УДК [004.738.5:373.3+796]:371.3(047.3)«2014/2025»

Андрій Єфременко
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент, завідувач кафедри легкої атлетики
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0003-0924-0281
literasearchukr@gmail.com

Світлана Пятисоцька
доктор наук з фізичного виховання і спорту, доцент, завідувач кафедри інформатики, біомеханіки та кіберспорту
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0002-2246-1444
piatsvit25@gmail.com

Ярослав Крайник
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент, доцент кафедри легкої атлетики
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0003-1567-8570
yaroslavkr@ukr.net

Тетяна Федорина
старший викладач кафедри фізичного виховання
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0003-1313-1838
tatyana.fedorina@gmail.com

Вікторія Фоменко
викладач кафедри фізичного виховання
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0002-4773-7363
fomenkovv.f@gmail.com

Марія Долгарева
старший викладач кафедри фізичного виховання
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0003-0541-3974
dolgareva@ukr.net

ІНТЕГРАЦІЯ МОБІЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ: СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ЦИФРОВОГО НАВЧАННЯ (2014–2025)

Анотація. Мобільні технології розглядають як зручні та потенційно корисні інструменти для використання в навчанні з фізичного виховання. Метою цього систематичного огляду та метааналізу є оцінка ефективності інтеграції мобільних технологій та їхнього потенціалу для покращення навчання фізичного виховання. Загалом у трьох електронних базах даних (Scopus, Web of Science, Google Scholar) було проведено пошук звітів за результатами досліджень, опублікованих з 2014 по 2025 рік. Критерії відповідності базувались на компонентах учасників, втручань, компараторів та структурі результатів. Було проведено метааналізи та метарегресію із застосуванням моделі випадкових ефектів. Були проведені аналізи чутливості, впливу та упередженості публікацій для перевірки надійності отриманих результатів. Основний метааналіз 16 досліджень і відповідей 1357 здобувачів освіти продемонстрував помірний сумарний вплив втручань з використанням мобільних технологій на показники теоретичних знань, рухових здібностей та мотивації і залученості здобувачів освіти (SMD 0,368, 95% CI 0,148-0,558). Не було виявлено ефектів взаємодії з модераторами, такими як учасники, вік, форми навчання, тип технології, тривалість втручання, що вказує на узагальненість інтеграції мобільних технологій у фізичне виховання різних популяцій. Ефект був статистично значущим для форми навчання онлайн (SDM 0,345, 95% CI 0,031-0,658), розвитку рухових навичок – техніки виконання вправ та фізичної підготовленості (SDM 0,390, 95% CI 0,124-0,656), використання мобільних пристроїв (SDM 0,348, 95% CI 0,044-

© Андрій Єфременко, Світлана Пятисоцька, Ярослав Крайник, Тетяна Федорина, Вікторія Фоменко, Марія Долгарева, 2025.

0,651). Підтверджено, що інтеграція мобільних технологій у процес фізичного виховання є перспективним напрямком для підвищення ефективності рухового навчання у різних популяціях. Проте невідомо, які саме технології, формат навчання, тривалість втручання пов'язані з ефективністю в різних популяціях. Є певне очікування щодо збільшення ефекту використання мобільних технологій у фізичному вихованні здобувачів шкільного віку. Для підтвердження цих висновків необхідні майбутні ретельні дослідження.

Ключові слова: мобільні технології; IoT; мобільне навчання; змішане навчання; фізичне виховання; рухове навчання; здобувачі освіти.

1. ВСТУП

Передумови. Цифрове суспільство майбутнього потребуватиме нових способів надання освітніх послуг. Технології й надалі впливатимуть на зміни освітнього ландшафту. Сучасні спікери часто вдаються до представлення ретроспективи змін в освіті, які пов'язані з впровадженням нових інструментів – від кулькової ручки до великих мовних моделей. Але це тільки факти, які не визначають доцільність змін в освіті через впровадження технологій. Захоплення перспективами може затьмарювати реальну ефективність навчання під впливом його технологізації. Лише періодичне підведення підсумків впровадження нових технологій у навчальний процес дозволяє оцінити можливості їх впливу на сталий розвиток галузі освіти.

Розвиток цифрових технологій має вплив зокрема і на сферу фізичного виховання. Спортивна діяльність, яка є складовою фізичної культури, є однією зі сфер, де інноваційні технології проходять «добровільну» апробацію в умовах, коли людина здійснює діяльність на граничному рівні власних можливостей [1]. Завдяки цьому відбувається якісний відбір потенційно ефективних технологій, здатних змінити вигляд освіти з фізичного виховання. Носимі технології, мобільні додатки, засоби віртуальної та доповненої реальності (які спочатку використовувались вузьким колом спортсменів високої кваліфікації, а тепер стали широко вживаними у фізичному вихованні) отримали повсюдне поширення – від школи до університету [2, 3]. Проте наскільки корисне їх впровадження?

Попередній огляд. Мобільні технології в контексті фізичного виховання – це широкий спектр цифрових інструментів, які можуть бути інтегрованими в навчально-виховний процес для покращення його ефективності [4]. Їхня сутність полягає у використанні портативних пристроїв та програмного забезпечення для створення динамічного, інтерактивного та особистісного навчального середовища, яке виходить за межі або розширює уявлення про традиційні методи навчання [5]. Мобільні технології найчастіше асоціюються з такими пристроями, як смартфони, планшети, а також численні мобільні додатки та носимі пристрої, сполучені з ними [6]. Вони пропонуються для використання у фізичному вихованні як засоби, дія яких може бути пов'язана з поданням навчального контенту, безпосереднім використанням у навчанні, сприянні взаємодії та зворотному зв'язку між учасниками освітнього процесу, аналізу та корекції рухів, самооцінюванню та саморегульованому навчанню [7, 8, 9].

Недавні огляди зосереджені передусім на висвітленні ефективних практик та потенційних переваг інтеграції мобільних технологій у процес фізичного виховання [5]. Така інтеграція пов'язана з підвищенням фізичної активності в різних популяціях з використанням зворотного зв'язку, ефективності рухового навчання з використанням мультимедіа, мотивації та залученості здобувачів освіти до уроків фізичного виховання з використанням iPad, смартфонів та планшетів, а також гейміфікації та активних відеоігор (exergames) у навчальному процесі [6, 9, 10]. Останні мета-аналізи демонструють увагу до вивчення особливостей застосування різноманітних інструментів

в освітньому процесі з фізичного виховання. Визначено, що впровадження цифрових технологій може покращити заняття з фізичного виховання завдяки використанню мультимедійних матеріалів, аудіо, відеозаписів та анімацій, які є нетиповими для широкого використання в руховому навчанні. Це допомагає учням залишатися зосередженими на темі навчання та поглиблювати знання з різних видів рухової діяльності і забезпечує сталість мотивації та залученість до діяльності [11, 12, 13].

Проблема. Однак огляд літератури з даного питання свідчить про суперечливі результати щодо використання мобільних технологій у фізичному вихованні, причому деякі дослідження демонструють позитивні ефекти [14, 15], а інші містять змішані результати [16]. Було виявлено, що мобільні технології, такі як iPad та програми, які не передбачають прямого впливу на навчальні практики, мали незначний короткостроковий ефект щодо підвищення або навіть зниження фізичної активності або ситуативного інтересу, особливо при короткострокових втручаннях (тривалістю два тижні) [4, 17]. Існують потенційні ризики, такі як зменшення фізичної активності здобувачів освіти через невідповідне використання додатків [9, 12]. В одному з досліджень зазначено, що в умовах онлайн-викладання жоден зі здобувачів освіти не звітував про покращення рухових навичок [16]. Іноді здобувачі освіти та вчителі не знають, як використовувати технології для навчальних цілей [18]. Недостатність знань щодо методів викладання та недостатня співпраця між здобувачами освіти в одній групі також є перешкодами інтеграції мобільних технологій у процес фізичного виховання [11]. Надмірне використання цифрових оцінювань може призвести до отримання нерелевантних даних [8, 10]. Додатково було відзначено такі проблеми, як громіздкість пристроїв та відсутність доступу до них удома [15]. Згодом новизна використання технологій може зникнути, зменшуючи їхній початковий мотиваційний ефект [4]. Деякі науковці також наголошують на необхідності проведення більш ретельних досліджень для визначення впливу використання мобільних технологій у фізичному вихованні (тобто рандомізованих контрольованих досліджень – РКД) [6, 9]. Висловлено припущення, що ефект таких втручань може бути меншим за умови використання ретельного експериментування. Підсумовуючи результати попередніх оглядів, констатовано відсутність чітких доказів ефективності втручань з використанням мобільних технологій. Бракує мета-аналізів щодо безпосередньої оцінки впливу мобільних технологій на ефективність фізичного виховання. Кількісна оцінка розміру ефекту таких втручань та визначення значущих модераторів підкріпили б розрізнені відомості щодо доцільності інтеграції мобільних технологій у процес фізичного виховання різних популяцій здобувачів освіти. Більше того, мета-аналіз видається своєчасним, оскільки накопичено певну кількість результатів досліджень щодо проведення втручань у цьому напрямку.

Використання цифрових технологій не обов’язково передбачає відмову від традиційних методів. Навпаки, їх інтеграція може покращити ефективність процесу навчання, підвищуючи якість подання навчального контенту. З огляду на те, що цифрові технології широко використовуються в повсякденному житті дітей та молоді, заклади освіти мають адекватно реагувати на перспективу насичення навчальних програм мобільними технологіями або можливість цілісного управління процесом фізичного виховання в цифровому просторі. Тому розуміння можливостей інтеграції мобільних технологій у процес фізичного виховання стає критично важливими. Цей огляд спрямований на комплексне оцінювання впливу впровадження мобільних технологій у процес фізичного виховання. Його проведення пов’язане з прагненням зрозуміти, які категорії фізкультурної освіти можуть отримати кращий розвиток з використанням технологій та з якими типами технологій пов’язаний цей процес. Порівняно з іншими, цей огляд спрямований на встановлення фактів безпосереднього використання

технологій для покращення програмних результатів фізичного виховання різних популяцій здобувачів освіти.

Метою цього систематичного огляду та мета-аналізу є оцінка ефективності інтеграції мобільних технологій в освіту та їхнього потенціалу для покращення фізичного виховання.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Дизайн. Дослідження було проведено відповідно до протоколу PRISMA (2020) та було попередньо зареєстровано в PROSPERO (CRD420251022214) [81]. Додаткові матеріали та дані дослідження доступні в репозитарії Zenodo за посиланням https://zenodo.org/records/16498758 або додатково за особистим запитом до автора-кореспондента за адресою literasearchukr@gmail.com, щоб полегшити відтворюваність та прозорість огляду.

Критерії відповідності. Структура PICO була використана для визначення критеріїв внесення для цього огляду, які наведені в таблиці 1 у додаткових матеріалах (дод. матеріали. дод. 2. табл. 1). Деталізовані критерії внесення передбачали: (1) оригінальні дослідження; (2) повний текст статті мав бути доступним; (3) порівнюване втручання з використанням мобільних технологій у фізичному вихованні (контрольна/основна групи); (4) відбувалось оцінювання мінімум одного з компонентів: теоретичних знань; рухових навичок; мотивації. Дослідження вилучались у разі наявності наступних характеристик: (1) матеріали конференцій, які містили короткий або неповний звіт з проведеного дослідження, дисертації, короткі звіти про випадки, препринти; (2) повний текст статті не був доступним; (3) неемпіричні дослідження; (4) використання мобільних технологій не розглядалось як організоване втручання в процес фізичного виховання; (5) учасниками експерименту не були здобувачі освіти або втручання відбувалось не в межах проходження курсу з фізичного виховання.

Пошук досліджень. Систематичний пошук досліджень, проведений у квітні 2025, року був обмежений періодом з 1 січня 2014 по 30 квітня 2025 роки. Часові обмеження пошуку продиктовані логікою очікуваного технологічного застарівання мобільних технологій – гранично після п’яти років з часу появи. Пошук проводився в таких базах даних: Web of Science, Scopus, Google Scholar (з використанням інструменту PoP від Harzing V.8). У результаті для розгляду було отримано масив рецензованих документів та додатково виявлено такі, що знаходяться в процесі індексації (очікувалася більш швидка поява документів у Google Scholar). У кожній базі даних пошук літератури здійснювався за назвою, використовуючи заздалегідь визначену комбінацію ключових слів з використанням булевих операторів (дод. матеріали. дод. 1). Додатково пошук здійснено в списках посилань внесених досліджень та оглядових статей для отримання додаткової літератури, яка могла не бути додана до результатів пошуку в базах даних. Мовні обмеження не застосовувались. Отримані списки документів були вивантажені у форматі BibTeX та імпортовані до Zotero, де дублікати та ретраговані документи було видалено.

Втручання. Досліджували інтеграцію мобільних технологій у фізичне виховання в різних закладах освіти без обмежень за географією їх розташування. Під «мобільними технологіями» розуміли цифрові інструменти, такі як мобільні додатки, портативні пристрої, носимі технології, сполучені з мобільними пристроями, мобільні варіанти доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR), які використовуються в навчанні з фізичного виховання. Під зростанням ефективності процесу фізичного виховання, розуміли покращення теоретичних знань та рухових навичок, мотивації або залученості здобувачів освіти. Зазначені дослідження були проведені в школах, коледжах та

університетах, де мобільні технології певним чином були інтегровані в процеси навчання. Було обрано ці дослідницькі популяції, оскільки відносна однорідність дозволяє порівнювати специфічні характеристики фізичного виховання в закладах освіти, а відтак визначати конкретні ефекти впровадження мобільних технологій у навчальний процес.

Відбір досліджень та вилучення даних. На Рисунку 1 показано процес відбору досліджень (Рис. 1).

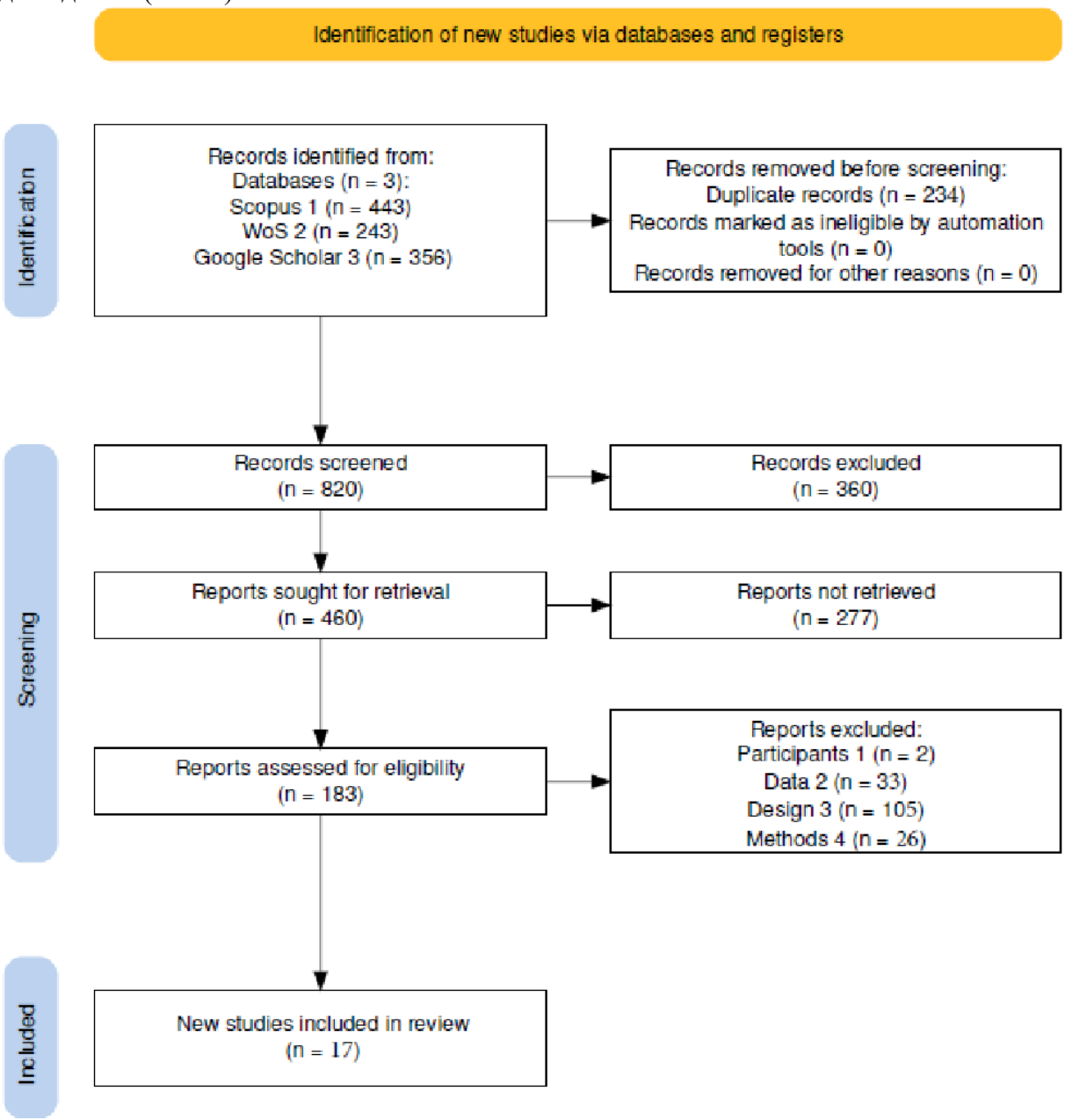

Рис. 1. Блок-схема процесу відбору досліджень за протоколом PRISMA (2020)

Попередній пошук дозволив виявити 1054 статті за допомогою пошуку у вибраних базах даних: Web of Science (n = 243); Scopus (n = 443); Google Scholar (n = 356); додаткові документи зі списків посилань та оглядових статей (n = 12). Після вилучення дублів (n = 234) назви статей та анотація (n = 820) були оцінені на предмет відповідності. До процесу відбору було залучено двох незалежних рецензентів (з числа авторів огляду), які перевірили назви та анотації статей на відповідність заздалегідь визначеним критеріям внесення, а потім переглянули повний текст. У разі виникнення будь-яких суперечок до

їх розв'язання запрошували долучитися третього рецензента (фахівець за напрямом досліджень. Після видалення 647 статей на рівні назви та анотації, а також через відсутність доступу до повного тексту (очікування відповіді на запит доступу в авторів склало не більше 10 днів), решта 183 статті були прочитані. Загалом 17 документів відповідали критеріям внесення і були відібрані для огляду. Були вилучені дані: (1) автор, рік публікації; (2) учасники, вік, стать, розмір вибірки; (3) дизайн дослідження; (4) вимірювання; (5) результати; (6) загальні висновки (дод. мат. дод. 4, табл. 3). Для багатогрупових досліджень та у разі наявності високої варіативності показників оцінювання вилучення даних проводилось для двох груп, що цікавлять, або всіх показників, які можна було вилучити. Вилучення даних було доповнено інформацією з протоколів, реєстрацій досліджень та електронних листів авторам (за потребою). Для огляду були відібрані дослідження, що оцінювали зміни показників, які характеризують знання з фізичного виховання (за результатами тестування), рухові якості (тестування: техніки виконання фізичних вправ, зміни рухової підготовленості), мотивацію та залученість (за результатами стандартизованих опитувальників та анкетування). Тому результати були безперервними даними або суб'єктивно виміряними показниками. Дані, виміряні об'єктивно, завжди мали пріоритет в аналізах над показниками анкет та опитувальників, які більш схильні до упередженості з потенційним переоцінюванням. Результати були вилучені, якщо вони містили дані, раніше опубліковані в іншому дослідженні. Вилучені дані містили результати кожного дослідження та три типи потенційних модераторів:

- модератори рівня популяції – для оцінки узагальнення втручання (здобувачі освіти, вік);
- модератори рівня втручання – для кращого розуміння механізмів використання мобільних технологій (мобільна технологія, навчальна платформа, тривалість втручання);
- модератори рівня форми навчання (онлайн, змішане).

Оцінка якості. Для оцінки методологічної якості вибраних досліджень було використано інструмент ROBINS-E, який дозволяє визначити ризик систематичної помилки в нерандомізованих дослідженнях. Вибір цього інструменту зумовлений результатами попереднього аналізу внесених досліджень, більшість з яких мали нерандомізований дизайн. Для оцінки методологічної якості та для обмеження упередженості було залучено двох навчених незалежних рецензентів (з числа авторів огляду), а будь-які розбіжності вирішувались шляхом обговорення з третім рецензентом (навченим фахівцем, пов'язаним з напрямком поточного дослідження).

Синтез даних. Для всіх вилучених досліджень було застосовано наративний синтез, який дозволив оцінити ключові елементи досліджень та виявити відмінності між втручаннями. Наративний синтез об'єднує всі дослідження, які відповідали критеріям внесення, зокрема ті, для яких не вдалося отримати дані. Дослідження, для яких можна було розрахувати розмір ефекту, були об'єднані для отримання сумарного ефекту. Щоразу, коли в одному дослідженні повідомлялось про кілька результатів, результат, який потрібно було додати до мета-аналізу, був обраний на основі консенсусу серед авторів з дотриманням заздалегідь визначених правил для мінімізації зміщення. Коли необхідні дані були недоступні в оригінальній статті, було сформовано запит до авторів. Якщо дані не могли бути отримані, здійснено їх екстракцію з графіків, якщо вони були доступні. В інших випадках дослідження було вилучене з кількісного аналізу. У дизайнах з кількома часовими вимірюваннями обиралась оцінка, яка була найближчою до кінця втручання. Коли дослідження передбачали кілька груп втручання з використанням мобільних технологій, обирали результат групи, яку дослідники зазначали як основну для втручання, з урахуванням особливостей дизайну дослідження.

Безперервні результати були об'єднані разом, а всі розміри ефектів були перетворені на стандартизовану різницю середніх значень (SDM) за допомогою обчислення d Коена. Для досліджень, які повідомляли про результати щодо тестування декількох рухових якостей, було застосовано: (1) усереднення розміру ефекту; (2) вибір результату тестування, для якого логічно було очікувати вплив застосування мобільної технології (при досягненні консенсусу авторами огляду); (3) кластеризацію при проведенні мета-аналізу з добуванням даних для характеристики різних модераторів з одного джерела. Для отримання сумарного ефекту було проведено глобальний мета-аналіз. Для всіх аналізів застосовували моделі випадкових ефектів, щоб вирішити проблему незалежності даних, спричинену ефектом дослідження. Дисперсія між дослідженнями (T^2) оцінювалась за допомогою методу моментів. Використано I^2 та аналіз лісових діаграм для опису частки дисперсії спостережуваних ефектів, яка зумовлена дисперсією справжніх ефектів. Наявність упередженості публікацій оцінювалась за допомогою лійкоподібної діаграми. Було використано систему GRADE для оцінювання сукупності доказів.

Аналіз чутливості, аналіз підгруп та мета-регресія. Коли було достатньо даних (тобто 4 або більше досліджень, що повідомляють про результат), проводили різні мета-аналізи для окремого модератора впливу (теоретичні знання, техніка рухів, фізична підготовленість, мотивація або залученість). Було проведено два аналізи чутливості для оцінки надійності результатів (вилучення досліджень з високим ризиком упередженості, Leave-one-out аналіз). Причину спостережуваної статистичної гетерогенності досліджували за допомогою аналізу підгруп. Було проведено 12 запланованих аналізів підгруп. Далі проводили мета-регресійний аналіз для загальної моделі та окремих підгруп щодо уточнення статистичної значущості обраних модераторів. Статистична обробка була здійснена в програмному середовищі JASP (V.0.19.3.0) та з використанням інструменту «Meta-Essentials» (V. 1.5). Рівень значущості для всіх статистичних тестів було встановлено на рівні $p < 0,05$.

Зацікавлені сторони. Поточне дослідження не передбачало прямого залучення здобувачів освіти. Результати цього дослідження будуть поширені шляхом публікації в рецензованому виданні відкритого доступу.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати. У таблиці наведено огляд характеристик внесених досліджень (таблиця https://doi.org/10.5281/zenodo.17624332). Для оцінювання відповідності скринінгу досліджень рецензентами під час двоетапного відбору за критеріями внесення було розраховано коефіцієнт Каппа. Розрахунок для оцінок двох рецензентів становив 0,65 (достатня узгодженість) для результатів скринінгу назви та анотації та 0,46 (помірна узгодженість) для результатів скринінгу повних текстів статей. Після завершення незалежного кодування всі суперечності були вирішені за участю третього дослідника, що дозволило досягнути консенсусу щодо внесення обраних досліджень до огляду. Хоча 17 досліджень відповідали критеріям внесення, в одному дослідженні не вдалось розрахувати розмір ефекту для внесення до мета-аналізу через некоректний показник SD (зв'язатися з авторами для уточнення не вдалося) [19]. Також одне дослідження не мало чіткого пояснення експериментального дизайну [8]. Одне дослідження було пов'язане з пасивним спостереженням з використанням носимих технологій (браслети Xiaomi 8) здобувачами освіти, що більше відповідало сутності вивчення особливостей зворотного зв'язку в навчанні фізичному вихованню [3]. У результаті досягнення консенсусу трьох дослідників було вирішено на попередньому етапі (до аналізів чутливості) розрахунки

проводити з урахуванням двох досліджень. Остаточна кількість внесених досліджень для проведення мета-аналізу становила 16 [1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28].

Опис внесених досліджень. Внесені до огляду 17 досліджень були опубліковані між 2016 і 2024 роками та проводились переважно(n = 15) в азіатському регіоні (Індонезія, Ірак, Китай, Тайвань, Філіппіни), одне дослідження проведене в США [4], одне дослідження проведене в ФРН [7]. Серед них у 14 дослідженнях дизайн був нерандомізованим [1, 3, 4, 7, 8, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27] або автори не повідомили про особливості формування досліджуваної вибірки, у трьох дослідженнях було зазначено рандомізацію [2, 10, 28]. Тривалість дослідження коливалась від 2 до 26 тижнів (в середньому – 11 тижнів для 16 досліджень). Тривалість втручання варіювалась у діапазоні 30-60 хв (у середньому – 43 хвилини). У дослідженнях взяли участь загалом 1357 здобувачів освіти. Автори 13 досліджень не повідомили про їх статеві відмінності, а в чотирьох дослідженнях було зазначено участь жінок та чоловіків. Відтак розрахунок співвідношення статевої приналежності не проводили (у дослідженнях, які повідомили, – 187 осіб чоловічої та 204 особи жіночої статі). Вік здобувачів освіти варіювався в діапазоні 8-22 роки, з них: 340 здобувачів освіти 2, 3, 5, 6, 7, 10 класів віком 8-16 років (з них 102 особи підліткового віку; 30,00% [4, 7, 8, 28]) (24,89%) [1, 4, 7, 8, 27, 28]; 1017 здобувачів освіти 1-5 курсів віком 17-22 років (75,11%) [2, 3, 10, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26]. Три дослідження містили вибірку до 50 осіб [8, 14, 88], дев'ять досліджень – 50-100 осіб [1, 2, 7, 8, 20, 21, 25, 26, 27], п'ять досліджень – більше 100 осіб [3, 10, 22, 23, 24]. Ризик упередженості був оцінений як низький щонайменше для п'яти з семи категорій у 13 дослідженнях [1, 2, 4, 7, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28] (дод. матеріали. дод. 3, табл. 2). У жодному з 17 досліджень не було повідомлено про подальшу оцінку після завершення втручання. У 13 статтях автори повідомили про відсутність конфлікту інтересів (чотири статті не мали заяви про конфлікт інтересів). У дев'яти дослідженнях автори повідомили про їх фінансування некомерційними структурами (переважно державними закладами освіти) [2, 3, 10, 20, 21, 22, 24, 25, 27]. Втручання з використанням мобільних технологій в основній групі у внесених дослідженнях стосувалися MOOC (два дослідження) [20, 22], програм електронного навчання (три дослідження) [1, 19, 23], використання мультимедіа (одне дослідження) [89], мобільні додатки та носимі пристрої (дев'ять досліджень) [2, 3, 4, 7, 8, 10, 24, 25, 26], AR (два дослідження) [27, 28]. Звітність у формі результатів надана в таких поєднаннях: теоретичні знання + техніка рухів + фізична підготовленість (одне дослідження) [20]; теоретичні знання + фізична підготовленість + мотивація (одне дослідження) [28]; техніку рухів (сім досліджень) [1, 2, 7, 19, 24, 25, 26]; техніка рухів + тактика (одне дослідження) [21]; фізична підготовленість + техніка (одне дослідження) [22]; фізична підготовленість (два дослідження) [3, 27]; мотивація + техніка рухів (два дослідження) [10, 23]; ситуаційний інтерес (залученість) (одне дослідження) [74]; теоретичні знання (одне дослідження) [8]. Для вимірювання використовувались, в основному, стандартизовані рухові тести або спортивні рухи та опитувальники. Винятком стали: оцінювання знань [8, 20, 28], ситуаційний інтерес [4] та використання шкали рухових навичок [28]. Шість досліджень базувались на наступних теоріях: Спільне регульоване навчання (CRL) та Навчання, засноване на досвіді (ExBL) [23]; Теорія навчання руховим навичкам [2]; Теорія поведінкового навчання та Теорія доказів [21]; Модель прийняття технологій (TAM) та Єдина теорія прийняття та використання технологій (UTAUT) [10]; Біхевіоризм [22].

Ризик систематичної помилки. Аналіз ризику систематичної помилки було проведено з використанням інструменту ROBINS-E.

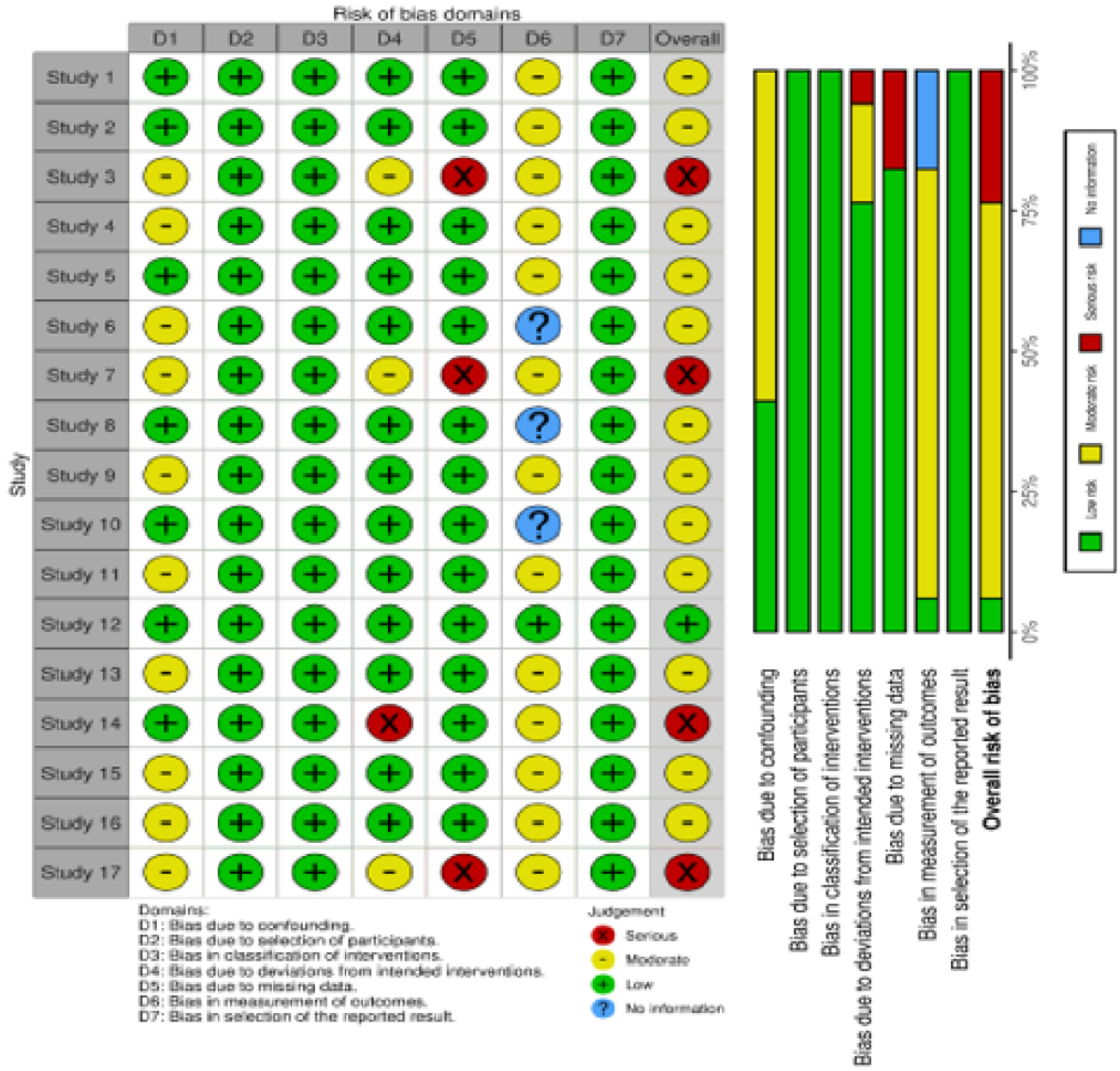

Рис. 2. Оцінка ризику систематичної помилки у внесених дослідженнях

Два рецензенти незалежно виконали оцінювання кожного з 17 внесених досліджень за сімома доменами ризику (Рис. 2). Узгодженість оцінок експертів становила 0,66 (достатня узгодженість), підкріплюючи достовірність висновків. Результати, представлені на Рисунку 2, відображають рівні ризику упередження по кожному домену, зведені у відсотковому співвідношенні (Рис. 2). Найбільшу загрозу упередження має домен, пов'язаний з неповними даними про результати (D5), де три дослідження мали серйозний ризик упередження через некоректні результати статистики [19], непрозорість оцінювання [10], різні варіанти оцінювання для підгруп дівчат та хлопців [3]. Не було надано достатньої інформації щодо оцінювання результатів навчання, що знижує довіру до достовірності виявленого ефекту. У трьох дослідженнях [1, 21, 24] спостерігалася відсутність інформації щодо особливостей здійснення тестування та компетентності фахівців, які оцінювали результати (D6), що унеможливило надання обґрунтованої оцінки цього домену та потенційно знизило довіру до висновків з цих досліджень. У доменах, що стосуються упередження при відборі здобувачів освіти (D2), класифікації втручання (D3) та відхилення від запланованого втручання (D4), ризик упередження виявився переважно низьким, що свідчить про відповідність дизайну досліджень обраним критеріям PICO. Вилучення для D4 мало одне дослідження [8], де не було чітко

повідомлено про особливості його дизайну, окрім зазначення інструментів, які використовувались у втручанні в основній групі досліджуваних. Домен, пов'язаний з упередженням через змішування (D1), продемонстрував помірний рівень ризику в більшості досліджень, що, ймовірно, зумовлено труднощами контролю в дослідженнях без рандомізації [1, 3, 4, 7, 8, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]. Враховуючи загальні оцінки, лише одне дослідження було класифіковано як таке, що має низький ризик систематичної помилки [25], 12 – з помірним ризиком [1, 2, 4, 7, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28], чотири – з високим ризиком [3, 8, 10, 19]. Отже, частина внесених досліджень має обмеження, які необхідно враховувати при інтерпретації загального ефекту втручань у мета-аналізі.

Мета-аналіз. Для загального мета-аналізу було використано дані 16 документів (дод. мат. дод. 4, Табл. 3). Було вирішено не аналізувати результати одного дослідження через незрозумілий показник стандартного відхилення в основній групі, що унеможливило коректний розрахунок розміру ефекту [19].

Мета-аналіз продемонстрував позитивний вплив інтеграції мобільних технологій у процес фізичного виховання здобувачів освіти на показники їх теоретичних знань, рухових здібностей, мотивації та залученості. Причому встановлений вплив зумовлений втручаннями з використанням навчальних платформ та мобільних технологій. Зафіксовано значну дисперсію істинних ефектів (SDM 0,507; 95% CI від 0,168 до 0,846, $p < 0,007$, $I^2 = 90,284\%$, $\tau^2 = 0,420$) (дод. мат. дод. 5, табл. 4, рис. 1, рис. 2). Контрольні групи в дослідженнях, які внесені до мета-аналізу, були справжніми контрольними групами, у яких не використовували будь-які додаткові маніпуляції в процесі фізичного виховання. Винятком було одне дослідження, де відмінністю між групами було використання мобільних технологій, але навчальні теорії досліджувались у всіх чотирьох групах (група активного контролю) [23]. Тож результати мета-аналізу продемонстрували значущу неоднорідність між ефектами ($Q_e = 134,375$; $p < 0,001$) та перевагу систематичних відмінностей між дослідженнями над випадковою варіацією ($H^2 = 10,292$). Аналіз публікаційної упередженості шляхом вивчення асиметрії лійкоподібної діаграми не показав статистично значущого результату ($z = -0,098$, $p = 0,885$), як і ранговий кореляційний тест ($\tau = 0,268$, $p = 0,095$). Зважений регресійний тест не показав статистично значущого результату ($t = 1,735$; $df = 19$; $p = 0,099$). Використання модераторів, таких як учасники (здобувачі освіти), технологія (мобільна, платформи), навчання (онлайн, змішане), тривалість (тижні), вік (роки) суттєво не змінювало розмір ефекту та гетерогенність. Отже, не було встановлено однозначної публікаційної упередженості. Хоча не можна не зважати її ймовірність, оскільки кількість досліджень була обмеженою.

Було проведено аналізи чутливості з урахуванням ризику упередженості окремих досліджень (високий ризик) та Leave-one-out аналіз. У наступному розрахунку почергово вилучали дослідження та перезапускали аналіз (спочатку вилучали дослідження, які мали високий ризик систематичної помилки). Вилучені дослідження характеризувалися великим розміром ефекту [7, 26, 27] та ризиком упередженості через незрозумілий дизайн та обмежене повідомлення даних [3, 8]. Їх почергове вилучення з аналізу сприяло зниженню гетерогенності та розміру ефектут із збереженням значущого позитивного впливу втручань у процес з фізичного виховання з використанням мобільних технологій. Основний мета-аналіз після проведених аналізів чутливості свідчив на користь позитивного впливу мобільних технологій на результати навчання у фізичному вихованні (SDM 0,368; 95% CI від 0,148 до 0,588, $p < 0,005$; $I^2 = 68,660\%$; $\tau^2 = 0,090$) (рис. 3). Так само спостерігалась значуща неоднорідність між ефектами ($Q_e = 42,841$; $p < 0,001$) та перевага систематичних відмінностей між дослідженнями над випадковою варіацією ($H^2 = 3,190$).

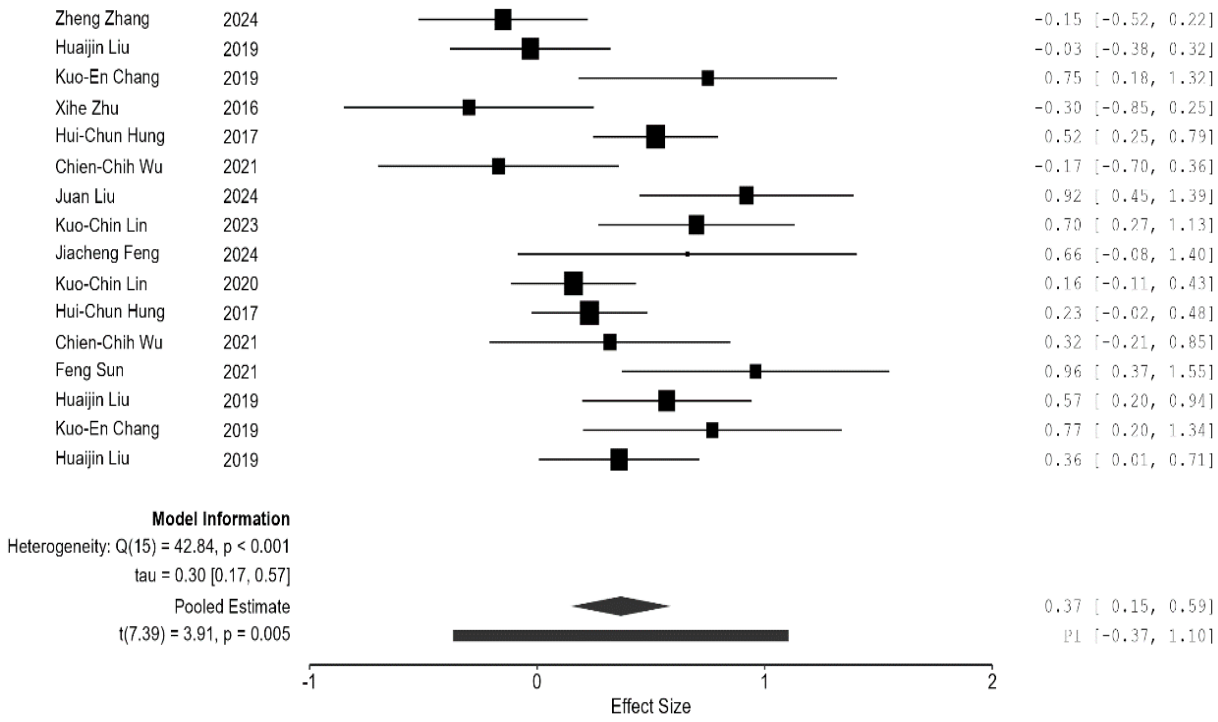

Рис. 3. Результати основного мета-аналізу

Використання модераторів зменшувало розмір ефекту та збільшувало гетерогенність. Винятком стало внесення в аналіз модератору «вік», яке підвищило розмір ефекту на 0,1 (не було значущим). Тому обрані модератори виявились не значущими для внесених досліджень, які характеризують ефект інтеграції мобільних технологій у процес фізичного виховання різних популяцій. Модель мета-регресії була не значущою для жодного з модераторів.

Публікаційне зміщення. Мета-регресійний тест лійковидної діаграми в основному мета-аналізі після проведення аналізів чутливості не виявив статистично значущої асиметрії (z = 0,250, p = 0.013), як і зважений регресійний тест (t = 1,034; df = 14; p = 0.319), а також ранговий кореляційний тест (τ = 0,213, p = 0,258) (Рис. 4). Отже, припущення про відсутність значущого впливу публікаційної упередженості на результати мета-аналізу зберігалося. Для корекції результатів мета-аналізу щодо наявності відсутніх досліджень було застосовано метод Trim-and-fill (дод. мат. дод. 6, рис. 3). Узагальнений мета-аналіз із застосуванням моделі випадкових ефектів не виявив відсутніх досліджень та незначно відрізнявся від первинного (SDM 0,342; 95% CI від 0,236 до 0,453, p < 0,001, I^2 = 65,294%, τ^2 = 0,081). Тож публікаційна упередженість не була виявлена, а первинний ефект вважається стабільним, що також підтверджується симетрією лійкоподібної діаграми та незначущими результатами тесту Еггера (p > 0.05). Гетерогенність була помірною (Q_e = 43,213; p < 0,001), що свідчить про значну варіативність у дослідженнях. Але застосування тих же модераторів не змінювало або підвищувало гетерогенність. Отже, порівняно з попередніми результатами мета-аналізу до проведення аналізів чутливості спостерігається зменшення як сили ефекту, так і міждослідницької варіативності. Відтак деякі дослідження мали непропорційно великий вплив на загальний результат і могли викривлювати оцінку узагальненого ефекту.

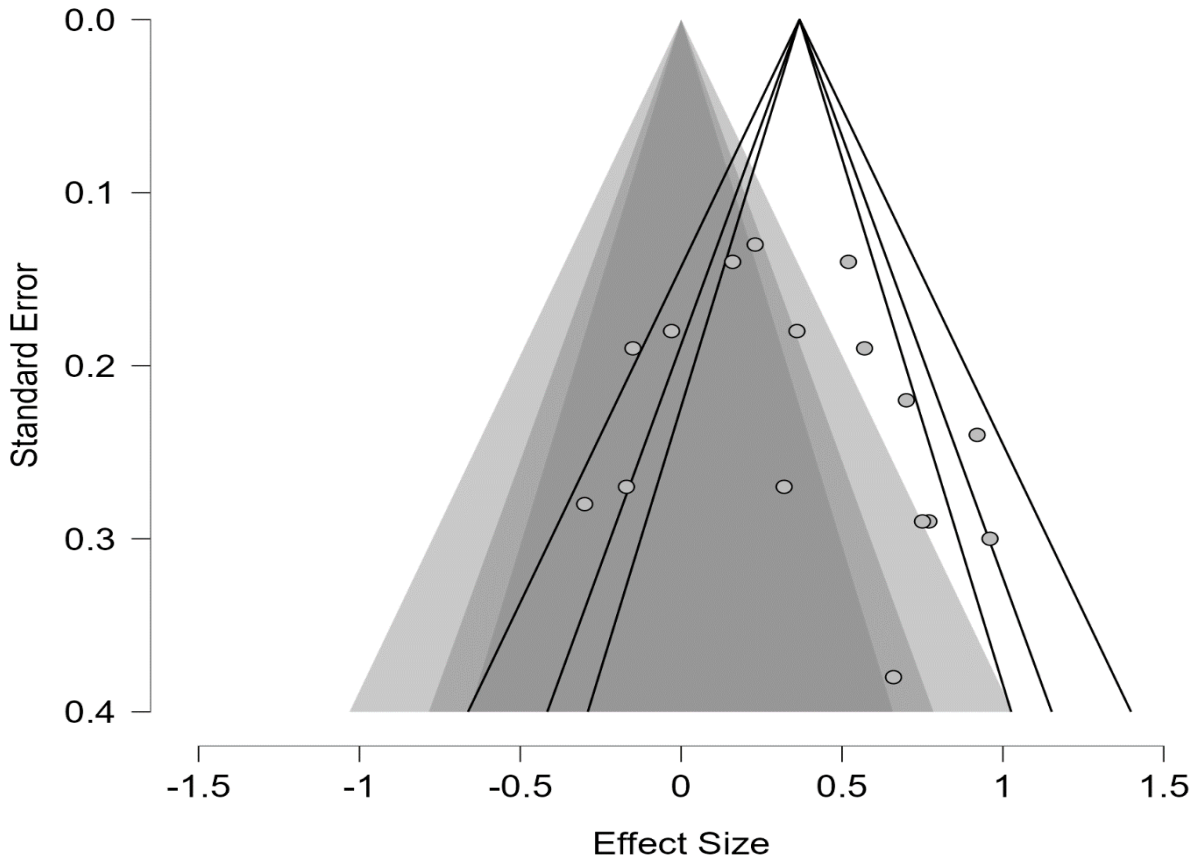

Рис. 4. Оцінка публікаційного зміщення в основному мета-аналізі

Аналіз підгруп та мета-регресія. Було проведено 12 запланованих аналізів підгруп, п'ять з яких були статистично значущими, а саме: формат навчання онлайн (SDM 0,345; 95% CI від 0,031 до 0,658; p <0,037; I^2 = 72,372%; τ^2 = 0,110); рухові навички + теоретичні знання (SDM 0,408; 95% CI від 0,166 до 0,649; p <0,006; I^2 = 66,894%; τ^2 = 0,081); рухові навички + мотивація (SDM 0,347; 95% CI від 0,120 до 0,574; p <0,008; I^2 = 71,798%; τ^2 = 0,104); навички (рухові навички + фізична підготовленість) (SDM 0,390; 95% CI від 0,124 до 0,656; p <0,011; I^2 = 71,253%; τ^2 = 0,097); навчання з використанням мобільних технологій (проти використання навчальних платформ) (SDM 0,348; 95% CI від 0,044 до 0,651; p <0,032; I^2 = 58,890%; τ^2 = 0,060). Інші аналізи підгруп не були статистично значущими, включно з: мотивація + теоретичні знання; мотивація. Три підгрупових аналізи не було запущено через некоректність вихідних даних (вони містили дві та більше змінних з одного дослідження), а саме: здобувачі освіти; формат змішаного навчання, фізична підготовленість. Також не було проведено підгруповий аналіз для модератора «теоретичні знання» через недостатність даних для аналізу (усього три дослідження асоціювалися з цим модератором) [8, 20, 28].

Мета-регресія з додаванням модератору «вік» у підгруповий аналіз для «рухові навички», суттєво не змінила результати (SDM 0,392; 95% ДІ від 0,165 до 0,619; p <0,006; I^2 = 66,492%; τ^2 = 0,076). Було продемонстровано, що вік є статистично значущим модератором розміру ефекту (p = 0,047). Виявлено негативний зв'язок між віком здобувачів освіти та розміром ефекту (β = -0,053; 95% CI від -0,104 до -0,003), що може свідчити про зменшення ефективності втручання в старших вікових групах.

Не було виявлено статистичних відмінностей в ефектах між дослідженнями для здобувачів освіти (β = -0,068, p = 0,805), для досліджень, де основою втручання були навчальні платформи проти використання окремих мобільних технологій (β = 0,075, p =

0,798), для форми навчання – змішане проти онлайн (β = -0,240, p = 0,379), для впливу на окремі характеристики (теоретичні знання, мотивація, фізична підготовленість, техніка рухів) (β = -0,082, p = 0,786). Тож обрані якісні модератори не продемонстрували характерний вплив для базових підгруп порівняння.

Аналіз якості доказів. Аналіз якості доказів було проведено за протоколом GRADE. Узгодженість між оцінками експертів становила 0,69 (достатня узгодженість), що підтверджувало достовірність висновків (Табл. 1).

Таблиця 1

Оцінка методологічної якості проведеного аналізу

Критерій	Оцінка	Пояснення
Ризик упередженості	Помірний (↓)	Більшість досліджень мають середню якість. Наявні обмеження в описі процедур оцінювання та контролю результатів ефективності втручання
Непослідовність	Суттєва (↓)	I^2 = 68,660% свідчить про значну варіативність між дослідженнями. Відмінності в технологіях, тривалості втручання і віці здобувачів освіти зумовлюють неоднорідність ефектів
Непрямість	Низька (–)	Усі дослідження прямо пов'язані з темою. Застосовані втручання, популяції та результативні змінні відповідають цільовому питанню
Неточність	Помірна (↓)	Деякі дослідження мають широкі CI через малий розмір вибіркової сукупності здобувачів освіти. Загальний ефект значущий, але не для окремих модераторів
Публікаційна упередженість	Низька (–)	Тести асиметрії лійкоподібної діаграми не виявили значущих відхилень. Але загальна кількість досліджень обмежена, що не дозволяє повністю не зважати на цю загрозу
Розмір ефекту	Обмежене (+)	У деяких підгрупах (наприклад, технічні навички) визначено великий розмір ефекту, однак не для інших підгруп, що дало б змогу підвищити оцінку на рівні всього огляду

За критерієм ризику упередженості, переважна більшість внесених досліджень класифікована як такі, що мають помірний ризик. Відтак наявні певні методологічні обмеження, які могли вплинути на точність оцінок ефекту, але не зумовлюють їх критичну ненадійність. Необхідно з обережністю інтерпретувати загальний ефект втручань проведеного мета-аналізу. Результати основного мета-аналізу виявили суттєву гетерогенність (I^2 = 68,660%), а відтак суттєву варіативність між ефектами досліджень, що може бути зумовлено відмінностями в типах технологій втручання (мобільні застосунки, навчальні платформи, AR, мультимедіа), рівнях освіти учасників (здобувачі освіти), навчальному контенті (теоретичні знання, технічні навички, фізичні якості) та тривалості втручання (від 3 до 26 тижнів). Така неоднорідність погіршує узагальнюваність висновків і вимагає обережної інтерпретації результатів для основного мета-аналізу і мета-аналізів на рівні підгруп. Більшість внесених досліджень безпосередньо стосуються цільового питання – оцінки ефективності інтеграції мобільних технологій у навчальний процес з фізичного виховання. Усі дослідження фокусуються на релевантних змінних, зокрема на теоретичних знаннях, техніці рухів, мотивації та залученості, навичках або фізичній підготовленості. Загальна вибірка була серед здобувачів освіти шкіл, коледжів та університетів, що дозволяє вважати отримані результати достатньо узагальнюючими. Але важливим обмежуючим чинником є специфіка культурного/національного та географічного контекстів – більшість досліджень проведені в Азіатському регіоні. Оцінка точності результатів демонструє, що в частині досліджень спостерігається широкий діапазон CI, особливо у випадках із невеликою кількістю здобувачів освіти. Тому експертами визначено певний ступінь статистичної невизначеності, особливо при оцінці окремих змінних (мотивація, теоретичні знання). Загальний розмір ефекту основного мета-аналізу має достатньо вузький CI, що частково компенсує цей недолік на рівні всього огляду. Публікаційна упередженість оцінювалась за допомогою трьох тестів асиметрії лійкоподібної діаграми,

жоден з яких не продемонстрував статистично значущих відхилень. Проте невелика кількість досліджень (16 одиниць) дещо обмежує потужність цих тестів і не дозволяє повністю не зважати на ймовірність впливу можливих пропущених або майбутніх результатів. Деякі дослідження демонструють великий розмір ефекту (наприклад, для навичок у техніці виконання фізичних вправ), що може свідчити про потенційно високий вплив інтеграції технологій для вирішення окремих завдань фізичного виховання. Проте відсутність стабільного ефекту «дози-реакції» (тривалість втручання у внесених дослідженнях неясно пов'язана з величиною ефекту) не дозволяє використати цей критерій для підвищення загальної оцінки. Тому було визначено загальну якість доказів проведеного мета-аналізу як помірну. Вважаємо, що подальші дослідження з вищою методологічною якістю, більш чіткою специфікою щодо встановлення безпосереднього зв'язку «доза-ефект» у втручаннях і більшою кількістю здобувачів освіти можуть суттєво вплинути на рівень впевненості в оцінці ефективності використання мобільних технологій у процесі фізичного виховання.

Обговорення. Проведений систематичний огляд, підкріплений здійсненим мета-аналізом, є першим, який сфокусовано на узагальненні ефекту інтеграції мобільних технологій саме як структурного чинника у фізичному вихованні. З одного боку, це було певним обмеженням через значну різноманітність характеристик результативності фізичного виховання, які вивчалися. З іншого боку, була виконана спроба узагальнити вплив різних підходів до використання мобільних технологій у цілісному процесі фізичного виховання.

Загальний ефект. Загальний мета-аналіз підтвердив очікування, які були підкріплені даними попереднього огляду, що використання мобільних технологій у фізичному вихованні є ефективним (ефект помірний, значущий). Причому результативність спостерігається за умов дотримання порівняльного дизайну досліджень як на короткому проміжку часу (два тижні), так і при більш тривалих втручаннях. Окремі дослідження мали недоліки дизайну та звітування, що могло призводити до викривлення результатів (надмірний розмір ефекту). Відтак після аналізу чутливості та детального їх вивчення авторами було досягнуто консенсуальне рішення про вилучення цих досліджень з аналізу. Правильність обраного шляху аналізу була підтверджена позитивними результатами аналізу публікаційного зміщення. Гетерогенність, незважаючи на проведені аналізи чутливості, залишилась значною. Відтак було важливо вивчити вплив модераторів, які б могли її пояснити. Обрані модератори були обґрунтовані логікою дослідження та вивченням недавніх оглядів [6, 9, 11, 13]. Пост-хок аналізи з підбором модераторів додатково не проводили, що пов'язано зі значною варіативністю дизайну втручань внесених досліджень, незважаючи на відповідність протоколу PICO. Проте жоден з модераторів не пояснював гетерогенність, що могло бути пов'язано зі значним різноманіттям характеристик внесених досліджень. Відтак не вдалося «згладити» подібні відмінності задля встановлення загального розміру ефекту впливу інтеграції мобільних технологій, що було одним з дослідницьких питань поточного огляду. Насамперед слід зазначити, що вісім статей були опубліковані в джерелах, які пов'язані з неспецифічною сферою для фізичного виховання – комп'ютерними науками, що могло ускладнювати авторам здатність звітувати в контексті специфіки фізичного виховання. До того ж багато з вилучених джерел стосувались саме проєктування навчання, зокрема для цифрових середовищ, але без безпосереднього спрямування на досягнення результатів у фізичному вихованні. В іншому випадку окремі джерела повідомляли про декілька результатів, пов'язаних з обраними модераторами [10, 20, 23, 27, 28]. Використання кластеризації в загальному мета-аналізі або ж почергове внесення окремих даних з таких досліджень, суттєво не впливало на результати мета-аналізу. Проте це могло вплинути на результативність

мета-регресії (зниження потужності внаслідок малої кількості досліджень). Однак було важливо розглянути всі можливі витягнуті дані стосовно результативності процесу фізичного виховання через тісний зв'язок модераторів ефекту (техніка рухів, фізична підготовленість, теоретичні знання, мотивація або залученість). Отже, не вдалося змоделювати характеристики втручань, які б були пов'язані зі збільшенням ефективності інтеграції мобільних технологій у процес фізичного виховання. Відтак існує потреба у проведенні подальших емпіричних досліджень, підготовці оглядів, які б були безпосередньо спрямовані на встановлення такої ефективності з урахуванням обраних технологій, тривалості втручання, типу навчання та чіткою диференціацією суб'єктів (рівень освіти, вік тощо).

Ефект мета-аналізу підгруп та мета-регресії. Мета-аналіз підгруп, де для групування були використані визначені на початку дослідження модератори, дозволив визначити особливості впливу використання мобільних технологій у фізичному вихованні. Окрім запланованих 12 аналізів підгруп та мета-регресії не вдалося провести додаткових. У цьому розділі, використовуючи дані літератури [12, 13], через схожість дизайну окремих досліджень намагалися виділити різні підгрупи для вивчення ефекту. Проте кількість досліджень (невелика) та різноманітність підходів до впровадження мобільних технологій в навчальний процес з фізичного виховання обмежили можливість проведення додаткових аналізів. Згідно з результатами загального мета-аналізу було підтверджено значущість ефекту інтеграції мобільних технологій у процес фізичного виховання, (1), коли воно відбувалося онлайн (2), було пов'язане з вивченням навичок і мотивації здобувачів освіти або (3) навичок і теоретичних знань, а також стосувалось саме використання (4) мобільних технологій, а не навчання за допомогою платформних рішень. Під онлайн навчанням розуміли можливості групи втручання дистанційно отримувати освітню послугу із застосуванням мобільних технологій (курси розміщені на платформах, соціальні мережі, МООС, мобільні додатки тощо). Гетерогенність у всіх аналізах була від помірної до суттєвої. Окремий аналіз підгруп «теоретичні знання» та «мотивація та теоретичні знання» не був значущим. Це може бути пов'язано з дотичністю цих компонентів навчання до основної спрямованості дослідження (дані про мотивацію та теоретичні знання були витягнуті додатково для аналізу). Проте останні дослідження містять достатньо фактів щодо перспективності використання мобільних технологій як для покращення знаннєвого компоненту навчання з фізичного виховання, так і мотивованості та залученості здобувачів освіти до виконання рухової активності [29]. Вочевидь, це актуалізує питання майбутніх оглядів, які б були безпосередньо пов'язані з вивченням ефекту використання мобільних технологій у фізичному вихованні. Варто виділити дані дослідження [4], де було продемонстровано значуще зниження ситуативного інтересу порівняно зі здобувачами освіти контрольної групи протягом дослідження. Подальший аналіз джерел дозволяє стверджувати, що такі випадки непоодинокі [30]. Важливість таких висновків спонукає до обережного та обмірковано вибору технологій та організації апробацій або експериментальних втручань. Здається, що мотивація та залученість мають бути неодмінними компонентами майбутніх досліджень, спрямованих на вивчення ефективності інтеграції мобільних технологій у фізичне виховання.

Формування теоретичних знань. Отримані результати є обнадійливими щодо реальних можливостей використання мобільних технологій для покращення засвоєння теоретичний знань з фізичного виховання. Причому окремі дослідження в огляді стосувались здобувачів освіти, що дозволяє розробляти загальні стратегії подання навчального контенту з подальшою адаптацією до потреб різного контингенту. Важливим є різноманіття способів подання навчального контенту: МООС, окремі курси у цифровому форматі, поєднане використання мультимедіа, а також доповнена

реальність. Дослідження ефективності організації теоретичного навчання в фізичному вихованні підтверджують наші очікування [16, 18], а останні огляди продемонстрували схожі результати [14].

Формування мотивації та залученість. Мотивація та залученість є тим своєрідним «клеєм», що здатен міцно втримувати учасників освітнього процесу між складністю розвитку рухових навичок та компетентним застосуванням набутих теоретичних знань. У поточному дослідженні було замало фактів (кількість внесених досліджень) щодо впливу мобільних технологій на мотивацію рухової діяльності, зокрема в контексті фізичного виховання. Більше того одне дослідження чітко визначило регрес мотиваційних установок у групі втручання, яка практикувала змішане навчання з використанням мобільних технологій [4]. Відтак актуальними є протиріччя щодо сприяння технологій залученості, мотивації [23, 29, 30]. Проте це суттєво не вплинуло на констатацію значущого сукупного ефекту для формування теоретичних знань та мотивації до занять фізичним вихованням, але не для мотивації як такої. Ці дві складові освітнього процесу розглядали разом з двох причин: (1) брак досліджень для окремого аналізу підгрупи «теоретичні знання»; (2) поєднання знаннєвого компонента та мотивації як когнітивних складових навчального процесу на противагу розвитку рухових навичок та фізичної підготовленості [13]. Загалом встановлений ефект та висновки з окремих досліджень узгоджувались із загальним публікативним трендом – мобільні технології здатні якісно змінювати процес оволодіння знаннями та створювати зовнішні та внутрішні умови мотивування для участі в руховій активності [12]. Проте важливо розуміти, що мотивація має бути пов’язана не із захопленням технологією, яка швидко минає [23, 30], а саме зі створенням умов розуміння (знання) та сталої потреби в фізичному розвитку (внутрішня мотивація) [18], що може забезпечуватися якісним перетворенням навчального процесу з використанням мобільних технологій.

Формування рухових навичок. У підгруповому аналізі було поєднано результати досліджень, які стосувались технічних навичок та фізичної підготовленості здобувачів освіти. Це було зроблено з таких причин: (1) висока варіативність тестування фізичної підготовленості; (2) тести з фізичної підготовленості зазвичай ототожнюються з поняттям оволодіння руховими навичками; (3) кількість досліджень, які були зосереджені виключно на фізичної тестуванні підготовленості була недостатньою (три дослідження) [3, 27, 28]. Тому відбулося деяке відхилення від початкового аналітичного плану. Важливо зазначити, що пошук джерел проводили з урахуванням поділу техніки виконання рухів (специфічний термін з теорії фізичного виховання) та прояву рухових якостей (фізична підготовленість – специфічний термін з теорії фізичного виховання) людини з метою деталізації специфіки впливу втручань з використанням мобільних технологій. У цілому саме розвиток рухових навичок цікавив найбільше, адже основа фізичного виховання – рухова діяльність, обриси якої формуються в процесі набуття рухової компетентності особистості [15, 18]. Наприклад, не вдалося знайти оглядів, які б безпосередньо стосувались впливу використання мобільних технологій для розвитку рухових здібностей (узагальнення ефекту зокрема). Проте окремі дослідження повідомляють про такі можливості, які, однак, можуть бути значно обмежені внаслідок недоступності технологій та недостатньої навченості персоналу [9, 17]. Була отримана ствердна відповідь щодо наявності значущого ефекту використанням мобільних технологій для розвитку рухових здібностей осіб, які займаються фізичним вихованням в закладі освіти. Це стосується як диференціації технологій, так і навчання в різному форматі. У цілому отримані результати та запропоновані висновки збігаються з даними літератури, де чітко простежується тренд – впровадження мобільних технологій здатне доповнювати рухове навчання під час фізичного виховання, формуючи умови для поглибленого та осмисленого вивчення та вдосконалення рухових умінь і навичок [15,

17]. Ці висновки є дуже цінними, адже сприяють формуванню розуміння того, як окремі технології можуть бути використані при побудові цілісного процесу з фізичного виховання з використанням мобільних технологій. Мова на даному етапі йде саме про інтеграцію технологій як допоміжних засобів для покращення ефективності реалізації традиційних методів навчання руховій діяльності. У майбутньому, очікується поява самодостатніх нових методів навчання (доповнена реальність), де технології формуватимуть імерсивне середовище (віртуальні простори), змінюючи підходи до рухового навчання в фізичному вихованні. Вже зараз існують обнадійливі результати апробації подібних підходів [5, 11].

Сильні сторони та обмеження. Ймовірно, це перший мета-аналіз, який кількісно оцінює вплив використання мобільних технологій на результативність навчання в фізичному вихованні. Сильною стороною поточного огляду було проведення комплексного систематичного пошуку джерел з використанням) кількох баз даних. Усі етапи огляду (скринінг та вилучення даних) були незалежно реалізовані двома рецензентами. Усі внесені дослідження хоча й не мали дизайну РКД, але передбачали порівняльне дослідження між щонайменше двома групами. Хоча варіативність звітування щодо результативності втручань була високою, це дозволяло провести різні аналізи для виявлення особливостей впливу мобільних технологій на процес фізичного виховання різних популяцій. Однак слід зазначити деякі обмеження цієї роботи. Загалом систематичний огляд та мета-аналіз охоплював невелику кількість досліджень, а деякі дослідження не мали чітко представленого дизайну. Можна сказати, що проведений огляд мав регіональні обмеження – більшість досліджень були проведені в Азіатському регіоні. Певні статті, які, здається, могли б бути внесені до огляду після перегляду повного тексту, виявилися недоступними. Декілька досліджень мали невеликі вибіркові сукупності здобувачів освіти (менше 30 осіб) або мали високий ризик упередження (чотири дослідження). Недоліком є те, що не вдалося визначити надійні модератори ефекту, щоб сприяло кращому розумінню сутності інтеграції мобільних технологій у фізичне виховання. Не було знайдено досліджень, які б вивчали пост-тестові характеристики та відсів здобувачів освіти після закінчення втручання, що дозволило б вивчити можливість збереження ефекту та залученості здобувачів освіти через певний час. Одним з головних обмежень цієї роботи є неможливість продемонструвати, що ефект втручань зумовлений безпосереднім використанням тієї чи іншої мобільної технології. Але це питання для майбутніх досліджень. Зі зростанням зацікавленості до представленого напрямку та публікацією нових досліджень оновлення цієї роботи буде важливим для підтвердження цих попередніх результатів.

Внесок авторів. Андрій Єфременко розробив протокол дослідження та стратегію пошуку у співпраці з іншими авторами. Андрій Єфременко, Тетяна Федорина, Ярослав Крайник провели скринінг, вилучення даних та оцінку ризику систематичної помилки. Андрій Єфременко та Марія Долгарева розробили процедури мета-аналізу, а Світлана Пятисоцька та Вікторія Фоменко виконали статистичний аналіз. Перший варіант рукопису був підготовлений Андрієм Єфременком, інші автори долучилися до його обговорення та обговорення подальших версій. Усі автори були ознайомлені з остаточним варіантом рукопису та схвалили його.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У цьому огляді вперше представлено відомості про узагальнену ефективність інтеграції мобільних технологій у процес фізичного виховання в закладах освіти. Підтверджено помірну ефективність використання мобільних технологій для задоволення основних вимог до процесу фізичного виховання – формування

теоретичних знань, розвитку практичних навичок, підтримки мотивації та залученості до рухової діяльності. Встановлено, що такі втручання можуть бути більш ефективні в навчанні молодшого контингенту здобувачів освіти для заходів, пов'язаних з розвитком рухових навичок. Разом з тим, на вдалося знайти значущих змінних як якісних, так і кількісних, які б змогли пояснити високу гетерогенність досліджень внесених до огляду. Подальші огляди могли б бути сфокусовані на пошуку таких модераторів, деталізувавши дослідницькі питання в контексті конкретного впливу використання мобільних технологій для вирішення окремих завдань фізичного виховання. Все ж обмежена кількість досліджень, що мають якість від середньої до низької, не дозволяють дати однозначну відповідь щодо ефективності впровадження мобільних технологій у фізичне виховання. Потрібні подальші дослідження, які б були пов'язані з визначенням того, як певні технологій та їх використання в контексті фізичного виховання можуть вирішувати прикладні його завдання (розвиток окремих рухових якостей, цілісне навчання окремим навичкам тощо), а не тільки впливати на розвиток окремих практичних навичок. Причому мотивація, залученість та розвиток теоретичних знань також важливі. Адже програмні результати є сталими, а формат навчання залишається традиційним, тож поки мова йде саме про інтеграцію мобільних технологій, але не трансформацію освітнього процесу з фізичного виховання. Незважаючи на актуальність емпіричних досліджень, все ж бракує їх попереднього обґрунтування з теоретичної точки зору. Наступні дослідження мають базуватись на сучасних теоріях навчання та теоріях, що пов'язані з навчанням у цифровому середовищі. Завдяки цьому можна очікувати більш ретельного обґрунтування та планування втручань, пов'язаних з інтеграцією мобільних технологій у процес фізичного виховання. Ймовірно, що орієнтуючись саме на методи активного навчання, які досліджуватимуться в межах теорії конструктивізму (проєктне навчання) та з урахуванням вивчення поведінки учасників освітнього процесу (мотивація, залученість) у контексті біхевіоризму, доцільно розвивати подальші пошуки в цьому напрямку досліджень. Потрібно чітко розробляти втручання з урахуванням ефективності та сприйняття технологій, а також готовності викладачів до їх використання. Важливо встановити, чи зберігається ефект у період після навчання та як саме певна мобільна технологія вплинула на його результати. Отримані дані можуть бути основою для оновлення освітньої політики та впровадження цифрових інновацій, проте потребують доповнення через потенційні джерела варіативності. Можливо, в майбутньому вдасться залучити більшу кількість досліджень для перегляду та доповнення огляду.

5. ДОДАТКОВІ МАТЕРІАЛИ

Реєстрація протоколу. Протокол дослідження був попередньо зареєстрований у PROSPERO (відомості за посиланням https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD420251022214).

Додаткові матеріали. Додаткові матеріали доступні за посиланням https://doi.org/10.5281/zenodo.16498757.

Джерела фінансування. Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування.

Конфлікти інтересів. Автори повідомили про відсутність конфлікту інтересів.

Заява про використання AI. Автори повідомили про прозоре використання засобів генеративного штучного інтелекту для оформлення джерел за вимогами видання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] J. Liu, "Optimization of Innovative Paths of Physical Education Teaching in Primary and Secondary Schools under Information Integration Technology", *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, vol. 9, no. 1, 2024. doi: https://doi.org/10.2478/amns-2024-0612

[2] K.C. Lin, H.C. Hung, and N.S. Chen, "The effect of wearable technology on badminton learning performance: a multiple feedback WISER model in physical education", *Smart Learning Environments*, vol. 10, no. 1, 28, 2023. doi: https://doi.org/10.1186/s40561-023-00247-9

[3] Y. Xu, J. Peng, F. Jing, and H. Ren, "From wearables to performance: how acceptance of IoT devices influences physical education results in college students", *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, 23776, 2024. doi: https://doi.org/10.1038/s41598-024-75071-3

[4] X.H. Zhu and L.A. Dragon, "Physical activity and situational interest in mobile technology integrated physical education: A preliminary study", *Acta Gymnica*, vol. 46, no. 2, pp. 59-67, 2016. doi: https://doi.org/10.5507/ag.2016.010

[5] D. Yudhistira, "Identifying Challenges and Opportunities in the Implementation of Mobile Learning in Physical Education: A Literature Review", *Physical Education Theory and Methodology*, vol. 25, no. 3, pp. 719-724, 2025. doi: https://doi.org/10.17309/tmfv.2025.3.29

[6] J. Bort-Roig, N.D. Gilson, A. Puig-Ribera, "Measuring and Influencing Physical Activity with Smartphone Technology: A Systematic Review", *Sports Med*, no. 44, pp. 671–686, 2014. doi: https://doi.org/10.1007/s40279-014-0142-5

[7] R. Kretschmann, "Employing tablet technology for video feedback in physical education swimming class", *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, vol. 13, no. 2, 2017. doi: https://doi.org/10.20368/1971-8829/1322

[8] C.J. Culajara, "Enhancing Students' Learning Performance in Physical Education Through the Use of a Mobile Application with Game-Based Learning Approach", *Physical Education and Sports: Studies and Research*, vol. 2, no. 1, pp. 1-9, 2023. doi: https://doi.org/10.56003/pessr.v2i1.178

[9] R. Silva, C. Farias, A. Ramos, and I. Mesquita, "Implementation of game-centered approaches in physical education: A systematic review", *Journal of Physical Education and Sport*, vol. 21, no. 6, pp. 3246-3259, 2021. doi: https://doi.org/10.7752/jpes.2021.s6443

[10] H.C. Hung, S. Shwu-Ching Young, and K.C. Lin, "Exploring the effects of integrating the iPad to improve students' motivation and badminton skills: a WISER model for physical education", *Technology, Pedagogy and Education*, vol. 27, no. 3, pp. 265-278, 2018. doi: https://doi.org/10.1080/1475939X.2017.1384756

[11] V. Arufe-Giráldez, A. Sanmiguel-Rodríguez, O. Ramos-Álvarez, and R. Navarro-Patón, "Gamification in Physical Education: A Systematic Review", *Education Sciences*, vol. 12, no. 8, 540, 2022. doi: https://doi.org/10.3390/educsci12080540

[12] U.H. Ariffin, N.A.M. Mokmin, and M.A. Akmal, "Augmented reality technology in physical education: A systematic review in instructional design, and AR implementation option over the last 5 years", *Advanced Journal of Technical and Vocational Education*, vol. 6, no. 1, pp. 13-20, 2022. doi: https://doi.org/10.26666/rmp.ajtve.2022.1.3

[13] M.A. Al Ardha, N. Nurhasan, L. Nur, A. Chaeroni, S.S. Bikalawan, and C.B. Yang, "Analysis of Android-based applications in physical education and sports: Systematic review", *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, no. 57, pp. 390-398, 2024. url: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9580821.pdf

[14] P. Indarto, N. Nasuka, M. Hidayatullah, S. Sulaiman, H. Setyawati, H. Raharjo, and D. Suryadi, "What is the learning model of physical education in the digital era? Literature review of various studies", *Retos*, 2024. doi: https://doi.org/10.47197/retos.v61.109583

[15] J. Han, J. Zhao, Y. Yue, and X. Che, "Edge Computing-based Video Action Recognition Method and Its Application in Online Physical Education Teaching", *IEEE Access*, vol. 12, pp. 148666-148676, 2024. doi: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3475372

[16] F. Jastrow, S. Greve, M. Thumel, et al., "Digital technology in physical education: a systematic review of research from 2009 to 2020", *Ger J Exerc Sport Res*, no. 52, pp. 504–528, 2022. doi: https://doi.org/10.1007/s12662-022-00848-5

[17] J.E. Lee and Z. Gao, "Effects of the iPad and mobile application-integrated physical education on children's physical activity and psychosocial beliefs", *Physical Education and Sport Pedagogy*, vol. 25, no. 6, pp. 567-584, 2020. doi: https://doi.org/10.1080/17408989.2020.1761953

[18] A. Calderón, L. Merono, and A. MacPhail, "A student-centred digital technology approach: The relationship between intrinsic motivation, learning climate and academic achievement of physical education pre-service teachers", *European Physical Education Review*, vol. 26, no. 1, pp. 241-262, 2020. doi: https://doi.org/10.1177/1356336x19850852

[19] A.S. Shaker, H.M. Tuama, and M.N. Radhi, "The effect of using e-learning technology in learning the skill of clean and jerk in students of Physical Education and Sports Sciences", *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias Del Deporte*, no. 4-4, 2022. doi: https://doi.org/10.6018/sportk.509331

[20] H. Liu, "Applying computer assisted instruction technology to assist hurdle running teaching: An approach of physical education network teaching resources based on massive open online course and flipped classroom", *Open Access Library Journal*, vol. 6, no. 11, pp. 1-9, 2019. doi: https://doi.org/10.4236/oalib.1105910

[21] F. Sun and C. Zheng, "The application of basketball technology multimedia computer-assisted instruction courseware in physical education", *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 00207209211013440, 2021. doi: https://doi.org/10.1177/00207209211013440

[22] Z. Zhang, "Construction and application of physical education classroom teaching model integrating mooc and flipped classroom", *Scalable Computing: Practice and Experience*, vol. 25, no. 1, pp. 395-406, 2024. doi: https://doi.org/10.12694/scpe.v25i1.2305

[23] C.C. Wu, H.W. Chao, and C.W. Tsai, "The effects of Facebook live-stream teaching on improving students' dance skills: Impacts on performance, learning motivation, and physical activity class satisfaction", *International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL)*, vol. 13, no. 4, pp. 1-18, 2021. doi: https://doi.org/10.4018/IJMBL.2021100103

[24] K.-C. Lin, I.-C. Lee, C.-F. Cheng, and H.-C. Hung, "The Effects of Adopting Tablets and Facebook for Learning Badminton Skills: A Portfolio-Based WISER Model in Physical Education", *Educational Technology & Society*, 23, no. 4, pp. 89–105, 2020. url: https://media.proquest.com/media/hms/PFT/1/l4vqI?_s=TGQtInqZwKzzowiyEjHrpB0HLe4%3D

[25] J. Feng and Q. Niu, "Improvement and evaluation of College Public Physical Education Teaching Based on table tennis eagle eye technology and intelligent sports Bracelet", 2024. doi: https://doi.org/10.4108/eai.24-11-2023.2343583

[26] D. Huo and X. Shi, "Research on the Integration of Modern Educational Information Technology and Physical Education Teaching Process", *BDEIM 2022: Proceedings of the 3rd International Conference on Big Data Economy and Information Management, BDEIM 2022, December 2-3, 2022, Zhengzhou, China*, pp. 355, 2023. doi: https://doi.org/10.4108/eai.2-12-2022.2332269

[27] B.A. Pratama, S. Sucipto, and Y.N. Hanief, "Improving learning in physical education: Augmented reality mobile app-based for fundamental motor skill", *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, vol. 8, no. 2, pp. 314-326, 2022. doi: https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v8i2.18508

[28] K.E. Chang, J. Zhang, Y.S. Huang, T.C. Liu, and Y.T. Sung, "Applying augmented reality in physical education on motor skills learning", *Interactive Learning Environments*, vol. 28, no. 6, pp. 685-697, 2020. doi: https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1636073

[29] L.H. Hsia and H.Y. Sung, "Effects of a mobile technology-supported peer assessment approach on students' learning motivation and perceptions in a college flipped dance class", *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, vol. 14, no. 1, pp. 99, 2020. doi: https://doi.org/10.1504/ijmlo.2020.103892

[30] J. Komar, J.Y. Chow, M. Kawabata, and C.Z.Y. Choo, "Information and Communication Technology as an enabler for implementing Nonlinear Pedagogy in Physical Education: Effects on students' exploration and motivation", *Asian Journal of Sport and Exercise Psychology*, vol. 2, no. 1, pp. 44-49, 2022. doi: https://doi.org/10.1016/j.ajsep.2022.02.001

Матеріал надійшов до редакції 30.07.2025 р.

INTEGRATION OF MOBILE TECHNOLOGIES IN PHYSICAL EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW OF DIGITAL LEARNING APPROACHES (2014–2025)

Andrii Yefremenko
PhD of Phisical Education and Sports, Associate Professor, Head of the Department of Athletics
Kharkiv State Academy of Physical Culture, Kharkiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-0924-0281
pierrerobertlef@gmail.com

Svitlana Piatysotska
PhD of Phisical Education and Sports, Associate Professor, Head of the Department of Informatics, Biomechanics and E-Sports
Kharkiv State Academy of Physical Culture, Kharkiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-2246-1444
piatsvit25@gmail.com

Yaroslav Krainyk
PhD of Phisical Education and Sports, Associate Professor, Department of Athletics
Kharkiv State Academy of Physical Culture, Kharkiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-1567-8570
yaroslavkr@ukr.net

Tetiana Fedoryna
Senior Lecturer, Department of Physical Education
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-1313-1838
tatyana.fedorina@gmail.com

Victoriia Fomenko
Lecturer, Department of Physical Education
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-4773-7363
fomenkovv.f@gmail.com

Mariia Dolhareva
Senior Lecturer, Department of Physical Education
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-0541-3974
dolgareva@ukr.net

Abstract. Mobile technologies are considered convenient and potentially beneficial tools for use in Physical Education (PE) instruction. The objective of this systematic review and meta-analysis is to evaluate the effectiveness of integrating mobile technologies and their potential for improving learning in physical education. A search for research reports published from 2014 to 2025 was conducted across three electronic databases: Scopus, Web of Science, and Google Scholar. Eligibility criteria were based on the components of participants, interventions, comparators, and outcomes structure. Meta-analyses and meta-regression were performed using a random-effects model. Sensitivity, influence, and publication bias analyses were carried out to verify the robustness of the results. The primary meta-analysis, conducted on 16 studies and 1,357 participants, demonstrated a moderate overall effect size of mobile technology interventions on theoretical knowledge, motor skills, and motivation and engagement indicators among students (SMD 0.368, 95% CI 0.148-0.558). No interaction effects were found with moderators such as participants, age, forms of learning, type of technology, or duration of intervention, suggesting the generalizability of mobile technology integration in PE across different populations. The effect was statistically significant for the online learning format (SMD 0.345, 95% CI 0.031-0.658), the development of motor skills – specifically exercise technique and physical fitness (SMD 0.390, 95% CI 0.124-0.656), and the use of mobile devices (SMD 0.348, 95% CI 0.044-0.651). The integration of mobile technologies into the PE process is confirmed as a promising direction for enhancing the effectiveness of motor learning across various populations. However, it remains unclear which specific technologies, learning formats, or intervention durations are associated with effectiveness in different populations. There is an expectation of an increased effect of using mobile technologies in PE for school-aged students. Future rigorous research is necessary to confirm these conclusions.

Keywords: mobile technologies; IoT; mobile learning; blended learning; physical education; motor learning; students.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] J. Liu, “Optimization of Innovative Paths of Physical Education Teaching in Primary and Secondary Schools under Information Integration Technology”, *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, vol. 9, no. 1, 2024. doi: https://doi.org/10.2478/amns-2024-0612 (in English).

[2] K.C. Lin, H.C. Hung, and N.S. Chen, “The effect of wearable technology on badminton learning performance: a multiple feedback WISER model in physical education”, *Smart Learning Environments*, vol. 10, no. 1, 28, 2023. doi: https://doi.org/10.1186/s40561-023-00247-9 (in English).

[3] Y. Xu, J. Peng, F. Jing, and H. Ren, "From wearables to performance: how acceptance of IoT devices influences physical education results in college students", *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, 23776, 2024. doi: https://doi.org/10.1038/s41598-024-75071-3 (in English).
[4] X.H. Zhu and L.A. Dragon, "Physical activity and situational interest in mobile technology integrated physical education: A preliminary study", *Acta Gymnica*, vol. 46, no. 2, pp. 59-67, 2016. doi: https://doi.org/10.5507/ag.2016.010 (in English).
[5] D. Yudhistira, "Identifying Challenges and Opportunities in the Implementation of Mobile Learning in Physical Education: A Literature Review", *Physical Education Theory and Methodology*, vol. 25, no. 3, pp. 719-724, 2025. doi: https://doi.org/10.17309/tmfv.2025.3.29 (in English).
[6] J. Bort-Roig, N.D. Gilson, A. Puig-Ribera, "Measuring and Influencing Physical Activity with Smartphone Technology: A Systematic Review", *Sports Med*, no. 44, pp. 671–686, 2014. doi: https://doi.org/10.1007/s40279-014-0142-5 (in English).
[7] R. Kretschmann, "Employing tablet technology for video feedback in physical education swimming class", *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, vol. 13, no. 2, 2017. doi: https://doi.org/10.20368/1971-8829/1322 (in English).
[8] C.J. Culajara, "Enhancing Students' Learning Performance in Physical Education Through the Use of a Mobile Application with Game-Based Learning Approach", *Physical Education and Sports: Studies and Research*, vol. 2, no. 1, pp. 1-9, 2023. doi: https://doi.org/10.56003/pessr.v2i1.178 (in English).
[9] R. Silva, C. Farias, A. Ramos, and I. Mesquita, "Implementation of game-centered approaches in physical education: A systematic review", *Journal of Physical Education and Sport*, vol. 21, no. 6, pp. 3246-3259, 2021. doi: https://doi.org/10.7752/jpes.2021.s6443 (in English).
[10] H.C. Hung, S. Shwu-Ching Young, and K.C. Lin, "Exploring the effects of integrating the iPad to improve students' motivation and badminton skills: a WISER model for physical education", *Technology, Pedagogy and Education*, vol. 27, no. 3, pp. 265-278, 2018. doi: https://doi.org/10.1080/1475939X.2017.1384756 (in English).
[11] V. Arufe-Giráldez, A. Sanmiguel-Rodríguez, O. Ramos-Álvarez, and R. Navarro-Patón, "Gamification in Physical Education: A Systematic Review", *Education Sciences*, vol. 12, no. 8, 540, 2022. doi: https://doi.org/10.3390/educsci12080540 (in English).
[12] U.H. Ariffin, N.A.M. Mokmin, and M.A. Akmal, "Augmented reality technology in physical education: A systematic review in instructional design, and AR implementation option over the last 5 years", *Advanced Journal of Technical and Vocational Education*, vol. 6, no. 1, pp. 13-20, 2022. doi: https://doi.org/10.26666/rmp.ajtve.2022.1.3 (in English).
[13] M.A. Al Ardha, N. Nurhasan, L. Nur, A. Chaeroni, S.S. Bikalawan, and C.B. Yang, "Analysis of Android-based applications in physical education and sports: Systematic review", *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, no. 57, pp. 390-398, 2024. url: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9580821.pdf (in English).
[14] P. Indarto, N. Nasuka, M. Hidayatullah, S. Sulaiman, H. Setyawati, H. Raharjo, and D. Suryadi, "What is the learning model of physical education in the digital era? Literature review of various studies", *Retos*, 2024. doi: https://doi.org/10.47197/retos.v61.109583 (in English).
[15] J. Han, J. Zhao, Y. Yue, and X. Che, "Edge Computing-based Video Action Recognition Method and Its Application in Online Physical Education Teaching", *IEEE Access*, vol. 12, pp. 148666-148676, 2024. doi: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3475372 (in English).
[16] F. Jastrow, S. Greve, M. Thumel, et al., "Digital technology in physical education: a systematic review of research from 2009 to 2020", *Ger J Exerc Sport Res*, no. 52, pp. 504–528, 2022. doi: https://doi.org/10.1007/s12662-022-00848-5 (in English).
[17] J.E. Lee and Z. Gao, "Effects of the iPad and mobile application-integrated physical education on children's physical activity and psychosocial beliefs", *Physical Education and Sport Pedagogy*, vol. 25, no. 6, pp. 567-584, 2020. doi: https://doi.org/10.1080/17408989.2020.1761953 (in English).
[18] A. Calderón, L. Merono, and A. MacPhail, "A student-centred digital technology approach: The relationship between intrinsic motivation, learning climate and academic achievement of physical education pre-service teachers", *European Physical Education Review*, vol. 26, no. 1, pp. 241-262, 2020. doi: https://doi.org/10.1177/1356336x19850852 (in English).
[19] A.S. Shaker, H.M. Tuama, and M.N. Radhi, "The effect of using e-learning technology in learning the skill of clean and jerk in students of Physical Education and Sports Sciences", *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias Del Deporte*, no. 4-4, 2022. doi: https://doi.org/10.6018/sportk.509331 (in English).
[20] H. Liu, "Applying computer assisted instruction technology to assist hurdle running teaching: An approach of physical education network teaching resources based on massive open online course and flipped classroom", *Open Access Library Journal*, vol. 6, no. 11, pp. 1-9, 2019. doi: https://doi.org/10.4236/oalib.1105910 (in English).

[21] F. Sun and C. Zheng, "The application of basketball technology multimedia computer-assisted instruction courseware in physical education", *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 00207209211013440, 2021. doi: https://doi.org/10.1177/00207209211013440 (in English).
[22] Z. Zhang, "Construction and application of physical education classroom teaching model integrating mooc and flipped classroom", *Scalable Computing: Practice and Experience*, vol. 25, no. 1, pp. 395-406, 2024. doi: https://doi.org/10.12694/scpe.v25i1.2305 (in English).
[23] C.C. Wu, H.W. Chao, and C.W. Tsai, "The effects of Facebook live-stream teaching on improving students' dance skills: Impacts on performance, learning motivation, and physical activity class satisfaction", *International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL)*, vol. 13, no. 4, pp. 1-18, 2021. doi: https://doi.org/10.4018/IJMBL.2021100103 (in English).
[24] K.-C. Lin, I.-C. Lee, C.-F. Cheng, and H.-C. Hung, "The Effects of Adopting Tablets and Facebook for Learning Badminton Skills: A Portfolio-Based WISER Model in Physical Education", *Educational Technology & Society*, 23, no. 4, pp. 89–105, 2020. url: https://media.proquest.com/media/hms/PFT/1/l4vqI?_s=TGQtInqZwKzzowiyEjHrpB0HLe4%3D (in English).
[25] J. Feng and Q. Niu, "Improvement and evaluation of College Public Physical Education Teaching Based on table tennis eagle eye technology and intelligent sports Bracelet", 2024. doi: https://doi.org/10.4108/eai.24-11-2023.2343583 (in English).
[26] D. Huo and X. Shi, "Research on the Integration of Modern Educational Information Technology and Physical Education Teaching Process", *BDEIM 2022: Proceedings of the 3rd International Conference on Big Data Economy and Information Management, BDEIM 2022, December 2-3, 2022, Zhengzhou, China*, pp. 355, 2023. doi: https://doi.org/10.4108/eai.2-12-2022.2332269 (in English).
[27] B.A. Pratama, S. Sucipto, and Y.N. Hanief, "Improving learning in physical education: Augmented reality mobile app-based for fundamental motor skill", *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, vol. 8, no. 2, pp. 314-326, 2022. doi: https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v8i2.18508 (in English).
[28] K.E. Chang, J. Zhang, Y.S. Huang, T.C. Liu, and Y.T. Sung, "Applying augmented reality in physical education on motor skills learning", *Interactive Learning Environments*, vol. 28, no. 6, pp. 685-697, 2020. doi: https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1636073 (in English).
[29] L.H. Hsia and H.Y. Sung, "Effects of a mobile technology-supported peer assessment approach on students' learning motivation and perceptions in a college flipped dance class", *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, vol. 14, no. 1, pp. 99, 2020. doi: https://doi.org/10.1504/ijmlo.2020.103892 (in English).
[30] J. Komar, J.Y. Chow, M. Kawabata, and C.Z.Y. Choo, "Information and Communication Technology as an enabler for implementing Nonlinear Pedagogy in Physical Education: Effects on students' exploration and motivation", *Asian Journal of Sport and Exercise Psychology*, vol. 2, no. 1, pp. 44-49, 2022. doi: https://doi.org/10.1016/j.ajsep.2022.02.001 (in English).

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.