

DOI: 10.21802/artm.2024.2.30.133
УДК 615.001.76:611.711**ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПРИ СКОЛІОЗІ**

О.В. Семенчук, Н.Є. Нестерчук, І.О. Михайлова, Є.А. Довніч, О.С. Ярмошевич, О.Ю. Серков

Національний університет водного господарства та природокористування, Навчально-науковий інститут охорони здоров'я, кафедра фізичної терапії, ерготерапії, кафедра теорії та методики фізичного виховання м. Рівне, Україна

ORCID: 0009-0008-5475-0217, e-mail: o.v.semenchuk@nuwm.edu.ua

ORCID ID: 0000-0003-2199-3403, e-mail: n.e.nesterchuk@nuwm.edu.ua

ORCID ID: 0000-0003-0514-505X, e-mail: i.o.mykhailova@nuwm.edu.ua

ORCID ID: 0009-0009-5953-5169, e-mail: e.a.dovnich@nuwm.edu.ua

ORCID: 0009-0003-5747-643X, e-mail: o.s.yarmoshevyh@nuwm.edu.ua

ORCID ID: 0009-0009-2490-792X, e-mail: o.y.sierkov@nuwm.edu.ua

Резюме. Сколіоз є одним з найбільш поширених ортопедичних захворювань. Своєчасна діагностика та ефективна реабілітація можуть значно покращити стан пацієнтів зі сколіозом, дозволяючи їм вести повноцінне життя.

Мета – проаналізувати та систематизувати інноваційні методи фізичної терапії сколіозу.

Методи. Для досягнення цілей дослідження були проведені аналіз наукової літератури та систематизація інформації з використанням таких електронних баз даних, як: PubMed, Google Scholar та інших.

Результати дослідження. На сьогоднішній день існує ряд інноваційних методів фізичної терапії при сколіозі. Метод Шрот – використовуються спеціальні дихальні техніки, які сприяють вирівнюванню ребер та покращенню функції легенів. Метод біологічного зворотного зв'язку допомагає пацієнтам отримувати зворотний зв'язок у режимі реального часу про стан їхнього хребта та м'язів. Метод віртуальної реальності передбачає створення інтерактивних віртуальних середовищ, де пацієнти можуть повністю зануритися в процес реабілітації. Роботизовані екзоскелети представлені у вигляді зовнішніх механічних конструкцій, які одягаються на тіло пацієнта і допомагають підтримувати правильну поставу та коригувати деформації хребта. Використання 3D-друкування дозволяє створювати індивідуалізовані ортези та корсети, які відповідають анатомічним особливостям пацієнта. Метод функціональної реабілітації за допомогою тренажерів базується на використанні спеціально розроблених тренажерів, що дозволяють здійснювати комплексну фізичну терапію, спрямовану на корекцію сколіозу. Основні переваги інноваційних технологій над традиційними методами: покращення усвідомлення власного тіла пацієнтом, завдяки чому досягається довгостроковий результат, більш захопливий та ігровий підхід до реабілітації, активне залучення пацієнта до самостійного виконання вправ та контролю за своїм станом.

Висновки. Інноваційні технології фізичної терапії при сколіозі відкривають нові можливості для лікування цього захворювання. Використання сучасних методів забезпечує ефективну корекцію викривлення хребта, підвищує якість лікування та покращує життя пацієнтів.

Ключові слова: сколіоз, інноваційні методи, інноваційні технології, метод SCHROTH, технології біологічного зворотного зв'язку, технології віртуальної реальності, роботизовані екзоскелети, біомеханічна корекція, тренажери.

Вступ. Сколіоз характеризується бічним викривленням хребта, що може призводити до серйозних медичних і функціональних ускладнень. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, близько 2–3% населення Землі страждають від різних форм цього захворювання. Викривлення хребта не тільки впливає на фізичне здоров'я, але й знижує якість життя людини загалом, що зумовлює актуальність пошуків інноваційних методів для лікування та реабілітації сколіозу.

Обґрунтування дослідження. Сколіоз є одним з найбільш поширених ортопедичних захворювань, що вражає опорно-руховий апарат людини. Особливо актуальною ця проблема є в сучасному світі, де люди ведуть малорухливий спосіб життя, багато часу проводять за комп'ютерами та гаджетами, що негативно позначається на стані їхнього хребта. Своєчасна діагностика та ефективна реабілітація можуть значно

покращити стан пацієнтів зі сколіозом, дозволяючи їм вести повноцінне життя. Тому пошук нових, інноваційних методів фізичної терапії при сколіозі є важливим завданням сучасної медицини та реабілітології. Ці методи мають на меті не лише коригування кривизни хребта, а й комплексне відновлення функцій опорно-рухового апарату для підвищення якості життя пацієнтів.

Мета дослідження проаналізувати та систематизувати інноваційні методи фізичної терапії сколіозу.

Методи дослідження для досягнення цілей дослідження були проведені аналіз наукової літератури та систематизація інформації з використанням таких електронних баз даних, як: PubMed, Google Scholar та інших.

Результати дослідження. Сколіоз – це захворювання опорно-рухового апарату, при якому наявне

викривлення хребта у фронтальній площині з обертаням хребців навколо своєї вертикальної осі, у результаті чого відбувається деформація та асиметрія грудної клітки, що викликає стискання і зміщення внутрішніх органів, а також функціональні порушення в їх роботі [1]. Серед причин, що спричиняють появу сколіозу, зазначають різні фактори навколишнього середовища та індивідуального розвитку. Найбільш поширеними причинами є недоліки рухової активності та гіподинамії і, як наслідок, недостатній розвиток зв'язкового-м'язового апарату: слабкість м'язів тулуба, спини та черевного преса [2]. Традиційно консервативне лікування сколіозу полягає у застосуванні індивідуально підбраного комплексу лікувальних вправ, масажу, використання корегуючих ортезів для жорсткої тимчасової чи цілодобової фіксації вразених

сколіозом зон та санаторно-курортне лікування [3,4]. Ці методи довели свою ефективність та широко застосовуються у практиці реабілітації пацієнтів зі сколіозом. Однак з розвитком науки та технологій виникає потреба в пошуку нових підходів до фізичної терапії, які зможуть забезпечити більш комплексне та ефективне лікування такої патології.

На сьогоднішній день існує ряд інноваційних методів фізичної терапії при сколіозі, серед яких на особливу увагу заслуговують: метод SCHROTH, технології біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ), технології віртуальної реальності (VR), застосування роботизованих екзоскелетів, біомеханічна корекція за допомогою 3D-друку, метод функціональної реабілітації за допомогою тренажерів. Розглянемо кожен з цих підходів лікування детальніше.



Рис. 1. Інноваційні засоби фізичної терапії пацієнтів зі сколіозом

Метод Шрот (Schroth Method) – це спеціалізована фізична терапія, розроблена для лікування сколіозу. Цей метод був створений Катаріною Шрот у Німеччині на початку 20-го століття і з тих пір отримав широке визнання серед фахівців з лікування сколіозу.

Основні переваги методу Шрот:

✓ Індивідуальний підхід – врахування специфіки викривлення хребта та його ступінь.

✓ Тривимірні корекції – корекцію бічного викривлення; зменшення торсії хребців; відновлення природного вигину хребта у фронтальній, сагітальній та горизонтальній площинах.

✓ Дихальні вправи - використання спеціальних дихальних технік, які сприяють вирівнюванню ребер та покращенню функції легенів за допомогою дихання в увігнуту сторону грудної клітки для розширення здавлених ділянок.

✓ М'язова активація та стабілізація – вправи, спрямовані на зміцнення слабких м'язів та розтягнення напружених, допомагають стабілізувати хребет і покращити поставу.

✓ Корекція постави у повсякденному житті – пацієнти навчаються застосовувати корекційні принципи під час виконання повсякденних дій, щоб підтримувати правильну поставу та мінімізувати прогресування сколіозу [5, 6].

Метод біологічного зворотного зв'язку (biofeedback) при сколіозі використовується для навчання пацієнтів контролювати свої м'язи і покращувати поставу шляхом надання їм реальної інформації про фізіологічні процеси їхнього тіла. Цей метод допомагає пацієнтам отримувати зворотний зв'язок у режимі реального часу про стан їхнього хребта та м'язів, що дозволяє їм коригувати положення тіла і м'язові зусилля для досягнення більш правильної постави.

Основні аспекти методу біологічного зворотного зв'язку при сколіозі:

✓ Моніторинг фізіологічних параметрів – за допомогою спеціальних датчиків, прикріплених до тіла пацієнта, збираються дані про м'язову активність (електроміографія), положення тіла, дихання та інші фізіологічні параметри.

✓ Візуальний та звуковий зворотний зв'язок – зібрані дані виводяться на екран у вигляді графіків, зображень або аудіосигналів, що допомагає пацієнту бачити і чути, як працюють його м'язи та як розташований його хребет під час вправ або повсякденної активності.

✓ Корекція рухів та постави – отримуючи зворотний зв'язок, пацієнт може свідомо коригувати свої рухи, положення тіла та м'язові зусилля. Це дозволяє навчитися підтримувати правильну поставу і м'язовий баланс навіть без постійного нагляду терапевта.

✓ Персоналізовані тренувальні програми – метод біологічного зворотного зв'язку дозволяє розробляти індивідуальні програми тренувань, які враховують особливості кожного пацієнта. Це забезпечує більш ефективну та цілеспрямовану терапію [7].

Переваги методу біологічного зворотного зв'язку при сколіозі:

✓ Покращення усвідомленості тіла – пацієнти вчать краще розуміти та контролювати свої рухи і положення тіла.

✓ Активна участь пацієнта у лікуванні –

зворотний зв'язок стимулює пацієнтів до активної участі у процесі лікування, що підвищує ефективність терапії.

✓ Індивідуалізація терапії – програми тренувань можуть бути адаптовані під конкретні потреби та стан пацієнта.

✓ Зменшення болю та дискомфорту – корекція постави та зміцнення м'язів може допомогти зменшити больові відчуття та дискомфорт, пов'язані зі сколіозом [8].

Технології віртуальної реальності (VR) – передбачає створення інтерактивних віртуальних середовищ, де пацієнти можуть повністю зануритися у процес реабілітації, сприймаючи його як захопливу гру, а не рутинні терапевтичні вправи. У віртуальній реальності пропонуються спеціально розроблені ігрові вправи, спрямовані на корекцію постави, зміцнення м'язів спини та розвиток координації рухів. Ці ігри стимулюють активну участь, підвищують мотивацію та дозволяють досягати терапевтичних цілей у захопливій формі. Крім того, віртуальна реальність може інтегруватися з технологіями біологічного зворотного зв'язку, надаючи пацієнтам візуальну та звукову інформацію про стан їхнього тіла. Це допомагає їм усвідомлювати власні рухи, м'язові зусилля та постануральні порушення, а також навчитися свідомо контролювати та коригувати їх прямо у віртуальному середовищі [9].

Використання **роботизованих екзоскелетів** також є одним із інноваційних методів фізичної терапії при сколіозі. Екзоскелети - це зовнішні механічні конструкції, які одягаються на тіло пацієнта і допомагають підтримувати правильну поставу та коригувати деформації хребта. Сучасні екзоскелети обладнані сенсорами, які відстежують рухи пацієнта і автоматично коригують положення його тіла. Вони застосовують спеціальні алгоритми для постійного моніторингу стану хребта і виявлення відхилень від нормальної постави. Підтримуючи необхідну поставу, екзоскелети розвантажують спину пацієнта і зменшують навантаження на м'язи. Крім того, екзоскелети можуть бути інтегровані з віртуальною реальністю, створюючи ігрові та інтерактивні середовища для терапії. Це дозволяє робити заняття більш захопливими та мотивувати пацієнтів до активної участі у відновному процесі [10].

Біомеханічна корекція за допомогою 3D-друку дозволяє створювати індивідуалізовані ортези та корсети, які точно відповідають анатомічним особливостям пацієнта. Ця технологія значно підвищує ефективність корекції сколіозу та забезпечує комфорт пацієнта під час носіння. Завдяки 3D-друку можна виготовляти ортези та корсети з високою точністю, враховуючи унікальні вигини та контури хребта кожного пацієнта. Це не лише покращує відповідність ортопедичних пристроїв, але й сприяє кращій стабілізації хребта. 3D-друк також дозволяє створювати легші та більш естетично привабливі конструкції. Традиційні методи виготовлення корсетів часто обмежені у варіативності дизайну та матеріалів, що може призводити до дискомфорту і небажання їх носити. З використанням 3D-друку можна застосовувати сучасні матеріали, які забезпечують оптимальне поєднання міцності, легкості та повітропроникності. Це робить носіння

корсету менш обтяжливим та підвищує прихильність пацієнтів до лікування [11].

Таким чином, використання 3D-друкування в ортопедії відкриває нові можливості для персоналізованого лікування сколіозу, забезпечуючи високу точність, комфорт та ефективність терапії. Це сприяє поліпшенню якості життя пацієнтів та підвищенню результативності лікування.

Метод функціональної реабілітації за допомогою тренажерів базується на використанні спеціально розроблених тренажерів, що дозволяють здійснювати комплексну фізичну терапію, спрямовану на корекцію сколіозу. Цей підхід дозволяє індивідуалізувати терапію для кожного пацієнта, враховуючи його особливості та ступінь вираження захворювання, що сприяє більш ефективному та безпечному лікуванню.

Основні аспекти методу функціональної реабілітації за допомогою тренажерів:

✓ Індивідуальний підхід – врахування ступеня викривлення хребта, фізичну підготовку, вік та інші особливості пацієнта, кожен пацієнт отримує оптимальне навантаження, що сприяє ефективнішій корекції постави.

✓ Комплексна терапія – тренажери забезпечують можливість виконувати різноманітні вправи, які спрямовані на зміцнення м'язів спини, корекцію викривлення хребта та покращення загальної фізичної

форми.

✓ Безпека і контроль – сучасні тренажери оснащені системами контролю та безпеки, які дозволяють пацієнту виконувати вправи під постійним наглядом спеціаліста або самостійно, але з мінімальним ризиком травм.

✓ Мотивація пацієнта – інтерактивні функції, можливість відстеження прогресу та досягнення нових результатів сприяють активнішій участі у процесі реабілітації.

✓ Технологічна підтримка – деякі тренажери можуть бути інтегровані з цифровими технологіями, такими як віртуальна реальність або системи біологічного зворотного зв'язку. Це дозволяє пацієнтам отримувати візуальний і звуковий зворотний зв'язок про правильність виконання вправ, що сприяє швидшому і ефективнішому навчанню правильним рухам і позиціям.

✓ Покращення загального стану здоров'я – регулярні заняття на тренажерах допомагають не тільки коригувати викривлення хребта, але й покращувати загальний стан здоров'я пацієнта. Це включає підвищення витривалості, зміцнення серцево-судинної системи, зниження рівня стресу та покращення психоемоційного стану [12].

Таким чином, враховуючи усе вищезазначене, можна виділити основні переваги інноваційних технологій над традиційними методами (таб. 1).

Таблиця 1

Переваги інноваційних технологій

Традиційні технології	Інноваційні технології
<i>Не завжди забезпечують довгострокове усунення проблеми сколіозу. Часто у пацієнтів спостерігається повернення симптомів після закінчення курсу лікування, що вказує на необхідність пошуку більш комплексних та дієвих підходів.</i>	Покращують усвідомленість власного тіла: пацієнти вчаться краще розуміти та контролювати свої рухи і положення тіла. Таким чином <i>досягається довгостроковий результат.</i>
<i>Можуть бути сприйняті як рутинні та нудні пацієнтами, особливо дітьми та підлітками. Це може негативно позначатися на мотивації та прихильності до лікування, що знижує його ефективність.</i>	На відміну від рутинних терапевтичних вправ, інноваційні методи пропонують пацієнтам, особливо дітям та підліткам, <i>більш захопливий та ігровий підхід до реабілітації.</i> Занурення у віртуальну реальність, взаємодія з роботизованими системами та отримання зворотного зв'язку у режимі реального часу утримують увагу пацієнтів та підвищують їхню мотивацію до активної участі у лікувальному процесі. Це, у свою чергу, сприяє кращому досягненню терапевтичних цілей.
<i>Часто вимагають пасивної участі пацієнта, коли фізичний терапевт виконує маніпуляції чи процедури.</i>	<i>Активно залучають пацієнта до самостійного виконання вправ та контролю за своїм станом,</i> таким чином підвищуючи мотивацію та відповідальність пацієнта за результати лікування

Обговорення результатів. Результати нашого дослідження демонструють значні переваги інноваційних методів фізичної терапії щодо корекції та лікування сколіозу. Ми порівняли традиційні методи з використанням біологічного зворотного зв'язку (biofeedback), технологій віртуальної реальності (VR) та функціональної реабілітації за допомогою тренажерів. Наші дані свідчать про те, що ці інноваційні підходи можуть суттєво підвищити ефективність лікування сколіозу, покращуючи фізичні показники, зменшуючи біль і підвищуючи якість життя пацієнтів.

Метод Шрот є одним з найбільш досліджених

та визнаних немедикаментозних підходів до лікування сколіозу. Дослідження показують, що цей метод може ефективно зменшити кут викривлення (кут Кобба), покращити симетрію тіла, збільшити життєву ємність легенів та зменшити біль у спині. Метод Шрот використовується як самостійно, так і в поєднанні з іншими методами лікування, такими як носіння корсетів або післяопераційна реабілітація. Завдяки комплексному підходу та індивідуалізації лікування, метод Шрот допомагає пацієнтам зі сколіозом досягти кращих результатів та покращити якість життя.

Goga Bogdan та інші зазначили, що існуючі

дослідження консервативного лікування сколіозу надають недостатньо даних для його обґрунтування. Поряд з цим метод Шрота пропонує багатообіцяючі результати, пов'язані з ефективністю зупинки прогресування захворювання та корекції деформації хребта. Науковці проаналізували 15 випадків підліткового ідіопатичного сколіозу. Їх програма консервативного лікування складалася з індивідуально підібраних вправ за Шротом для специфічної функціональної діагностики цього методу. Програма виконувалася 3 рази на тиждень у клініці та 3 рази на тиждень вдома у пацієнта. Обстеження включало оцінку виконання тесту «відштовхування кінчиками пальців від підлоги» у сагітальній та фронтальній площинах на початку терапії та через 6 місяців. Результати дослідження показали, що терапія за Шротом може покращити активний діапазон руху хребта [13].

Використання методу біологічного зворотного зв'язку у корекції сколіозу забезпечує комплексний підхід до лікування, орієнтований як на фізичні, так і на психологічні аспекти стану пацієнта. Завдяки покращенню постави, зменшенню болю та підвищенню фізичної активності пацієнти можуть відчути загальне покращення якості життя.

Mei-chun Cheung та інші провели пілотне дослідження, яке було спрямоване на вивчення використання програми тренування постави з біологічним зворотним зв'язком за допомогою поверхневої електроміографії у підлітків з легким сколіозом для зменшення асиметрії в роботі параспінальних м'язів і контролю над прогресуванням викривлення. Взяли участь сім дівчат-підлітків (вік 12-14 років) з легким ступенем сколіозу. Учасниці отримали 30 індивідуально розроблених сеансів тренінгу постави з біологічним зворотним зв'язком з частотою один-два сеанси на тиждень протягом приблизно 6 місяців. Після тренувань всі сім підлітків досягли відносно більш симетричної параспінальної м'язової активності. У двох підлітків викривлення хребта зменшилося на $5,7^\circ$ і $5,6^\circ$ відповідно [7].

Використання VR у корекції сколіозу пропонує комплексний підхід, який поєднує фізичну терапію із сучасними технологіями, роблячи процес лікування більш ефективним, безпечним і мотивуючим. VR може забезпечити релаксаційні та медитативні програми, які знижують рівень стресу та сприяють загальному психологічному благополуччю пацієнта. Це особливо важливо для дітей та підлітків, які можуть відчувати емоційний стрес від свого стану. VR-технології можуть використовуватися для віддаленого консультування та тренувань, що робить їх зручними для пацієнтів, які живуть далеко від медичних центрів.

Igor Andrade Moraes та інші провели дослідження, яке довело ефективність застосування VR у корекції сколіозу. Дві групи з 11 учнів віком від 11 до 13 років виконували запропоновану терапію в різних контекстах. Експериментальна група виконувала коригувальні позиції, які використовують для постуральної та фізичної підготовки, за допомогою віртуального інтерфейсу з ефектом занурення. Навпаки, контрольна група виконала той самий коригуючий протокол без допомоги віртуального інтерфейсу з ефектом занурення. При порівнянні результатів обох

груп після 3 сеансів було виявлено значні відмінності: експериментальна група демонструвала кращі результати, ніж контрольна [14].

Поєднання роботизованих технологій з іншими інноваційними методами фізичної терапії значно підвищує ефективність лікування сколіозу. Деформація хребта зазвичай лікується за допомогою корсета, який фіксується навколо тулуба і стегон для виправлення аномального вигину хребта. Хоча було доведено, що корсети уповільнюють прогресування аномальних викривлень хребта, сучасні корсети накладають ряд обмежень через свою жорстку, статичну і бездатчикову конструкцію: сили і моменти, що створюються корсетом, не можуть бути виміряні або модульовані, і тривимірна скутість людського тулуба не була охарактеризована – це може бути важливими факторами, який слід враховувати при лікуванні за допомогою корсетів. Joon-Hyuk Park та інші вирішили ці проблеми за допомогою роботизованого екзоскелета хребта (RoSE), здатного контролювати положення/орієнтацію певних ділянок тулуба людини, одночасно вимірюючи сили/моменти, що діють на тіло. Вісім здорових людей і двоє людей з деформацією хребта взяли участь у дослідженні для визначення тривимірної скутості їхнього тулуба. Результати показують, що тривимірна скутість людського тулуба може бути охарактеризована за допомогою RoSE, і вказують на те, що деформації хребта спричиняють характеристики скутості тулуба, які значно відрізняються від характеристик здорових суб'єктів. Ці характеристики є криволінійно-специфічними і мають виражену асиметрію. Ці результати відкривають можливість для розробки корсетів для хребта, що враховують специфічні для пацієнта характеристики скутості тулуба, а також потенціал для нових втручань з використанням динамічної модуляції тривимірних сил для лікування деформацій хребта [15].

3D-друк дає можливість швидко і недорого виготовляти прототипи і проводити необхідні коригування перед фінальним виготовленням ортезів або корсетів. Це особливо важливо для дітей та підлітків, у яких хребет може швидко змінюватися у процесі росту. Технологія 3D-друкування дозволяє швидко реагувати на ці зміни і вчасно адаптувати ортопедичні пристрої під нові анатомічні параметри. Метод функціональної реабілітації за допомогою тренажерів пропонує комплексний та ефективний підхід до корекції сколіозу, поєднуючи фізичні тренування з мотивацією та індивідуальним підходом. Успіхи в тренуваннях і позитивна динаміка можуть сприяти підвищенню самооцінки пацієнтів та їх впевненості у можливості подолати захворювання, що є важливим психологічним аспектом реабілітації.

Висновки. Інноваційні технології фізичної терапії при сколіозі відкривають нові можливості для лікування цього захворювання. Використання сучасних методів, таких як метод Schroth, технології біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ), віртуальної реальності (VR), роботизованих екзоскелетів, біомеханічна корекція за допомогою 3D-друку та функціональна реабілітація за допомогою тренажерів, забезпечує ефективну корекцію викривлення хребта, підвищує якість лікування та покращує життя пацієнтів. Ці

інноваційні підходи варто розглядати як перспективні напрямки розвитку фізичної терапії при сколіозі для підвищення ефективності лікування та покращення результатів.

References.

- Nahorna O, Melnyk O. Fizychna rehabilitatsiia ditei, khvorykh na skolioz Physical rehabilitation of children with scoliosis. R&R [internet]. 23, Veresen URL: <https://health.nuwm.edu.ua/index.php/rehabilitation/article/view/62>
- Nesterchuk N. Osnovni aspekty fizychnoi rehabilitatsii ditei zi skoliozom / N. Nesterchuk, K. Matsyshyna, I. Hryhus, D. Skalski // Medycyna I zdrowie. Wybrane aspekty ratownictwa. Redakcja naukowa. Tom 3. Gdynia – Gdańsk – Starogard Gdański. 2018. S.65-74
- Hamma TV, Hryhus IM, Orel IO, Hirak AM. Fizychna terapiia ditei vikom 10-12 rokiv zi skoliozom II stupenia. R&R [internet]. 06, Lypen 2022 URL: <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2022.11.1>
- Kostiuk M., Nesterchuk N., Skalski D. Zastosuvannia fizychnoi rehabilitatsii pry skoliozi I-II stupeniv. Fizychna terapiia, zdorovia, fizychna kultura ta pedahohika. Monohrafiia. Rivne. 2021. S. 23-26
- Kwan, K. Y. H., Cheng, A. C. S., Koh, H. Y., Chiu, A. Y. Y., & Cheung, K. M. C. (2017). Effectiveness of Schroth exercises during bracing in adolescent idiopathic scoliosis: results from a preliminary study-SOSORT Award 2017 Winner. *Scoliosis Spinal Disord.* 12:32. <https://doi.org/10.1186/s13013-017-0148-1>
- Larni, Y., Mohsenifar, H., Ghandhari, H., & Salehi, R. (2022). The effectiveness of Schroth exercises added to the brace on the postural control of adolescents with idiopathic scoliosis: Case series. *Ann Med Surg (Lond).* 84:104893. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.104893>
- Cheung, Mei-chun, Joanne Yip, Janelle S. K. Lai, "Biofeedback Posture Training for Adolescents with Mild Scoliosis", *BioMed Research International*, vol. 2022, Article ID 5918698, 8 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5918698>
- M. S. Schwartz and F. Andrasik, *Biofeedback: A Practitioner's Guide*, The Guilford Press, New York, 4th edition, 2017.
- Shepel AI, Horoshko VI. Vykorystannia innovatsiinykh metodyk virtualnoi realnosti u fizychnii terapii patsientiv iz travmamy oporno-rukhovero aparatu. R&R [internet]. 29, Hruden 2023 <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2023.17.18>
- Popadiukha, Yu. A. (2016). Reabilitatsiini ekzoskelety – suchasnist i perspektyvy zastosuvannia. *Molodizhnyi naukovyi visnyk Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Fizychno vykhovannia i sport*, (24), 67-90.
- Shin, Geum-Dong, Kim, Seong-Gil, & Kim, Kyoung. (2022). Reliability and Validity of Angle of Trunk Rotation Measurement Using Smartphone and 3D Printing Technology in Scoliosis. *The Journal of Korean Physical Therapy.* 34, 283-291. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2022.34.6.283>
- Krupa V., Antonetska, N., & Matviichuk V. (2023). Osoblyvosti zastosuvannia kompleksnoi fizychnoi terapii u ditei pry porushenni oporno-rukhovero aparatu. *Scientific Collection «InterConf»*, (142), 162–167. URL <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/2355>
- Bogdan Goga, Corina Predescu, Sergiu Mitroi Effects of schroth physiotherapy method on active range of motion of the spine. *Physical Education, Sport and Kinetotherapy Journal*, Volume 61, Issue 1, 103-116 <https://doi.org/10.35189/dpeskj.2022.61.1.9>
- Moraes, Í.A., Cardoso, A., Soares, A.B. et al. Combining immersive virtual reality and postural therapy for scoliosis treatment and prevention in children. *Res. Biomed. Eng.* 38, 1003–1016 (2022). <https://doi.org/10.1007/s42600-022-00235-x>
- J. -H. Park, P. R. Stegall, D. P. Roye and S. K. Agrawal, "Robotic Spine Exoskeleton (RoSE): Characterizing the 3-D Stiffness of the Human Torso in the Treatment of Spine Deformity," in *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 26, no. 5, pp. 1026-1035, May 2018, doi: 10.1109/TNSRE.2018.2821652.

UDC 615.001.76:611.711

INNOVATIVE METHODS OF PHYSICAL THERAPY FOR SCOLIOSIS

O.V. Semenchuk, N. E. Nesterchuk, I. O. Mykhailova, E. A. Dovnich, O. S. Yarmoshevykh, O. Yu. Sierkov

The National University of Water and Environmental Engineering, The Institute of Health Care, Department of Physical Therapy and Occupational Therapy, Department of Theory and Methodology of Physical Education, Rivne, Ukraine

ORCID: 0009-0008-5475-0217,
e-mail: o.v.semenchuk@nuwm.edu.ua
ORCID ID: 0000-0003-2199-3403,
e-mail: n.e.nesterchuk@nuwm.edu.ua
ORCID ID: 0000-0003-0514-505X,
e-mail: i.o.mykhailova@nuwm.edu.ua
ORCID ID: 0009-0009-5953-5169,
e-mail: e.a.dovnich@nuwm.edu.ua
ORCID: 0009-0003-5747-643X,
e-mail: o.s.yarmoshevykh@nuwm.edu.ua
ORCID ID: 0009-0009-2490-792X,
e-mail: o.y.sierkov@nuwm.edu.ua

Abstract. Scoliosis is one of the most common orthopaedic diseases affecting the human musculoskeletal system. Timely diagnosis and effective rehabilitation can significantly improve the condition of patients with scoliosis, allowing them to lead a full life.

Purpose – analyse and systematize innovative methods of physical therapy for scoliosis.

Materials and methods. To achieve the objectives of the study, the researchers analysed scientific literature and systematised information using electronic databases such as PubMed, Google Scholar and others.

Research results. To date, there are a number of innovative methods of physical therapy for scoliosis, among which special attention should be paid to: the SCHROTH method, biofeedback technology (BFT), virtual reality (VR) technology, the use of robotic

exoskeletons, biomechanical correction using 3D printing, and the method of functional rehabilitation using simulators.

The Schroth Method is a specialised physical therapy designed to treat scoliosis. This method uses special breathing techniques to help align the ribs and improve lung function. Exercises are also used to strengthen weak muscles and stretch tense ones, helping to stabilise the spine and improve posture.

The biofeedback method helps patients receive real-time feedback on the condition of their spine and muscles, allowing them to adjust their body position and muscle effort to achieve a more correct posture.

The virtual reality method involves the creation of interactive virtual environments where patients can fully immerse themselves in the rehabilitation process, perceiving it as an exciting game rather than routine therapeutic exercises.

One of the innovative methods of physical therapy for scoliosis is the use of robotic exoskeletons. Exoskeletons are external mechanical structures that are worn on the patient's body and help maintain correct posture and correct spinal deformities. Modern exoskeletons are equipped with sensors that track the patient's movements and automatically adjust their body position.

Biomechanical correction using 3D printing. The use of 3D printing allows us to create individualised

orthoses and corsets that precisely match the patient's anatomical features.

The method of functional rehabilitation with the help of simulators is based on the use of specially designed simulators that allow for comprehensive physical therapy aimed at correcting scoliosis.

Thus, we can highlight the main advantages of innovative technologies over traditional methods, such as: improving the patient's awareness of their own body, which leads to a long-term result, a more exciting and playful approach to rehabilitation, active involvement of the patient in performing exercises independently and monitoring their condition.

Conclusions. Innovative technologies of physical therapy for scoliosis open up new opportunities for the treatment of this disease. The use of modern methods, such as the Schroth method, biofeedback technology, virtual reality, robotic exoskeletons, biomechanical correction using 3D printing and functional rehabilitation using simulators provides effective correction of spinal curvature, improves the quality of treatment and improves patients' lives.

Keywords: scoliosis, innovative methods, innovative technologies, SCHROTH method, biofeedback technologies, virtual reality technologies, robotic exoskeletons, biomechanical correction, simulators.

Стаття надійшла в редакцію 30.05.2024 р.

Стаття прийнята до друку 20.06.2024 р.