в контексті зростаючих вимог міжнародних змагань, де цілісність фізичного та когнітивного стану гравця є необхідною умовою результативності.

Висновки. Аналіз наукових публікацій показує, що технології VR мають значний, проте неоднозначний потенціал у підготовці кіберспортсменів.

У когнітивному вимірі поведінкові дослідження підтверджують, що VR-тренування на основі ритмічних ігор ефективно покращують час реакції, концентрацію уваги, зорово-просторову пам'ять та виконавчі функції, з ефектом, який зберігається щонайменше 30 днів. Водночас нейрофізіологічні механізми (перенос навичок, нейрофідбек) потребують подальшої верифікації на більших вибірках та з участю елітних гравців, а порівняння коротко- і довгострокових програм вимагає глибшого концептуального опрацювання.

У фізіологічному аспекті VR сприяє серцево-судинній активації та допомагає протидіяти гіподинамії, однак часто викликає вестибулярні порушення та симптоми cybersickness. Застосування AR-технологій змінює структуру травматизму, додаючи динамічні ушкодження до традиційних статичних проблем, а офтальмологічні ризики потребують впровадження спеціальних стандартів. Таким чином, невирішенним залишається питання подолання фундаментальної суперечності: VR-технології одночасно виступають ефективним інструментом когнітивного вдосконалення та джерелом специфічних фізіологічних ризиків, що підкреслює нагальну потребу у розробці інтегрованих протоколів підготовки кіберспортсменів.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці та верифікації інтегрованих тренувальних протоколів, які дозволять максимізувати когнітивні переваги VR-технологій при одночасній мінімізації специфічних фізіологічних ризиків.

Література

1.Alghadier, M., Alharbi, T., Almasoud, N., & Alshalawi, A. A. (2024). Active video games using virtual reality influence cognitive performance in sedentary female university students: A randomized clinical trial. Life, 14(12), Article 1651. https://doi.org/10.3390/life14121651

2.Argiles, M., Sanchis-Sanchis, R., Ferrer-Peña, R., & Espí-López, G. V. (2022). Topical review: Optometric considerations in sports versus e-sports. *Perceptual and Motor Skills, 129*(3), 731–746. https://doi.org/10.1177/00315125211073401

3.Belyea, C. M., Patel, M., & Bishop, M. (2025). Upper extremity and musculoskeletal injuries related to videogame and esports activity. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine, 18*(5), 201–206. https://doi.org/10.1007/s12178-025-09956-9

4.Bialecki, A., Gajewski, J., & Romaniuk, R. (2024). Virtuality engineering in esports. *International Journal of Electronics and Telecommunications, 70*(1), 123–134. https://doi.org/10.24425/ijet.2024.149522

5.Bicer, B., & Lokluoglu, A. C. (2025). Comparison of the virtual reality and mobile games regarding physiological load. *Frontiers in Physiology, 16*, Article 1556434. https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1556434

6.Cariati, I., Bonanni, R., Cifelli, P., D'Arcangelo, G., Padua, E., Annino, G., & Tancredi, V. (2025). Virtual reality and sports performance: A systematic review of randomized controlled trials exploring balance. *Frontiers in Sports and Active Living, 7*, Article 1497161. https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1497161

7.Duinkharjav, B., Chakravarthula, P., Brown, R., Patney, A., & Sun, Q. (2022). Image features influence reaction time: A learned probabilistic perceptual model for saccade latency. *ACM Transactions on Graphics, 41*(4), 1–15. https://doi.org/10.1145/3528223.3530055

8.Korbel, J. J., Riewe, J. E., Elsholz, S., & Zarnekow, R. (2025). Extended reality in esports: Opportunities, challenges and future research avenues – An experts' perspective. *Communication & Sport, 13*(6), 1171–1189. https://doi.org/10.1177/21674795251327104

9.Lachowicz, M., Żurek, A., Jamro, D., Serweta-Pawlik, A., & Żurek, G. (2024). Amplifying cognitive functions in amateur esports athletes: The impact of short-term virtual reality training on reaction time, motor time, and eye–hand coordination. *Brain Sciences, 14*(11), Article 1104. https://doi.org/10.3390/brainsci14111104

10. Lachowicz, M., Żurek, A., Jamro, D., Serweta-Pawlik, A., & Żurek, G. (2025a). Application of short and long-term virtual reality training for visuospatial memory and executive functions in e-athletes. *Virtual Reality, 29*(3), Article 136. https://doi.org/10.1007/s10055-025-01209-x

11. Lachowicz, M., Żurek, A., Jamro, D., Serweta-Pawlik, A., & Żurek, G. (2023). Changes in concentration performance after short-term virtual reality training. In *Virtual Reality and Mixed Reality, EuroXR 2023* (Vol. 14410, pp. 181–191). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48495-7_12

12. Lachowicz, M., Żurek, A., Jamro, D., Serweta-Pawlik, A., & Żurek, G. (2025b). How does virtual reality training affect reaction time and eye–hand coordination? The impact of short- and long-term interventions on cognitive functions in amateur esports athletes. *Applied Sciences, 15*(8), Article 4346. https://doi.org/10.3390/app15084346

13. Mangalam, M., Yarossi, M., Furmanek, M. P., Krakauer, J. W., & Tunik, E. (2023). Investigating and acquiring motor expertise using virtual reality. *Journal of Neurophysiology, 129*(6), 1482–1491. https://doi.org/10.1152/jn.00088.2023

14. Marco-Ahullo, A., Segura-Navarro, X., Cervera-Garvi, P., Aparicio-Aparicio, I., & Montoya-Vieco, A. (2021). Effects of the use of virtual reality devices on postural control and cybersickness. *ALOMA: Revista de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport, 39*(1), 59–64. https://doi.org/10.51698/aloma.2021.39.1.59-64

15. Seffah, K. D., Seffah, F., Donyavi, V., & Seffah, J. (2023). Health benefits of esports: A systematic review comparing the physiological and psychological impact. *Cureus Journal of Medical Science, 15*(6), Article e40705. https://doi.org/10.7759/cureus.40705

16. Soler-Dominguez, J. L., & Gonzalez, J. (2021). Using EEG and gamified neurofeedback environments to improve eSports performance: Project Neuroprotrainer. In *GRAPP: Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications* (pp. 278–283). SCITEPRESS. https://doi.org/10.5220/0010314502780283

17. Sousa, C. V., Hwang, J., Cabrera-Perez, R., Fernandez, A., Misawa, A., Newhook, K., & Lu, A. S. (2022). Active video games in fully immersive virtual reality elicit moderate-to-vigorous physical activity and improve cognitive performance in sedentary college students. *Journal of Sport and Health Science, 11*(2), 164–171. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.05.002

18. Turkay, S., Formosa, J., Cuthbert, R., Adinolf, S., & Brown, R. A. (2021). Virtual reality esports-understanding competitive players' perceptions of location based VR esports. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–15). ACM. https://doi.org/10.1145/3411764.3445073

19. Yin, K., Zi, Y., Zhuang, W., Gao, Y., Tong, Y., Song, L., & Liu, Y. (2020). Linking Esports to health risks and benefits: Current knowledge and future research needs. *Journal of Sport and Health Science, 9*(6), 485–488. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.04.006

Стаття надійшла до редакції / Received 07.05.2026
Прийнята до друку / Accepted 14.06.2026
Опубліковано / Published 03.07.2026