

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ**

Кафедра фізичної терапії та ерготерапії

На правах рукопису

МЕЛЬНИК КАТЕРИНА СЕРГІЇВНА

**ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ ПРИ М'ЯЗОВІЙ ДИСТРОФІЇ ДЮШЕНА
У ДІТЕЙ 6-10 РОКІВ**

Спеціальність 227 Терапія та реабілітація
Освітньо-професійна програма Фізична терапія
Робота на здобуття освітнього ступеня Магістр

Науковий керівник:

ГРЕЙДА НАТАЛІЯ БОГДАНІВНА

кандидат педагогічних наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № _____
засідання кафедри
фізичної терапії
та ерготерапії від _____ 2025 р.

Завідувач кафедри
проф. Андрійчук О.Я. _____

ЛУЦЬК, 2025

АНОТАЦІЯ

Мельник Катерина Сергіївна. Фізична терапія при м'язовій дистрофії Дюшена у дітей 6-10 років. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра фізичної терапії (фізичний терапевт)

Актуальність дослідження. М'язова дистрофія Дюшена (DMD) є найбільш поширеною м'язовою дистрофією дитячого віку. Це невиліковне захворювання характеризується виснаженням м'язів і втратою здатності ходити, що призводить до повної залежності від крісла колісного до 13 років. *Мета дослідження:* розробити й обґрунтувати програму фізичної терапії дітей 6-10 років із м'язовою дистрофією Дюшена у та перевірити її ефективність. *Завдання дослідження:* визначити клінічні прояви м'язової дистрофії Дюшена; вивчити особливості відхилення ходи та засоби продовження ходи при м'язовій дистрофії Дюшена; обґрунтувати методи фізичної терапії при м'язовій дистрофії Дюшенна; розробити та апробувати програму фізичної терапії для дітей із м'язовою дистрофією Дюшенна.

Результати дослідження. Рандомізовані контрольовані дослідження свідчать про те, що кортикостероїдна терапія глюкокортикоїдами при м'язовій дистрофії Дюшена покращує м'язову силу та функцію в короткостроковій перспективі (від шести місяців до двох років). Діти з нервово-м'язовими захворюваннями ходять повільніше, ніж однолітки, які зазвичай розвиваються. Витривалість і здатність до пересування є більш обмеженими у старших хлопчиків з м'язовою дистрофією Дюшена. Зростання тяжкості захворювання та вік асоціюються з уповільненням ходьби у дітей з м'язовою дистрофією Дюшена. Фізична терапія може допомогти призупинити розвиток деформацій, покращує велику і дрібну моторику. Терапевтичні вправи, які підбирають згідно індивідуальних

можливостей і потреб пацієнта забезпечують зміцнення м'язів, роблять тіло більш гнучким та сильним.

Комплексна програма фізичної терапії дітей із ранньою стадією м'язової дистрофії Дюшена включала терапевтичні вправи, заняття коригуючими вправами з елементами йоги, формування навички правильного утримання тіла, ходьбу, ігрові методики, гідрокінезитерапію, пасивне розтягування суглобів. У комплекси терапевтичних вправ було включено загальнорозвиваючі, дихальні, коригуючі вправи; вправи та ходьба у воді, елементи рухливих ігор. Відповідно до стану м'язової системи та мобільності дітей ми розробили комплекси терапевтичних вправ, які включали аеробні вправи. Діти вчилися виконувати дихальні вправи хатха-йоги. Дихальні вправи динамічного та статичного характеру сприяли покращенню функції легень, збільшивши ЖЄЛ. Ізометричні вправи були спрямовані на зміцнення м'язів спини та живота, нижніх та верхніх кінцівок.

Заняття розпочинали пасивним розтягуванням суглобів, яке сприяло збільшенню гнучкості суглобів і було профілактикою контрактур, які обмежують рух і спричиняють втрату функції при даному захворюванні.

Ефективність терапевтичних вправ також підвищується при застосуванні гідрокінезитерапії. У воді використовували різноманітні вправи для розвитку сили і витривалості м'язів, ходьба у воді при зануренні до поясу. Терапевтичні вправи здійснюють стабілізуючий вплив на хребет, зміцнюють м'язи тулуба, сприяють коригуванню різних деформацій хребта, покращують поставу, функцію зовнішнього дихання і загалом зміцнюють організм.

Ключові слова: гідрокінезитерапія, контрактури, коригуючі вправи, м'язова слабкість, терапевтичні вправи, фізична терапія.

ABSTRACT

Melnyk Kateryna Sergiyevna. Physical therapy for Duchenne muscular dystrophy in children 6-10 years old. Final qualification work for obtaining the educational degree of Master of Physical Therapy (Physical Therapist)

Relevance of the study. Duchenne muscular dystrophy (DMD) is the most common childhood muscular dystrophy. This incurable disease is characterized by muscle wasting and loss of the ability to walk, which leads to complete dependence on a wheelchair by the age of 13. *The purpose of the study:* to develop and substantiate a physical therapy program for children 6-10 years old with Duchenne muscular dystrophy and to verify its effectiveness. *The objectives of the study:* to determine the clinical manifestations of Duchenne muscular dystrophy; to study the features of gait deviation and means of continuing gait in Duchenne muscular dystrophy; to substantiate the methods of physical therapy for Duchenne muscular dystrophy; to develop and test a physical therapy program for children with Duchenne muscular dystrophy.

Study results. Randomized controlled trials suggest that corticosteroid therapy with glucocorticoids in Duchenne muscular dystrophy improves muscle strength and function in the short term (six months to two years). Children with neuromuscular diseases walk more slowly than their typically developing peers. Endurance and mobility are more limited in older boys with Duchenne muscular dystrophy. Increasing severity of the disease and age are associated with slower walking in children with Duchenne muscular dystrophy. Physical therapy can help to stop the progression of deformities and improve gross and fine motor skills. Therapeutic exercises, selected according to the individual capabilities and needs of the patient, provide muscle strengthening, make the body more flexible and strong.

The comprehensive physical therapy program for children with early stage Duchenne muscular dystrophy included therapeutic exercises, corrective exercises

with elements of yoga, developing the skill of proper body posture, walking, game techniques, hydrokinesitherapy, passive stretching of joints. The complexes of therapeutic exercises included general developmental, breathing, corrective exercises; exercises and walking in water, elements of outdoor games. In accordance with the state of the muscular system and mobility of children, we developed complexes of therapeutic exercises that included aerobic exercises. Children learned to perform breathing exercises of hatha yoga. Breathing exercises of dynamic and static nature contributed to improving lung function, increasing vital capacity. Isometric exercises were aimed at strengthening the muscles of the back and abdomen, lower and upper extremities.

Classes began with passive stretching of the joints, which contributed to increasing joint flexibility and was a prevention of contractures that limit movement and cause loss of function in this disease.

The effectiveness of therapeutic exercises is also increased when using hydrokinesitherapy. Various exercises were used in the water to develop muscle strength and endurance, walking in water when immersed to the waist. Therapeutic exercises have a stabilizing effect on the spine, strengthen the muscles of the trunk, help correct various spinal deformities, improve posture, external respiration function and generally strengthen the body.

Keywords: hydrokinesitherapy, contractures, corrective exercises, muscle weakness, therapeutic exercises, physical therapy.

З М І С Т

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. Клінічна картина, перспективи лікування та фізична терапія при м'язовій дистрофії Дюшена.....	13
1.1. Клінічна картина та терапевтичне лікування при м'язовій дистрофії Дюшена	13
1.2. Відхилення та прогноз ходи при м'язовій дистрофії Дюшена.....	17
1.3. Фізична терапія при м'язовій дистрофії Дюшена.....	23
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	33
РОЗДІЛ 2. Методи та організація дослідження	35
2.1. Методи дослідження	35
2.2. Організація дослідження.....	39
РОЗДІЛ 3. Обґрунтування експериментальної програми фізичної терапії дітей з м'язовою дистрофією Дюшена.....	41
3.1. Програма фізичної терапії дітей з м'язовою дистрофією Дюшена.....	41
3.2. Визначення рухової активності дітей з м'язовою дистрофією Дюшена.....	44
3.3. Дослідження функціональних можливостей верхніх кінцівок у дітей з м'язовою дистрофією Дюшена.....	45
3.4. Морфологічний статус та функціональний стан дітей з м'язовою дистрофією Дюшена.....	47
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	52
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	55
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
ДОДАТКИ	68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

AMTI – силові пластини

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ЕКГ – електрокардіограма

ЕМГ – електроміографія

РКВ – рандомізовані контрольовані дослідження

УЗД – ультра-звукова діагностика

сЕМГ – поверхнева електроміографія

DM – м'язова дистрофія

DMD – м'язова дистрофія Дюшена

ЕМТ – тренування м'язів видиху

ІМТ – тренування м'язів вдиху

FVC – форсована життєва ємність легень

FW – вільна хода

GAS – медіальний литковий м'яз

MVIC – максимальні довільні ізометричні скорочення

MyoGrip – сила хвата

MyoPinch – сила щипків

MoviPlate – згинання/розгинання зап'ястя та пальців

MyoWrist – згинання та розгинання

NMD – нервово-м'язові захворювання

NSAA – амбулаторна оцінка North Star

REF – прямий м'яз стегна

RMT – тренування дихальних м'язів

SnPM – статистичне непараметричне відображення

TD – звичайний розвиток

TLC – загальна ємність легень

TP – загальна потужність

VC – прогнозована життєва ємність

VR – віртуальна реальність

WBVE – вібраційні вправи всього тіла

6MWT – 6-ти хвилинний тест ходьби

100MRW – 100-метрова швидка ходьба/біг підтюпцем/біг

ВСТУП

Актуальність дослідження. М'язова дистрофія Дюшена (DMD) – це рідкісне генетичне захворювання, основними проявами якого є м'язова слабкість, що призводить до ураження серця та легень. Захворюваність на м'язову дистрофію Дюшена становить 1 випадок на понад 3 тисячі осіб. У світі на даному етапі налічується понад 250 тисяч пацієнтів з таким діагнозом. Переважно хворіють хлопчики, хоча дівчата та жінки, які є носіями одного дефектного гена, можуть проявляти деякі легкі симптоми. Середня тривалість пацієнтів з цим діагнозом не перевищує 20-30 років.

М'язова дистрофія (DM) відноситься до групи з понад 30 генетичних захворювань, які спричиняють прогресуючу слабкість і дегенерацію скелетних м'язів, які використовуються під час довільних рухів. Слово «дистрофія» походить від грецького *dys*, що означає «важкий» або «несправний», і *troph* або «живить». Ці розлади відрізняються за віком початку, тяжкістю та типом уражених м'язів. Усі форми DM погіршуються, оскільки м'язи поступово дегенерують і слабшають. Багато людей з часом втрачають здатність ходити. Деякі типи DM також впливають на серце, шлунково-кишкову систему, ендокринні залози, хребет, очі, мозок та інші органи. Можуть виникнути респіраторні та серцеві захворювання, у деяких людей може виникнути розлад ковтання. DM не є заразним і не може бути викликане травмою або діяльністю.

М'язова дистрофія Дюшена є більш важким захворюванням у порівнянні з іншими типами м'язових дистрофій та призводить до функціональної інвалідності, втрати можливості пересуватися і є смертельною формою м'язової дистрофії. Тривалість життя часто залежить від ступеня м'язової слабкості, а також від наявності та тяжкості респіраторних та/або серцевих ускладнень. Коли дитина дорослішає, м'язи зазнають руйнівного процесу, при цьому виникає виснаження м'язів і

прогресуюча слабкість. Остаточне діагностування захворювання відбувається тоді, коли діти починають ходити. Хлопчикам зазвичай потрібне крісло колісне вже у віці 10-12 років [58].

Немає спеціального лікування, яке могло б зупинити або повернути назад прогресування DMD. Тому всі методи лікування спрямовані на те, щоб якомога довше залишати людину незалежною та запобігати ускладненням, які є наслідком слабкості, обмеженої рухливості, проблем із серцем і диханням. Лікування включає фізичну терапію, медикаментозну терапію та хірургічне втручання. Доступні методи лікування іноді досить ефективні та можуть мати значний вплив на тривалість і якість життя [59].

Реабілітація передбачає якнайшвидший початок після встановлення діагнозу, до того, як з'явиться напруження в суглобах або м'язах. Фізична терапія може допомогти призупинити розвиток деформацій, покращує велику і дрібну моторику. Терапевтичні вправи, які підбирають згідно індивідуальних можливостей і потреб пацієнта забезпечують зміцнення м'язів, роблять тіло більш гнучким та сильним [58].

Вживання стероїдів і відсутність фізичної активності може призвести до надмірного збільшення ваги. Фізична активність заохочується. Ліжковий режим може погіршити захворювання м'язів. Фізична терапія може допомогти зберегти м'язову силу та функцію. Часто потрібна логопедична допомога.

Реабілітація загалом може бути корисною для підтримки рухових функцій у дітей з DMD. Навчальний ефект допомагає зменшити відчуття втоми у дітей під час рухової активності.

Об'єкт дослідження: процес фізичної терапії осіб із м'язовою дистрофією Дюшена.

Предмет дослідження: методи фізичної терапії при м'язовій дистрофії Дюшена.

Мета дослідження: розробити й обґрунтувати програму фізичної терапії дітей 6-10 років із м'язовою дистрофією Дюшена у та перевірити її ефективність.

Завдання дослідження:

1. Визначити клінічні прояви м'язової дистрофії Дюшена.
2. Вивчити особливості відхилення ходи та засоби продовження ходи при м'язовій дистрофії Дюшена.
3. Обґрунтувати методи фізичної терапії при м'язовій дистрофії Дюшена.
4. Розробити та апробувати програму фізичної терапії для дітей із м'язовою дистрофією Дюшена.

Гіпотеза: комплексна програма фізичної терапії допомагає зменшити прогресуючу м'язову слабкість, запобігти атрофії м'язів, затримати розвиток контрактур, призупинити втрату рухливості у верхніх та нижніх кінцівках, зменшити прогресування порушення в області хребта.

Наукова новизна одержаних результатів дослідження.

Експериментально обґрунтовано вплив фізичної терапії при м'язовій дистрофії Дюшена; доповнено наукові дані про причини та механізми розвитку м'язової дистрофії Дюшена.

Теоретичне значення. Теоретичний аналіз літературних джерел з питань реабілітації при м'язовій дистрофії Дюшена дозволив визначити ефективні методи фізичної терапії, які покращують фізичний стан при даній хворобі.

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблено авторську програму фізичної терапії для дітей 6-10 років із м'язовою дистрофією Дюшена та перевірено її ефективність.

Апробація результатів та публікації. Автор брала участь у наукових конференціях та засіданнях наукової проблемної групи із оголошенням результатів своєї роботи та має цьому підтвердження – опубліковані тези у збірнику тез доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції

студентів, аспірантів та молодих вчених *«Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень»* (14-15 травня 2024 р.), опубліковані тези у збірнику тез доповідей VI Регіональної науково-практичної конференції молодих учених *«Сучасні оздоровчо-реабілітаційні технології»* (грудень 2024 р.) та опубліковані тези у збірнику тез доповідей VII Регіональної науково-практичної конференції молодих учених *«Сучасні оздоровчо-реабілітаційні технології»* (травень 2025 р.).

Структура роботи. Наукова робота складається зі вступу, трьох розділів, практичних рекомендацій, висновків, списку використаних джерел, додатку. Під час написання наукової роботи було використано 60 джерел іноземної літератури.

РОЗДІЛ 1

КЛІНІЧНА КАРТИНА, ПЕРСПЕКТИВИ ЛІКУВАННЯ ТА ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ ПРИ М'ЯЗОВІЙ ДИСТРОФІЇ ДЮШЕННА

1.1. Клінічна картина та терапевтичне лікування м'язової дистрофії Дюшенна

Нервово-м'язові захворювання (NMD) — це гетерогенна група захворювань, що вражають клітини переднього рогу спинного мозку, нервово-м'язові з'єднання, периферичні нерви та м'язи. NMD викликають фізичну інвалідність, як правило, через прогресуючу втрату сили м'язів кінцівок, а деякі NMD також викликають слабкість дихальних м'язів. Можна очікувати, що тренування дихальних м'язів (RMT) зменшить слабкість дихальних м'язів, однак наслідки RMT все ще невизначені [53].

М'язова дистрофія Дюшенна — це Х-зчеплене рецесивне генетичне захворювання, що характеризується прогресуючим і серйозним ослабленням і дегенерацією м'язів [20, 21]. DMD є спадковим міогенним розладом, спричиненим мутаціями в гені дистрофіну в хромосомі Хр21.1. Клінічна картина включає слабкість периферичних м'язів, кардіоміопатію та хронічну дихальну недостатність [22]. М'язова дистрофія Дюшенна — це наразі невиліковний Х-зчеплений нервово-м'язовий розлад, який характеризується прогресуючою атрофією м'язів і передчасною смертю, як правило, внаслідок серцевої недостатності. Мутації гена дистрофіну, що викликають DMD, дуже різноманітні, а це означає, що розробка універсально застосовної терапії для лікування всіх пацієнтів є дуже складною [7, 17, 29].

М'язова дистрофія Дюшенна найчастіше проявляється тоді, коли дитина починає ходити. Прогресуюча слабкість і виснаження м'язів (зменшення м'язової сили та розміру), викликані дегенерацією м'язових волокон, починаються у верхній частині ніг і тазі, а потім поширюються на плечі. Інші

симптоми включають втрату деяких рефлексів, «перевалькувату» ходу, часті падіння та незграбність (особливо під час бігу), труднощі при підйомі з положення сидючи чи лежачи або при підйомі сходами, при зміні загального положення тіла. У дітей спостерігається порушення дихання, слабкість легень та кардіоміопатія. Багато дітей не вміють бігати чи стрибати. Втрачені м'язи, зокрема литкові (і, рідше, м'язи сідниць, плечей і рук), можуть бути збільшені через накопичення жиру та сполучної тканини, через що вони виглядають більшими та здоровішими, ніж вони є насправді (псевдогіпертрофія) [41, 60].

У міру прогресування хвороби м'язи діафрагми, які допомагають диханню та кашлю, можуть слабшати. Діти можуть відчувати труднощі з диханням, респіраторні інфекції та проблеми з ковтанням. Є поширеними витончення кісток і сколіоз (викривлення хребта). Деякі постраждалі діти мають різний ступінь когнітивних і поведінкових розладів. У віці від 3 до 6 років у дітей можуть спостерігатися короткі періоди фізичного вдосконалення, а потім прогресуюча дегенерація м'язів. Діти з м'язовою дистрофією Дюшена зазвичай втрачають здатність ходити в ранньому підлітковому віці. Без терапевтичної підтримки раніше була характерна смертність у віці пізнього підліткового віку або в двадцять років від прогресуючої слабкості серцевого м'яза, респіраторних ускладнень або інфекції. Проте вдосконалення мультидисциплінарної допомоги подовжило тривалість життя та значно покращило якість життя цих дітей в останні десятиліття. Багато людей з м'язовою дистрофією Дюшена зараз доживають до тридцяти-сорока років [60].

М'язова дистрофія Дюшена являє собою один із найбільш руйнівних типів м'язової дистрофії, який вражає хлопчиків уже в ранньому дитинстві. Незважаючи на те, що основна причина захворювання, а саме недостатність функціонального дистрофіну, відома вже понад 30 років, DMD досі залишається невиліковним захворюванням. Таким чином, протягом останніх

років було докладено величезних зусиль для виявлення нових механізмів, які могли б забезпечити терапевтичні цілі для DMD, особливо тому, що лікування глюкокортикоїдами діє переважно симптоматично та має багато побічних ефектів, тоді як ефективність генетичних підходів, спрямованих на відновлення функціонального дистрофіну, є предметом постійних дебатів [43]. Відсутність дистрофіну, який захищає м'язові волокна під час скорочення, призводить до ослаблення м'язів і передчасної смерті в основному через серцево-дихальну недостатність [44].

У короткостроковій перспективі побічні ефекти поширені, але не є клінічно серйозними. Довгострокові переваги та ризики лікування глюкокортикоїдами неможливо оцінити за даними опублікованих рандомізованих досліджень. Нерандомізовані дослідження підтверджують висновки про функціональні переваги, але також визначають клінічно значущі побічні ефекти тривалого лікування [37].

Ця невиліковна хвороба, яка має Х-зчеплену рецесивну спадковість, характеризується атрофією м'язів і втратою здатності ходити. Докази рандомізованих контрольованих досліджень (РКВ) показують, що кортикостероїди значно покращують м'язову силу та функцію ходи у хлопчиків з DMD у короткостроковій перспективі (шість місяців) і силу через два роки (дворічні дані щодо функції дуже обмежені). Кортикостероїди, які зараз є частиною рекомендацій щодо догляду за DMD, переважно застосовуються регулярно, хоча залишаються питання щодо їх здатності подовжувати ходьбу, коли починати лікування, довгострокового балансу користі та шкоди та вибору кортикостероїду чи схеми. Побічними ефектами є надмірне збільшення ваги, поведінкові аномалії, надмірний ріст волосся, які частіше зустрічаються при застосуванні кортикостероїдів, ніж при застосуванні плацебо. Докази середньої якості з рандомізованих досліджень вказують на те, що терапія кортикостероїдами при DMD покращує м'язову силу та функцію ходи в короткостроковій перспективі (дванадцять місяців) і

міцність до двох років. На підставі наявних доказів щодо показників сили та функції впевненість авторів щодо оцінки ефекту для ефективності дози преднізону 0,75 мг/кг/день або вище є достатньо надійною. Немає жодних доказів, крім нерандомізованих досліджень, щоб встановити вплив кортикостероїдів на подовження ходьби. У короткостроковій перспективі побічні ефекти спостерігаються значно частіше при застосуванні кортикостероїдів, ніж при застосуванні плацебо, але не є клінічно серйозними [38].

Дистрофінопатії серед інших хвороб включають м'язову дистрофію Дюшена (DMD). В останні роки скоординоване мультидисциплінарне лікування цих захворювань покращило якість медичної допомоги: раннє застосування кортикостероїдів подовжує самостійне пересування, а рутинне використання неінвазивної вентиляції легенів значно підвищує виживаність. Наступною метою для покращення результатів є оптимізація лікування, щоб відстрочити початок або уповільнити прогресування ураження серця та таким чином подовжити виживання. Дослідження, у якому порівнювали ідебенон і плацебо у хлопчиків з DMD, показало незначну або відсутність різниці в середніх змінах серцевої функції між двома групами від вихідного рівня до 12 місяців. Достовірність доказів була дуже низькою через обмеження дослідження та дуже серйозну неточність [12, 42]. Скоординований міждисциплінарний підхід до лікування є важливим для оптимального лікування первинних проявів і вторинних ускладнень м'язової дистрофії Дюшена [11].

М'язова дистрофія Дюшена вражає приблизно 1 із 3500 новонароджених, характеризується генетичною нестачею дистрофіну, який є важливим білком для підтримки цілісності м'язів. Нестача дистрофіну відіграє патофізіологічну роль у розвитку дилатаційної кардіоміопатії при м'язовій дистрофії Дюшена. Наразі не існує консенсусу щодо конкретних рекомендацій щодо фармакологічної терапії для цих пацієнтів; однак він

зосереджений навколо вказівок щодо лікування серцевої недостатності [27]. У більшості пацієнтів з DMD після третього десятиліття розвивається кардіоміопатія, яка не проходить через відносну відсутність фізичної активності [39].

За останні кілька десятиліть відбулися значні покращення в діагностиці та лікуванні м'язової дистрофії Дюшена, найпоширенішої дитячої м'язової дистрофії. Впровадження передового досвіду лікування допомогло змінити природну історію цього хронічного прогресуючого захворювання, при якому очікувана тривалість життя дітей чоловічої статі в минулому була дуже обмеженою. Діагностика, лікування стероїдами, реабілітація та системний догляд отримали більш значне розуміння завдяки новим оригінальним роботам в цьому питанні [6].

Діти з DMD можуть мати серйозне ураження проксимальних і середніх відділів верхніх кінцівок, навіть відображене в дистальних функціях, у той час, коли вони прогресують до неамбулаторної стадії [19].

1.2. Відхилення та прогноз ходи при м'язовій дистрофії Дюшена

Слабкість є основним порушенням у педіатричних нервово-м'язових захворюваннях, що впливає на ходу та пов'язану з нею функціональну діяльність у дітей, які пересуваються, уражених цим рідкісним дегенеративним захворюванням. Продовження ходьби є однією з головних цілей лікування м'язової дистрофії Дюшена. Швидкість ходи є показником здоров'я та інвалідності, але хода є складною, багатогранною діяльністю. Використовуючи модель Міжнародної класифікації функцій, здоров'я та інвалідності, оцінка ходи та функціонального пересування повинна враховувати порушення, обмеження активності та обмеження участі через захворювання, а також фактори, пов'язані з навколишнім середовищем та окремою людиною [33].

Як зазначають автори, відмінності в моделях ходи дітей з м'язовою дистрофією Дюшена (DMD) і однолітків, які мають звичайний розвиток (TD), помітні на око, але кількісне визначення цих відмінностей за межами лабораторії ходи є невловимим. У своїй роботі дослідники вимірювали вертикальне, медіолатеральне та передньозаднє прискорення за допомогою акселерометра iPhone, який діти носили на поясі, під час пересування в типовому діапазоні швидкостей. Діти TD та з DMD віком від 3 до 16 років пройшли вісім видів ходьби/бігу, включаючи п'ять 25-метрових тестів калібрування швидкості ходьби/бігу при повільній ходьбі до швидкості бігу (SC-L1 до SC-L5), 6-хвилинний тест ходьби (6MWT), 100-метрову швидку ходьбу/біг підтюпцем/біг (100MRW) та вільну ходьбу (FW). Після амбулаторної оцінки було зазначено, що у дітей з DMD зазвичай спостерігається зменшена довжина кроку та більший медіолатеральний компонент загальної потужності (TP), що відповідає коротшим крокам і ході, подібній до Тренделенбурга [45].

Ході Тренделенбурга характерний нахил тазу вниз під час фази маху з боку ураженого стегна. Серед причин такої ходи є слабкість контралатерального середнього сідничного м'яза та дисплазія кульшового суглоба. Двостороннє ураження призводить до шкутильгання.

Тривале пересування вважається важливим для дітей з м'язовою дистрофією Дюшена DMD. Однак, як зазначає колектив авторів, попередні дослідження, в яких аналізувалася хода DMD, були чутливі до хибних позитивних результатів, викликаних невиправленими множинними порівняннями. Незважаючи на те, що м'язова слабкість часто вважається основною причиною зміни моделі ходи при DMD, це ніколи не було перевірено. Дослідницьке запитання було двояким: чи можна підтвердити сагітальні кінематичні та кінетичні зміни ходи за допомогою статистичного непараметричного відображення (SnPM) і чи пов'язані ці відхилення ходи зі слабкістю нижніх кінцівок. Автори порівняли кінематику ходи та кінетику

дітей із DMD та дітей 5–17 років зі звичайним розвитком. Було виявлено кінематичні відхилення: діти з DMD мали збільшений кут згинання колінного суглоба під час помаху; збільшення кута згинання стегна в положенні стоячи і розмаху; зміну комбінованого крутного моменту в колінах і гомілковостопному суглобі. Жодного зв'язку між слабкістю та цими відхиленнями ходи виявлено не було. Автори не змогли підтвердити відхилення ходи при DMD, про які раніше повідомлялося в літературі, тому вони зазначили, що хода DMD залишається невизначеною і ніби слабкість не пов'язана лінійно зі зміненими особливостями ходи [24].

Мета наступного дослідження полягала в тому, щоб визначити, чи змінюються синергетичні ваги та активації при м'язовій дистрофії Дюшена DMD і чи ці зміни можуть бути пов'язані з м'язовою слабкістю. У дітей із DMD та дітей такого ж віку з типовим розвитком (TD) була проведена поверхнева електроміографія (сЕМГ) середнього сідничного м'яза, прямого м'яза стегна (REF), медіального підколінного сухожилля, переднього великогомілкового м'яза та медіального литкового м'яза (GAS) під час ходи. М'язову слабкість оцінювали за допомогою максимальних довільних ізометричних скорочень (MVIC). Отримані результати показали, що незважаючи на очевидну слабкість DMD, синергетичні ваги та активації були подібними між двома групами. Отже, результати дослідження засвідчили про те, що нейронні зміни мають обмежений вплив на м'язову синергію [55].

Сімдесят дев'ять параметрів при DMD були проаналізовані сімома дослідницькими групами, але вони погодилися лише щодо зниження швидкості ходьби (мінімальна SMD: 1,26), довжини кроку (1,83), тильного згинання під час помаху (1,43), максимальної потужності в стегні (0,92), максимального моменту розгинання колінного суглоба (0,99), максимального моменту тильного згинання (-1,30), максимальної генерації енергії в гомілковостопному суглобі (0,92), а також збільшення діапазону рухів коліна (-0,82) при DMD. Для того, щоб діти з DMD якомога довше залишалися

амбулаторними, необхідно чітко розуміння їхньої патологічної моделі ходи. Однак відхилення ходи при DMD виявляються недостатньо чітко визначеними [26].

Тривимірний аналіз ходи дітей з м'язовою дистрофією Дюшена був темою лише кількох досліджень, і жодне з них не розглядало вплив швидкості ходи на параметри ходи дітей з DMD. В наступному дослідженні параметри ходи дітей з DMD порівнювали з параметрами контрольної групи, враховуючи вплив швидкості ходи за допомогою 3D біомеханічного аналізу. Кінематичні та кінетичні параметри ходи вимірювали за допомогою системи аналізу руху Optotrak і силових пластин AMTI, вбудованих у підлогу. Профілі даних дітей із DMD, які ходили з природною швидкістю ходи, порівнювали з даними дітей контрольної групи, які ходили як з природною, так і з повільною швидкістю. Коли обидві групи ходили з однаковою швидкістю, діти з DMD мали більший темп і меншу довжину кроку. Вони продемонстрували нижній момент розгинання стегна, а також мінімальний або відсутній момент розгинання коліна. У гомілковостопному суглобі момент тильного згинання був відсутній при ударі п'ятою через переднє розташування центру тиску. Величина медіо-латеральної сили реакції землі була вищою у дітей з DMD. Незважаючи на це збільшення, момент відведення стегна був нижчим. Вироблення сили стегна також спостерігалось в середній позиції у дітей з DMD. Ці результати свідчать про те, що більшість спостережуваних модифікацій є стратегіями, які використовують діти з DMD, щоб впоратися з можливою м'язовою слабкістю, щоб забезпечити підтримку, рух і баланс тіла під час ходи [23].

Швидкість ходи є показником інвалідності, і діти з нервово-м'язовими захворюваннями ходять повільніше, ніж однолітки, які зазвичай розвиваються. Зростання тяжкості захворювання та вік асоціюються з уповільненням ходьби у дітей з м'язовою дистрофією Дюшена. Тест шести-хвилинної ходьби широко використовується як тест на витривалість і

рухливість; шести-хвилинна дистанція ходьби суттєво скорочена для всіх педіатричних нервово-м'язових захворювань. Витривалість і здатність до пересування є більш обмеженими у старших хлопчиків з м'язовою дистрофією Дюшена. Лише в кількох наукових роботах розглядалася нормалізація параметрів ходи з урахуванням впливу на ходу зросту в неоднорідних групах дітей і лінійного росту в поздовжніх дослідженнях. Оцінка ходи та функціонального пересування є важливими показниками для документування прогресування захворювання та ефективності лікування в клінічних умовах; а також у клінічних випробуваннях агентів, що модифікують захворювання, і фізіотерапевтичних втручань при педіатричних нервово-м'язових захворюваннях. Існує потреба в експертному консенсусі щодо оцінки основної ходи та функціонального пересування для використання в клінічних та дослідницьких умовах [33].

«Падіння стопи» або «опущення стопи» — це термін, який зазвичай використовують для опису слабкості або контрактури м'язів навколо гомілковостопного суглоба. Це може виникнути внаслідок багатьох нервово-м'язових захворювань. Було проведено систематичний огляд рандомізованих досліджень лікування падіння стопи внаслідок нервово-м'язового захворювання. Основним кінцевим показником була кількісна здатність ходити, тоді як вторинні кінцеві показники включали діапазон рухів, силу тильного згинача, показники активності та участі, якість життя та побічні ефекти. Раннє хірургічне втручання суттєво не вплинуло на швидкість ходьби в дослідженні, яке включало дітей з м'язовою дистрофією Дюшена. Стан погіршився протягом 12 місяців спостереження. Автори зазначили, що хірургічне втручання не мало суттєвого ефекту у дітей з м'язовою дистрофією Дюшена [48].

Діти з м'язовою дистрофією Дюшена мають слабкі м'язи, що може погіршити корекцію постави. Корекція постави необхідна для ходи та динамічної рівноваги під час повсякденної діяльності. Метою наступного

дослідження було порівняти вплив велоергометра та бігової доріжки на функціональну здатність при ходьбі та рівновагу у дітей із м'язовою дистрофією Дюшена. Результати дослідження показали, що тренування на біговій доріжці як аеробна вправа може покращити здатність до ходьби та утримання рівноваги ефективніше, ніж велоергометр у дітей з м'язовою дистрофією Дюшена [52].

Прогресуюче ослаблення проксимальних м'язів у дітей з м'язовою дистрофією Дюшена порушує постуральні корекції через погіршення рухової функції та запобігання пересуванню. Під час повсякденної діяльності для ходи та динамічної рівноваги потрібні певні зміни постави. Мета дослідження полягала в тому, щоб порівняти вплив вправ, орієнтованих на тулуб і вплив вібрації всього тіла на товщину м'язів живота та баланс у дітей з DMD. Учасниками цього дослідження були 30 хлопчиків із DMD віком від 6 до 10 років. Дітей розподілили на дві групи. Діти в одній групі проходили призначену схему фізичної терапії разом із вправами, орієнтованими на тулуб, тоді як інша група отримувала той самий режим разом із вібрацією всього тіла тричі на тиждень протягом трьох місяців поспіль. Баланс і товщину м'язів черевного преса вимірювали за допомогою балансової системи Biodex і УЗД (ультра-звукової діагностики) відповідно до і після терапії. У порівнянні з результатами, отриманими до лікування в обох групах, результати після лікування показали суттєву різницю в усіх вимірюваних змінних ($p < 0,05$). Значення після лікування показали, що всі виміряні змінні значно відрізнялися на користь першої групи. Автори дійшли висновку, що вправи, орієнтовані на тулуб, можуть покращити товщину живота та вміння балансувати ефективніше, ніж вібрація всього тіла у дітей з DMD, що покращує ходу [2].

1.3. Фізична терапія при м'язовій дистрофії Дюшена

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) рекомендує людям будь-якого віку займатися регулярною та адекватною фізичною активністю. Якщо за станом здоров'я неможливо виконати рекомендації, міжнародні рекомендації рекомендують бути якомога фізично активнішим. Докази громадських втручань щодо фізичної активності свідчать про те, що людей із захворюваннями іноді не допускають до участі в дослідженнях. У цьому огляді автори розглянули вплив втручань на фізичну активність і самопочуття в дослідженнях, а також будь-які побічні явища, яких зазнали учасники зі спадковими або набутими нервово-м'язовими захворюваннями (NMD). Неможливо було зробити висновки щодо ефективності будь-якого втручання (що вимагає відповідності) через докази з низькою точністю та непідтверджені одиниці вимірювання. Автори зауважують, що функціональні вправи, можливо, мали незначний вплив на якість життя порівняно з розтягуванням [32].

Силові тренування або/та програми аеробних вправ можуть оптимізувати м'язову та кардіореспіраторну функцію та запобігти додатковій атрофії та погіршенню кондиції у людей із захворюванням м'язів. Автори дослідження включили 14 випробувань аеробних, силових тренувань або обох із тривалістю вправ від восьми до 52 тижнів, які включали пацієнтів з різними дистрофіями, серед яких були досліджувані з м'язовою дистрофією Дюшена (DMD). Під час силових тренувань для учасників із DMD було отримано дуже низьку точність доказів щодо кількості обертів ніг або обертів рук під час шести-хвилинного циклу з підтримкою. Також зазначена дуже низька достовірність доказів щодо м'язової сили. Комбіновані аеробні вправи та силові тренування порівнювали з відсутністю тренувань. Більшість досліджень не повідомляли про побічні ефекти, окрім болю в м'язах або скарг на суглоби (докази від низького до дуже низького). Висновки авторів

полягають у тому, що докази щодо силових тренувань та втручань з аеробних вправ залишаються невизначеними. Докази свідчать про те, що силові тренування самі по собі можуть мати незначний ефект або взагалі не впливати, і що самі по собі аеробні тренування можуть призвести до можливого покращення аеробних можливостей. Під час комбінованих аеробних і силових тренувань можливе незначне збільшення м'язової сили та аеробної потужності для людей з дерматоміозитом і поліміозитом і незначне зниження аеробної потужності та збільшення м'язової сили для людей з ювенільним дерматоміозитом. Про результати комбінованих аеробних і силових тренувань для досліджуваних з м'язовою дистрофією Дюшенна не зазначено. Потрібні додаткові дослідження з надійною методологією та великою кількістю учасників [57].

Силові тренування середньої інтенсивності при м'язових захворюваннях не приносять шкоди, але недостатньо доказів, щоб зробити висновок, що вони приносять користь. Аеробні вправи в поєднанні з силовими тренуваннями видаються безпечними та можуть бути ефективними для підвищення субмаксимальної витривалості. Обмеження в дизайні досліджень м'язових захворювань не дозволяють зробити більш загальні висновки щодо цих захворювань [56].

Результати рандомізованого контрольованого дослідження, яке ставило перед собою мету вивчити вплив аеробного тренування, доданого до домашньої програми вправ, на рухову функцію та архітектурні властивості м'язів у дітей з м'язовою дистрофією Дюшенна, показало, що аеробне тренування може мати додаткову цінність у покращенні рухової функції та продуктивності без помітного впливу на архітектурні властивості м'язів. Ці висновки підтвердили вимірювання рухової функції та шести-хвилинний тест ходьби, які використовувалися для клінічної оцінки, та архітектурні властивості м'язів (товщина, кут пентації та довжина пучка), які

вимірювалися за допомогою ультразвукового зображення, після 12-тижневої програми тренувань [13].

Колектив авторів поставив перед собою завдання оцінити вплив тренування дихальних м'язів (RMT) на нервово-м'язові захворювання (NMD) у дорослих і дітей у порівнянні з фіктивним тренуванням, без тренувань, стандартним лікуванням, дихальними вправами або іншими навантаженнями чи типами RMT. Автори порівняли випробування RMT (тренування м'язів вдиху (IMT) або тренування м'язів видиху (EMT), або обох), з фіктивним тренуванням, без тренування, стандартним лікуванням, різною інтенсивністю RMT, різними типами RMT або дихальними вправами з пацієнтами, серед яких були з м'язовою дистрофією Дюшена. У двох дослідженнях порівнювалися RMT та фіктивні тренування у молодих чоловіків з DMD. В одному дослідженні середня загальна ємність легень (TLC) після втручання (6 тижнів) сприяла RMT (MD 0,45 л, докази з низькою достовірністю). В іншому дослідженні не було чіткої різниці в форсованій життєвій ємності легень (FVC), тобто максимальна кількість повітря, яку можна видихнути після максимального вдиху, після втручання (18 днів) між RMT та фіктивним RMT (MD 0,16 л, докази з низькою точністю). Значення після втручання (через 6 місяців) не показали чіткої різниці між RMT і групами без тренувань у відсотках прогнозованої життєвої ємності (VC%) (MD 3,50, докази з низьким рівнем достовірності). Автори дійшли думки, що RMT може покращити об'єм легень і силу дихальних м'язів. Через клінічну неоднорідність між дослідженнями та невелику кількість учасників, залучених до аналізу, разом із ризиком упередженості ці результати слід інтерпретувати дуже обережно [53].

Метою наступного дослідження було оцінити вплив і безпеку фізичних вправ, а також визначити найефективнішу вправу для людей з м'язовою дистрофією Дюшена. Тренування вправами порівнювали з відсутністю тренувань і плацебо. Основними результатами були функціонування та якість

життя, пов'язана зі здоров'ям. Вторинними результатами були м'язова сила, витривалість і функція легень. Мета-аналіз показав значну різницю в м'язовій силі та витривалості на користь фізичних вправ порівняно з відсутністю тренувань і плацебо. Однак достовірність доказів була дуже низькою. Фізичні вправи можуть бути корисними при м'язовій дистрофії Дюшена, але докази залишаються невизначеними. Потрібні подальші дослідження фізичних вправ для сприяння функціонуванню та покращенню якості життя, пов'язаної зі здоров'ям, при м'язовій дистрофії Дюшена [28].

Рандомізоване контрольоване дослідження дозволило дослідити вплив тренування тулуба на контроль тулуба, руку та легеневу функцію у дітей з м'язовою дистрофією Дюшена. Дослідницька група виконувала програму вправ, орієнтовану на тулуб, і звичайну програму вправ, тоді як контрольна група проходила звичайну програму вправ протягом восьми тижнів. Контроль тулуба оцінювався за шкалою вимірювання контролю тулуба, функцію руки оцінювали за допомогою показників верхньої кінцівки, а дихальну функцію – за допомогою тесту легеневої функції. Автори дійшли висновку, що орієнтована на тулуб програма вправ при м'язовій дистрофії Дюшена може бути ефективною для контролю тулуба, рук і дихальної функції [26].

Для пацієнтів з DMD характерні ускладнення з боку опорно-рухового апарату. Вібраційні вправи всього тіла (WBVE) – це лікування, яке покращує функцію опорно-рухового апарату при порушеннях руху. Метою дослідження було переглянути вплив WBVE на функціональну рухливість, кістки та м'язи у пацієнтів з DMD. Автори зазначили, що лікування пацієнтів з DMD із WBV клінічно добре переносилося. У дослідженнях застосовувалася система бокового чергування WBV, частоти 7 - 24 Гц; і амплітуди 2 - 4 мм. Жодних істотних змін у кістковій масі, м'язовій силі чи кісткових маркерах не спостерігалось. Деякі пацієнти повідомили про суб'єктивне функціональне покращення під час тренувань. Зроблено

висновок, що WBV є здійсненним і добре переносимим методом вправ у пацієнтів з DMD [40].

Оцінка верхніх кінцівок у неамбулаторних пацієнтів залишається проблемою. Колектив авторів розробив нові інструменти для точної оцінки сили щипків (MyoPinch), хвата (MyoGrip), згинання та розгинання (MyoWrist). Був також розроблений новий інструмент для оцінки здатності пацієнтів виконувати повторювані рухи згинання/розгинання зап'ястя та пальців (MoviPlate). Автори оцінили доцільність і надійність цих нових інструментів у 30 пацієнтів з м'язовою дистрофією Дюшена, які не їздили швидко в кріслі колісному, і в 30 контрольних чоловіків відповідного віку. Також було виконано існуючі вимірювання, такі як вимірювання рухових функцій, постукування та шкала оцінки функцій верхніх кінцівок Брука. Результати показали, що оцінювання було можливим майже на всіх верхніх кінцівках, протестованих за MyoGrip, MyoPinch і MoviPlate. Надійність усіх тестів, у тому числі MyoWrist, який не був можливим у пацієнтів із контрактурами, була чудовою як у пацієнтів, так і в контрольній групі. Було зазначено, що рухові можливості зменшуються з кількістю місяців, проведених у візку. Оцінки в тестах частково корелювали одна з одною та з такими клінічними параметрами, як життєва ємність, вимірювання рухової функції, функціональна шкала рук і шкала Брука. Це дослідження підтверджує панель показників сили та функції м'язів верхніх кінцівок для м'язової дистрофії Дюшена, яку можна застосувати і в контрольній групі, і до надзвичайно слабких пацієнтів [46, 50, 51].

Колектив авторів зазначив, що існує взаємозалежність між дихальною системою та силою верхніх кінцівок з точки зору м'язової сили та функції у пацієнтів з DMD, яка сильніша у неамбулаторних пацієнтів. Це може стати основою для створення нового персоналізованого плану реабілітації – одночасної реабілітації дихальних м'язів і м'язів верхніх кінцівок, що потребує проведення подальших досліджень цієї теорії [15, 54].

Участь у фізичних навантаженнях приносить користь особам з обмеженими можливостями з точки зору задоволення їхніх соціальних і психологічних потреб для забезпечення якісного життя. Було проведено дослідження за участю хлопчика з м'язовою дистрофією Дюшена у плавальному басейні. У поточному дослідженні повідомляється про зміни, внесені в плавальний басейн відповідно до потреб учасника, як покращено якість обслуговування, щоб задовольнити ці потреби, і яку користь учасник отримав від водної програми. Це якісне дослідження має на меті пролити світло на те, як водна терапія вплинула на хлопчика з DMD фізично, психологічно та соціально з точки зору батьків. Результати показали, що водна терапія сприятливо вплинула на учасника з DMD з точки зору соціалізації, релаксації, якості життя та самосприйняття [8].

Діти з DMD помирають передчасно через дихальну недостатність. Автори намагалися визначити ефективність і безпеку дихальних вправ йоги, а також вплив цих вправ на дихальну функцію у таких дітей. Учасників навчали, як виконувати дихальні вправи хатха-йоги, і їм було наказано виконувати вправи тричі на день протягом 10 місяців. Дослідження довело, що дихальні вправи йоги можуть покращити легеневу функцію у пацієнтів з DMD [41]. Сприятливий вплив йоги на хронічні болі було показано поряд із покращенням рухової функції та м'язової сили. Пацієнти з м'язовою дистрофією Дюшена з ураженням дихання можуть відчувати покращення функції легень [49].

Ізометричні вправи – це вправи, які включають статичне навантаження м'язів без видимого руху кута суглоба або на утримання м'язів в нерухомому положенні протягом певного часу. У дослідженні було визначено безпеку та ефективність програми ізометричних вправ для ніг із легким та помірним опором у амбулаторних хлопчиків із м'язовою дистрофією Дюшена. Автори використали парадигму збільшення дози із різною інтенсивністю та частотою ізометричних вправ для ніг, щоб визначити відповідь на дозу та безпеку у

хлопчиків із DMD. Також перевірили безпеку та доцільність 12-тижневої домашньої дистанційно контрольованої програми зміцнення середньої інтенсивності у восьми хлопчиків. Заходи безпеки включали МРТ та біль. Пікова сила та функція (час підйому/спуску по чотирьох сходах) також вимірювалися. Збільшення дози не виявило жодних ознак пошкодження м'язів. Досліджувані завершили 12-тижневу програму в домашніх умовах із відповідністю 84,9%, без ознак пошкодження м'язів і покращенням сили (розгиначі колінного суглоба $P < 0,01$; згиначі колінного суглоба $P < 0,05$) і функції (ступені вниз $P < 0,05$). Отже, домашня програма вправ для ніг легкої та помірної інтенсивності є безпечною та потенційно позитивно впливає як на силу, так і на функцію у амбулаторних хлопчиків із DMD [3].

Метою наступного дослідження було з'ясувати, чи пов'язаний контроль тулуба з функцією верхніх кінцівок у дітей з м'язовою дистрофією Дюшенна. Поточне дослідження продемонструвало кращі функціональні показники верхніх кінцівок у дітей з м'язовою дистрофією Дюшенна, які мали хороший контроль тулуба, що свідчить про можливий зв'язок між стабільністю тулуба та функцією верхніх кінцівок. Результати показують необхідність покращення та захисту сили та стабільності м'язів тулуба, а також сили верхніх кінцівок, а також оптимізації стабільності тулуба під час рухів верхніх кінцівок у програмах реабілітації [15].

Вимірювання м'язової сили та рухової функції рекомендовано під час клінічних випробувань нервово-м'язових захворювань. Метою дослідження було встановити зв'язок між силою та функцією кисті, а також визначити поріг сили, який розрізняє нормальну та ненормальну функцію кисті в осіб із м'язовою дистрофією Дюшенна. Результати підтвердили, що функція руки залежить від сили для більшості рухових завдань. Вона знижується лише тоді, коли сила падає нижче порогу, характерного для хвороби. Тому терапія, здатна підтримувати силу вище цього порогу, повинна зберігати функцію руки [18].

Лікування м'язових дистрофій базується на консервативних немедикаментозних методах лікування, але докази їх ефективності обмежені та непереконливі. За результатами систематичного огляду і мета-аналізу було доведено, що для дітей з м'язовою дистрофією Дюшена силові вправи, орієнтовані на тулуб, і звичайний догляд є більш ефективними, ніж звичайний догляд, у покращенні дистальної функції верхніх кінцівок, сидінні та динамічному досягненні рівноваги (діапазон ES: від 0,87 до 2,29). Докази низької якості свідчать про те, що силові тренування з іншими вправами або без них можуть покращити сприйняття напруги, дистальну функцію верхньої кінцівки, статичну та динамічну рівновагу, ходу та самопочуття при DMD. Хоча необхідні більш серйозні та масштабні дослідження, наявні дані підтверджують включення силових тренувань у лікування DMD, оскільки вони були визнані безпечними [35].

За допомогою віртуальної реальності (VR) можна значною мірою покращити та пришвидшити процес реабілітації. VR-тренажери допомагають пацієнтам потрапити у віртуальний 3D-світ, у якому рухова активність покращується за рахунок фізіологічних рухів, балансування. Це допомагає покращити рухливість у суглобах пошкоджених кінцівок. У одному з досліджень представлено гру дихання та розслаблення на основі VR, призначену для людей із м'язовою дистрофією Дюшена, яке призводить до дисфункції дихальних м'язів із тривогою, яка є поширеним супутнім захворюванням. Клінічне лікування вимагає частих візитів до спеціалістів з рідкісних захворювань для контролю прогресування симптомів. Обмежена доступність та/або близькість експертів з рідкісних захворювань створює проблеми для надання допомоги та може призвести до втрати можливостей надання допомоги та зниження якості життя. Автори пропонують дихальну і розслаблюючу ексергію з віддаленим застосуванням у телемедицині, яка включає спільну VR-взаємодію між пацієнтом і клініцистом. Фізіологічні датчики забезпечують як зворотній зв'язок у реальному часі з пацієнтом, так

і аналітику стану здоров'я для клініциста. Гра зосереджена на двох ключових аспектах клінічної допомоги при DMD, які можуть бути опосередковані через контроль дихання: тренування релаксації/уважності та вправи на дихальні м'язи. Опитування, інтерв'ю та обговорення у фокус-групах з учасниками, членами сім'ї, які їх супроводжують, і клініцистами продемонстрували доцільність використання цього інструменту VR для телемедицини або як частини домашньої програми вправ [3].

Використання віртуальної реальності (VR) для реабілітації хворих на м'язову дистрофію обіцяє бути новим терапевтичним підходом, який потенційно покращить рухове навчання, функціональні результати та загальну якість життя. Систематичний огляд колективу авторів мав на меті надати вичерпний підсумок поточного розуміння щодо застосування VR для підтримки реабілітації при DMD. Авторами було проведено систематичний пошук у PubMed, Scopus, та Web of Science для виявлення відповідних статей. Критерії включення охоплювали дослідження за участю осіб з діагнозом DMD, які пройшли втручання з VR, з основним фокусом на оцінці функціонального покращення. Методичну якість досліджень оцінювали за шкалою Physiotherapy Evidence Database (PEDro). До огляду було включено сім досліджень за участю 440 осіб з м'язовою дистрофією Дюшенна. Серед цих досліджень шість в основному досліджували потенціал VR для навчання моторики, тоді як одне дослідження досліджувало вплив тренувань VR на функціональні здібності. Результати дослідження підтвердили потенційний позитивний вплив втручань на основі VR на рухове навчання, покращення продуктивності та функціональні результати в осіб з DMD [34].

У наступному дослідженні автори провели систематичний огляд для вивчення ефективності використання систем віртуальної реальності, застосованих у реабілітації верхніх кінцівок осіб з м'язовою дистрофією Дюшенна. У сукупності дослідження показали покращення функціональності, якості життя та мотивації з використанням технологій

віртуальної реальності в реабілітації верхніх кінцівок осіб з м'язовою дистрофією Дюшена [10].

Як зазначає група авторів, провівши дослідження за допомогою програмного забезпечення VR відповідно до різних функціональних оцінок, відмінностей між звичайним і телереабілітаційним лікуванням, тому інструмент телереабілітації можна використовувати без шкоди для дітей з DMD, полегшуючи їм доступ до терапії та стимулюючи навчання для підтримки їхньої функціональної здатності. Під час сеансів учасники використовували окуляри віртуальної реальності, щоб тренуватися для досягнення цілей лікування. Таким чином, телереабілітація загалом може бути корисною для підтримки рухових функцій у дітей з DMD. Навчальний ефект допомагає зменшити відчуття втоми у дітей під час програми.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

М'язова дистрофія Дюшена – це нервово-м'язове захворювання, що характеризується прогресуючою м'язовою слабкістю та атрофією та є одним із найважчих м'язових захворювань, яке вражає дітей. За останні двадцять років було розроблено методи лікування, які значно покращили якість життя та тривалість життя пацієнтів. В даний час дослідження м'язової функції DMD здебільшого зосереджені на окремих м'язах.

Ретельний моніторинг міждисциплінарної реабілітаційної команди є основою лікування. Лікування глюкокортикоїдами може уповільнити прогресування захворювання та покращити рухову функцію за короткий термін. Лікування може спричинити побічні ефекти, які необхідно контролювати та які можуть потребувати втручання. Незначна частина пацієнтів має когнітивні та нейропсихічні проблеми, які необхідно вирішити. Активне втручання у відповідь на ознаки дихальної або серцевої недостатності є важливим. Більше причинно-наслідкового лікування м'язової дистрофії Дюшена випробовується та дає обережну надію майбутнім пацієнтам [5].

Постійне вдосконалення лікування м'язової дистрофії Дюшенна продовжує вести до покращення фізичного та функціонального стану, що дозволяє все більш успішно переходити до незалежності та самореалізації в дорослому віці. Принципи реабілітації залишаються ключовими для загального лікування пацієнтів з DMD із збільшенням можливостей для ще більш успішного лікування, що відображає зміну природного перебігу, засновану на використанні глюкокортикоїдів та більш послідовному комплексному догляді. Удосконалення та розширення оцінки, кардіореспіраторного лікування, профілактики контрактур і деформацій, допоміжних технологій, «розумних» технологій і робототехніки з

підвищеним акцентом на функції та участь допомагають дітям з DMD перейти до дорослого життя з підтримкою [16].

М'язова дистрофія Дюшена – це рідкісне захворювання, яке спричиняє прогресуючу втрату рухових здібностей, наприклад ходьби. Стандартне лікування включає фізичну терапію.

За останні роки лікування нервово-м'язових захворювань змінилося: від паліативного лікування симптомів до профілактичних методів. Використання віртуальної реальності стає необхідним у лікуванні прогресуючих захворювань, що супроводжуються руховими труднощами, оскільки це забезпечує свободу та сприяє покращенню результатів у тренуванні здібностей. Враховуючи те, що нові технології стають все більш доступними, реабілітаційні та фізіотерапевтичні програми можуть використовувати ці технології частіше, а середовища віртуальної реальності можна використовувати для покращення виконання завдань, що важливо для людей з обмеженими можливостями. Віртуальна реальність може бути інструментом для фізичної терапії та може бути використана для програм реабілітації м'язової дистрофії Дюшена для покращення продуктивності пацієнтів під час навчання.

РОЗДІЛ 2

ДИЗАЙН ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1.Методи дослідження

Для вирішення поставлених завдань застосовувалися такі **методи дослідження**: аналіз науково-методичної літератури; аналіз медичних карток; бесіди; зовнішній огляд (соматоскопія); функціональне тестування; антропометрія; методи математичної статистики.

Аналіз науково-методичної літератури

Аналіз науково-методичної літератури був проведений з метою дослідження застосування методів фізичної терапії при м'язовій дистрофії Дюшена. Аналізу були піддані підручники, навчально-методичні посібники, наукові статті у фахових журналах та статті у журналах Scopus та Web of Science Core Collection, в яких висвітлені причини виникнення, механізм розвитку, прогнозування м'язової дистрофії Дюшена, значення фізичної терапії для покращення моторних функцій та якості життя пацієнтів з даним захворюванням.

Аналіз науково-методичної літератури дозволив обґрунтувати думку про те, що спеціально підібрані терапевтичні вправи зміцнюють м'язи, сприяють виникненню та закріпленню нових умовних рефлексів, відтермінують розвиток захворювання.

Оцінка динаміки стану пацієнта

Важливим є регулярне обстеження дітей з уже встановленим діагнозом м'язової дистрофії Дюшена. Воно складається з тестів, які дозволяють визначити стан та дати оцінку ступеню прогресування хвороби: дослідження м'язової сили, визначення амплітуди рухів у суглобах, проведення тестів на швидкість.

Для того, щоб оцінити динаміку стану пацієнта та визначити ефективність реабілітації використовують наступні функціональні тести:

встати з підлоги; ходьба зазначеної відстані на час; підйом по сходах. Для достовірності проведеного експерименту потрібно використовувати одну й ту саму шкалу оцінки рухової активності в даного пацієнта.

Також потрібно проводити моніторинг повсякденної рухової активності з метою визначення, чи потрібна додаткова допомога для збереження здатності дитини до самообслуговування.

Тести [https://www.physio-pedia.com/Short Physical Performance Battery](https://www.physio-pedia.com/Short_Physical_Performance_Battery)

Класифікація Фугл-Мейєра (оціночний тест FMA)

Оціночний тест FMA є досить великою, але дуже ретельною та повною шкалою. Оціночний тест FMA є шкалою, що оцінює індекс ураження щодо різних видів діяльності. Він призначений для оцінки рухової функції, рівноваги, чутливості і функціонування суглобів у хворих із постінсультною геміплегією та може використовуватися для пацієнтів із м'язовою дистрофією Дюшена. В своєму дослідженні ми використовували частину тесту FMA, яка стосується оцінки моторної функції пацієнтів. Бали розподіляються між доменами наступним чином: оцінка рухової функції: діапазон від 0 (геміплегія) до 100 балів (нормальна рухова активність). Розділені на 66 балів для оцінки верхньої кінцівки та 34 бали для нижньої кінцівки. Класифікації ступеня важкості ураження були запропоновані на основі результату оцінки моторної функції згідно з FMA (зі 100 балів):

< 50 = важке ураження

50-84 = значне ураження

84-94 = помірне ураження

94-99 = незначне ураження

Тест з 6-хвилинною ходьбою (6-minutes walk test — 6MWT)

Тест з 6-хвилинною ходьбою (6-minutes walk test — 6MWT) є простим дослідженням, яке дозволяє оцінити як відчуває пацієнт фізичне навантаження. Він полягає у вимірюванні пройденої дистанції (6-minutes walking distance — 6MWD). Швидкість ходьби залежить від самого

пацієнта. Дослідження не надає інформації про функціональний стан окремих систем, але дозволяє оцінити субмаксимальний стан при фізичному навантаженні пацієнтом, що відповідає можливості виконання щоденної життєвої активності. Рекомендується проведення тесту в закритому приміщенні, найкраще в довгому прямому коридорі зі зручною для ходьби, твердою та надійною поверхнею. Довжина прямого відрізка повинна складати ≥ 30 м. Показчики для означення довжини повинні знаходитися через кожні 3 м (згідно з клінічними настановами ATS). Стартова лінія і точка розвороту повинні бути чітко означені. Необхідне обладнання: секундомір, лічильник розворотів, показчики розворотних точок, легкий для переміщення стілець, блокнот-планшет, тонометр, пульсоксиметр, набір для реанімації. Якщо дослідження повторюється багаторазово, то тоді слід виконувати його завжди в один і той же час доби для мінімізації впливу добової варіабельності. Не виконується будь-якої розминки. Перед дослідженням пацієнт протягом 10 хв відпочиває, сидячи біля точки старту. В цей час необхідно перевірити, чи пацієнт не має протипоказань до тесту, виміряти артеріальний тиск. Основним оцінюваним показником є 6MWD. У здорових осіб він залежить від віку і складає ≈ 600 м у чоловіків.

Опитувальник вимірювання функції рук

Опитувальник вимірює функцію рук шляхом оцінювання складності для дитини 21 повсякденного завдання, що здебільшого виконуються двома руками. Він був розроблений у 2004 році бельгійським неврологом Карлайн Арнольд та її колегами на основі психометричної моделі. Опитувальник заповнюється батьками дитини. Складність завдань зростає від найлегшого (вимикання нічного світильника) до найскладнішого (застібання гудзика на штанах), проте в бланку для батьків вони розміщені у випадковому порядку. Складність кожного завдання вимірюється за трибальною шкалою «легко», «складно», «неможливо». Заповнення питальника займає до 10 хвилин. Результати опрацьовуються за допомогою аналізу в інтернет-програмі і

демонструються в абсолютних значеннях за допомогою одиниць logit, а також у відсотках від максимально можливого результату. Дослідження підтверджують валідність на надійність опитувальника. Він є безкоштовним та простим у застосуванні, тому є надійним інструментом оцінки функції руки.

Антропометрія

Антропометричні виміри (визначення росту, маси тіла, обсягів, життєвої ємності легень, сили м'язів) ми проводили зранку (після легкого сніданку).

Ріст стоячи вимірювали за допомогою дерев'яного ростоміра, який складається з широкої вертикальної стійки, закріпленої на підставці, відкидної лавки h 40 см і муфти з планшеткою, яка може рухатися по вертикальній стійці. На цій стійці є дві шкали (з поділками в см), одна з них починається від підставки, друга – від сидінь лавки.

Масу тіла визначали на медичних вагах з точністю до 50 г.

Виміри окружності – грудної клітки у спокої, на вдиху та на видиху – сантиметровою стрічкою.

Життєва ємність легень (ЖЄЛ) – це максимальний об'єм, який можна видихнути після максимально глибокого вдиху. $ЖЄЛ = ДО + Ровд + Ровид$, де ДО – дихальний об'єм, Ровд – резервний об'єм вдиху, Ровид – резервний об'єм видиху. Ця величина залежить від віку, статі, зросту та маси тіла, а також від положення тіла. У дитини 6-7 років вона становить 710-800 мл.

Методи математичної статистики

Матеріали дослідження зазнавали математико-статистичної обробки. Результати, отримані при проведенні обстеження порівнювалися за критерієм Wilcoxon з використанням пакету прикладних статистичних програм Statgraphiks. Виявлення статистичної значущості різниці в показниках середніх величин здійснювалося за допомогою критерія Стюдента (t). Значущість коефіцієнта достовірності відмінностей (P)

приймалися не менше, ніж 0,05. Визначалося середнє арифметичне (M_x), стандартне відхилення (σ) і величина помилки середньоквадратичного відхилення (Sm_x).

2.2. Організація дослідження

Експериментально-дослідна робота проводилася на базі комунального підприємства «Волинське обласне територіальне медичне об'єднання захисту материнства і дитинства Волинської обласної ради» Центру комплексної реабілітації «Фенікс». В експерименті приймали участь 10 хлопчиків 6 – 10 років з ранньою стадією м'язової дистрофії Дюшена. Передумови м'язової дистрофії Дюшена – це генетичне захворювання, що призводить до прогресуючої м'язової слабкості та дегенерації. З дітьми, у яких було виявлено з м'язову дистрофію Дюшена, ми займалися у центрі комплексної реабілітації за розробленою програмою фізичної терапії.

Під час проведення дослідження на кожну дитину було заведено індивідуальну картку антропометричних вимірювань. Ці картки заповняли на початку та в кінці експериментальної роботи.

У своєму дослідженні ми використовували етапний контроль для оцінки курсу лікування загалом (кумулятивний ефект). Для цього перед початком застосування нашої програми фізичної терапії та після експерименту поглиблено обстежували дітей з м'язовою дистрофією Дюшена.

Дослідження проводилось протягом 2024-2025 рр. і включало декілька етапів:

- на першому етапі було зроблено аналіз даних літературних джерел; визначено об'єкт, предмет, мету, завдання, розроблено програму дослідження;

- на другому етапі було проведено початковий експеримент, знайомство з дітьми та первинне обстеження;
- на третьому етапі - проведено основний педагогічний експеримент, суть якого полягала в застосуванні програми фізичної терапії для дітей з м'язовою дистрофією Дюшена;
- на четвертому етапі – узагальнено результати експериментальної роботи, визначено ефективність застосування програми фізичної терапії, сформовано практичні рекомендації та підготовлено висновки до роботи.

РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ ПРОГРАМИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ДІТЕЙ З М'ЯЗОВОЮ ДИСТРОФІЄЮ ДЮШЕНА

3.1. Програма фізичної терапії дітей із м'язовою дистрофією Дюшена

Комплексна програма фізичної терапії дітей із ранньою стадією м'язової дистрофії Дюшена включала терапевтичні вправи, заняття коригуючими вправами з елементами йоги, формування навички правильного утримання тіла, ходьбу, ігрові методики, гідрокінезитерапію, пасивне розтягування суглобів.

У комплекси терапевтичних вправ було включено загальнорозвиваючі, дихальні, коригуючі вправи; вправи та ходьба у воді, елементи рухливих ігор.

Відповідно до стану м'язової системи та мобільності дітей ми розробили комплекси терапевтичних вправ, які включали аеробні вправи.

Діти вчилися виконувати дихальні вправи хатха-йоги три рази на день з метою покращення легеневої функції. При цьому спостерігали сприятливий вплив йоги на хронічні болі та покращення рухової функції та м'язової сили. Дихальні вправи динамічного та статичного характеру сприяли покращенню функції легень, збільшивши ЖЄЛ.

Рекомендованими були ізометричні вправи, які діти виконували при статичному навантаженні м'язів без руху кута суглоба або на утримання м'язів в нерухомому положенні протягом певного часу. Дослідження показало ефективність використання ізометричних вправ для ніг із легким та помірним опором. Під час виконання ізометричних вправ для нижніх кінцівок використовували наروщення тривалості виконання вправи.

Ізометричні вправи були спрямовані на зміцнення м'язів спини та живота, нижніх та верхніх кінцівок.

Рекомендували зміцнювати м'язи живота, використовуючи рухи ногами лежачи на спині: “велосипед”, піднімання прямих ніг, перехід з положення лежачи в положення сидючи.

Для дітей з ранньою стадією м'язової дистрофії Дюшена потрібними є вправи з формування навички правильного утримання тіла. Для розвитку м'язово-суглобового відчуття діти виконували вправи перед дзеркалом, вправи на рівновагу, вправи на координацію, загальнорозвиваючі вправи (див. додаток А).

Заняття розпочинали пасивним розтягуванням суглобів, яке сприяло збільшенню гнучкості суглобів і було профілактикою контрактур, які обмежують рух і спричиняють втрату функції при даному захворюванні. При пасивному розтягуванні фізичний терапевт повільно переміщував суглоб якомога далі та зберігав статичне положення розтягу близько 30 секунд. Рух повторювали кілька разів. Пасивне розтягування суглобів намагалися проводити після заняття гідрокінезотерапії у теплій воді, щоб мінімізувати больові відчуття.

Ефективність терапевтичних вправ також підвищується при застосуванні гідрокінезотерапії. У воді використовували різноманітні вправи для розвитку сили і витривалості м'язів, ходьба у воді при зануренні до поясу. Застосовували гумові амортизатори, надувні круги, які фіксували на рівні таза, що не дозволяло прогинатися у поперековій ділянці і тим самим розвантажувало хребет.

Терапевтичні вправи здійснюють стабілізуючий вплив на хребет, зміцнюють м'язи тулуба, сприяють коригуванню різних деформацій хребта, покращують поставу, функцію зовнішнього дихання і загалом зміцнюють організм. З урахуванням рекомендацій у наукових дослідженнях різних авторів, ми підбирали вправи орієнтовані на м'язи тулуба, так як програма

вправ для тулубу при м'язовій дистрофії Дюшена може бути ефективною для контролю тулуба, рук і дихальної функції [57]. Комплекси вправ, які ми використовували на заняттях, подано в додатку Б.

Терапевтичні вправи проводили з урахуванням витривалості м'язової системи дітей. У кожному конкретному випадку слід дозувати вправи, виходячи з результатів функціональних проб (з навантаженням на серцево-судинну систему), а також перевірки сили й витривалості м'язів. Тому при визначенні навантаження ми використовували дані рухомості у поперековому відділі хребта – розгиначів тулуба, м'язів черевної стінки та м'язів, які забезпечують нахил вбік.

Коригуючі вправи з хатха-йоги діти виконували у тих вихідних положеннях, коли хребет був максимально розвантажений від статичного навантаження, головним чином лежачи на спині, на животі. Брили до уваги те, що таке положення дає чимале навантаження на серце. Крім того, при виконанні цих вправ відбувається затримка дихання (при статичному напруженні м'язів спини), що також ускладнює умови для роботи серця.

Симетричні терапевтичні вправи застосовували з метою тренування переважно м'язів спини (розгиначів), застосовували симетричне тренування всіх м'язових груп. Комплекси терапевтичних вправ, які ми використовували, наведено в додатку В.

Діти в контрольній групі проходили розроблену програму фізичної терапії та аеробних тренувань у формі велоергометра, тоді як основна група отримувала ту саму програму, що й контрольна група, а також аеробні тренування на біговій доріжці протягом однієї години тричі на тиждень протягом трьох послідовних місяців. Функціональна здатність до ходьби та баланс оцінювали до та після лікування за допомогою тесту 6-хвилинної ходьби та обладнання системи балансу Biodex відповідно. Результати після застосування програми реабілітації виявили суттєву різницю в усіх вимірюваних змінних ($P < 0,05$) порівняно з результатами до лікування.

Значення після лікування показали, що існує значна різниця в усіх вимірюваних змінних на користь групи основної групи.

3.2. Визначення рухової активності дітей з м'язовою дистрофією Дюшенна

Стандартне лікування м'язової дистрофії Дюшенна DMD включає регулярну фізичну терапію. Немає достовірних даних, щоб довести, чи допомагає додавання водної терапії до наземних вправ підтримувати рухову функцію. Тому ми це перевірили експериментально, включивши у програму реабілітації елементи гідрокінезотерапії.

Діти з початковою стадією DMD віком 6-10 років, які приймають кортикостероїди, мають бал 8-34 за амбулаторною оцінкою North Star (NSAA) ($\text{North Star (NSAA)} \geq 8$) і здатні пройти 10-метрову ходьбу без допоміжних засобів або допомоги, були випадковим чином розподілені (1:1) на 6 місяців або оптимізованих наземних вправ 4-6 днів на тиждень, або те саме 4 дні/тиждень плюс гідрокінезотерапія 2 дні/тиждень. Ті, хто не міг взяти участь у програмі, з різницею в балах NSAA $>20\%$ з інтервалом у 4 тижні або протипоказаннями до занять у водному середовищі були виключені. Середня зміна NSAA через 6 місяців становила -5,5 (SD 7,8) у контрольній групі та -2,8 (SD 4,1) у групі з використанням гідрокінезотерапії. При цьому, у двох хлопчиків виникали больові відчуття після занять у воді. Фізичні терапевти центру комплексної реабілітації та батьки підтвердили, що регулярні заняття у басейні мали позитивний вплив на рухову активність дітей з DMD і підтвердили, що гідрокінезотерапія є корисною для даної категорії пацієнтів, що співпадає з попередніми дослідженнями, проведеними групою вчених [55].

Наступне втручання полягало у тому, що діти були випадковим чином розділені на дві групи, де в основній групі додатково проходили 12-тижневі

аеробні тренування, на відміну від контрольної групи, яка отримувала лише стандартну програму вправ. Основні вимірювання, які проводили для визначення ефективності аеробних тренувань: вимірювання рухової функції та шести-хвилинний тест ходьби. Вони використовувалися для клінічної оцінки. Обидві групи оцінювали на початку та після 12-тижневого навчання.

Результати 12-тижневих аеробних тренувань в основній групі лікування та у контрольній групі ($p > 0,05$). В основній групі лікування були отримані значні покращення показників моторної функції та шести-хвилинного тесту ходьби від базового рівня до 12 тижнів. Загальний бал вимірювання рухової функції в основній групі ($n = 5$) змінився з 83,2 ($\pm 6,1$) до 85,6 ($\pm 4,0$) проти 82,3 ($\pm 10,2$) до 80,4 ($\pm 9,4$) балів у контрольній групі ($n = 5$) ($p = 0,006$).

Інтерпретація результатів: Класифікації ступеня важкості ураження були запропоновані на основі результату оцінки моторної функції згідно з FMA (зі 100 балів): <50 = важке ураження; 50-84 = значне ураження; 84-94 = помірне ураження; 94-99 = незначне ураження.

Тестова відстань за 6 хвилин ходьби змінилася з 205,3 (46,6) метрів до 313,0 (52,3) метрів в основній групі дослідження ($n = 5$) проти 201,2 (54,4) метрів до 303,8 (43,2) метрів у контрольній групі ($n = 5$) ($p < 0,001$). Результати нашого дослідження частково співпадають з попередніми дослідженнями групи авторів, які ми використовували, як базову рекомендацію для даної частини експерименту [56].

3.3. Дослідження функціональних можливостей верхніх кінцівок у дітей з м'язовою дистрофією Дюшена

Також ми досліджували та порівнювали вплив 2 різних типів вправ для верхніх кінцівок на функцію верхніх кінцівок, силу, витривалість і пересування у пацієнтів із ранньою стадією м'язової дистрофії Дюшена.

Досліджувана основна група ($n = 5$) виконувала вправи з ергометром для рук під наглядом фізичного терапевта, тоді як контрольна група ($n = 5$) проходила програму вправ для зміцнення діапазону рухів (ROM) під наглядом своїх сімей вдома. До і після тренування оцінювали функціональні можливості верхніх кінцівок, силу, витривалість і амбулаторний стан. Результати обстеження показали, що показники рухливості, витривалість і функції рук, а також сила проксимальних м'язів покращилися після тренування в групі дослідження ($P < 0,05$).

Результати демонструють, що тренування верхніх кінцівок за допомогою велоергометра є більш ефективним у збереженні та покращенні функціонального рівня пацієнтів із DMD на ранній стадії порівняно з лише вправами для ROM, що підтвердило дослідження, проведене групою авторів [30]. При цьому сила м'язів обох груп була низькою, незалежно від програми занять. Схоже, що існує взаємозалежність між дихальною системою та силою верхніх кінцівок з точки зору м'язової сили та функції у пацієнтів з DMD [36].

Оцінка впливу фізичних вправ та заняттєвої активності на роботу верхніх кінцівок у дітей з DMD, а також визначення зв'язку із факторами, які можуть вплинути на здатність та продуктивність показала їх ефективність. Ручні здібності визначали за допомогою опитувальника ABILHAND-Kids, а працездатність верхніх кінцівок оцінювали за допомогою тесту Performance of Upper Limb (PUL). Були оцінені можливі пов'язані фактори, такі як функціональний рівень, використання стероїдів, діапазон рухів верхньої кінцівки (ROM), опозиція великого пальця, сила м'язів верхньої кінцівки та сила захоплення. Було проаналізовано кореляцію пов'язаних факторів із ручними можливостями та продуктивністю верхніх кінцівок. Помірні порушення визначали за ABILHAND-Kids та PUL з балами $24,10 \pm 12,63$ в основній групі ($n = 5$) та $34,31 \pm 13,05$ у контрольній групі ($n = 5$) відповідно. Функціональний рівень, використання стероїдів, ROM верхніх кінцівок і

загальна сила м'язів верхніх кінцівок у дітей корелювали від слабкої до сильнішої з одним балом.

3.4. Морфологічний статус та функціональний стан дітей із м'язовою дистрофією Дюшена

Характеристика фізичного розвитку дитини включає опис трьох його складових: загального рівня фізичного розвитку; співвідношення основних параметрів тіла: довжини, окружності грудної клітки і маси; інтенсивності наростання тотальних розмірів тіла.

Довжина тіла залишається основним і стабільним антропометричним показником, тому що вона, на відміну від інших соматометричних показників, менше залежить від впливу чинників навколишнього середовища.

Маса тіла, на відміну від його довжини, знаходиться у прямій залежності від дії різноманітних чинників, і насамперед від стану здоров'я, способу життя та впливу довкілля.

На основі здійснення антропометричних вимірювань експериментальної роботи ми отримали фактичний матеріал, який піддали математичній статистиці. Результати дослідження морфологічного статусу організму дітей подано в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Показники антропометрії дітей 6-10 років із м'язовою дистрофією Дюшена (n=10)

<i>Показник</i>	<i>Ріст, см</i>	<i>Вага, кг</i>	<i>ОТ, см</i>	<i>ОС, см</i>
M±m	130,6±1,5	35,2±0,7	42,1±0,7	50,2±1,3

Як видно з табл. 3.1, середні показники росту дітей становлять $130,6 \pm 1,5$ см, середня вага $35,2 \pm 0,7$ кг, середні показники об'єму талії склали $42,1 \pm 0,7$ см, середні показники обсягу стегон $50,2 \pm 1,3$ см.

Життєва ємність легень (ЖЄЛ) є одним з основних показників стану апарату зовнішнього дихання. Життєва ємність легень залежить від віку, статі, стану здоров'я людини та тренуваності дихання.

Для об'єктивної оцінки функціонального стану серцево-судинної системи організму використовують показники ЧСС, артеріального тиску систолічного та артеріального тиску діастолічного. Артеріальний тиск (АТ) є одним з найінформативніших показників функціонування серцево-судинної системи.

Показники функціонального стану дітей із м'язовою дистрофією Дюшена в основній та контрольній групі після проведеної фізичної терапії подано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

**Значення показників функціонального стану дітей 6-10 років
із м'язовою дистрофією Дюшена після експерименту (n=10)**

<i>Показники</i>	<i>Основна група (n=5)</i>	<i>Контрольна група (n=5)</i>
ЧСС, скорочень за 1 хв	$87,6 \pm 1,3$	$86,2 \pm 1,5$
АТ систолічний, мм рт.ст.	$120,2 \pm 4,7$	$118,7 \pm 5,1$
АТ діастолічний, мм рт.ст.	$78,1 \pm 1,2$	$76,3 \pm 1,9$
ЖЄЛ, мл	$1320 \pm 2,6$	$1310 \pm 4,8$

Після закінчення програми фізичної терапії ритм рухів у дітей покращився, вправи виконували сумлінно та якісніше ніж на початку експерименту. Діти обох досліджуваних груп мали показники фізіологічного стану організму в межах норми. Але пацієнти основної групи, які отримували розроблений нами комплекс ФТ мали вищі показники ЧСС ($87,6 \pm 1,3$ уд/хв

проти $86,2 \pm 1,5$ уд/хв). Показники АТ були вищими в основній групі ($120,2 \pm 4,7/78,1 \pm 1,2$ мм рт. ст. проти $118,7 \pm 5,1/76,3 \pm 1,9$ мм рт. ст.). Вищі показники ЖЄЛ вказують на те, що інспіраторна та експіраторна ємність легень може бути збільшена шляхом тренування. В основній групі ЖЄЛ становила $1320 \pm 2,6$ мл, у контрольній – $1310 \pm 4,8$ мл.

Дихальні вправи йоги призвели до значного збільшення форсованої життєвої ємності легень FVC (% від прогнозованого: $82,3 \pm 18,6\%$ на початку проти $90,3 \pm 22,5\%$ через 10 місяців ($p = 0,02$)).

Визначення згинання/розгинання проводили за допомогою мануально-м'язового тестування. Оцінювали спастичність м'язів шляхом пальпації м'язів та рефлекторного скорочення м'язів під час пасивних рухів у суглобі. За допомогою пальпації м'язів встановлювали їхню пружність, а м'язи були максимально розслабленими. Результати показників подано в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Результати мануально-м'язового тестування нижньої кінцівки у дітей із м'язовою дистрофією Дюшена (у балах) (n=10)

<i>Рух, який виконує м'яз</i>	<i>Етапи</i>	<i>Основна група (n=5)</i>	<i>Контрольна група (n=5)</i>
Розгинання стопи	1	$2,03 \pm 0,17$	$2,02 \pm 0,16$
	2	$3,42 \pm 0,19$	$2,91 \pm 0,13$
Згинання стопи	1	$2,11 \pm 0,14$	$2,14 \pm 0,12$
	2	$3,20 \pm 0,20$	$3,04 \pm 0,15$
Розгинання гомілки	1	$2,46 \pm 0,11$	$2,50 \pm 0,08$
	2	$3,95 \pm 0,13$	$3,84 \pm 0,17$
Згинання стегна	1	$2,74 \pm 0,18$	$2,66 \pm 0,19$
	2	$4,01 \pm 0,21$	$3,84 \pm 0,14$

Примітка. 1 – на початку експерименту, 2 – після експерименту, $p > 0,05$

Пальпацію виконували ритмічно стискаючи м'яз пальцями. Тестуючи спастичність м'язів способом пасивних рухів, виконували пасивні рухи на згинання й розгинання в суглобі в середньому темпі і визначали супротив до пасивного розтягу м'яза. Під час тестування спастичності м'язів спостерігали підвищення тонусу в усіх дітей. До початку дослідження показники спастичності обох груп вірогідно не відрізнялися.

Згідно з даними табл. 3.3, на початку аналіз показників виявив обмеження рухливості при розгинанні в обох групах. Покращення показників після комплексу вправ спостерігалось в усіх порівнюваних групах, що можна пояснити позитивним впливом засобів реабілітації. Проте, показники основної групи дещо були вищими за контрольну, що може бути підтвердженням ефективності програми фізичної терапії.

Як свідчать наші результати дослідження тотальних розмірів обстежуваних дітей, навіть серед них є іноді істотні відмінності. Це спонукало нас до проведення аналізу функціонального стану, оскільки, за даними багатьох дослідників, не можна об'єктивно оцінити фізичний статус людини без вивчення такої важливої його складової як рівень розвитку функціональних можливостей індивідуума.

Результати експерименту дають змогу сказати, що рівень фізичного розвитку дітей з м'язовою дистрофією Дюшена за антропометричними та функціональними показниками нижчий середнього. Причиною цього, на нашу думку, є наявність патологій опорно-рухового апарата. Тому застосування комплексної реабілітаційної програми було спрямовано на стабілізацію прогресування даного захворювання.

Експериментальне дослідження підтвердило, що фізична терапія статистично покращує рухову функцію у пацієнтів із DMD за показниками тесту на 6-ти хвилинну ходьбу (6MWT). Програми фізичних вправ та інтенсивної фізичної терапії є особливо ефективними, хоча переваги змінюються залежно від конкретного втручання та популяції пацієнтів. Ці

результати підтверджують включення індивідуальних фізіотерапевтичних стратегій у лікування DMD для покращення моторних результатів і загальної якості життя [61].

Фізична терапія при DMD спрямована на розвиток фізичного потенціалу дітей. Метою програми фізичної терапії було мінімізувати розвиток контрактур і деформацій шляхом виконання пасивних розтягнень на початку занять для збереження еластичності м'язів, а також підбір спеціальних фізичних вправ. У своїй роботі з даною категорією пацієнтів ми намагалися мінімізувати появу вторинних фізичних ускладнень, які пов'язані з недостатністю дихальної системи та обмеженою мобільністю. З цією метою потрібно використовувати дихальні вправи, щоб очистити дихальні шляхи від виділень та покращити легеневі показники.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Незважаючи на те, що DMD може вражати кілька тканин і органів тіла, найбільше воно впливає на цілісність м'язових волокон. Хвороба викликає дегенерацію м'язів, прогресуючу слабкість, загибель волокон, розгалуження та розщеплення волокон, а в деяких випадках – хронічне або постійне вкорочення сухожиль і м'язів. Крім того, загальна сила м'язів і сухожильні рефлексии зазвичай знижуються або втрачаються через заміну м'язів сполучною тканиною та жиром.

Ускладнення хвороби можуть включати лихоманку з кашлем або проблеми з диханням; аномальну слабкість серцевого м'яза (кардіоміопатію), яка проявляється до 10 років; застійну серцеву недостатність або нерегулярний серцевий ритм (аритмії), які присутні у всіх людей з м'язовою дистрофією Дюшена у віці до 18 років; деформації грудної клітки та спини (може бути сколіоз); збільшення м'язів литок, сідниць і плечей (приблизно у віці 4-5 років), які згодом замінюються жировою та сполучною тканиною (псевдогіпертрофія); втрату м'язової маси; контрактури м'язів в області п'ят і ніг; деформації м'язів; психічні порушення (різні, зазвичай мінімальні); постійну, прогресуючу втрату працездатності, включаючи зниження рухливості та зниження здатності до самообслуговування; розлади дихання, розвиток пневмонії або інших респіраторних інфекцій; ковтання їжі або рідини, що потрапляє в легені (на пізніх стадіях захворювання); дихальну недостатність.

Тести можуть включати: рівень креатинкінази в крові; електрокардіограму (ЕКГ); тестування серця; рентген хребта, щоб визначити, чи є сколіоз; легеневі функціональні тести; електроміографію (ЕМГ); генетичні тести.

Немає відомих ліків від м'язової дистрофії Дюшена. Лікування спрямоване на контроль симптомів для покращення якості життя. Стероїдні

препарати можуть уповільнити втрату м'язової сили. Їх можна розпочинати, коли дитині поставлено діагноз або коли м'язова сила починає знижуватися. Інші методи лікування можуть включати медикаментозне лікування, риба'чий жир, екстракти зеленого чаю, вітамін Е. Однак ефект цих методів лікування не доведений. Генетична терапія може бути корисною для деяких пацієнтів, залежно від генетичної причини. Кожна терапія працює лише на невеликій кількості пацієнтів, залежно від їхньої специфічної генетичної зміни (мутації). Хоча було показано, що ці методи лікування збільшують вироблення дистрофіну, вони ще не мають значних клінічних переваг.

Інші методи лікування можуть включати: допоміжну вентиляцію (використовується вдень або вночі), ліки, що сприяють роботі серця, ортопедичні пристрої (такі як брекети та крісло колісне) для покращення мобільності.

Дихальні вправи йоги можуть покращити легеневу функцію у пацієнтів з DMD. Сприятливий вплив йоги на хронічні болі було показано поряд із покращенням рухової функції та м'язової сили. Пацієнти з м'язовою дистрофією Дюшенна з ураженням дихання можуть відчувати покращення функції легень.

Існує взаємозалежність між дихальною системою та силою верхніх кінцівок з точки зору м'язової сили та функції у пацієнтів з DMD. Водна терапія сприятливо впливає на дитину з DMD з точки зору соціалізації, релаксації, якості життя та самосприйняття. Дихальні вправи йоги можуть покращити легеневу функцію, зменшити хронічні болі, покращити рухові функції та м'язову силу у пацієнтів з DMD. Визначено безпеку та ефективність програми ізометричних вправ для ніг із легким та помірним опором у хлопчиків із м'язовою дистрофією Дюшенна, яка потенційно позитивно впливає як на силу, так і на функцію у амбулаторних хлопчиків із DMD.

Можливий зв'язок між стабільністю тулуба та функцією верхніх кінцівок у дітей із DMD. Функція руки залежить від сили для більшості рухових завдань. Докази низької якості свідчать про те, що силові тренування з іншими вправами або без них можуть покращити сприйняття напруги, дистальну функцію верхньої кінцівки, статичну та динамічну рівновагу, ходу та самопочуття при DMD. Ефективність використання систем віртуальної реальності, застосованих у реабілітації верхніх кінцівок осіб з м'язовою дистрофією Дюшена доведена експериментально згідно наукових досліджень. Телереабілітація загалом може бути корисною для підтримки рухових функцій у дітей з DMD. Навчальний ефект допомагає зменшити відчуття втоми у дітей під час програми.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Фізична терапія відіграє важливу роль у стабілізації фізичного та функціонального стану осіб з м'язовою дистрофією Дюшена. Пасивне розтягування може збільшити гнучкість суглобів і запобігти контрактурам, які обмежують рух і спричиняють втрату функції. При правильному виконанні пасивне розтягування не викликає болю. Фізичний терапевт повільно переміщує суглоб якомога далі та зберігає положення приблизно 30 секунд. Протягом сеансу рух повторюється кілька разів. Пасивне розтягування дітей може бути легшим після теплої ванни або душу.

Регулярні помірні фізичні вправи можуть допомогти людям із DMD підтримувати діапазон рухів і м'язову силу, запобігти атрофії м'язів і затримати розвиток контрактур. Люди з ослабленою діафрагмою можуть навчитися виконувати вправи на кашель і глибоке дихання, спрямовані на те, щоб легені повністю розширювалися.

Постуральна корекція використовується для протидії м'язовій слабкості, контрактурам і порушенням хребта, які змушують людей із DMD займати незручне положення. Коли це можливо, люди повинні сидіти прямо, поставивши ноги під кутом 90 градусів до підлоги. Подушки та поролонові клини можуть допомогти утримати пацієнта у вертикальному положенні, рівномірно розподілити вагу та змусити ноги випрямити. Підлокітники мають бути на належній висоті, щоб забезпечити підтримку та запобігти нахилу.

Допоміжні засоби, такі як крісло колісне, шини та брекети, інші ортопедичні пристосування та перекладини (трапедії) можуть допомогти підтримувати рухливість. Брекети використовуються, щоб допомогти розтягнути м'язи та забезпечити підтримку, зберігаючи пацієнта амбулаторним. Опори для хребта можуть допомогти відстрочити сколіоз. Нічні шини, якщо їх використовувати в поєднанні з пасивним розтягуванням,

можуть відстрочити контрактури. Ортопедичні пристрої, такі як рами для стояння та поворотні ходунки, допомагають людям залишатися стоячи або ходити якомога довше, що сприяє кращому кровообігу та покращує утримання кальцію в кістках.

Повторні низькочастотні спалахи електричної стимуляції м'язів стегна можуть призвести до незначного збільшення сили у деяких хлопчиків із м'язовою дистрофією Дюшена, хоча ефективність цієї терапії не була доведена.

Ерготерапія може допомогти деяким людям впоратися з прогресуючою слабкістю та втратою рухливості. Деяким особам може знадобитися навчитися новим професійним навичкам або новим способам виконання завдань, тоді як іншим особам може знадобитися змінити роботу. Допоміжні технології можуть включати зміни вдома та на робочому місці, а також використання крісла колісного з приводом, аксесуарів для крісла колісного та адаптивного посуду.

Логопедична терапія може допомогти пацієнтам, чий м'язи обличчя та горла ослаблені. Вони можуть навчитися користуватися спеціальними пристроями зв'язку, такими як комп'ютер із синтезатором голосу

Дієтичні зміни не сповільнюють прогресування м'язової дистрофії. Проте правильне харчування має важливе значення для загального здоров'я. Обмежена рухливість або відсутність активності внаслідок м'язової слабкості може сприяти ожирінню, зневодненню та закрепам. Може допомогти дієта з високим вмістом клітковини, білка та низькокалорійна дієта в поєднанні з рекомендованим споживанням рідини. Методи годування можуть допомогти людям із DMD, які мають розлади ковтання та кому важко перевести рідину з рота в шлунок.

ВИСНОВКИ

М'язова дистрофія Дюшена зустрічається приблизно в 1 з кожних 3600 немовлят чоловічої статі. Симптоми найчастіше з'являються до 6 років можуть включати: інтелектуальну недостатність й ослаблення м'язів. М'язова слабкість починається в проксимальних м'язах нижніх кінцівок і тазі, але також виникає ослаблення в верхніх кінцівках, у відділі шиї та інших частинах тіла. Спостерігається м'язова слабкість та розвиток згинальних контрактур кінцівок і сколіоз. Також ознаками хвороби є задишка, втома, набряки ніг через ослаблення серцевого м'яза; проблеми з диханням через ослаблення дихальних м'язів;. Труднощі з диханням і хвороби серця зазвичай починаються до 20 років.

Для дітей із DMD характерними є прогресуючі труднощі при ходьбі. Для пацієнтів характерні проблеми з руховими навичками (біг, підстрибування, стрибки); ходьба на носочках, часті падіння; проблеми з підйомом з положення лежачи або підйомом по сходах. Здатність ходити може бути втрачена до 12 років, і дітям доводиться пересуватися на кріслі колісному. Серед методів фізичної терапії при DMD рекомендованими є: водна терапія; дихальні вправи йоги; ізометричні вправи для ніг із легким та помірним опором; силові тренування; віртуальна реальність; телереабілітація.

Комплексна програма фізичної терапії дітей із ранньою стадією м'язової дистрофії Дюшена включала терапевтичні вправи, заняття коригуючими вправами з елементами йоги, формування навички правильного утримання тіла, ходьбу, ігрові методики, гідрокінезитерапію, пасивне розтягування суглобів. У комплекси терапевтичних вправ було включено загальнорозвиваючі, дихальні, коригуючі вправи; вправи та ходьба у воді. Ефективність програми фізичної терапії була підтверджена тестуваннями, опитувальниками та антропометричними вимірюваннями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alemdaroğlu I., Karaduman A., Yilmaz Ö. T., Topaloğlu H. Different types of upper extremity exercise training in Duchenne muscular dystrophy: effects on functional performance, strength, endurance, and ambulation. *Muscle & nerve*. 2015. 51(5) P.697–705. <https://doi.org/10.1002/mus.24451>
2. Ali Mostafa S, Marwa S Saleh. “Trunk-oriented Exercises Versus Whole-body Vibration on Abdominal Thickness and Balance in Children with Duchene Muscular Dystrophy.” *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions* vol. 2024. 24(1). P.47-54.
3. Al-Mfarej D., Vojtech J. M., Roy S. H., Townsend E., Keysor J. J., Kuntz N., Rao V., Kline J. C., Shiwani B. A Virtual Reality Exergame: Clinician-Guided Breathing and Relaxation for Children with Muscular Dystrophy: 2023, *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*. 2023. P.270–276. <https://doi.org/10.1109/vrw58643.2023.00065>
4. Alzahrani A. Physiotherapeutic Interventions for Patients With Rare Genetic Muscle-Wasting Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 2024. 16(8), e66349. <https://doi.org/10.7759/cureus.66349>
5. Annexstad E. J., Lund-Petersen I., Rasmussen, M. Duchenne muscular dystrophy. *Tidsskrift for den Norske laegeforening : tidsskrift for praktisk medicin, ny raekke*. 2014. 134(14). P.1361–1364. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.13.0836>
6. Araujo A. P. Q. C., Saute J. A. M., Fortes C. P. D. D., França M. C., Jr Pereira J. A., Update of the Brazilian consensus recommendations on Duchenne muscular dystrophy. Atualização das recomendações do consenso brasileiro para distrofia muscular de Duchenne. *Arquivos de neuro-psiquiatria*. 2023. 81(1). P.81–94. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1761466>

7. Aslesh T., Erkut E., Yokota T. Restoration of dystrophin expression and correction of Duchenne muscular dystrophy by genome editing. *Expert opinion on biological therapy*. 2021. 21(8), 1049–1061. <https://doi.org/10.1080/14712598.2021.1872539>
8. Atamturk H., Atamturk A. Therapeutic effects of aquatic exercises on a boy with Duchenne muscular dystrophy. *Journal of exercise rehabilitation*. 2018. 14(5), P.877–882. <https://doi.org/10.12965/jer.1836408.204>
9. Baeza-Barragán M. R., Labajos Manzanares M. T., Amaya-Álvarez M. C., Morales Vega F., Rodriguez Ruiz J., Martín-Valero R. Effectiveness of a 5-Week Virtual Reality Telerehabilitation Program for Children With Duchenne and Becker Muscular Dystrophy: Prospective Quasi-Experimental Study. *JMIR serious games*. 2023. 11. e48022. <https://doi.org/10.2196/48022>
10. Baeza-Barragán M. R., Labajos Manzanares M. T., Ruiz Vergara C., Casuso-Holgado M. J., Martín-Valero R. The Use of Virtual Reality Technologies in the Treatment of Duchenne Muscular Dystrophy: Systematic Review. *JMIR mHealth and uHealth*. 2020. 8(12). e21576. <https://doi.org/10.2196/21576>
11. Birnkrant D. J., Bushby K., Bann C. M., Alman B. A., Apkon S. D., Blackwell A., Case L. E., Cripe L., Hadjiyannakis S., Olson A. K., Sheehan D. W., Bolen J., Weber D. R., Ward L. M., DMD Care Considerations Working Group. Diagnosis and management of Duchenne muscular dystrophy, part 2: respiratory, cardiac, bone health, and orthopaedic management. *The Lancet. Neurology*. 2018. 17(4). P.347–361. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30025-5](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30025-5)
12. Bourke J.P., Bueser T., Quinlivan R. Interventions for preventing and treating cardiac complications in Duchenne and Becker muscular dystrophy and X-linked dilated cardiomyopathy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018. 10(10). P.9068. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009068.pub3>

13. Bulut N., Alemdaroğlu-Gürbüz I., Topaloğlu H., Yılmaz Ö., Karaduman A. The association between trunk control and upper limb functions of children with Duchenne muscular dystrophy. *Physiotherapy theory and practice*. 2022. 38(1). P.46–54. <https://doi.org/10.1080/09593985.2020.1723151>
14. Bulut N., Gürbüz I., Yılmaz Ö., Aydın G., Karaduman A. The association of hand grip strength with functional measures in non-ambulatory children with Duchenne muscular dystrophy. *Arquivos de neuro-psiquiatria*. 2019. 77(11). P.792–796. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190161>
15. Bulut N., Karaduman A., Alemdaroğlu-Gürbüz İ., Yılmaz Ö., Topaloğlu H., Özçakar L. The effect of aerobic training on motor function and muscle architecture in children with Duchenne muscular dystrophy: A randomized controlled study. *Clinical rehabilitation*. 2022. 36(8). P.1062–1071. <https://doi.org/10.1177/02692155221095491>
16. Case L. E., Apkon S. D., Eagle M., Gulyas A., Juel L., Matthews D., Newton R. A., Posselt H. F. Rehabilitation Management of the Patient With Duchenne Muscular Dystrophy. *Pediatrics*. 2018. 142(Suppl 2). P.17–33. <https://doi.org/10.1542/peds.2018-0333D>
17. Choi, E., Koo, T. CRISPR technologies for the treatment of Duchenne muscular dystrophy. *Molecular therapy: the journal of the American Society of Gene Therapy*. 2021. 29(11). P.3179–3191. <https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2021.04.002>
18. Decostre V., De Antonio M., Servais L., Hogrel J. Y. Relationship Between Hand Strength and Function in Duchenne Muscular Dystrophy and Spinal Muscular Atrophy: Implications for Clinical Trials. *Journal of neuromuscular diseases*. 2024. 11(4). P.777–790. <https://doi.org/10.3233/JND-230182>
19. Demir G., Bulut N., Yılmaz Ö., Karaduman A., Alemdaroğlu-Gürbüz İ. Manual ability and upper limb performance in nonambulatory stage of Duchenne muscular dystrophy. *Archives de pediatrie : organe officiel de la*

- Societe francaise de pediatrie.* 2020. 27(6). P.304–309.
<https://doi.org/10.1016/j.arcped.2020.06.007>
- 20.Elasbali A. M., Al-Soud W. A., Anwar S., Alhassan H. H., Adnan M., Hassan M. I. A review on mechanistic insights into structure and function of dystrophin protein in pathophysiology and therapeutic targeting of Duchenne muscular dystrophy. *International journal of biological macromolecules.* 2024. 264(Pt 1). P.130544.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130544>
- 21.Erkut E., Yokota T. CRISPR Therapeutics for Duchenne Muscular Dystrophy. *International journal of molecular sciences.* 2022. 23(3). P.1832.
<https://doi.org/10.3390/ijms23031832>
- 22.Fayssoil A., Abasse S., Silverston K. Cardiac Involvement Classification and Therapeutic Management in Patients with Duchenne Muscular Dystrophy. *Journal of neuromuscular diseases.* 2017. 4(1). P.17–23.
<https://doi.org/10.3233/JND-160194>
- 23.Gaudreault N., Gravel D., Nadeau S., Houde S., Gagnon D. Gait patterns comparison of children with Duchenne muscular dystrophy to those of control subjects considering the effect of gait velocity. *Gait & posture.* 2010. 32(3). P.342–347. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.06.003>
- 24.Goudriaan M., Van den Hauwe M., Dekeerle J., Verhelst L., Molenaers G., Goemans N., Desloovere K. Gait deviations in Duchenne muscular dystrophy-Part 1. A systematic review. *Gait & posture.* 2018. 62. P.247–261. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.020>
- 25.Goudriaan M., Van den Hauwe M., Simon-Martinez C., Huenaearts C., Molenaers G., Goemans N., Desloovere K. Gait deviations in Duchenne muscular dystrophy-Part 2. Statistical non-parametric mapping to analyze gait deviations in children with Duchenne muscular dystrophy. *Gait & posture.* 2018. 63. P.159–164. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.04.038>

- 26.Güneş Gencer G. Y., Yilmaz, Ö. The effect of trunk training on trunk control, upper extremity, and pulmonary function in children with Duchenne muscular dystrophy: A randomized clinical trial. *Clinical rehabilitation*. 2022. 36(3). P.369–378. <https://doi.org/10.1177/02692155211043265>
- 27.Haddad C. N., Ali S., Stephanou D., Assakura M. S., Sahagian L., Trogkanis E. Pharmacological management of dilated cardiomyopathy in Duchenne muscular dystrophy: A systematic review. *Hellenic journal of cardiology: HJC = Hellenike kardiologike epitheorese*. 2023. 74. P.58–64. <https://doi.org/10.1016/j.hjc.2023.06.007>
- 28.Hammer S., Toussaint M., Vollsæter M., Nesbjørg Tvedt M., Drange Røksund O., Reychler G., Lund H., Andersen, T. Exercise Training in Duchenne Muscular Dystrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of rehabilitation medicine*. 2022. 54. P.250. <https://doi.org/10.2340/jrm.v53.985>
- 29.Hanson B., Wood M. J. A., Roberts T. C. Molecular correction of Duchenne muscular dystrophy by splice modulation and gene editing. *RNA biology*. 2021. 18(7). P.1048–1062. <https://doi.org/10.1080/15476286.2021.1874161>
- 30.Hind D., Parkin J., Whitworth V., Rex, S., Young T., Hampson L., Sheehan J., Maguire C., Cantrill H., Scott E., Epps H., Main M., Geary M., McMurchie H.,... Baxter P. Aquatic therapy for boys with Duchenne muscular dystrophy (DMD): an external pilot randomised controlled trial. *Pilot and feasibility studies*. 2017. 3. 16. <https://doi.org/10.1186/s40814-017-0132-0>
- 31.Janssen M. M. H. P., Harlaar J., Koopman B., de Groot I. J. M. Unraveling upper extremity performance in Duchenne muscular dystrophy: A biophysical model. *Neuromuscular disorders: NMD*. 2019. 29(5). P.368–375. <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2019.03.006>
- 32.Jones K., Hawke F., Newman J., Miller J. A., Burns J., Jakovljevic D. G., Gorman G., Turnbull D. M., Ramdharry G. Interventions for promoting

- physical activity in people with neuromuscular disease. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2021. 5(5). P.13544. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013544.pub2>
- 33.Kennedy R. A., Carroll K., McGinley J. L., Paterson K. L. Walking and weakness in children: a narrative review of gait and functional ambulation in paediatric neuromuscular disease. *Journal of foot and ankle research*. 2020. 13(1). 10. <https://doi.org/10.1186/s13047-020-0378-2>
- 34.Kiper P., Federico S., Szczepańska-Gieracha J., Szary P., Wrzeciono A., Mazurek J., Luque-Moreno C., Kiper A., Spagna M., Barresi R., Cieślik B. A Systematic Review on the Application of Virtual Reality for Muscular Dystrophy Rehabilitation: Motor Learning Benefits. *Life (Basel, Switzerland)*. 2024. 14(7). P.790. <https://doi.org/10.3390/life14070790>
- 35.Leone E., Pandyan A., Rogers A., Kulshrestha R., Hill J., Philp F. Effectiveness of conservative non-pharmacological interventions in people with muscular dystrophies: a systematic review and meta-analysis. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*. 2024. 95(5). P.442–453. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2023-331988>
- 36.Lott D. J., Taivassalo, T., Cooke K. D., Park H., Moslemi Z., Batra A., Forbes S. C., Byrne B. J., Walter G. A., Vandenborne K. Safety, feasibility, and efficacy of strengthening exercise in Duchenne muscular dystrophy. *Muscle & nerve*. 2021. 63(3). P.320–326. <https://doi.org/10.1002/mus.27137>
- 37.Manzur A. Y., Kuntzer T., Pike, M., Swan A. Glucocorticoid corticosteroids for Duchenne muscular dystrophy. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2008. (1). CD003725. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003725.pub3>
- 38.Matthews E., Brassington R., Kuntzer T., Jichi F., Manzur A. Y. Corticosteroids for the treatment of Duchenne muscular dystrophy. *The*

- Cochrane database of systematic reviews*. 2016. (5). CD003725. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003725.pub4>
39. Mavrogeni S. I., Markousis-Mavrogenis G., Papavasiliou A., Papadopoulos G., Kolovou G. Cardiac Involvement in Duchenne Muscular Dystrophy and Related Dystrophinopathies. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*. 2018. 1687. P.31–42. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7374-3_3
 40. Moreira-Marconi E., Sá-Caputo D. C., Dionello C. F., Guedes-Aguiar E. O., Sousa-Gonçalves C. R., Morel D. S., Paineiras-Domingos L. L., Souza P. L., Kütter C. R., Costa-Cavalcanti R. G., Costa G., Paiva P. C., Figueiredo C., Brandão-Sobrinho-Neto S., Stark C., Unger M., Bernardo-Filho M. Whole-body vibration exercise is well tolerated in patients with Duchenne muscular dystrophy: a systematic review. *African journal of traditional, complementary, and alternative medicines: AJTCAM*. 2017. 14(4 Suppl). P.2–10. <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v14i4S.1>
 41. Pandey S. N., Kesari A., Yokota T., Pandey G. S. Muscular Dystrophy: Disease Mechanisms and Therapies. *BioMed research international*. 2015. P.456348. <https://doi.org/10.1155/2015/456348>
 42. Patrick Engkasan J., Chan S. C. What are the effects of treatments used to prevent or treat heart complications in Duchenne muscular dystrophy, Becker muscular dystrophy, and X-linked dilated cardiomyopathy? A Cochrane Review summary with commentary. *Developmental medicine and child neurology*. 2020. 62(7). P.776–777. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14568>
 43. Podkalicka P., Mucha O., Dulak J., Loboda A. Targeting angiogenesis in Duchenne muscular dystrophy. *Cellular and molecular life sciences: CMLS*. 2019. 76(8). P.1507–1528. <https://doi.org/10.1007/s00018-019-03006-7>
 44. Podkalicka P., Myszka M., Dulak J., Łoboda A. Molekularne mechanizmy dystrofii mięśniowej Duchenne’a i nowe możliwości terapeutyczne [Molecular mechanisms of Duchenne muscular dystrophy and new

- therapeutic strategies]. *Postepy biochemii*. 2022. 68(2). P.109–122.
https://doi.org/10.18388/pb.2021_428
- 45.Ramli A. A., Liu X., Berndt K., Goude E., Hou J., Kaethler L. B., Liu R., Lopez A., Nicorici A., Owens C., Rodriguez D., Wang J., Zhang H., Aranki D., McDonald C. M., Henricson E. K. Gait Characterization in Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) Using a Single-Sensor Accelerometer: Classical Machine Learning and Deep Learning Approaches. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2024. 24(4). P.1123. <https://doi.org/10.3390/s24041123>
- 46.Ricotti V., Selby V., Ridout D., Domingos J., Decostre V., Mayhew A., Eagle M., Butler J., Guglieri, M., Van der Hols, M., Jansen M. Respiratory and upper limb function as outcome measures in ambulant and non-ambulant subjects with Duchenne muscular dystrophy: A prospective multicentre study. *Neuromuscular disorders: NMD*. 2019. 29(4). P.261–268.
<https://doi.org/10.1016/j.nmd.2019.02.002>
- 47.Rodrigues M. R., Carvalho C. R., Santaella D. F., Lorenzi-Filho G., Marie S. K. Effects of yoga breathing exercises on pulmonary function in patients with Duchenne muscular dystrophy: an exploratory analysis. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2014. 40(2). P.128–133.
<https://doi.org/10.1590/s1806-37132014000200005>
- 48.Sackley C., Disler P. B., Turner-Stokes L., Wade D. T., Brittle N., Hoppitt, T. Rehabilitation interventions for foot drop in neuromuscular disease. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2009. (3). P.3908.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD003908.pub3>
- 49.Saud A., Abbasi M., Merris H., Parth P., Jones X. M., Aggarwal R., Gupta L. Harnessing the benefits of yoga for myositis, muscle dystrophies, and other musculoskeletal disorders. *Clinical rheumatology*. 2022. 41(11). P.3285–3297. <https://doi.org/10.1007/s10067-022-06280-2>.

50. Seferian A. M., Moraux A., Annoussam M., Canal, A., Decostre V., Diebete O., Le Moing A. G., Gidaro T., Deconinck N. Upper limb strength and function changes during a one-year follow-up in non-ambulant patients with Duchenne Muscular Dystrophy: an observational multicenter trial. *PloS one*. 2015. 10(2). e0113999. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113999>
51. Servais L., Deconinck N., Moraux A., Benali M., Canal A., Van Parys F., Vereecke W., Wittevrongel S., Mayer M., Desguerre I., Maincent K., Themar-Noel C., Quijano-Roy S., Serari N., Voit T., Hogrel J. Y. Innovative methods to assess upper limb strength and function in non-ambulant Duchenne patients. *Neuromuscular disorders: NMD*. 2013. 23(2). P.139–148. <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2012.10.022>
52. Sherief A. E. A. A., Abd ElAziz H. G., Ali, M. S. Efficacy of two intervention approaches on functional walking capacity and balance in children with Duchene muscular dystrophy. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*. 2021. 21(3). P.343–350.
53. Silva I. S., Pedrosa R., Azevedo I. G., Forbes A. M., Fregonezi G. A., Dourado Junior M. E., Lima S. R., Ferreira G. M. Respiratory muscle training in children and adults with neuromuscular disease. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2019. 9(9). P.11711. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011711.pub2>
54. Sobierajska-Rek A., Wasilewska E., Śledzińska K., Jabłońska-Brudło J., Małgorzewicz S., Wasilewski A., Szalewska D. The Association between the Respiratory System and Upper Limb Strength in Males with Duchenne Muscular Dystrophy: A New Field for Intervention?. *International journal of environmental research and public health*. 2022. 19(23). P.15675. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315675>
55. Vandekerckhove I., De Beukelaer N., Van den Hauwe M., Shuman B. R., Steele K. M., Van Campenhout A., Goeman N., Desloovere, K., Goudriaan M. Muscle weakness has a limited effect on motor control of gait in

- Duchenne muscular dystrophy. *PloS one*. 2020. 15(9). e0238445.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238445>
56. Voet N. B., van der Kooi E. L., Riphagen I. I., Lindeman E., van Engelen B. G., Geurts, A. C. Strength training and aerobic exercise training for muscle disease. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2013. (7). P.3907.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD003907.pub4>
57. Voet N. B., van der Kooi E. L., van Engelen B. G., Geurts A. C. Strength training and aerobic exercise training for muscle disease. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2019. 12(12), P.3907.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD003907.pub5>
58. http://www.ninds.nih.gov/disorders/md/detail_md.htm
59. http://www.ninds.nih.gov/news_and_events/congressional_testimony/md_testimony.htm
60. http://www.ninds.nih.gov/news_and_events/proceedings/fshmdconference.htm

ДОДАТКИ

Додаток А*Комплекс терапевтичних вправ №1*

1. 1.Ходьба звичайна, на носках і п'ятках – 1,5-2 хв. Вправу ускладнюють за рахунок згинань і розгинань рук, виконання колових рухів зігнутими або випрямленими руками.

2.Ходьба на випрямлених і трохи зігнутих ногах з гімнастичною палицею на з'єднаних лопатках.

3.Ходьба з гімнастичною палицею на попереку протягом 45 – 60 с із з'єднаними лопатками. На 6 кроків палицю повільно відвести назад-вгору, на два кроки – опустити у в.п.

4.В.п. – лежачи на грудях, руки за головою. Потягнутися вгору якомога сильніше, ноги витягнути вниз, не піднімаючи їх з підлоги, тримати 7 – 10 с. Зробити 6 – 8 разів. Те саме, але лежачи на спині, м'язи спини не напружувати.

5.Те саме, але лежачи на похилій площині (на гімнастичній лаві, зачепленій за 3-ю чи 4-у рейку гімнастичної стінки. Чим вище підтягнутий один кінець лави, тим більше витягування. Витягування триває від 2 – 3 хв до 10 хв.

6.В.п. – лежачи на спині, руки вздовж тулуба на підлозі. 1-6 – руки за голову, потягнутися, 7-8 – розслабитися; в.п. Зробити 4 – 6 разів.

7.В.п. – лежачи на животі, руки за спиною, кисті з'єднані в “замок”. 1 – підвести голову і плечі, руки відвести назад-угору, 2-6 – тримати, 7-8 – в.п. Зробити 4 – 6 разів. Вправу можна ускладнити, тримаючи у випрямлених угору руках надувний чи набивний м'яч, гімнастичну палицю.

8.В.п. – лежачи на животі, руки вгору. Відвести назад злегка зігнуту ногу, захопити її однойменною рукою за ступню і потягнути до голови, голову і плечі підняти. Тримати 5 – 7 с. Виконати 2 – 3 рази кожною ногою.

9.В.п. – те ж саме. Підняти обидві злегка зігнуті ноги, захопити їх руками за ступні і потягнути до голови. Тримати 10 с. Зробити 3 – 5 разів.

10.В.п. – лежачи на спині, руки за головою (під лопатками – надувний чи набивний м'яч, валик шириною і висотою 15-20 см). Відвести голову назад, намагаючись доторкнутися нею підлоги. Виконати 8-10 разів.

11.В.п. – лежачи на спині, ноги зігнуті, ступні на підлозі, руки за головою. підняти таз, тримати 5 – 7 с. Зробити 4 – 6 разів.

12.В.п. – о.с. Махові рухи руками і ногами у плечових і тазостегнових суглобах. Виконати кожну вправу 8 – 10 разів.

13.В.п. – те ж саме. Присісти, руки дугами в сторони вгору, уперед не нахилитися; в.п. Виконати 12 – 16 разів.

14.В.п. – ос. Розслабити м'язи рук і ніг, робити поглиблені вдихи і повні видихи протягом 25 – 30 с.

Додаток Б*Комплекс терапевтичних вправ №2*

1. Активна корекція тулуба, не затримуючи дихання. 1 – 2 хв.
2. Ходьба з високим підніманням ніг, енергійною роботою рук в поєднанні з правильним диханням. 2 – 3 хв.
3. Ходьба з одночасним виконанням динамічних дихальних вправ. 4 – 6 разів.
4. Ходьба в перемінному темпі, біг з переходом на повільний крок. 4 – 5 хв.
5. В.п. – основна стійка (о.с.). Дихальні вправи. 4 – 5 разів.
6. В.п. – стоячи, ноги на ширині плечей, стопи паралельно, руки зігнуті в ліктьових суглобах, кисті стиснуті в кулак. “Бокс”. 6 – 8 разів. Після вправи струсити кисті, розслабити.
7. В.п. – стоячи, ноги на ширині плечей. Присідання, руки в сторони й назад, розводячи коліна. 6 – 8 разів.
8. Дихальні вправи. 3 – 4 рази.
9. В.п. – стоячи, ноги на ширині стопи, в руках м’яч. Піднімаючись на носки, руки вгору, не відхиляючи тулуб від середньої лінії. 3 – 4 рази.
10. В.п. – лежачи на спині. Статичні дихальні вправи. 4 – 5 разів. Слідкувати за синхронним рухом грудної клітки і черевної стінки.
11. В.п. – те ж саме. Стискання пальців в кулак і розтискання з одночасним згинанням і розгинанням в гомілковостопних суглобах. 15 – 20 разів. Виконувати з зусиллям, дихання довільне.
12. В.п. – те ж саме. Почергове згинання і розгинання в суглобах верхніх і нижніх кінцівок. 10 – 12 разів. Виконувати у повільному темпі з зусиллям.
13. В.п. – лежачи на спині. Дихальні вправи. 4 – 5 разів.

14.В.п. – лежачи на спині, руки за головою. Почергове згинання і розгинання ніг – імітація їзди на велосипеді. 20 – 25 разів. Виконувати в повільному темпі з напруженням, слідкуючи за правильним диханням.

15.В.п. – лежачи на спині. Руки вгору – вдих, через сторони вниз – видих. 4 – 5 разів.

16.В.п. – лежачи на спині. Руки в сторони – вдих, в.п. – видих. 3 – 4 рази.

17.В.п. – те ж саме. Злегка підняти ногу, підняти голову і подивитися на носок ноги, в кінці руху зробити паузу, вернутися у в.п. По 6 – 8 разів кожною ногою. Виконувати з напруженням, дихання не затримувати.

Додаток В*Комплекс терапевтичних вправ (для зміцнення м'язів спини) №3*

1.В.п. – лежачи на спині, руки вниз, зігнуті ноги впираються ступнями в підлогу. Підняти таз якомога вище, прогнутися, тримати 5-7 с. Виконуючи вправу, можна підніматися на носки.

2.В.п. – те ж саме. підняти таз якомога вище, прогнутися і пересувати його вліво протягом 7-10 с. Те ж саме вправо.

3.В.п. – те ж саме. Підняти таз якомога вище і виконати приставні кроки в сторони: на 1-3 – три кроки вправо, на 4 – розігнути ліву ногу вгору; на 1-3 – три кроки вліво, на 4 – розігнути праву ногу вгору. Повторити в лівий бік.

4.В.п. – лежачи на спині, кисті під головою. Спираючись п'ятками і потилицею в підлогу, підняти випрямлений тулуб, злегка прогнутися, тримати 2-3 с.

5.В.п. – лежачи на животі, руки вниз. Почергове піднімання і випрямлення ніг уперед.

6.В.п. – те ж саме. відведення назад двох випрямлених (або злегка зігнутих) ніг.

7.В.п. – те ж саме, захопивши правою рукою правий гомілковостопний суглоб і відвести ногу якомога далі назад, виконуючи пружні рухи невеликої амплітуди. Те саме – лівими ногою і рукою.

8.В.п. – те ж саме. захопити руками гомілковостопні суглоби однойменних ніг, прогнутися, розкачуватися вперед і назад.

9.В.п. – лежачи на животі, упор руками біля плечей. Розгинаючи руки (таз з підлоги не піднімати), голову і плечі відвести назад, прогнутися, тримати 3 - 5 с.

10.В.п. – лежачи на животі, руки зігнуті в ліктьових суглобах, в руках гантелі. Випрямляючи руки вгору, дещо підняти від підлоги прямі ноги,

зігнути руки до плечей, прогинаючись у грудному відділі хребта; в.п. 6 – 8 разів.

11.В.п. – лежачи на животі. Прогинаючись у грудному відділі хребта, відвести плечі назад, зблизити лікті, дещо підняти прямі ноги, вернутися у в.п. і розслабити м'язи. 4 – 6 разів. Виконувати з великим напруженням, голову тримати прямо, не відкидаючи назад, дихання не затримувати.

12.В.п. – упор, стоячи на колінах. Вигнути спину вгору, тримати 5-7 с, прогнутися у попереку, тримати 5-7 с.

13.В.п. – те ж саме. Почергове відведення випрямлених ніг назад, прогинаючись у попереку.

14.В.п. – стійка ноги нарізно, руки на поясі. Пружинисті нахили назад, подаючи таз уперед, по 4-6 разів підряд.

15.В.п. – те ж саме, але намагатися доторкнутися кистями до п'яток, не зігнувши ноги.