

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет медицини і фармації
Кафедра фізичної реабілітації, спортивної медицини та валеології

Царенко Любомир Васильович

**ЕФЕКТИВНІСТЬ КОРИГУЮЧИХ ПОЛОЖЕНЬ ПРИ ДИТЯЧОМУ
ІДІОПАТИЧНОМУ СКОЛІОЗІ**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра
за спеціальністю 227 «Терапія та реабілітація»
спеціалізація 227.01 Фізична терапія

Науковий керівник:

Васильченко В. С.

асистент кафедри фізичної
реабілітації, спортивної
медицини та валеології

(підпис) _____

Рецензент:

Півник А. П.

Завідуюча відділенням
фізичної реабілітаційної
медицини КНП “МКЛ №4”
ДМР.

(підпис) _____

Дніпро – 2025

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 РОЛЬ КОРЕКЦІЇ ТА САМОКОРЕКЦІЇ ПРИ РЕАБІЛІТАЦІЇ ІДЕОПАТИЧНОГО СКОЛІОЗУ	8
1.1 Формування ідеопатичного сколіозу	8
1.1.1 Анатомно-морфологічна будова хребта	8
1.1.2 Етіологія та формування Ідеопатичного сколіозу	11
1.1.3 Особливості патогенезу Ідеопатичного сколіозу	16
1.2 Спеціальні вправи при сколіозі, основна роль корекції та самокорекції в них.....	16
1.2.1 Спеціальні вправи при сколіозі	17
1.2.2 Формування шкіл реабілітації Ідеопатичного сколіозу, та їх особливості.....	18
1.3 Актуальність коригувальних положень	22
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	22
2.1. Методи проведення дослідження.....	22
2.2. Дизайн та вибірка.....	23
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	32
3.1. Обґрунтування програми корекції та самокорекції.....	32
3.2. Результати дослідження та обговорення.....	40
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

АНОТАЦІЯ

Метою дослідження була оцінка ефективності програми фізичної терапії з включенням активних коригувальних та самокоригувальних компонентів у програму реабілітації ідеопатичного сколіозу

Матеріали та методи. У дослідженні взяли участь 16 дітей віком 10–14 років з діагнозом ідіопатичний сколіоз першого ступеня, яких було рандомізовано на дві групи (по 8 осіб у кожній групі). Основна група виконувала комплекс направлений на постуральний контроль, постуральні м'язи, та м'язи корру з включенням елементів активної корекції та самокорекції. Контрольна група виконувала лише постуральний контроль, постуральні м'язи, та м'язи коррк. Тривалість втручання становила 3 місяці. Оцінка проводилася за допомогою тесту кута Кобба, тестів асиметрії тулуба, мануального м'язового тестування (ММТ) та категоріального аналізу клінічно значущих змін.

Результати. Основна група продемонструвала значно вищу позитивну динаміку за більшою кількістю параметрів. Зміна кута Кобба в основній групі становила $-3,5^\circ$ ($p = 0,0013$) порівняно з $-1,62^\circ$ у контрольній групі ($p = 0,0015$). Асиметрія плечей, лопаток та положення рук зменшилася більш помітно в основній групі, хоча міжгрупові відмінності не досягли статистичної значущості у всіх випадках. Сила м'язів залишалася високою в обох групах; збільшення сили косих м'язів живота було значним лише в контрольній групі. Клінічно значуще покращення (зменшення кута Кобба $\geq 5^\circ$) було зафіксовано у 50% учасників основної групи порівняно з 12,5% у контрольній групі ($p = 0,0256$). Розрахунок d-ефекту Коена підтвердив більший клінічний ефект у групі з коригувальним втручанням.

Висновки. Включення активної корекції та самокорекції до індивідуального плану фізичної терапії забезпечує значно кращі результати в корекції, покращенні симетрії тіла та постуральної організації у дітей з ідіопатичним сколіозом першого ступеня.

Ключові слова: ідіопатичний сколіоз, фізична терапія, реабілітація, самокорекція, кут Кобба, постуральна асиметрія, клінічна.

The research method was to assess the effectiveness of a physical therapy program with the inclusion of active corrective and self-corrective components in the rehabilitation program for idiopathic scoliosis.

Materials and methods. The study involved 16 children aged 10–14 years with a diagnosis of first-degree idiopathic scoliosis, who were randomized into two groups

(8 people in each group). The main group performed a complex aimed at postural control, postural muscles, and corru muscles with the inclusion of elements of active correction and self-correction. The control group performed only postural control, postural muscles, and corru muscles. The duration of the internal was 3 months. The assessment was carried out using the Cobb angle test, trunk asymmetry tests, manual muscle testing (MMT), and categorical analysis of clinically significant changes. Results. The main group demonstrated significantly higher positive dynamics in more parameters. The change in Cobb angle in the main group was -3.5° ($p = 0.0013$) compared to -1.62° in the control group ($p = 0.0015$). Asymmetry of the shoulders, scapulae and hand position decreased more noticeably in the main group, although the intergroup differences did not reach statistical significance in all cases. Muscle strength remained high in both groups; the increase in the strength of the oblique muscles of the waist was significant only in the control group. Clinically significant improvement (reduction in Cobb angle $\geq 5^{\circ}$) was recorded in 50% of the main group participants compared to 12.5% in the control group ($p = 0.0256$). Cohen's d-effect calculation confirmed a greater clinical effect in the group with corrective intervention. Conclusions. Incorporating active correction and self-correction into an individual physical therapy plan provides significantly better results in correction, improvement of body symmetry, and postural organization in children with first-degree idiopathic scoliosis.

Key words: idiopathic scoliosis, physical therapy, rehabilitation, self-correction, Cobb angle, postural asymmetry, clinical.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ІС - ідіопатичний сколіоз.

ОРА - опорно руховий апарат.

СВпС - спеціальні вправи при сколіозі.

КК - кут Кобба.

ММТ - мануально м'язове тестування.

ІПР - індивідуальний план реабілітації.

ВСТУП

Сколіоз є одним із найбільш поширених порушень опорно-рухового апарату (ОРА) серед дітей та підлітків, що характеризується бічним викривленням хребта у фронтальній площині з можливою ротацією хребців та змінами у сагітальній площині. Патологія характеризується як уродженою деформацією стовбура хребта, так і набутою, спричиняючи значні зміни в поставі, обмеження рухливості, розвиток больового синдрому та функціональних порушень внутрішніх органів [1]. Сколіотична деформація є не лише ортопедичною проблемою, а й фактором, який може впливати на загальний фізіологічний стан пацієнта, що призводить до порушення функцій дихальної та серцево-судинної систем.

Ідіопатичний сколіоз (ІС) - найбільш поширена форма захворювання, що становить 2-3% людства [2], та 70-80% серед усіх випадків сколіотичних деформацій [3]. Виникає у підлітковому періоді та характеризується S-подібною деформацією у фронтальній площині. Виявляється патологія без очевидної первинної причини, що ускладнює своєчасну діагностику та початок раннього лікування при легших деформаціях. Етіологія ІС залишається предметом дискусій серед наукового суспільства, досі точаться дискусії через розвиток та формування, тому етіологія сколіозу вимагає подальшого вивчення. Основні теорії походження включають генетичні фактори [4], гормональні зміни та порушення вестибулярної системи [5]. Найбільш популярною теорією походження в даний час є багатофакторна каскадна концепція патогенезу та ембріонального походження, факторами яких є склад тіла лептину, розвиток центральної нервової системи та асинхронний нервово-кістковий механізм зростання [6].

Поширеність сколіозу значно варіюється залежно від регіону, місця розташування, раси, методів діагностики тощо. Згідно зі статистикою, середня захворюваність на ідіопатичний сколіоз серед дітей шкільного віку становить 2-3%, зокрема, в Китаї поширеність ідіопатичного сколіозу фіксується на рівні 1,20% у популяції [7]. Поширеність у Туреччині становить близько 2,3%, що вище, ніж повідомлялося раніше, але близько до загальноприйнятих середніх показників у світі. [8]. У Сан-Паулу, Бразилія, коефіцієнт становить близько 1,5%, серед вибірки коефіцієнт поширеності був вищим серед дівчат, і вищим

під час статевого дозрівання (у віковому діапазоні 13-14 років) [9]. Поширеність ідіопатичного сколіозу значно вища серед дівчат, ніж серед хлопчиків, що вже було зазначено в попередньому дослідженні, в якому вже зазначалося, що поширеність у дівчат була вищою, ніж у хлопчиків. Наприклад, у Туреччині поширеність серед дівчат становила 3,1%, а серед хлопчиків поширеність становила 1,5%. У Китаї найвищу поширеність -13,81% спостерігали дівчата віком 14-15 років. Це свідчить про актуальність цієї патології, а також про методи її лікування та реабілітації.

Сучасні підходи до лікування ідіопатичного сколіозу включають консервативні та хірургічні втручання. Хірургічні втручання передбачають корекцію деформації хребта за допомогою металевих конструкцій та спондилодезу. Хірургічне втручання зазвичай рекомендується при викривленнях, що перевищують 40-50 градусів за кутом Кобба (КК), це необхідно для зупинки прогресування викривлення та покращення балансу тулуба [10]. Однак довгострокові результати хірургічного лікування залишаються маловивченими, а точніше результат у довгостроковій перспективі. Враховуючи рекомендації Міжнародного товариства ортопедичного та реабілітаційного лікування сколіозу (SOSORT), пацієнтам з ІС, КК яких становить від 10 до 40 градусів, рекомендується не використовувати хірургічні втручання, а обмежитися застосуванням консервативної терапії, фізичних вправ та фіксації спеціальними корсетами. [11].

Консервативна терапія включає використання ортопедичних корсетів Шено та Мілуокі [12], вправи для постуральних м'язів, постуральний контроль, м'язи кору, спеціальні вправи при сколіозі (СВпС) для корекції та фізіотерапевтичні процедури.

На даний момент існує багато підходів та методів СВпС. Вправа Шрота є одним з найвідоміших та науково обґрунтованих підходів до корекції сколіозу. Метод базується на принципі триплощинної корекції постави за допомогою спеціальних дихальних вправ, що зменшують асиметрію хребта. Вправи спрямовані на свідому корекцію, активацію м'язів спини та зміну стереотипу рухів [13]. Метод SEAS (Scientific Exercise Approach to Scoliosis) базується на індивідуально підібраних для кожного пацієнта вправах, які спрямовані на нервово-м'язову стимуляцію та активну самокорекцію. Основними принципами SEAS є використання активного самоконтролю постави та навчання пацієнта правильній біомеханіці рухів [14]. Метод Ліона базується на трьох ключових компонентах, а саме: мобілізація, стабілізація та корекція хребта. Основний принцип цього методу полягає в тривалій тривимірній корекції кривизни за

допомогою спеціального корсета, з поступовим навчанням пацієнта активній самокорекції. [15].

Усі ці методи базуються на елементах активної корекції та самокорекції, кожен метод відрізняється принципом виконання, але основа для всіх однакова.

Принцип самокорекції спрямований на зменшення асиметрії хребта та м'язового дисбалансу. Використання спеціальних коригувальних поз дозволяє розвантажити хребет, сприяє рівномірному розподілу навантаження на м'язи-стабілізатори, що є ключовим аспектом у комплексному підході до лікування ІС. Головною метою цього принципу є активний контроль за положенням хребта у повсякденному житті. Для контролю симетрії у повсякденному житті проводиться свідомо м'язова корекція постави під час руху та використання візуальної та тактильної корекції, що згодом призводить до зменшення асиметрії [16]. Однак ефективність цього методу все ще потребує більш глибокого вивчення та наукового обґрунтування [17]; [18]. Також актуальним питанням залишається інтеграція коригувальних поз у комплекс реабілітаційних заходів фізичної терапії окремо від СВпС, що дозволить досягти результатів окремо від СВпС у корекції сколіотичних деформацій.

Метою даного дослідження є оцінка та порівняння ефективності комплексу вправ, що включає вправи на постуральний контроль, постуральні м'язи та м'язи кора, із тим самим комплексом, доповненим корекційними та самокорекційними положеннями. Впровадження таких втручань у програму комплексної реабілітації дітей із S-подібною формою ідіопатичного сколіозу І ступеня спрямоване на вдосконалення сучасних підходів у фізичній терапії. Завдання даного дослідження це охарактеризувати реалізацію принципів корекції та самокорекції у провідних методах фізичної терапії, таких як Schroth, SEAS, LION, з урахуванням їх нейрофізіологічного та біомеханічного підґрунтя. Сформулювати практичні рекомендації щодо включення елементів самокорекції в реабілітаційні протоколи для дітей з початковими формами ідіопатичного сколіозу в умовах первинної медико-санітарної допомоги. Та провести дослідження ефективності запропонованих рекомендацій, спрямованих на включення самокорекційних підходів у практику фізичної терапії.

РОЗДІЛ 1 РОЛЬ КОРЕКЦІЇ ТА САМОКОРЕКЦІЇ ПРИ РЕАБІЛІТАЦІЇ ІДІОПАТИЧНОГО СКОЛІОЗУ

1.1 Формування ідіопатичного сколіозу

Особливістю ІС є його поступове формування впродовж періоду активного росту дитини, за виявлення очевидної первинної причини. На сьогоднішній день ІС розглядається не як ізольована деформація хребта, а як прояв системного порушення формування постурального контролю, нейром'язової рівноваги та симетричного росту, що має морфогенетичні, нейрофізіологічні та ендокринні компоненти. Виникнення сколіозу є результатом каскадної взаємодії вроджених і набутих чинників, що впливають на структуру та функцію хребта на різних рівнях. Це включає анатомо-морфологічні особливості формування тіл хребців і міжхребцевих дисків, розвиток нейроосі хребта, фасціальном'язової системи, а також становлення механізмів вестибулярного і пропріоцептивного контролю. Початкові зміни можуть бути мінімальними прихованою асиметрією м'язового тонусу, порушенням координації чи гормональної регуляції росту, однак за умови активного росту хребта ці порушення здатні викликати асиметричні навантаження на зони росту та спричинити стійкі деформації.

1.1.1 Анатомо-морфологічна будова хребта

Хребет (*columna vertebralis*) основна осьова структура скелета людини, яка виконує функції опори, захисту спинного мозку та забезпечення рухливості тулуба [19]. Хребет складається з 33-34 хребців, з'єднаних між собою міжхребцевими дисками, зв'язками та суглобами, утворюючи хребетний стовп (ХС). Хребет поділяється на п'ять відділів, кожен з яких має характерні морфологічні особливості. Шийний відділ хребта це верхній сегмент ХС, який складається з семи хребців (C1-C7). Цей відділ характеризується найбільшою рухливістю серед усіх сегментів хребта, забезпечуючи широкий діапазон рухів голови та ший в трьох площинах, згинання, розгинання, бічний нахил та обертання для активного руху черепа. Унікальність шийного відділу полягає в наявності міжхребцевих суглобів, які фіксуються між гачкоподібними відростками тіл хребців від C3 до C7. Ці суглоби обмежують бічне зміщення та стабілізують хребет [20].

У шийному відділі міжхребцеві диски розташовані між тілами хребців від С2 до С7. Вони характеризуються лише невеликою товщиною, але великою еластичністю, що зумовлює значну амортизуючу здатність. Суглобові відростки шийних хребців утворюють міжхребцеві фасеткові суглоби, які розташовані в сагітальній площині, що сприяє обертанню та нахилу голови. Капсули цих суглобів тонкі та іннервовані, тому вони часто залишаються джерелом цервікогенного болю, в тому числі при утворенні коліозу. Шийний відділ зміцнюється численними зв'язками, як істабілізують кожен руховий сегмент. Передня та задня поздовжні зв'язки містять тіла хребців та диски. Жовта зв'язка (*ligamentum flavum*) з'єднує дуги хребців. Крижово-потилична мембрана є продовженням задньої поздовжньої зв'язки до основи черепа. Зубо-поперечний комплекс фіксує зуб епістрофея до черепа та атланта, обмежуючи його рух.

Грудний відділ хребта (*pars thoracica columnae vertebralis*) є найбільшим сегментом хребтового стовпа за кількістю хребців, він включає 12 хребців (Th1-Th12), які утворюють основу задньої стінки грудної клітки. Грудний відділ хребта забезпечує стабільність тулуба, служить опорною структурою для ребер і грудної клітки, а також бере участь у механіці дихання. Його рухливість обмежена порівняно з нижнім і поперековим відділами, що зумовлено його анатомічною будовою та зв'язком з реберно-грудинним каркасом [19]. Кожен хребець Th1–Th10 має на тілі верхню та нижню півямки для зчленування з головками відповідних ребер, а поперечні відростки мають стінкові поверхні для реберних горбків. Th11 та Th12 мають повні реберні ямки, після яких до них кріпиться лише одне ребро. Міжхребцеві диски в грудному відділі тонші, більші та поперекові, що зменшує амплітуду рухів і граничну стабільність. Вони, разом із фасетковими суглобами опорно-рухових сегментів, забезпечують незначне згинання, розгинання, обмежене обертання та бічне нахилання [20].

Зв'язковий апарат у грудному сегменті хребта забезпечує стабілізацію хребта та координацію їхньої взаємодії з ребрами. Основні структури включають: Передні та задні бічні зв'язки проходять вздовж тіл хребців спереду та ззаду відповідно. Жовті зв'язки - це еластичні структури, що з'єднують дуги хребців. Міжостисті та надостисті зв'язки стабілізують остисті відростки. Реберні зв'язки підтримують з'єднання між хребцями та ребрами, відіграючи важливу роль у механіці дихання. Грудний відділ також пов'язаний з рухами грудної клітки через реберно-хребетні суглоби, які беруть участь у розширенні та скороченні грудної порожнини під час вдиху та видиху [21].

Грудний сегмент поділяється на 3 шари м'язових груп. Глибокі м'язи спини стабілізують хребці в міжхребцевих сегментах. Верхні м'язи спини беруть участь у русі лопатки та плечового пояса. Міжреберні м'язи (*mm. intercostales externi et interni*) беруть участь у дихальних рухах. Діафрагма, як основний дихальний м'яз, також опосередковано впливає на положення грудного відділу хребта. Фасціальні структури, зокрема грудопоперекова фасція, утворюють тісний зв'язок між глибокими м'язами, міжреберними м'язами та хребтом, стабілізуючи тулуб у положенні стоячи та під напругою [22].

Поперековий відділ хребта (*pars lumbalis columnae vertebralis*) складається з п'яти масивних хребців (L1-L5), які відіграють ключову роль у підтримці вертикального положення тіла, забезпечуючи гнучкість тулуба та амортизацію під час руху. Саме цей відділ несе найбільше механічне навантаження серед усіх відділів хребта, що підвищує високу частоту патологічних процесів у його структурі [19]. Поперекові хребці характеризуються найбільшими розмірами тіла серед усіх відділів хребта, після чого вони пристосовані до перенесення значних осьових навантажень. Міжхребцеві диски попереднього відділу мають найбільшу товщину та становлять близько 25% висоти функціонального сегмента. Їх структура включає фіброзне кільце та пульпозне ядро, що забезпечує ефективну амортизацію під час вертикального навантаження [23]. Поперековий сегмент зміцнений численними зв'язками, що забезпечують стабільність та обмежують надмірну рухливість. Задня поздовжня зв'язка - поздовжні зв'язки тіл хребців. Жовта зв'язка з'єднує дуги хребців, забезпечуючи гнучкість під час згинання. Міжостисті зв'язки, надостиста зв'язка та міжпоперечні зв'язки стабілізують остисті та поперечні відростки. Клубово-поперекова зв'язка, важливе зв'язкове з'єднання між L5 та клубовими кістками, запобігає зміщенню тіла останнього поперекового хребця [21]. Завдяки цій структурі поперечний відділ має високий ступінь стабільності, необхідний для протистояння стискаючим та згинаючим силам. Поперековий відділ підтримується комплексом глибоких та поверхневих м'язів спини. М'язи-випрямлячі хребта (клубово-реберний, довгий, хребтовий) відповідають за розгинання. Багатосегментні м'язи забезпечують стабілізацію локальної мережі міжхребцевих суглобів. Квадратний м'яз попереку бере участь у латеральному згинанні тулуба та стабілізації тазу. Клубово-поперековий м'яз впливає на згинання стегна та стабілізацію поперекового відділу хребта у вертикальному положенні [24]. Важливу роль у стабілізації поперекового відділу хребта відіграє грудопоперекова фасція, яка служить місцем кріплення м'язів та утворює «корсет» навколо поперекового сегмента, забезпечуючи пасивну підтримку [25].

Крижовий відділ хребта (*pars sacralis columnae vertebralis*) складається з п'яти хребців (S1-S5), які у дорослих зростаються, утворюючи єдину масивну кісткову структуру крижів. Він має клиноподібну форму, основа звернена вниз, і є ключовим структурним зв'язком між хребтом і тазом. Крижі передає вагу верхньої частини тіла на клубові кістки тазу через крижово-клубовий суглоб [19]. Крижі є функціонально ключовою структурою в системі пояса нижніх кінцівок, відіграючи роль у стабілізації тулуба під час стояння, ходьби та підйому. Завдяки своїй клиноподібній формі та стиковому суглобу він забезпечує амортизацію, вертикальне натягнення, передачу сили від хребта до нижніх кінцівок та участь у підтримці передньо-задньої рівноваги тазу. Крижово-клубовий суглоб, напіврухомий амфіартроз, зміцнюється потужними зв'язками (*ligg. sacroiliaca anteriora, posteriora et interossea*), а також зв'язками, що з'єднують крижі з куприком та нижньою частиною хребта (*ligg. sacrotuberale, sacrospinale, iliolumbale*) [25]. До крижів прикріплюються важливі м'язи тулуба, тазу та нижніх кінцівок. Великий сідничний м'яз, грушоподібний м'яз, стабілізує кульшовий суглоб і забезпечує рух у ньому. М'яз-розгинач хребта бере участь у розгинанні тулуба. Куприковий м'яз, м'яз-підіймач, це м'яз тазового дна, який прикріплюється до нижніх сегментів крижів та куприка. Фасціальну підтримку забезпечує грудопоперекова фасція, яка прикріплюється до дорсальної поверхні крижів, та тазова фасція (*fascia pelvis*), яка оточує м'язи тазового дна [26].

1.1.2 Етіологія та формування ідіопатичного сколіозу

Формування ідіопатичного сколіозу в дитячому віці тісно пов'язане зі складною анатомічною та функціональною організацією хребта, який є динамічною структурою, здатною до адаптації під впливом асиметричних механічних, нервово-м'язових та гормональних факторів. [27] [28]. У нормі хребет складається з 33-34 хребців, як уже зазначалося в попередньому розділі, з чіткою сегментарною структурою, фізіологічними вигинами в сагітальній площині (лордоз, кіфоз), та стабілізується фасціально-зв'язковим та м'язовим апаратом. Порушення балансу між цими компонентами, зокрема, асиметрія росту тіл хребців, тонус паравертебральних м'язів або натяг фасцій, створює передумови для формування тривимірної деформації [29]. Згідно з сучасними патофізіологічними концепціями, ключову роль у виникненні ідіопатичного сколіозу відіграє порушення біомеханіки зростаючого хребта, асиметричне навантаження призводить до нерівномірного розвитку епіфізарних зон тіл

хребців, змінює їхню форму та ініціює обертальні викривлення. [30] [31]. Але, як зазначалося вище, причини його виникнення все ще потребують подальшого вивчення, існує багато теорій, кожна з яких має свої докази. Тому були розглянуті всі теорії походження ІС з архіву ортопедичної та травматологічної хірургії, а саме дослідження «Сучасні концепції етіології підліткового ідіопатичного сколіозу» [32].

Генетична теорія розглядає ІС як полігенне спадкове захворювання з багатофакторним механізмом розвитку, де спадкові порушення взаємодіють з епігенетичними та екзогенними факторами, викликаючи порушення нормального формування та росту хребта. Наявність сімейної агрегації, висока конкордантність у монозиготних близнюків та ідентифікація специфічних генетичних маркерів підтверджують роль генетичних детермінант у патогенезі ІС [33]. Згідно з дослідженнями, ризик розвитку сколіозу серед родичів першого ступеня споріднення осіб з ІС у 5-20 разів вищий, ніж у загальній популяції [34]. Дослідження близнюків показали конкордантність до 70% у монозиготних близнюків та лише 30% у дизиготних близнюків, що свідчить про значну роль генетичних факторів поряд з модифікуючим впливом навколишнього середовища [35]. На молекулярному рівні було виявлено низку генів-кандидатів, які пов'язані з розвитком ІС. Серед них були розглянуті CHD7, PAX1, TBX6, LBX1, GPR126 та інші. Ці гени беруть участь у формуванні сомітів, хрящових та кісткових структур, розвитку нервової системи та регуляції росту. Зокрема, ген LBX1, пов'язаний із сомітогенезом та диференціацією м'язів, вважається одним із основних маркерів схильності до ІС у кількох популяційних дослідженнях [36]. Варіанти гена GPR126, пов'язані з розвитком хребетних структур та формуванням хрящової тканини, також були ідентифіковані та пов'язані з підвищеним ризиком сколіозу у європеїдних та азійських популяціях. Дисрегуляція цього гена може спричинити зсув балансу між хондрогенезом та остеогенезом, що впливає на симетрію росту тіл хребців. Крім того, досліджується роль епігенетичних змін, зокрема метилювання ДНК та регуляторних мікроРНК, які здатні змінювати експресію генів без зміни нуклеотидної послідовності. Деякі дослідники висувають гіпотезу, що дія факторів навколишнього середовища (стрес, харчування, токсини) у критичні періоди росту може активувати або пригнічувати експресію генів, що беруть участь у морфогенезі хребта [37]. Інтегративні моделі генетичної теорії також враховують взаємодію генів з гормональними та нервово-м'язовими механізмами, що сприяє фірмуванню асиметрії росту, порушення м'язового тону або архітекτονіки фасцій та зв'язкового апарату. Саме ця поліетіологічна

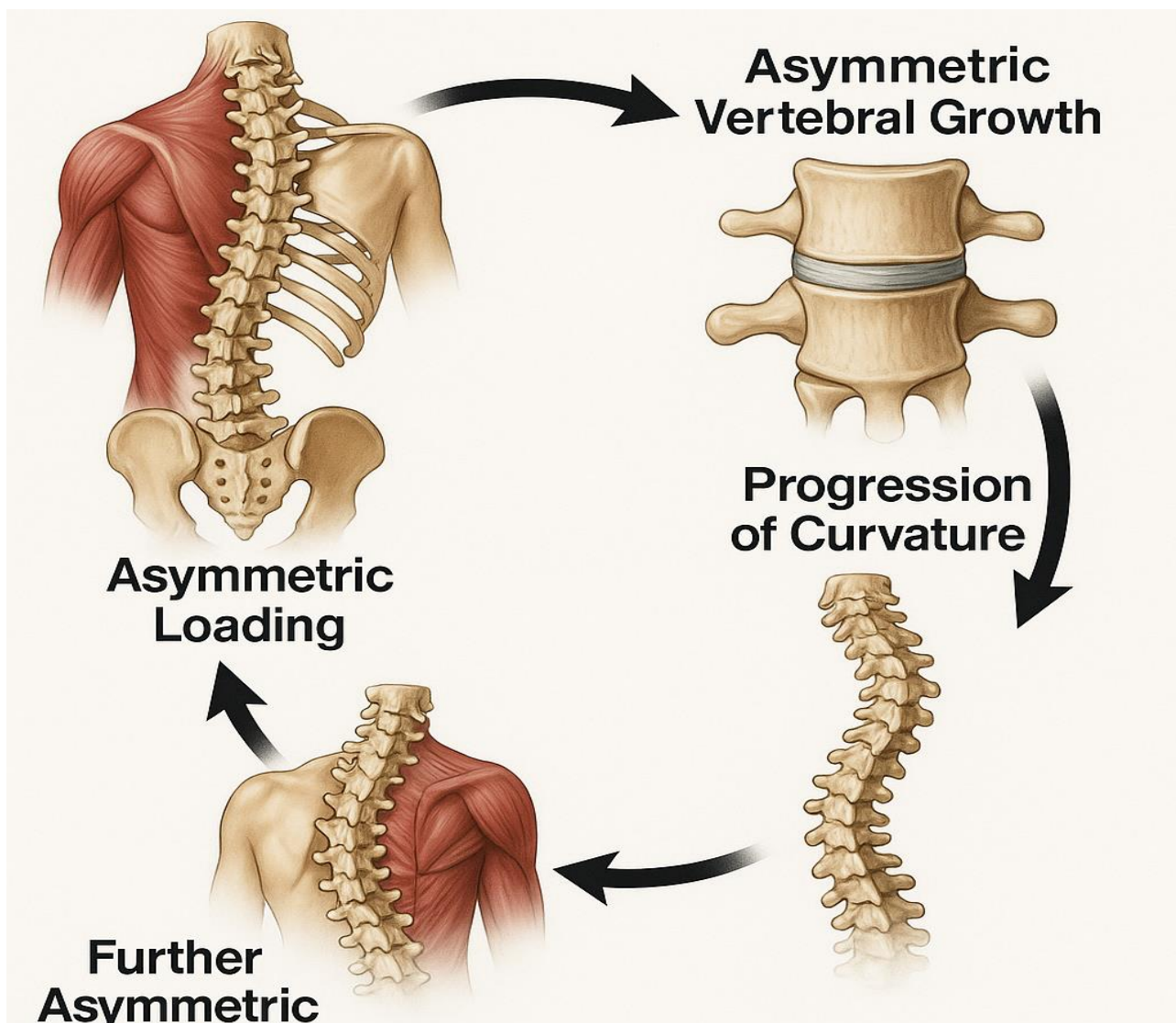
природа пояснює гетерогенність клінічних проявів сколіозу, мінливість його прогресування та складність прогнозування перебігу.

Гормональна теорія формування ідіопатичного коліозу обґрунтовується на спостереженні, що розвиток деформації переважно відбувається в періоди активного росту, особливо під час пубертатного стрибка. Це ознака про можливу роль ендокринних механізмів у регуляції росту хребта та підтриманні симетрії його розвитку. В окремих численних дослідженнях було виявлено порушення осі гіпоталамуса-гіпофіз-гіпофізарні гормони у дітей з ІС, що супроводжувалося змінами секреції соматотропіну, мелатоніну, естрогенів та лептину [38]. Особливу увагу приділяє дефіциту мелатоніну, гормону епіфізу, який бере участь у регуляції циркадних ритмів, остеогенезу та модуляції активності симпатичної нервової системи. У результаті з ІС зафіксовано зниження рівня мелатоніну в сироватці крові та порушену чутливість клітин-мішеней до нього через дисфункцію мелатонінових рецепторів MT1 і MT2 [39]. Експериментальні моделі на курчатах та гризунах показали, що пінеалектомія (видалення епіфізу) призводить до формування сколіотичних викривлень, які можна попередити екзогенним введенням мелатоніну. Інші гормональні чинники включають гіперсекрецію соматотропного гормону (GH) і підвищену чутливість до інсуліноподібного фактору росту-1 (IGF-1), який стимулює проліферацію хондроцитів у зоні росту хребців. Виявлено, що у дітей з ІС концентрація IGF-1 є вищою порівняно з контрольною групою, особливо у фазі активного прогресування [40]. Цей дисбаланс може спричинити асиметричне зростання тілці хребців і призвести до деформаційних процесів. Також звертають увагу на роль статевих гормонів (естрогенів), які впливають на регуляцію м'язового тону та метаболізм кісткової тканини, зокрема, встановлено зв'язок між порушенням естрогенового сигналу та вираженістю сколіозу у дівчат у період менархе.

Механічна теорія асиметричного росту (також відомо як теорія Вольфа-Фолькмана) пояснює формування і прогресування ІС через вплив механічних сил на зони росту тіл хребців у період інтенсивного розвитку хребта. Згідно з цією гіпотезою, навіть незначна асиметрія навантаження на хребет у фазі швидкого росту може спричинити порушення рівномірного хондрогенезу в зонах зростання, що веде до накопичувального викривлення хребетного стовпа [41]. Основу теорії становить закон Вольфа-Фолькмана, який працює про те, що ріст хрящової тканини прямо залежить від величини та сторони механічного навантаження: гарячий тиск покращує проліферацію хондроцитів, тоді як помірне розтягнення завдяки активному росту. Таким чином, у ситуації, коли через порушення постуральної рівноваги або нейром'язову асиметрію виникає

нерівномірний розподіл навантаження на хребці, утворюється патологічне коло. Цей процес наглядно продемонстрований в малюнку 1.1.

Малюнок 1.1 Візуалізація закону Вольфа-Фолькмана



Клінічні дослідження у разі потреби з ідіопатичним сколіозом демонструють зміни форми тіл хребців та міжхребцевих дисків на ранніх стадіях викривлення: сплюснення тіла на опуклій стороні дуги та гіперплазія на увігнутій. Це корелює з напрямком механічного тиску та підтверджує асиметричний характер росту хребетного стовпа в цих сумішах [42]. Також було показано, що навіть невеликі варіації в м'язовому тонусі чи функціонування фасціальних структур можуть змінити механіку навантаження на хребет. Наприклад, переважна активність паравертебральних м'язів з одного боку спричиняє обертання тіл хребців навколо вертикальної осі, що є характерною ознакою торсії в ІС. Це створює

додаткову ротаторну деформацію, посилюючи вже наявну викривленість. Механічна теорія також пояснює прогресування викривлення після досягнення певного порогу кута (зазвичай 20° за Коббом), після якого компенсаторні механізми постурального контролю вже не можуть зупинити асиметрію, і вона стає структурною. Попри те, що механічна теорія не пояснює первинну причину виникнення сколіозу, вона широко прийнята як обґрунтування механізмів його прогресування.

Багатофакторна каскадна концепція ІС представляє сучасне системне бачення його патогенезу як результат поетапного розвитку функціонально-морфологічних змін, що мають ембріональні витoki та виявляються в пубертатному періоді під впливом тригерних факторів. Ця модель відкидає ідею єдиної причини виникнення сколіозу та пояснює його результат як сукупність генетичних, нейроендокринних, сенсомоторних та механічних порушень, які діють у взаємозалежному, інфекційному та підсилюючому один порядку. Формування хребетного стовпа починається на 3-4 тижні ембріогенезу із сегментації сомітів мезодерми. Первинні порушення на сегментах рівнів, індукції хордомезодермальних структур або формування невральної трубки можуть створити умови для прихованої асиметрії в закладці хребців, симетрії нервової системи або міотомів. Такі мікроскопічні аномалії часто не виявляються при звичайних методах візуалізації в неонатальному періоді, але можуть реалізуватися під впливом ростових та гормональних стимулів у період смертного дозрівання [43]. Згідно з концепцією, ембріональні порушення становлять латентну хворобливість, яка реалізується у формі клінічного сколіозу лише в присутності додаткових факторів, які запускають патогенетичну каскадну реакцію. Нейрофізіологічний дисбаланс, асиметрія у вестибулоспинальних і соматосенсорних шляхах, що знижує ефективність контролю вертикальної позиції. Гормональна дисрегуляція, зміни у вивільненні мелатоніну, соматотропіну, статевих гормонів, що призводить до асиметричного росту хребців. Механічна нестабільність, посилення осьового навантаження за умов пошкодженої м'язової рівноваги спричиняє прогресуючу торсію хребетного стовпа. Структурні зміни деформації тіл хребців, міжхребцевих дисків та фасеткових суглобів закріплюють викривлення та створюють нові умови для підтримки патологічного стану [44]. Ці ланки діють не ізольовано, а взаємозалежно: наприклад, нейроендокринні зміни впливають на механізм росту, а порушення росту, на положення центрів рівноваги. Так формується самопідтримуваний патологічний цикл, який є типовим для прогресування захворювання ІС.

1.1.3 Особливості патогенезу ідеопатичного сколіозу

Ключовою особливістю патогенезу ІС є первинне порушення постурального контролю, як наслідок асиметрії в роботі вестибулярної, соматосенсорної та пропріоцептивної систем. На ранніх стадіях спостерігається зниження стійкості тіла у вертикальному положенні, а також асиметричний м'язовий тонус у паравертебральних м'язах. В результаті формується нерівномірне навантаження на зони росту хребців та міжхребцевих дисків, що запускає біомеханічний процес асиметричного росту, один із центральних патофізіологічних механізмів ІС [45]. Обертання хребців навколо вертикальної осі є характерною ознакою сколіотичної деформації. Цей процес відбувається не тільки в результаті бічного викривлення, але й через вторинну адаптацію до зміненого розподілу м'язової тяги та дії гравітаційного навантаження на вже деформовану структуру [46]. Зміна нормального розвитку між м'язами-згиначами та розгиначами тулуба додатково підтримує викривлення, формуючи патологічне м'язово-фасціальне рефлекторне кільце. Встановлено, що у випадку ІС спостерігається порушення чутливості рецепторів до мелатоніну, що впливає на тонус антигравітаційних м'язів та біоритми росту хребта [47]. У період статевого дозрівання гормональні коливання можуть сприяти прогресуванню вже сформованої латентної деформації. Гістологічні дослідження тіл хребців при ІС виявляють асиметричну активність епіфізарної зони росту, що погіршує морфологічну реалізацію біомеханічних та гормональних впливів. Поступово в таких умовах розвивається клиноподібна деформація хребців, ротація остистих відростків та порушення співвідношення між фасетковими суглобами. [48]. Таким чином, патогенез ІС не є лінійним, а реалізується через взаємопов'язані фізіологічні, нейрональні та морфогенетичні механізми, які зрештою формують стабільне структурне викривлення хребтового стовпа. Це обґрунтовує необхідність комплексного аналізу анатомічних основ та системних впливів на хребет при вивченні етіології ІС.

1.2 Спеціальні вправи при сколіозі, основна роль корекції та самокорекції в них

У цьому розділі розглядається ключова роль корекції та самокорекції у здійсненні фізичних втручань, спрямованих на реабілітацію ІС. Основна увага

приділяється активній участі пацієнта у свідомій корекції порушення постави, що досягається шляхом розвитку навичок самоконтролю, просторового відчуття тіла та підтримки симетрії під час руху. Корекція та самокорекція є одним з основних принципів спеціальних вправ при сколіозі, включаючи всі школи реабілітації ІС.

1.2.1 Спеціальні вправи при сколіозі

Спеціальні вправи при сколіозі (СВпС) це комплекс індивідуально підібраних фізичних вправ, спрямованих на зменшення викривлення хребта, стабілізацію постави, покращення симетрії тіла та загального функціонального стану пацієнта зі сколіозом. Основні принципи СВпС базуються на індивідуальному підході до пацієнта та передбачають активну участь у процесах корекції деформації хребта. Вправи спрямовані на тривимірну корекцію постави з урахуванням викривлення у фронтальній, сагітальній та горизонтальній площинах. Одним із ключових аспектів є автоматизація правильної постави (корекція), коли пацієнт вчиться підтримувати корекцію положення тіла не лише під час вправ, але й у повсякденному житті (самокорекція). Крім того, фізична терапія включає функціональний стабілізатор, який забезпечує зміцнення глибоких стабілізуючих м'язів, придатних для підтримки правильного положення під час руху. Загальний підхід базується на активній участі пацієнта, його мотивації до самостійної роботи, а також на тривалому спостереженні та адаптації програми відповідно до змін клінічної картини. Врахування зв'язку ортопедичного товариства SOSORT, яке розробило цей термін, та невеликої кількості досліджень, заснованих на результатах, підтверджує, що ефективність СВпС є незначною. [49]. Це підтверджується дослідженням Джозефа Дея [50], результати якого показали незначну різницю порівняно з іншими методами фізичної терапії при фарбуванні під КК. Хоча це дослідження не мало великої вибірки, сам автор наголосив, що «необхідні додаткові та різноманітні дослідження вищої якості, перш ніж можна буде остаточно визначити ефективність будь-якої PSSE» [50, с. 8]. Однак інші дослідження підтверджують ефективність цих втручань, наприклад, дослідження [51], [52], [53] продемонстрували ефективність PSSE у покращенні кута Кобба та зменшенні прогресування інсульту, посиляючись на висновок дослідження Бердишевського: «Докази, що підтверджують ефективність PSSE, зростають, і в останні роки публікується все більш і більше високоякісних

досліджень. Необхідно продовжувати дослідження, щоб далі вивчати ефективність різних шкіл та програм, які методи та які вправи є найбільш корисними для ваших потреб». Тому на основі всіх даних СВпС є науково обґрунтованні при втручаннях на ІС.

1.2.2 Формування шкіл реабілітації ідіопатичного сколіозу та їх особливості

Формування першої школи, яка досягається на основних принципах СВпС, бере свій початок від формування Ліонської школи в середині ХХ століття у Франції, в контексті активного розвитку ортопедії як науки. У той час набула популярності ідея про те, що корекція деформації хребта можлива не тільки хірургічним шляхом, але й за допомогою цілеспрямованої фізичної терапії, яка може модифікувати поставу, м'язовий тонус і навіть зріст дитини у фазі активного росту. Один з головних представників цієї школи, доктор Жан-Клод де Моруа, який спирається на ідеї свого попередника П'єра Сотто (П'єра Станьяра), розробив у місті Ліон систему тривимірної консервативної терапії сколіозу, яка включала корекційну, корсетну терапію та мануальні методики. [54]. Ліонський метод традиційно поєднував вправи СВпС з використанням гіпсової пов'язки та Ліонських ортезів. У новій версії методики СВпС вона поєднується лише з новим типом бандажа-корсет Lyon ARTbrace (асиметричний жорсткий торсійний бандаж) [55]. Фізична терапія включає тривимірну мобілізацію хребта, мобілізацію клубово-поперекового кута (при поперековому сколіозі), навчання пацієнтів та розвиток навичок у загальних видах діяльності, зокрема, корекцію постави під час сидіння. [53]. Метод Lyon має обмежену, але позитивну базу доказів, що підтверджує його ефективність у стабілізації хребта у дітей з прогресуючим ІС, особливо в поєднанні з бандажами Lyon або сучасним ARTbrace [53]. В останні роки увага зосереджена на модифікованому варіанті методу з використанням ARTbrace. Хоча кількість високоякісних рандомізованих контрольованих досліджень все ще недостатня, ефективність клінічних спостережень та сучасних технічних удосконалень у впровадженні методу Lyon є перспективним та науково обґрунтованим підходом як частина багатокомпонентної реабілітаційної програми.

Метод Шрота, один із найвідоміших у світі консервативних підходів до лікування ідіопатичного сколіозу, який базується на індивідуалізованих тривимірних фізіотерапевтичних вправах. Розроблений німецькою вчителькою

Катаріною Шрот у 1920-х роках, цей метод був натхненний її власним досвідом боротьби зі сколіозом. Пізніше його вдосконалила її дочка Христина Шрот-Катріна, яка надала методу наукового обґрунтування та впровадила його в клінічну практику на міжнародному рівні [56]. Основна концепція методу Шрота, це тривимірна самокорекція деформації хребта та грудної клітки за допомогою асиметричних вправ, спеціальних дихальних технік та постурального тренування. Метод враховує специфіку кожного окремого типу сколіотичного викривлення, зокрема його характер у фронтальній, сагітальній та поперечній площинах. [57] Корекція здійснюється шляхом активного залучення пацієнта до виконання вправ, спрямованих на відновлення симетрії тіла, м'язового балансу та стабілізацію хребта. Одним з ключових компонентів є так зване ротаційно-ангуляційне дихання (ротаційно-кутове дихання), яке дозволяє цілеспрямовано розширювати викривлені ділянки грудної клітки та виправляти торсійну деформацію [58]. Важливим компонентом терапії є навчання пацієнта правильній поставі в повсякденній діяльності, що сприяє автоматизації виправленого положення та зниженню ризику прогресування викривлення. У сучасній практиці метод Шрота розглядається як окрема форма фізичної терапії або як компонент програми ортопедичного та реабілітаційного лікування сколіозу, рекомендованої міжнародною науковою спільнотою, зокрема SOSORT. Ефективність методу підтверджена клінічними дослідженнями, включаючи рандомізовані контрольовані дослідження [59], [60]. Згідно з результатами досліджень, терапія Шрота може не тільки стабілізувати, але й зменшити кут Кобба.

Наукова основа методу була значно розширена завдяки розробці BSPTS (Барселонської школи фізичної терапії сколіозу), яка адаптувала класичні принципи терапії Шрота до сучасних класифікацій сколіозу (наприклад, класифікації Ріго). Інші варіації включають курси інтенсивної терапії (іноді до 3-6 тижнів), індивідуальні або групові заняття та програми, які можна адаптувати для самостійного проведення вдома.

SEAS (Scientific Exercise Approach to Scoliosis) це система спеціальних вправ, спрямованих на лікування та профілактику прогресування ідіопатичного сколіозу. Метод розроблено в рамках діяльності Італійського реабілітаційного інституту ISICO (Італійський науковий інститут хребта) під керівництвом професора Стефано Негріні та базується на багаторічних клінічних спостереженнях, біомеханічних принципах та сучасних підходах до нейром'язової реабілітації. [61]. На відміну від класичних шкіл нейром'язової реабілітації, метод SEAS не зосереджується на виконанні суворо призначених схем вправ, а натомість зосереджується на індивідуалізації терапії, адаптованої

до конкретного типу викривлення та функціональних особливостей пацієнта [62]. Основним методом розрахунку є активна самокорекція пози, яка досягається шляхом залучення глибоких стабілізуючих м'язів та формування стабільних нейромоторних зв'язків. Ключовим принципом SEAS є навчання пацієнта-власника, яке забезпечує корекцію хребта у трьох площинах (фронтальній, сагітальній, поперечній), після чого ці навички інтегруються в повноцінну діяльність. [63]. Терапія зосереджена не лише на виконанні фізичних вправ, але й на формуванні нового рухового стереотипу, що сприяє постуральній саморегуляції без сторонньої допомоги. Наукові докази методу SEAS були підтверджені рандомізованим контрольованим тестуванням [64], що демонструє ефективність SEAS у зниженні ризику прогресування викривлення, зменшенні кута Кобба, покращенні м'язової симетрії, постави та якості життя при травмах.

Отже, враховуючи аналіз СВпС та шкіл, що базуються на них, можна стверджувати, що основою сучасного консервативного лікування ідіопатичного сколіозу є принцип активної тривимірної самокорекції хребта. Центральною ідеєю цієї методики є формування нового нервово-м'язового контролю над положенням тулуба, зі зменшенням заданої асиметрії, стабілізацією хребта та інтеграцією скоригованої постави в повноцінне життя. Одним з найбільш детально розроблених у застосуванні принципів корекції є метод Шрота, в якому самокорекція реалізується за допомогою асиметричних вихідних положень, ротаційно-експансійного дихання та візуального біологічного зворотного зв'язку. Пацієнт вчиться активно усвідомлювати деформацію свого тіла, вивчає способи її самостійної корекції та закріплює ці навички у вправах та універсальних рухах. Дихальні та ізометричні техніки в терапії Шрота формують стабілізуючий каркас тулуба, що сприяє функціональній корекції викривлення. Методика SEAS розвиває концепцію активної самокорекції, зосереджуючись на тренуванні постурального контролю без допоміжних засобів. Основою є самокорекція хребта, яка виконується в режимі реального часу та підтримується залученням глибоких стабілізуючих м'язів. Значний акцент у SEAS робиться на перекладі правильного положення тіла у функціональну активність пацієнта. Метод Lyon також інтегрують принципи автокорекції. Lyon спершу застосовує механічну корекцію (гіпсові чи брекетні системи), а згодом доповнює її активною участю пацієнта у збереженні скоригованого положення. Таким чином, у всіх підходах PSSE, незалежно від школи чи техніки, корекція викривлення розглядається не лише як зовнішній вплив, а як внутрішній, активний процес, в якому пацієнт є центральною фігурою. Самокорекція стає ключовим фактором довготривалого контролю

сколіозу та успішної інтеграції реабілітаційних принципів у життєву активність.

На основі результатів нашого розбору методів доцільно виділити метод SEAS як найоптимальніший для нашого дослідження. Однією з ключових переваг методу SEAS є його ультимативний метод корекції та самокорекції широкого кола спеціалістів без спеціалізованого навчання. Це робить його придатним для використання як у клінічних умовах, так і в домашніх програмах фізичної терапії, що значно розширює можливості для підтримки регулярності занять та забезпечення безперервності терапевтичного процесу.

1.3 Актуальність коригувальних положень та самокорекції

У сучасній фізичній терапії ідіопатичного сколіозу центральним завданням є не лише зменшення величини викривлення хребта, але й формування нового рухового патерну, який може бути збережений та відтворений пацієнтом у повноцінному режимі активності. У цьому контексті корекція та самокорекція стають ключовими поняттями.

Корекційне положення - це спеціально підібране положення тіла, яке мінімізує викривлення хребта та зменшує навантаження на уражені ділянки. Воно може бути частиною фізичної терапії або використовуватися як метод відпочинку з терапевтичною зоною. Корекція у фізичній терапії при сколіозі відбувається як зовнішній або інструментальний вплив, спрямований на зменшення тривимірного викривлення хребта (у фронтальній, сагітальній та горизонтальній площинах) [64]. Цей вплив може бути реалізований руками терапевта, за допомогою дзеркал, сенсорних підказок, гіпсових або пластикових ортезів (наприклад, Lyon ARTbrace), а також за допомогою спеціально підібраних вихідних положень. На початкових етапах реабілітації, корекція виконується зовнішньо та часто служить основою для подальшого навчання пацієнта самостійному регулюванню свого положення.

Самокорекція - це активна участь пацієнта у скоригованому власному налаштуванні шляхом свідомого контролю положення тіла. Метод є ключовим компонентом сучасних консервативних реабілітаційних програм, що посилює збільшення м'язової активності та контролю над положенням хребта. Метод являє собою активний, свідомий та функціонально контрольований процес, під

час якого пацієнт змінює положення свого тіла власними м'язовими зусиллями від максимальної близькості до біомеханічної нейтральної осі. Процес передбачає активацію глибоких м'язів цього стабілізатора, сенсомоторне усвідомлення положення тулуба та закріплення симетричної постави в різних функціональних контекстах [66]

Використання самокорекції та корекційне положення у кожному методі та школі унікальне за методологією їх використання. Наприклад, метод Шрота базується на багатокомпонентному підході до тривимірної корекції хребта з акцентом на контроль дихання, симетричну поставу та візуальний біологічний зворотний зв'язок. Корекція за цією методикою реалізується в кілька етапів. Початковий етап включає пасивну корекцію, яка виконується терапевтом за допомогою ручної ретракції, фіксаторів або спеціальних опор. Паралельно, формуючи сенсомоторну усвідомленість, пацієнт вчиться «відчувати» викривлення за допомогою дзеркал, зорових підказок та дихальних опор. У наступних фазах корекція поступово переноситься на пацієнта, що виконується в правильній формі із самостійною самокорекцією у трьох площинах, активуючи стабілізатори тулуба. У фазі функціональної інтеграції самокорекція переноситься на активність повсякденного життя (ADL): сидіння, стояння, ходьба. У методі SEAS основний акцент робиться на активній самокорекції без зовнішньої допомоги, яка здійснюється через контроль постуральної вертикалі та інтеграцію скоригованого положення в повсякденні рухи. Метод включає нейромоторну реорганізацію та стимулює мозок пацієнта до «переосмислення» норми обстановки. Так, у методі Lion відзначається зв'язок гіпсової або ортопедичної фіксації з навчанням самокорекції у справах та повсякденній активності. Завдання терапії полягає у зменшенні потреби у зовнішньому впливі, передачі контролю над положенням хребта самому пацієнту.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методи проведення дослідження

Для вирішення поставленої проблеми про втручання з елементами корекції та самокорекції, було проведено аналіз всіх джерел для формування методичних

рекомендацій що до використання цих методів. З метою забезпечення доказовості ефективності методів корекції та самокорекції, було проведено проспективне дослідження. Також з метою забезпечення максимальної об'єктивності та зниження ризику системної похибки, у даному дослідженні було застосовано метод сліпого конвертування як спосіб рандомізації учасників до групи втручання. Цей метод полягав у випадковому розподілі учасників після проходження ними первинного клінічного та функціонального обстеження. Кожен учасник перейшов до однієї із двох груп:

- Група А (контрольна) - отримувала лише стандартне втручання;
- Група В (основна) - виконувала модифіковану програму з підключенням активної корекції та самокорекції.

Сутність втручань розголошення вже після завершення тестування, та лише після отримання результату сліпого конверту.

З огляду на невеликий обсяг вибірки ($n = 16$), використання класичної комп'ютерної стратифікованої рандомізації виявилось менш доцільним через високий ризик випадкових перекосів між групами. Метод сліпого конвертування був обраний як доступний, прозорий та достатньо надійний спосіб випадкового розподілу групи, що дозволяє уникнути як прямого, так і непрямого впливу на вибір учасника. Крім того, цей метод має низьку перевагу. Простота в реалізації при вільному спеціалізованому програмному забезпеченні, наявність фізичного підтвердження процесу рандомізації, етична нейтральність, після чого учасник не надається переваг або дискримінації під час розподілу. Таким чином, методологічна цільність та етична обґрунтованість дослідження були забезпечені ще на етапі формування вибору, що забезпечує достовірність отриманих результатів і можливість їх відтворення в подальших клінічних дослідженнях. Перед початком будь-яких втручань, включаючи фізичну реабілітацію та діагностичні процедури, з усіма батьками або законними представниками неповнолітніх учасників було проведено первинне інформування щодо мети, структури, можливих ризиків та очікуваних результатів дослідження. Кожен представник підписав письмову інформацію про участь дитини в дослідженні, відповідно до етичних стандартів біомедичних досліджень, передбачених Гельсінською декларацією. Усі дані були оброблені з дотриманням принципів конфіденційності та анонімності.

2.2 Дизайн та вибірка

Дизайн данного дослідження є Модифіковане Рандомізоване контрольоване дослідження, так як одна група є контрольною, а інша основною з додаванням досліджувального методу втручання. Дослідження проводилося у три етапи, з метою оцінки ефективності спеціальних коригувальних поз та самокорекції в рамках плану реабілітації дітей з ідіопатичним S-подібним сколіозом з домінантним викривленням у грудному відділі.

- Перший етап, проходження першого курсу фізичної терапії, цей курс триває 3 тижні, на данному етапі, оцінюємо пацієнта, назначаємо втручання згідно з індивідуального плану втручання (ІПР), та проводимо втручання згідно з його групою. Якщо пацієнт входить в групу А, то всі втручання проходять лише направленні на покращення постурального контролю, постуральних м'язів, та м'язів кору. Якщо група Б, то втручання проводяться з тим-же самим комплексом, але укорочиним до 30хв, інші 30 хв проводяться вправи на корекцію, та навчання самокорекції в побуті. Також добавлю що на цьому етапі підписується інформаційна згода, що-до проведення дослідження.
- Другий етап проводиться в домашніх умовах, при контролі опікунів, як для групи А та Б, яких навчає фізичний терапевт наприкінці прешого етапу. Кожен день проводиться втручання 60хв на день. Данний етап триває 1 календарний місяць.
- Третій етап, проходження повторного курсу фізичної терапії, цей курс також триває 3 тижні. В перший день данного курсу проводиться повторне оцінювання, для вдосконалення втручань для ІПР, та проводиться удосконалений комплекс втручань. Наприкінці данного етапу проводиться заключне оцінювання. Та проводимо підсумки що-до результатів втручання.

Данне дослідження проходило з 15 липня по 25 грудня 2024 року на базі відділення реабілітації та відновлювального лікування Комунального закладу «Дніпровська дитяча міська клінічна лікарня № 6».

Набір учасників для дослідження здійснювався у окремі часові періоди. Перш за все, дизайн дослідження передбачав формування вибірки з 20 осіб, але вибірка становила 16 осіб, яких мали бути випадковим чином розподілені на дві рівні групи: контрольну ($n=8$) та основну ($n=8$). Планувалося залучити як дівчаток, так і хлопчиків віком від 8 до 15 років, яким було поставлено діагноз

ідіопатичного S-подібного сколіозу з домінантним викривленням у грудному відділі хребта. Основні критерії включення були наступними:

- Тест Ріссера в межах 0-4 балів, що відповідає активному періоду росту скелета.
- Кут Кобба - від 10° до 20° , що свідчило про наявність легкої до помірної деформації.
- Відсутність перекосу тазу (оцінка візуально та за допомогою фотометрії).
- М'язова сила за шкалою MMT (Manual Muscle Testing) у ключових стабілізуючих м'язах: косі м'язи живота, квадратний м'яз живота, м'язи передньої черевної стінки (прес). Усі м'язи в межах 3–5 балів, без клінічно вираженої асиметрії.
- Позитивний тест Адамса, виділенням реберного горба справа.
- Відсутність супутніх ортопедичних або неврологічних патологій, які могли б вплинути на перебіг сколіотичної деформації або відповідь на реабілітаційне втручання.

Критерії виключення:

- Завершений або майже завершений період зростання скелета, що визначалося показником тесту Ріссера > 4 балів.
- Виражена або важка деформація хребта, тобто кут Кобба $> 20^{\circ}$, що виходило за межі легкої та помірної форми ідіопатичного сколіозу.
- Наявність вираженого перекосу тазу, виявленого під час візуального огляду або фотометричної оцінки.
- Наявність супутніх захворювань опорно-рухового апарату або нервової системи, які можуть вплинути на перебіг сколіозу або ефективність фізичної терапії (наприклад: церебральний параліч, м'язова дистрофія, вроджені вади хребта, спастичність, невропатії тощо).
- Наявність хронічного больового синдрому або інших станів, які обмежують участь дитини в програмі активної фізичної терапії.

Для забезпечення комплексної оцінки стануть безпечними, відповідність критеріям включення та визначення базових параметрів для подальшого аналізу ефективності втручання, у даному дослідженні було використано декілька валідованих діагностичних методик. Кожа з ними має окреме клінічне значення в структурі оцінки функціонального стану ОРА в осіб з ідіопатичним сколіозом.

Тест Адамса (Adam's Forward Bend Test). Цей тест є клінічно значущим скринінговим методом для виявлення наявності структурних деформацій хребта, зокрема реберного горба, що відбувається внаслідок ротації тіл хребців. У результаті S-подібним ідіопатичним сколіозом, переважно з викривленням у грудному відділі, реберний горб є характерним симптомом. Проведення тесту дозволяє, мати наявність ротаційного компонента деформації, оцінити асиметрію тулуба у фронтальній площині, об'єктивізувати необхідність подальшого інструментального обстеження (рентгенографії).

Рентгенографічна оцінка кута Кобба, цей метод є золотим стандартом для визначення ступеня бокового викривлення хребта. Він дозволяє оцінити кутові деформації у фронтальній площині (у градусах), об'єктивно розмежувати форми сколіозу (легкий, помірний, важкий), відстежувати динаміку змін під впливом терапевтичних втручань, та застосувати доцільність за допомогою консервативного або хірургічного підходу. У дослідженні ділянки кута Кобба склав від 10° до 20° дозволяє зосередитися на пацієнтах, у яких деформація є достатньо вираженою для корекції, але не потребує жорсткого ортезування або оперативного втручання. Тест або шкала Ріссера використовується для оцінки ступеня зрілості скелета, базуючись на осифікації клубової апофізи таза. Цей показник важливий для ймовірності прогресування сколіозу (чим нижчий бал Ріссера, тим вищий ризик деформації), та результативності консервативних втручань, що найбільш ефективно у фазі активного росту. У нашій дослідженні вибір забезпечений із Рісером 0-4 балів, що забезпечує включення осіб у період критичного росту, коли хребет найбільш чутливий до зовнішнього впливу та модифікацій поставити. Оцінка симетричності положення таза була критерієм виключення, відсутність асиметрії таза може бути незалежним фактором виникнення вторинного коліозу або призвести до основного перекручення клінічної картини деформації. Крім того, наявність тазового перекосу ускладнює стандартизовану оцінку викривлення за Коббом і знижує надійність інших тестів. Мануальне м'язове тестування (ММТ) дозволяє кількох оцінити силу основних м'язових груп, залучених до стабілізації хребта, а саме: квадратного м'яза попереку (латеральна стабілізація тазу); м'язів черевного пресу (антигравітаційна стабілізація тулуба та контроль за ротаційним компонентом). Та косі м'язи живота.

Візуально-постуральний аналіз це якісний метод оцінки поставити пацієнту, що використовується у фізичній терапії для виявлення асиметрії, дисбалансів та структурно-функціональних змін тіла: з цього тестування нам необхідна асиметрія плечей, асиметрія лопаток, та асиметрія рук. Ці показники дозволяють застосовувати функціональну готовність пацієнта до виконання

вправ, вивчати динаміку зміцнення м'язів під час реабілітації, індивідуалізувати програму вправ відповідно до слабких ланок.

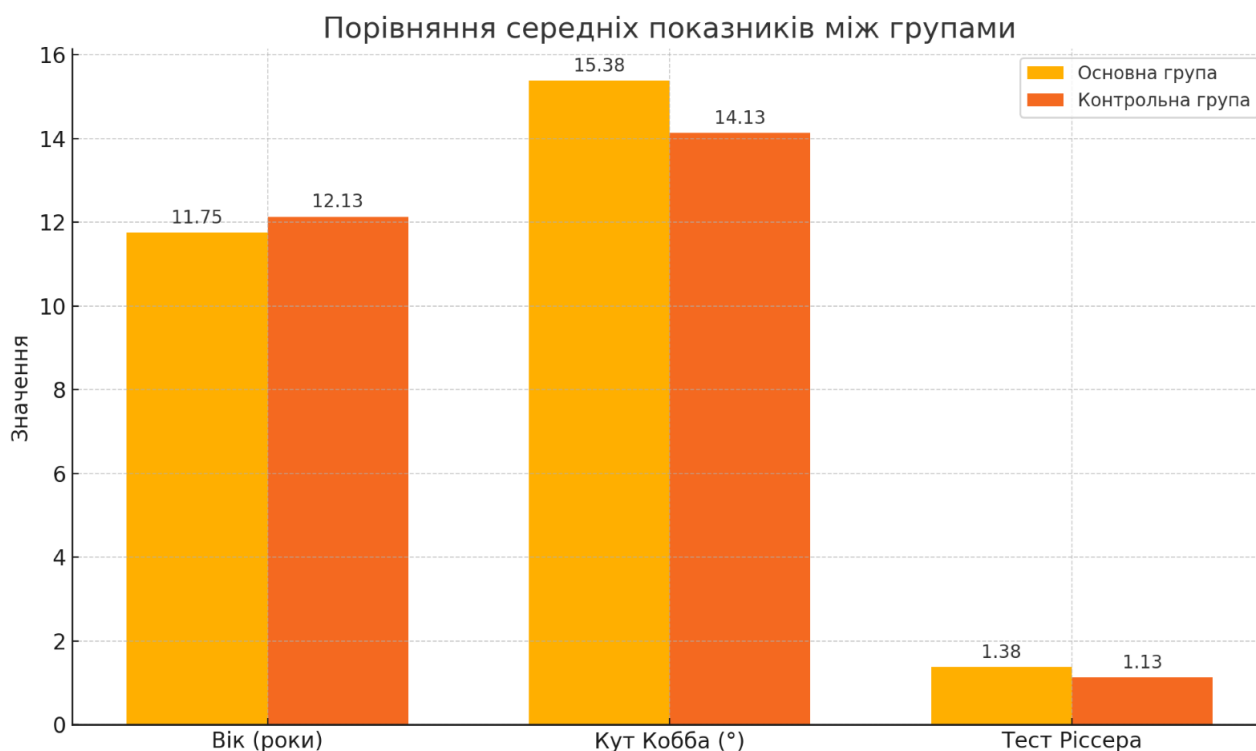
Данні з цієї вибірки включають вік, стать, тест Ріссера та кут Кобба, які наведені в таблиці (2.1).

Таблиця 2.1 - Вибірка пацієнтів.

№	Пацієнт	Вік	Стать	Тест Ріссера	Кут Кобба
1	Ш.К.	10 р.	жіноча	1.	13°
2	К.С	13 р.	чоловіча	2.	15°
3	К.М	14 р.	чоловіча	3.	17°
4	Й.М	9 р.	жіноча	0.	14°
5	Ц.Г	10 р.	чоловіча	0.	12°
6	Ц.И	14 р.	чоловіча	1.	15°
7	Д.Д	13 р.	жіноча	3.	18°
8	Ж.А	12 р.	жіноча	2.	12°
9	С.П	10 р.	жіноча	0.	13°
10	Л.Д	13. р	чоловіча	1.	18°
11	А.К	12. р	жіноча	1.	16°
12	М.М	11. р	жіноча	1.	14°
13	Х.О	12. р	чоловіча	2.	18°
14	К.А	11. р	жіноча	0.	11°
15	К.А	15. р	чоловіча	3.	13°
16	К.Е	12.р	жіноча	0.	17°

Після розподілу на дві досліджувані групи було сформовано узагальнений графік, який показує усереднені показники відповідних даних для кожної з груп (графік 2.1). На цьому етапі дослідження інформація про належність окремих учасників до тієї чи іншої групи навмисно не розголошується, з урахуванням забезпечення об'єктивності подальшого аналізу. Повна демонстрація розподілу учасників за групами буде представлена у відповідному розділі про результати дослідження.

Гістограма 2.1



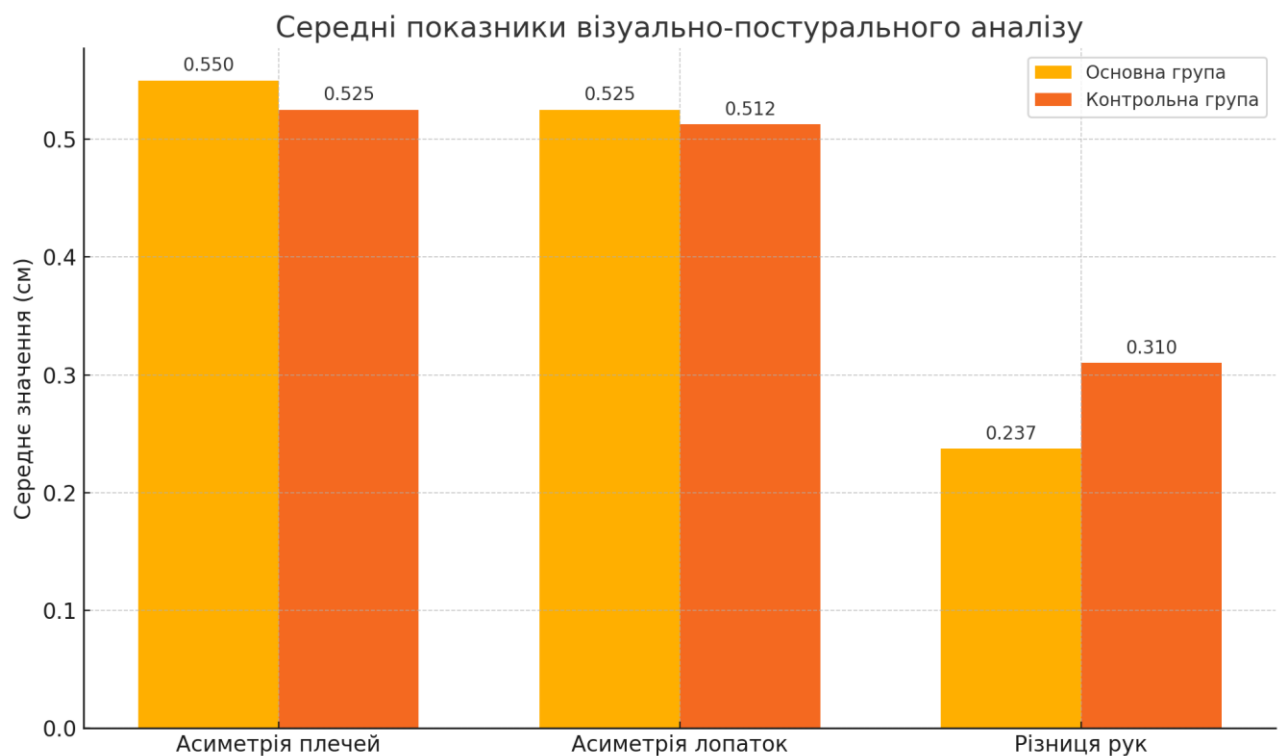
Також, окрім рентгенологічного обстеження, перед втручанням було проведено обстеження фізичним терапевтом. Одним з обстежень був візуально-постуральний аналіз, який є обов'язковим елементом первинного скринінгу та динамічного моніторингу за допомогою ІС. Оцінка проводилася в рамках цього дослідження, особлива увага приділялася наступним параметрам:

- Асиметрія положення лопатки - збільшення висоти та відстані від медіального краю лопатки до остистих відростків хребта. Асиметрія $>0,5$ см підтверджується як клінічно значуща.
- Різниця в положенні рук - оцінюється як вертикальна різниця між дистальними кінчиками середніх пальців відносно точної горизонтальної площини. Різниця в професіях щодо торсії тулуба або латерального викривлення.
- Асиметрія рівня плеча - збільшення як вертикальної різниці між акроміальними відростками лівої та правої лопатки, що може бути зафіксовано лінійно, фотометрично або візуально. Клінічно значущі відхилення більше 1 см.

Для підвищення об'єктивності результатів було використано фотофіксацію та подальший аналіз за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення PostureScreen. Усі оцінки проводив один фізіотерапевт, щоб уникнути похибки вимірювання. Оцінка має високу клінічну чутливість, але супроводжується існуючою суб'єктивною похибкою, яка може бути пов'язана з положенням пацієнта, недостатнім видимим контрастом анатомічних орієнтирів,

інтерпретацією дослідника або мінімальними функціональними оцінками, що не мають структурної основи. Середня похибка методу за даними літератури становить $\pm 0,5\text{--}1$ см при візуальній оцінці без технічних засобів, тому цей метод не є повністю об'єктивним. Порівняння аналізу положення транспортного засобу буде продемонстровано на гістограмі 2.2.

Гістограма 2.2



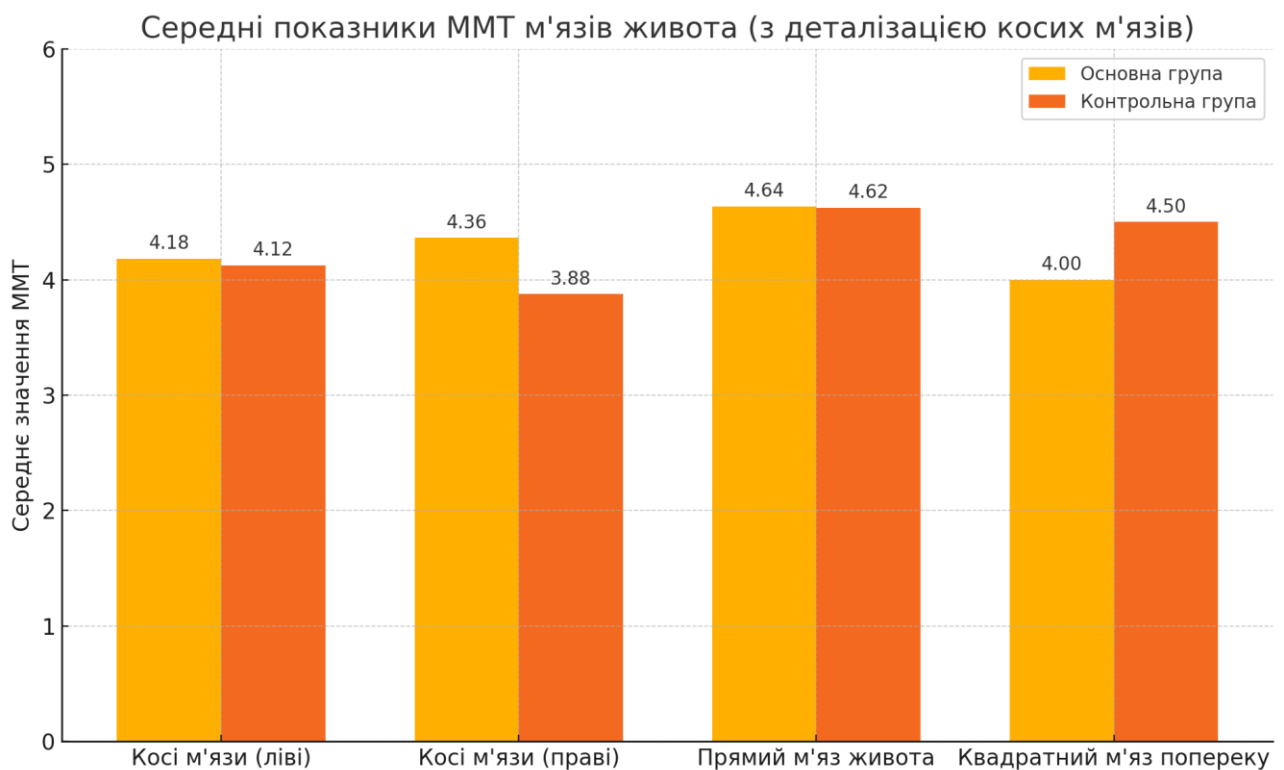
Із діагностики фізичного терапевта також було проведено ММТ, яке дозволяє кількісно оцінити функціональний стан м'язів, відповідальних за стабілізацію хребта і контроль положення тулуба. Особливої уваги в межах нашого дослідження було надано наступним групам м'язів: косим м'язам живота (зовнішнім та внутрішнім), прямому м'язу живота, квадратному м'язу живота.

Функціональна слабкість або асиметрія активації цих м'язів часто супроводжує викривлення хребта, особливо в умовах порушеної біомеханіки та м'язового дисбалансу. Наприклад, при латеральному викривленні спостерігається гіперактивація або перенапруження м'язів на випуклій стороні дуги та ослаблення або розтягнення на ввігнутій. Це створює стійкий патологічний м'язовий шаблон, який підтримує деформацію і перешкоджає ефективній автокорекції. Саме тому оцінка сили м'язів-стабілізаторів є критично важливою на етапі включення пацієнта до програми фізичної терапії. Виявлення м'язової

недостатності (менше 3 балів за шкалою MMT) дозволяє визначити осіб, яким необхідна попередня підготовка, або в яких виконання вправ може бути недоцільним чи ризикованим з точки зору декомпенсації постурального контролю.

У цьому дослідженні мануальне тестування проводилось відповідно до загальноприйнятої шкали MMT від 0 до 5 балів. В результаті оцінювання було отримано данні, які були продемонстровані в гістограмі 2.3.

Гістограма 2.3



2.3 Методи математично-статистичної обробки

Для забезпечення достовірності та наукової перевірки отриманих результатів у цьому дослідженні було використано комплекс методів математично-статистичної обробки, який містить специфіку проспективного експериментального дизайну з обмеженим обсягом вибору. Обробка даних була спрямована на оцінку як ефективності запропонованого втручання, так і взаємозв'язків між клінічними та функціональними параметрами у дітей з початковими формами ідіопатичного сколіозу. Дослідження проводилося у

форматі проспективного клінічного втручання з випадковим розподілом учасників у дві паралельні групи з використанням методу сліпого перетворення. Тривалість реабілітаційного періоду становила 3 місяці та включала два терапевтичні епізоди тривалістю 3 тижні з проміжним місяцем домашнього етапу, який реалізувався під контролем батьків. Всі учасники були попередньо стратифіковані за віком, кутом Кобба, тестом Ріссера та статтю. Для обробки отриманих клінічних та функціональних даних (кут Кобба, асиметрії положення плечей, лопаток, рук, м'язова сила для ММТ) були використані такі етапи аналізу: Всі первинні дані були перевірені на повноту та узгодженість. Для кількох змінних було розраховано M - середнє значення, SD - стандартне відхилення, Me - медіану, $min-max$ межі варіації, $CI -95\%$ довірчий інтервал. Це дозволило охарактеризувати вихідні показники в обох групах та оцінити їх однорідність на початковому етапі втручання.

Для оцінки результатів передачі та обґрунтування висновків у дослідженні було використано комплекс статистичних методів. Перевірка початкової однорідності вибірок На першому етапі нормальність розподілу кожного багатовимірного показника перевірялася за допомогою тесту Шапіро-Уїлка. Це дозволило розробити доцільність використання параметричних або непараметричних методів аналізу. Показники з $p < 0,05$ інтерпретувалися як такі, що відхиляються від нормального розподілу. Для порівняння початкових (до втручання) значень між основною та контрольною групами використовувався непарний t -критерій Стюдента при спостереженні нормальності або тест Манна-Вітні у разі її порушення.

Аналіз динаміки всередині кожної групи для оцінки ефективності втручання всередині кожної окремої групи порівнювалися значення показників до та після лікування. У випадку нормального розподілу використовується весь парний t -критерій Стюдента, а у випадку відхилення від нормальності - тест Уїлкоксона. Це дозволило нам встановити статистично значущі зміни в кожній групі. Порівняння ефективності між групами, для порівняння ефективності передачі між основною та контрольною групами проводиться аналіз малих змін до та після для кожного показника. Для цього використовувалися ті ж критерії, що й на попередньому етапі: непарний t -критерій (у разі нормального розподілу) та Манна-Вітні (у разі порушення нормальності або для змін рангу).

Категоріальний аналіз клінічно значущих змін також оцінювалися частки клінічно значущих покращень (наприклад, зменшення кута Кобба на $\geq 5^\circ$, зменшення асиметрії на $\geq 0,3$ см, збільшення сили на ≥ 1 бал за шкалою ММТ). Для порівняння частот використовувався χ^2 -тест Пірсона, а точний тест Фішера

- коли очікувані частоти були <5 . Додатковий аналіз, розмір ефекту (d Коена) розраховувався для кількісного опису сили ефекту втручання. Значення $d \geq 0,8$ вважалися значним ефектом, $0,5-0,8$ – помірним, а $<0,5$ – слабким. Крім того, було проведено кореляційний аналіз для визначення зв'язку між початковими клінічними параметрами (вік, стать, рівень Ріссера, ступінь асиметрії, сила м'язів) та змінами, досягнутими після втручання. У випадку нормального розподілу обох змінних використовувався коефіцієнт кореляції Пірсона (r), а для рангових або непараметричних змінних – коефіцієнт Спірмена (ρ). Це дозволило виявити прогностично значущі фактори успіху втручання, зокрема в контексті рівня навичок самокорекції та контролю м'язів.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Обґрунтування програми корекції та самокорекції

Данні рекомендації були встановлені на методиці активної корекції та самокорекції з методики SEAS. Тому більша частина буде ґрунтуватися на навчальних матеріалах саме з методик SEAS, які розписані в данній статті [67].

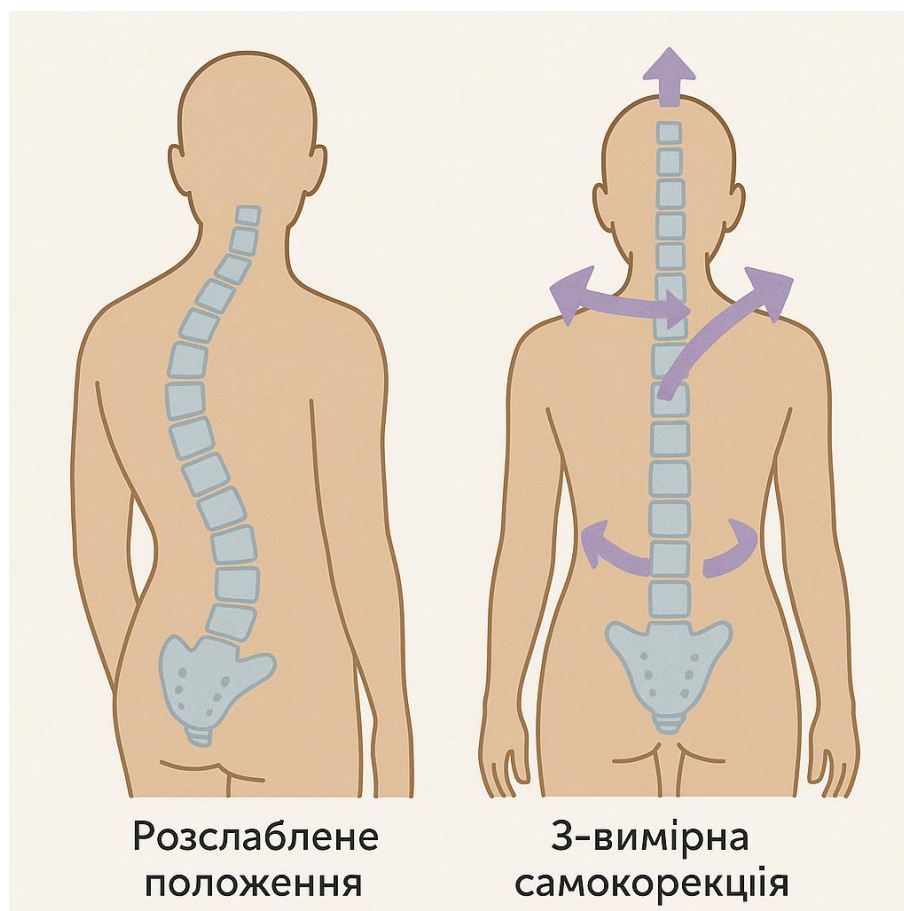
Перш ніж розпочати цей розділ, необхідно попередити, що всі коригувальні втручання підбираються суворо індивідуально, враховуючи всі деформації в 3-ох площинах. Усі вправи інтегрують самокорекцію у функціональні рухи, близькі до повсякденної діяльності. Головною метою цих втручань є покращення постурального контролю та стабільності хребта, щоб пацієнт рефлексивно підтримував виправлену поставу в повсякденному житті. Після ознайомлення з вищезазначеними інструкціями ми можемо ознайомитися з ключовими принципами вправ.

Перший принцип, це 3-вимірна самокорекція, суть данного принципу базується на навчанні пацієнта максимально випрямляти хребет у всіх трьох площинах за допомогою активних м'язових зусиль. Другий принцип базується на функціональності вправ, вправи імітують діяльність повсякденного життя

(ADL), пацієнт тренується підтримувати правильну постану під час типових рухів (наприклад, вставання зі стільця, нахили, ходьба), а не лише в статичних позах. І третій принцип, стабілізація та нервово-м'язовий контроль, вправи спрямовані на розвиток постуральної м'язової витривалості та рівноваги, щоб хребет залишався стабільним у виправленому положенні. Важливо не просто пасивно вирівнювати хребет, а тренувати м'язи для автоматичної підтримки оптимального вирівнювання [68].

Активну самокорекцію можна визначити як пошук найкращого можливого вирівнювання хребта пацієнта в просторі в трьох площинах. Пацієнта навчають послідовно виправляти положення сегментів хребта у фронтальній, сагітальній та горизонтальній площинах з одночасним розгинанням вгору (проти сили тяжіння). Приклад того, як це зробити, показано на малюнку 3.1.

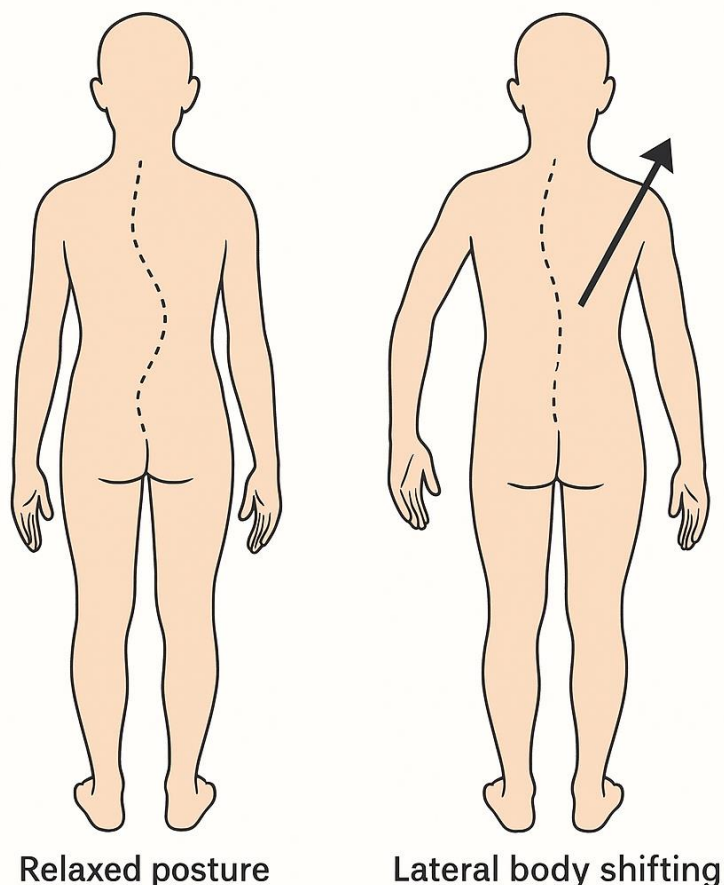
Малюнок 3.1



Важливо, щоб така корекція здійснювалася виключно власними м'язовими зусиллями, без зовнішньої підтримки чи тяги. Основні компоненти самокорекції в кожній площині наведені нижче [69].

У фронтальній площині пацієнт виконує рух “бічне зміщення частин тіла”, спрямоване на випрямлення бічного викривлення. Це зміщення верхівкового хребця (вершини сколіотичної дуги) до середньої лінії тіла. Рух здійснюється дещо діагонально вгору, такий вектор допомагає одночасно протидіяти просіданню хребта та сприяє його розтягуванню під час корекції, приклад візуалізован в малюнку 3.2. Важливо зосередити увагу пацієнта саме на зоні максимального відхилення: активна корекція зосереджена на верхівковому хребці з найбільшим нахилом. Наприклад, при правобічному грудному сколіозі пацієнт вчиться зміщувати грудну клітку вліво та вгору, «наближаючи» вершину викривлення до центру. Такий латеральний рух одразу покращує симетрію тіла, візуально зменшує асиметрію плечей/талії та покращує баланс ваги по боках тіла. [67]

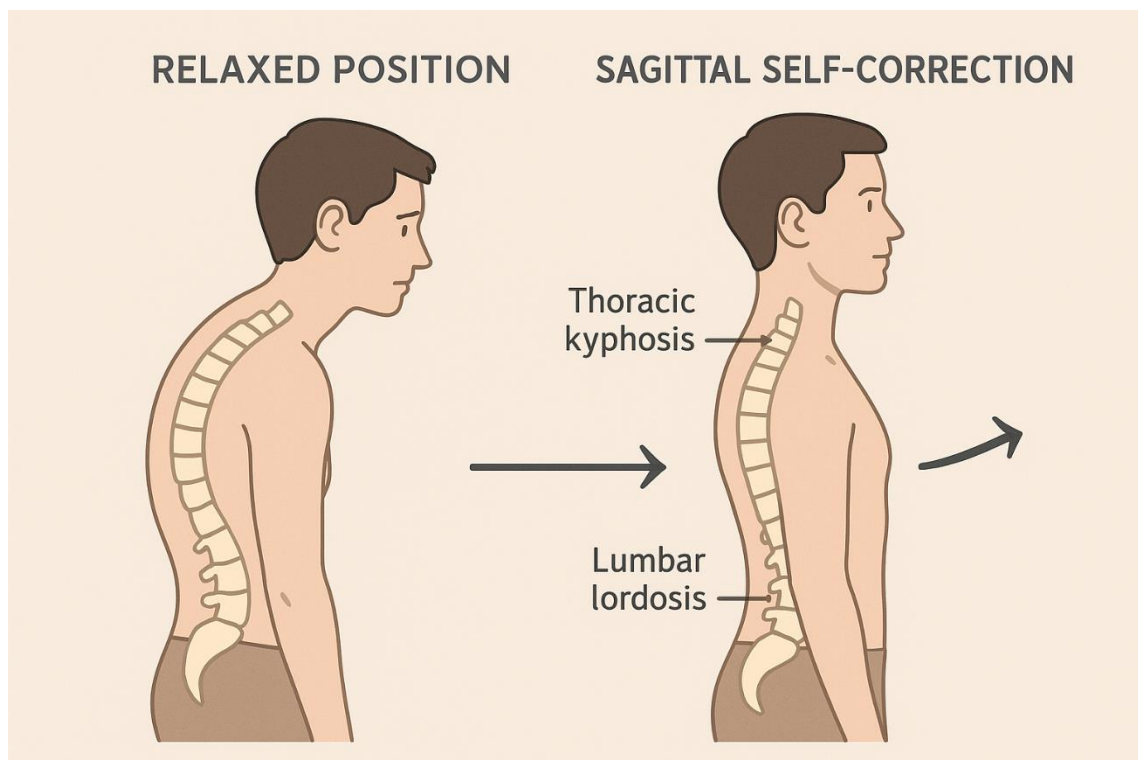
Малюнок 3.2



У сагітальній площині завдання полягає у відновленні нормальних фізіологічних викривлень хребта, грудного кіфозу та поперекового лордозу,

відповідно до індивідуальної патології. Зазвичай це означає виконання контрольованих рухів згинання або розгинання в грудному відділі, легке нахилання вперед (кіфотизація) для збільшення надмірно сплющеного кіфозу та розгинання поперекового відділу хребта (лордотизація) для виправлення плоского викривлення поперекового відділу хребта. Якщо ж у пацієнта надмірний кіфоз або лордоз, корекція полягатиме в незначному протилежному русі (випрямлення грудного відділу або підняття тазу), щоб наблизити викривлення до нормального [67]. Приклад зображений на малюнку 3.3. Вибір конкретного напрямку руху в сагітальній площині залежить від початкової постави пацієнта; не всім потрібне збільшення грудного кіфозу або збільшення поперекового лордозу, іноді навпаки. Таким чином, терапевт оцінює профіль пацієнта збоку та навчає його «вирівнювати» свій сагітальний профіль до оптимального стану. Правильна корекція в цій площині дуже важлива, оскільки нормальні викривлення забезпечують збалансовану стабільність хребта.

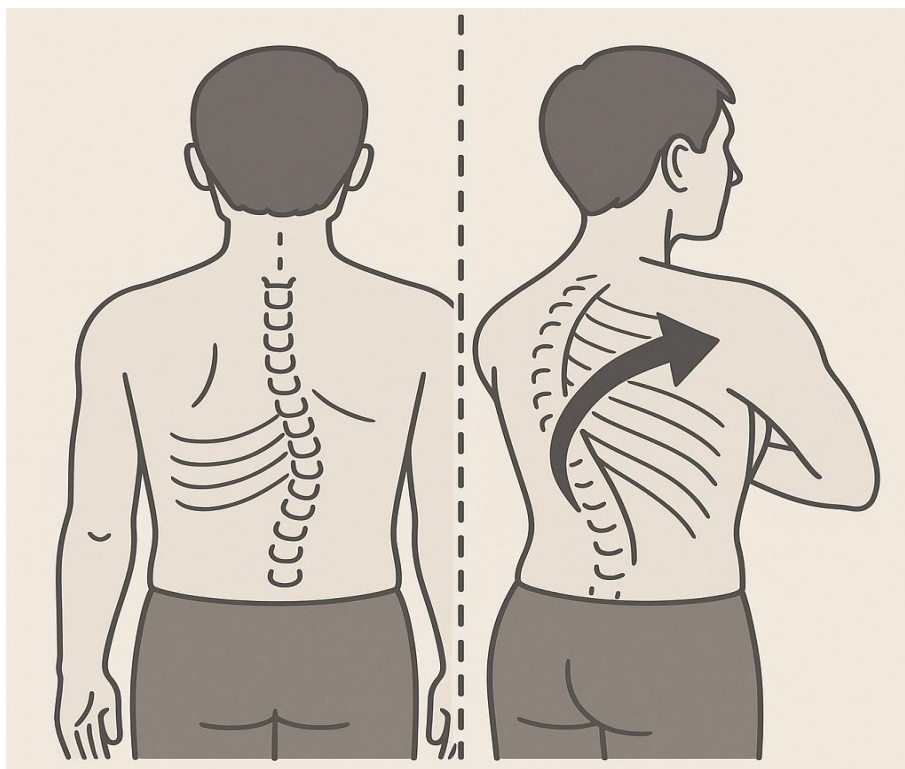
Малюнок 3.3



У горизонтальній (поперечній) площині створюється рух, який називається «деротація» тобто скручений хребет розкручується в протилежному напрямку, щоб зменшити кручення хребта та реберного горба. Пацієнта просять виконати

м'яке обертання або контрротацію тулуба та плечового пояса в напрямку, протилежному сколіотичному обертанню. Наприклад, якщо при сколіозі розведений реберний горб обертається праворуч, а один реберний горб праворуч, пацієнт вчиться змушувати грудну клітку повертатися ліворуч, «розщеплюючи» реберний горб, що продемонстровано в малюнку 3.4. Цей рух можна доповнити спеціальними дихальними техніками, пацієнт робить глибокий вдих, розкриваючи увігнуту сторону грудної клітки, і видихає з тиском на опуклу сторону, щоб збільшити деротацію. Мета - мінімізувати викривлення хребта та симетризувати об'єм грудної клітки. Хоча корекція обертання зсередини менш помітна зовні, вона має значний вплив на покращення м'язового балансу та дихальної функції. Вертикальна вісь (витягування): поза трьома площинами пацієнт під час самокорекції активно витягується вгору («подовжує» хребет) - при цьому відбувається «зростання» верхівки голови до стелі. Це вертикальне витягування виконується з вищезазначеними корекціями та забезпечує декомпресію хребта. Витягування посилює фіксуючий ефект: витягнутий хребет легше тримати прямо, і це протидіє гравітаційному стисканню викривленого хребта. Важливо, щоб пацієнт під час витягування не піднімав плечі, а навпаки «тягнув» голову, зберігаючи розслаблення шії та плечового пояса. [70].

Малюнок 3.4



Тренування активної самокорекції виконується в різних положеннях, поступово переходячи від простих до складніших. Спочатку пацієнт опановує коригувальні рухи в положенні сидючи або лежачи, де легше контролювати сегменти хребта. Потім практикується самокорекція в положенні стоячи, а також у проміжних положеннях - наприклад, стоячи на колінах або на четвереньках (орієнтація на руки та коліна. Важливі різні положення, після чого практикується моделювання ситуацій з повсякденного життя; пацієнт повинен навчитися підтримувати виправлену поставу як у статичних положеннях, так і під час рухів).

Щоб уникнути порушення балансу під час корекції, слід дотримуватися певної послідовності рухів. Спочатку корекція починає зменшуватися: спочатку пацієнт виправляє положення попереку та тазу, і лише потім грудної клітки. Такий підхід забезпечує стабільну основу - якщо одразу виправити верхню частину, не вирівнюючи низ, нижня частина хребта може «піти» в протилежному напрямку та компенсаторно збільшити викривлення. Навчившись виправляти попереки, пацієнт додає корекцію верхньої частини, стежачи за тим, щоб не втратити контроль над поперековим відділом при корекції грудної частини (тобто зберігаючи попередню корекцію). По-друге, в попереково-крижовому відділі спочатку виправляється сагітальний профіль (нахил тазу, викривлення поперекового відділу), а потім фронтальне відхилення або ротація. Навпаки, в грудному відділі доцільно спочатку зробити латеральну корекцію/деротацію лопатки, а вже потім виправляти кіфоз, так легше досягти симетрії грудної клітки, не порушуючи рівноваги. Третій момент - вирівнювання плечей і голови. Після корекції тулуба пацієнту потрібно вивести голову вище центру тазу (C7 над S1) - тобто випрямити шию, злегка нахиливши голову в протилежний бік, щоб очі були горизонтальними. Таким чином, компенсація нахилу верхньої частини хребта (якщо голова або плечі були зміщені) інтегрується в самокорекцію. [67]

При подвійному викривленні (дві дуги сколіозу) пацієнта навчають спочатку виправляти первинне, більш значне викривлення, а потім вторинне. Зазвичай основним є нижнє (поперекове) викривлення, тому спочатку виправляється саме воно (або те, що більш виражене з точки зору кута Кобба або обертання), а потім верхнє. Якщо є труднощі з визначенням того, яка дуга є основною, за замовчуванням починають з більшого каудального (нижнього) викривлення. Це забезпечує кращу підтримку для подальшої корекції решти хребта [69]

Візуальний контроль. На початкових сеансах пацієнт використовує дзеркало або інші орієнтири для контролю свого положення. Дзеркало узгоджується з тим, як виглядає правильна постава, і порівнює відчуття в тілі з фактичним вирівнюванням. Однак важливо відмовитися від дзеркала, як тільки пацієнт опанує основні рухи. Надмірна залежність від зорового контролю доповнює розвиток пропріоцепції - внутрішнього відчуття положення тіла.

Рекомендується якомога раніше переключити увагу пацієнта на відчуття тіла (м'язове відчуття вирівняного положення), не дивлячись постійно в дзеркало. Це тренує власне пропріоцептивне сприйняття та формує автоматизм корекції навіть без зорового контролю.

Дихання - один із важливих аспектів тренування, правильного дихання зі збереженням корекції. Часто новачки мимоволі затримують дихання, намагаючись «зафіксувати» виправлене положення через внутрішній тиск. Це неправильно: пацієнт повинен навчитися вільно дихати, не втрачаючи самокорекції. Використання дихання може навіть полегшити рухи - наприклад, видих полегшує втягування живота та активацію глибоких м'язів, а вдих дозволяє «відкрити» звужені ділянки грудної клітки. Тому одним із перших завдань на заняттях є навчити пацієнта спокійно дихати у виправленому положенні. Якщо він може зробити кілька повних вдихів-видихів, зберігаючи корекцію, вказуйте на те, що положення контролюється не затримкою повітря, а м'язовим зусиллям. Цей навик також корисний для інтеграції корекції в загальну діяльність, де дихання має залишатися природним. [67].

Підготовка пацієнта до сеансу включає пояснення мети та принципів корекції. Фізіотерапевт обговорює з пацієнтом його індивідуальний тип коліозу, демонструє (наприклад, перед дзеркалом або на фотографії) початкову поставу та зміни, яких потрібно досягти. Пацієнт повинен усвідомлювати свою деформацію та розуміти, які рухи остаточно її виправлять - це ваша мотивація та точність виконання. [67]. Під час першого заняття тренування починається у спокійному темпі, з періодичними паузами для зворотного зв'язку: терапевт тактильно або вербально виправляє помилки, ставить запитання («Чи ваші плечі зараз прямі?», «Де ви відчуваєте напругу?») - такий підхід залучає пацієнта до процесу та покращує стан контролю.

Як головна мета, пацієнт тренується виконувати самокорекцію в положенні стоячи, яке є найбільш функціональною позою, оскільки основна діяльність відбувається стоячи або в русі. Вправи стоячи складніші, оскільки вимагають рівноваги на стопах та координації всього тіла, але вони є найкращою підготовкою до реальних умов. Важливо практикувати різні положення та рухи

на заняттях, оскільки повсякденне життя представляє тілу широкий спектр поз та рухів. Зокрема, пацієнт вчиться переходити з одного положення в інше (наприклад, із сидіння на парковці), зберігаючи при цьому самокорекцію - такі динамічні навички будуть особливо корисними для нього поза клінікою [71].

Перед початком кожної вправи переконайтеся, що пацієнт прийняв нейтральне положення: він повинен стояти або сісти прямо, розслабитися, а потім активувати м'язи для самокорекції з цього нейтрального положення. Не слід починати вправу зі скрученого або напруженого положення, після чого м'язам буде важко перебудуватися. Нехай пацієнт кілька разів пройде: прийняв початкове положення - виправив положення - розслабився. Це допоможе йому усвідомити різницю між «поганою» та «хорошою» поставою. Якщо використовується дзеркало, попросіть пацієнта згадати, як виглядає та відчувається його тіло у скоригованому стані.

Корекція апікального хребця, це хребець, який знаходиться на вершині (піку) сколіотичної дуги і має найбільше бокове відхилення та кут нахилу. Корекція цього хребця є критично важливою, після чого саме вона має максимальну кривизну. У методиці SEAS використовується цілеспрямована техніка перекладання апікального хребця до середньої лінії тулуба шляхом активної м'язової роботи. Як зазначається в розділі профронтальну площину, пацієнт вчиться виконувати «трансльований» рух: зміщувати сегмент хребта в області апікального хребця в протилежний бік викривлення і трохи. Фактично, пацієнт уявляє, що «штовхає» вершину свого викривлення до центру спини [67]. Терапевт може під час навчання тактильно підказувати, наприклад покласти руку на опуклість ребер або м'язовий валик в зоні апікального хребця і попросити пацієнта «натиснути цю ділянку на мою руку, рухаючи ребра в середині». Такий зворотний зв'язок допоможе сфокусувати зусилля саме там, де потрібно.

При правильній методиці пацієнт засвоює, як ізольовано керувати сегментом на рівні апікального хребця. Спочатку рух може бути ледь помітним, але з практичною амплітудною контрольованою корекцією зростає. Важливо, що поряд із зміщенням апікального хребта, пацієнт одночасно виконує загальну елонгацію хребта - це запобігає «затисканню» корекції тільки в одному місці і розподіляє вирівнювання по всій довжині хребта.

Програма корекції побудована так, щоб ускладнити завдання в міру того, як зростання володіння пацієнта. Спочатку, протягом періоду навчання, використовувалася проста та переважно статична позиція, щоб пацієнт

зосередився на правильності виконання самокорекції без зайвих перешкод. На цьому етапі дозволяється опора, дзеркало, вільний темп - головне, щоб досягти правильної форми. Як тільки пацієнт освоїв базову самокорекцію, настав час ввести динаміку та нові складності. Рухи застосовуються: додаються координаційні елементи, нестабільні опори, більша амплітуда, вищі вимоги до балансу чи сили м'язів. Ідея виникає в тому, що постава має залишитися контрольованою навіть під час складних дій, таким чином тренується автоматична стабільність хребта.

Одним із основних критеріїв прогресії є здатність пацієнта утримувати корекцію. Спочатку пацієнт виконує спрощену самокорекцію і прості рухи; з покращенням контролю корекція доводиться до оптимальної, а рухи стають більш складними. Вправи вибудовуються від легкого до важкого, при цьому рівні стійкості завжди адаптуються під поточні можливості пацієнта. Наприклад, якщо пацієнт вже впевнено стоїть з правильною постановою, наступним кроком буде навчити його ходити з правильним вирівнюванням; если и це дається легко - виконати швидкі чи складніші рухи (підскоки, повороти) без втрати контролю. Важливо, щоб підвищення стійкості було поступовим - занадто різкий перехід може призвести до того, що пацієнт «зірветься» і перестане отримати корекцію, що негативно позначається на навичці.

Тривалість одного сеансу. В умовах клініки або реабілітаційного центру типове тренування триває близько 30-60 хвилин. поки достатньо часу, щоб провести розминку, виконати комплекс із 5-7 спеціальних вправ (з повторами і відпочинком. Частота тренувань, вправи слід зберегти щонайменше 3-5 разів на тиждень, а краще - щодня у помірному обсязі [67]

3.2 Результат дослідження та обговорення

Перед початком статистичної обробки та інтерпретації результатів, для кращого розуміння вихідних характеристик вибірки, буде наведено список усіх виміряних показників на початку дослідження в кожній з груп. Це дозволяє оцінити їх однорідність, необхідну для початкового функціонального стану, та забезпечує основу для подальшого порівняння змін. Усі дані основної групи будуть показані в таблиці (3.1).

Таблиця 3.1

Таблиця 3.1 - оцінювання основної групи на початку дослідження.

Пацієнт	стать	вік	кут Кобба	Тест Ріссера	асиметрія рівня плечей	асиметрія положення лопаток	різниця положення рук	ММТ косі м'язи живота	ММТ прямий м'яз живота	ММТ квадратні м'язи попереку
Д.Д	жіноча	13р	18	3	0.8 см	0.5см	0.5 см	4-ліво 4-право	5	4
К.С	чоловіча	13р	15	2	0.3 см	0.4см	0.2 см	5-ліво 4-право	4	4
Л.Д	чоловіча	13р	18	1	0.7 см	0.7 см	0.5 см	5-ліво 4-право	4	4
Й.М	жіноча	9р	14	0	0.4 см	0.5 см	0 см	3-ліво 3-право	4	3
Х.О	чоловіча	12р	18	2	0.9 см	0.8 см	0.3 см	5-ліво 5-право	5	5
А.К	жіноча	12р	16	1	0.6 см	0.5см	0.2 см	3-ліво 3-право	4	4
Ц.Г	чоловіча	10р	12	0	0.4 см	0.3 см	0 см	3-ліво 4-право	5	4
Ж.А	жіноча	12р	12	2	0.3 см	0.5 см	0.2 см	5-ліво 5право	5	4

На етапі первинного обстеження в основній групі ($n = 8$) оцінювався ряд клінічних та функціональних показників, зокрема, вік, кут Кобба, ступінь зрілості скелета за тестом Ріссера, величина асиметрії плечового пояса та лопатки, а також сила м'язів основних стабілізаторів тулуба. Отримані результати представлені у вигляді описової статистики.

Середній вік основної групи становить $11,75 \pm 1,49$ років, що відповідає критичному періоду групи активного росту скелета. Це підтверджується результатами тесту Ріссера, середнє значення якого становило $1,38 \pm 1,06$, а медіана - 1,5 бала, що свідчить про високу ймовірність прогресування деформації для більш адекватного втручання. Середнє значення кута Кобба

становило $15,38^{\circ} \pm 2,56$, в межах від 12° до 18° , що класифікується як помірна форма ІС. Це відповідає критеріям включення до дослідження та результату актуальності використання фізіотерапевтичних методів на даному етапі. Аналіз асиметрії положення плеча показав середнє значення $0,55 \text{ см} \pm 0,23$, з мінімальним значенням $0,3 \text{ см}$ та максимальним значенням $0,9 \text{ см}$. Водночас асиметрія лопатки мала середнє значення $0,52 \text{ см} \pm 0,16$, що свідчить про наявність клінічно помірної постуральної дисгармонії, характерної для S-подібного викривлення. Сила м'язів косого, прямого та квадратного м'язів попереку варіювалася в межах 3–5 балів за шкалою ММТ, при цьому середні значення цієї групи за частотою кожної групи м'язів становили косі м'язи живота - $4,125/5$ балів лівих, $4/5$ балів правих, прямий м'яз живота $4,5/5$ балів; квадратний м'яз живота $4,12/5$ балів. Це свідчить про загалом задовільний функціональний потенціал м'язів-стабілізаторів, що дозволяє включити ці резерви до програми активної фізичної терапії з корекційно-самокорективним компонентом без ризику декомпенсації м'язового контролю. Таким чином, на етапі первинної оцінки учасники основної групи продемонстрували однорідність за ключовими показниками та відповідали критеріям включення.

Результати контрольної групи (А), наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Пацієнт	Стать	Вік	Курити	Тест Ріссера	Асиметрія рівня плеча	Асиметрія положення лопатки	Різниця положення рук	ММТ косі м'язи живота	ММТ прямий м'яз живота	ММТ квадратний м'яз попереку
Ш.К	жіноча	10р	13	1	0.5 см	0.5 см	0.3 см	4-ліво 4-право	5	5
К.М	чоловіча	14р	17	3	0.7 см	0.6 см	0.3 см	3-ліво 3-право	4	4
Ц.И	чоловіча	14р	15	1	0.4 см	0.4 см	0 см	5-ліво 4-право	4	5
С.П	жіноча	10р	13	0	0.4 см	0.4 см	0 см	4-ліво 4-ліво	5	5
М.М	жіноча	11р	14	1	0.5 см	0.4 см	0.3 см	4-ліво 3-право	5	4

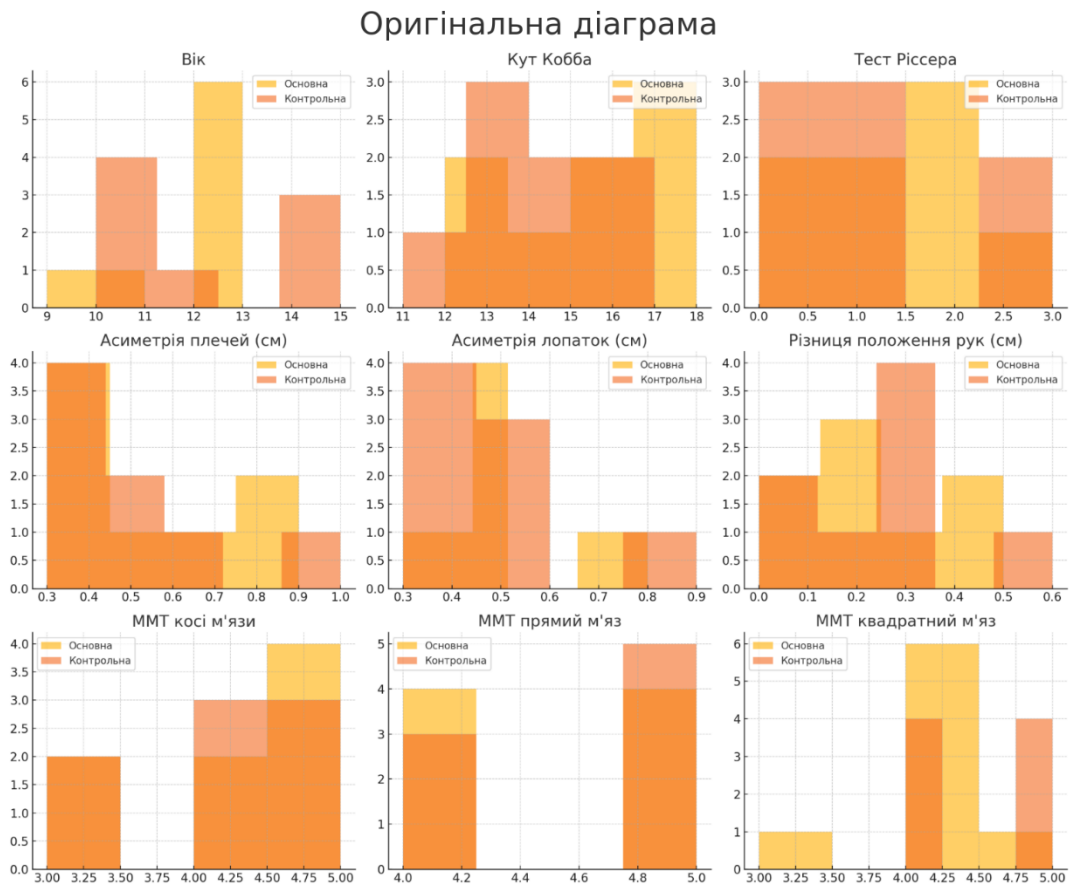
К.А	жіно ча	11 р	11	0	0.3 см	0.3 см	0.3 см	3-ліво 3-право	4	4
К.А	чоло віча	15 р	13	3	0.4 см	0.6 см	0.2 см	5-ліво 5-право	5	5
К.Е	жіно ча	12 р	17	0	1.0 см	0.9 см	0.6 см	5-ліво 5-право	5	4

Контрольна група ($n = 8$) продемонструвала загальну однорідність за демографічними та клінічними параметрами, що дозволило забезпечити методологічну коректність при порівнянні ефективності втручання з основною групою. Середній вік учасників становив $12,12 \pm 1,96$ років, медіана - 12 років, що узгоджується з аналогічними показниками в основній групі. Такий віковий профіль відповідає періоду активного росту скелета, який є критичним фактором у динаміці сколіотичних змін. Кут Кобба в середньому становив $14,12^\circ \pm 2,10$, медіана - $13,5^\circ$, що свідчить про переважання легких та помірних форм деформації. Ці значення вписуються в діапазон $10\text{--}20^\circ$ - визначений критерій для включення до відбору. Незначне відхилення від показників основної групи не є клінічно значущим. Ступінь зрілості скелета за тестом Ріссера був низьким - середнє значення становило $1,12 \pm 1,13$, медіана - 1,0, що підтверджує активну фазу росту та демонструє ризик прогресування деформації. Це дає логічну основу для активної фізичної терапії з елементами корекції. Асиметрія положення плеча становила в середньому $0,52 \text{ см} \pm 0,23$, а асиметрія лопатки - $0,51 \text{ см} \pm 0,19$, що свідчить про наявність клінічно помірної постуральної дисгармонії, характерної для початкових стадій S-подібного ідіопатичного сколіозу. Різниця в положенні рук коливалася від 0 до 0,6 см, із середнім значенням $0,25 \text{ см} \pm 0,20$. Сила м'язів-стабілізаторів тулуба, визначена за шкалою ММТ, варіювалася в межах 3–5 балів, із середнім значенням 4,25 - 4,75 бала залежно від групи м'язів. Це підтверджує збережений функціональний резерв м'язів та дозволяє безпечно працювати з правильною середньою інтенсивністю в рамках фізичної терапії.

Отримані дані свідчать про те, що контрольна група була клінічно та функціонально однорідною на початку дослідження та порівнянною з основною групою, що дозволяє обґрунтовано інтерпретувати ефекти реабілітаційного втручання в майбутньому. Відсутність критичних відмінностей підтверджує валідність міжгрупового порівняння. Порівняльний аналіз початкових клінічних та функціональних показників між основною та контрольною групами дозволяє зробити висновок про загальну однорідність

відбору, що є важливою передумовою для подальшого коректного порівняння результатів втручання. Всі порівняння наведено на гістограмі 3.1.

Гістограма 3.1



Середній вік становив $11,75 \pm 1,49$ років в основній групі та $12,12 \pm 1,96$ років у контрольній групі. Незначна різниця не досягла статистичної чи клінічної значущості, що відрізняється від конкурентоспроможності учасників за віковими характеристиками. Кут Кобба, який відображає ступінь деформації, становив у середньому $15,38^\circ \pm 2,56$ в основній групі та $14,12^\circ \pm 2,10$ в контрольній групі. Різниці були дещо вищими в основній групі, всі значення знаходилися в межах легкої та помірної коліки ($10\text{--}20^\circ$), і відмінності не були клінічно значущими. Ступінь зрілості скелета за тестом Ріссера в обох групах був низьким: 1,38 бала в основній групі та 1,12 бала в контрольній групі, що свідчить про збережений рахітичний потенціал та високий ризик прогресування деформації без відповідного втручання. Показники асиметрії положення плечей та лопаток були наступними: в обох групах середні значення коливалися в

межах 0,5–0,55 см, що характерно для початкової форми S-подібного викривлення. Медіанні значення в обох групах залишалися в межах клінічно помірної асиметрії, що не впливало на функціональну активність. За результатами мануального м'язового тестування (ММТ) косих, прямих м'язів живота, та квадратного м'яза поперека середні значення в обох групах становили 4-5 балів, без клінічно вираженої асиметрії чи слабкості. Це підтверджує функціональну готовність усіх учасників до виконання запропонованих фізичних вправ. У сукупності отримані результати свідчать про наявність статистично або клінічно значущих відмінностей між основною та контрольною групами на початку дослідження.

Перед проведенням статистичного аналізу даних було перевірено нормальність розподілу змінних за допомогою тесту Шапіро-Уїлка, який є одним із найчутливіших методів для невеликих вибірок. Це дозволило обґрунтовано застосувати тип наступних статистичних тестів (параметричний або непараметричний) для міжгрупового порівняння. Результати тестування показали, що розподіл показника кута Кобба як для основної ($p = 0,1231$), так і для контрольної групи ($p = 0,3582$) є нормальним, що дозволяє використовувати параметричні методи в їх аналізі. Аналогічно, асиметрія положення плеча ($p = 0,2929$ та $p = 0,0543$) та асиметрія лопатки ($p = 0,3045$ та $p = 0,1748$) також мали розподіл, який не відрізнявся від норми в обох групах, що підтверджує допустимість використання t-критерію Стюдента для аналізу цих змін. Натомість, показник «Вік» в основній групі мав значення $p = 0,0370$, що вказує на статистичну значущість відхилення від нормального розподілу. Також тест Ріссера в контрольній групі мав $p = 0,0249$, що вказує на аналогічне порушення нормальності.

Таким чином, було вирішено використовувати параметричні методи t-критерію Стюдента для аналізу нормально розподілених змінних (кут Кобба, асиметрія), а непараметричні методи – тести Манна-Вітні для змінних, які не відповідали критеріям нормальності (вік, тест Ріссера). Для встановлення статистичної однорідності між основною та контрольною групами на початку дослідження було проведено порівняльний аналіз кількох нормально розподілених показників за допомогою t-критерію Стюдента для незалежних вибірок. Аналіз значень кута Кобба показав, що середнє значення в основній групі було дещо вищим ($15,38^\circ \pm 2,56$), ніж у контрольній групі ($14,12^\circ \pm 2,10$), але різниця не досягла статистичної значущості ($t = 1,0677$; $p = 0,3037$). Це свідчить про подібну вираженість спотворень у використанні обох груп на початку втручання. Результати порівняння асиметрії рівня плечей також не виявили суттєвих відмінностей між групами ($t = 0,2182$; $p = 0,8304$). Аналогічно,

асиметрія положення лопатки при використанні основної та контрольної груп була статистично подібною ($t = 0,1437$; $p = 0,8878$). Таким чином, на основі отриманих даних можна стверджувати, що до початку реабілітаційного втручання не було виявлено статистично значущих відмінностей у показниках просторової деформації тулуба, що підтверджує початкову однорідність відбору. Це дозволяє розглядати подальші зміни як результат застосованих методів фізичної терапії, а не як вплив початкового дисбалансу відбору.

Для оцінки однорідності вихідних параметрів, які не відповідали критеріям нормальності за результатами тесту Шапіро-Вілка, було використано непараметричний тест Манна-Вітні. Таким чином, проаналізували змінні «вік» та «тест Ріссера», які є другорядними характеристиками вашого статусу росту та ризику прогресування сколіотичної деформації.

Згідно з результатами аналізу, середній вік учасників не мав статистично значущих відмінностей між основною та контрольною групами ($U = 29,5$; $p = 0,8312$). Це свідчить про те, що вибірки були однакового віку та перебували на подібній стадії розвитку скелета. Так само, ступінь зрілості скелета за тестом Ріссера також не продемонстрував статистично значущої різниці між групами ($U = 37,0$; $p = 0,6240$). В обох групах переважали значення в діапазоні балів 0–3, що підтверджує наявність збереженого потенціалу росту. Таким чином, застосування тесту Манна-Вітні підтвердило наявність статистично значущих відмінностей між групами за віком та тестом Ріссера на початку дослідження. Це дозволяє інтерпретувати подальші відмінності в результатах втручання як результат терапевтичного ефекту, а не початкову різницю в параметрах росту чи зрілості. Для забезпечення коректності подальшого аналізу ефективності передач було проведено статистичне порівняння початкових клінічних та функціональних характеристик за рахунок основної та контрольної груп. Використання тесту Шапіро-Вілка дозволило розподілити кожну змінну, що, у свою чергу, забезпечило обґрунтований вибір параметричного або непараметричного методів порівняння. Аналіз розподілу показав, що такі зміни, як кут Кобба, асиметрія плеча та асиметрія лопатки, мали нормальний розподіл в обох групах ($p > 0,05$), що дозволило створити t-тест Стюдента для незалежних вибірок. Отримані результати показали статистично значущі відмінності між групами за цими параметрами ($p > 0,05$ у всіх випадках), що показало пропорційний початковий рівень просторової деформації тулуба в обох вибірках. Змінні вік та зрілість скелета (тест Ріссера) не відповідали нормальному розподілу в одній або обох групах ($p < 0,05$), тому для їх аналізу було використано непараметричний тест Манна-Вітні. Знову ж таки, результати

не мали статистично значущих міжгрупових відмінностей ($p = 0,8312$ для віку; $p = 0,6240$ для тесту Ріссера).

На завершення, результати всіх проведених тестів статистично підтвердили, що основна та контрольна групи були однорідними на початку дослідження за ключовими демографічними та клінічними показниками. Це дозволяє зробити обґрунтований висновок, що всі наступні зміни структурного та функціонального стану учасників можна інтерпретувати як результат реабілітаційного втручання, а не через початкові відмінності між вибірками.

Результат основної групи (Б), продемонстрований в таблиці 3.4

Таблиця 3.4

Пацієнт	стать	вік	ку т Ко бб а	Те ст рі се ра	асим етрія рівня плеч ей	асимет рія поло ження лопато к	різни ця поло женн я рук	ММТ косі м'язи живота	ММ Т пря мий м'яз жив ота	ММ Т квад ратн и м'яз поп ерек у
Д.Д	жіноч а	13 р	14	3	0.4см	0.2 см	0.2 см	4-ліво 4-право	5	4
К.С	чолов іча	13 р	13	2	0.3см	0.3 см	0 см	5-ліво 5-право	4	5
Л.Д	чолов іча	13 р	13	1	0.3см	0.4 см	0.3 см	5-ліво 4-право	5	4
Й.М	жіноч а	9р	12	0	0см	0.2 см	0 см	4-ліво 4-право	4	4
Х.О	чолов іча	12 р	11	2	0.6 см	0.3 см	0.1 см	5-ліво 5-право	5	5
А.К	жіноч а	12 р	15	1	0.3 см	0.3 см	0 см	4-ліво 5-право	4	4
Ц.Г	чолов іча	11 р	8	0	0 см	0 см	0 см	5-ліво 5-право	5	4
Ж.А	жіноч а	12 р	9	2	0 см	0.2 см	0 см	5-ліво 5-право	5	5

Через 3 місяці після проходження стандартної програми фізичної терапії без спеціалізованих елементів корекції та самокорекції пацієнти контрольної групи ($n = 8$) демонстрували стабільну динаміку кількості показників, без вираженого

прогресу чи регресу клінічного стану. Середній кут Кобба становив $12,5^{\circ} \pm 1,85$, з медіаною $12,5^{\circ}$, що відповідає збереженню деформації в межах легкої форми коліозу. У порівнянні з початковими значеннями ($14,12^{\circ}$), відмічається помірне зменшення кута, проте зміни не є суттєвими в клінічному контексті. Асиметрія плечового поясу після введення малого середнього значення $0,30 \text{ см} \pm 0,22$ (медіана - $0,20 \text{ см}$), що є порівняним із показниками основної групи, однак зі збереженням більшої варіації (від 0 до $0,7 \text{ см}$), що може свідчити про меншу стабільність підвищення Асиметрія положення лопаток становила $0,31 \text{ см} \pm 0,15$ (медіана - $0,25 \text{ см}$), що є клінічно допустимим рівнем, проте зберігає помітну варіативність між учасниками. Різниця положення рук у запасі контрольної групи склала в середньому $0,18 \text{ см} \pm 0,18$, з медіаною $0,15 \text{ см}$, що показує малозначну динаміку у напрямку симетрії в порівнянні з початковими значеннями.

Показники м'язової сили стабілізаторів тулуба залишилися високими:

- ММТ косих м'язів живота - середнє 4,63 бала як у правих, так і у лівих.
- ММТ прямого м'яза живота - середнє 4,63 бала;
- ММТ квадратного м'яза попереку - 4,88 бала.

Ці значення підтверджують, що загальні вправи на м'язовий контроль ефективно підтримували рівень м'язової активності, але не спричинили суттєвих структурних змін у положенні тулуба. Таким чином, через 3 місяці стандартної терапевтичної контрольної групи продемонстровано мінімальну клінічну динаміку в необхідних показниках, що дає підстави припускати обмежену ефективність програми, яка не включає спеціалізовані корекційні методи.

Для оцінки ефективності стандартної програми фізичної терапії, спрямованої на загальний постуральний контроль, без застосування цілеспрямованих корекційних або самокорекційних елементів, був проведений парний t-тест між початковими та підсумковими результатами отриманих контрольної групи ($n = 8$).

Результати показали помірно позитивну динаміку в окремих параметрах. відповідно, кут Кобба зменшився в середньому на $-1,62^{\circ}$, що було статистично значущим ($t = 5,02$; $p = 0,0015$). Хоча змінена є достовірною, її величина була меншою, ніж в основній групі, і може мати обмежене клінічне значення. Асиметрія плечей зменшилася в середньому на $-0,22 \text{ см}$ ($t = 6,15$; $p = 0,0005$), а асиметрія лопаток на $-0,20 \text{ см}$ ($t = 4,32$; $p = 0,0035$), що свідчить про поступове покращення постуральної організації тулуба навіть при виконанні базового комплексу вправ. Різниця положення руки скоротилася на $-0,10 \text{ см}$ ($p = 0,0072$),

що підтверджує тенденцію до зменшення функціональної асиметрії тіла. Ці зміни, хоча і були статистично значущими, вказують на меншу масштабність покращення, ніж в основній групі, де застосовувалася спеціальна програма з елементами самокорекції. Цікаво, що показник м'язової сили косих м'язів живота достовірно зріс (дельта = +0,62 бала; $p = 0,0112$), що може бути пов'язано з акцентом на постуральні стабілізаційні вправи у програмі для цієї групи. Інші м'язові показники залишилися стабільно високими, без значних змін.

Таким чином, аналізуються результати контрольної групи статистичних обмежень, але ефективно значущий терапевтичної традиційної фізичної терапії, з покращенням структурно-функціонального стану здоров'я. Водночас, масштабні зміни меншою мірою відрізняються від основної групи, що підкреслює ваші переваги у включенні цілеспрямованих корекційних компонентів у програму фізичної реабілітації при ідіопатичному сколіозі.

У межах дослідження було проведено порівняння ефективності двох програм фізичної терапії при ідіопатичному сколіозі I ступеня у дітей. Основна група ($n = 8$) виконувала комплекс вправ із включенням корекційних та самокорекційних компонентів, у той час як контрольна група ($n = 8$) дотримувалася традиційного підходу, спрямованого на загальний постуральний контроль.

Результати статистичного аналізу свідчать про більш виражену позитивну динаміку в основній групі з контрольною за більшою кількістю досліджуваних параметрів. відповідно, середній кут Кобба в основній групі зменшився на $-3,5^\circ$ ($p = 0,0013$), у той час як у контрольній лише на $-1,62^\circ$ ($p = 0,0015$). Обидва показники були статистично значущими, однак збільшення зменшення деформації було суттєво вищим у групі з корекційним втручанням, що вказує на структурний ефект самокорекції. Подібна картина спостерігалася у показниках асиметрії плечей та лопаток, в основній групі асиметрія плечей зменшилась у середньому на $-0,31$ см, у контрольній на $-0,22$ см, асиметрія лопаток відповідно $-0,29$ см проти $-0,20$ см. Усі результати були статистично значущими ($p < 0,01$), проте динаміка в основній групі була стабільнішою та клінічно важливою, з більш вираженим наближенням до симетричного постурального патерну. Різниця положення рук зменшилась в обох групах, однак в основній вона становила $-0,16$ см ($p = 0,0034$), відповідно з $-0,10$ см ($p = 0,0072$) у контрольній. Цей показник про загальне зменшення функціонального перекосу в положенні стоячи. Аналіз м'язової сили за шкалою ММТ показав, що в основній групі зміни були мінімальними та статистично незначними, що може бути пов'язано з уже високими початковими значеннями.

У контрольній групі єдиною значною зміною був приріст сили косих м'язів живота (+0,62 бала, $p = 0,0112$), що, ймовірно, відображає спрямованість стандартної програми на загальне зміцнення стабілізаторів тулуба.

Загалом, результати порівняння підтвердили, що використання цілеспрямованих корекційних і самокорекційних елементів у програмі фізичної терапії забезпечує більш виражений функціональний та постуральний ефект. Основна група демонструвала вищу ефективність втручання в контексті зменшення деформації, покращення симетрії тулуба та стабілізації постановки, що робить обґрунтованим підключення таких підходів до практики ранньої фізичної реабілітації дітей з ідіопатичним сколіозом I ступеня.

Для визначення ефективності різних підходів до фізичної терапії було проведено аналіз змін (дельта) між вихідними та підсумковими показниками в кожній групі з подальшим міжгруповим порівнянням за допомогою t-критерію Стюдента для незалежних виборів.

Найбільш виражена та статистично значуща різниця між групами елементів для показника кута Кобба: середня зміна в основній групі становила $-3,50^\circ$, тоді як у контрольній $-1,62^\circ$ ($t = -2,49$; $p = 0,0262$). Це продемонстровано вищу ефективність втручання з корекційними та самокорекційними елементами, які мають більш виражений вплив на просторову деформацію хребта.

Інші аналізовані зміни, включаючи асиметрію плечей, лопаток, різницю положення рук, а також силу косих м'язів живота, не показали статистично значущих міжгрупових відмінностей ($p > 0,05$ у всіх випадках). Однак у всіх показниках напрямок змін був кращим в основній групі, що дозволяє говорити про досить більшу клінічну заявку даного втручання.

Асиметрія плечей: $-0,31$ см в основній групі проти $-0,22$ см у контрольній ($p = 0,1689$).

- Асиметрія лопаток: $-0,29$ см vs $-0,20$ см ($p = 0,1738$);
- Різниця положення рук: $-0,16$ см vs $-0,10$ см ($p = 0,1962$);
- Зміна сили косих м'язів: $+0,25$ бала vs $+0,62$ бала ($p = 0,1489$).

Таким чином, результати порівняння частково підтверджують, що впровадження спеціалізованих коригувальних та самокоригувальних методів має перевагу, перш за все, у впливі на основний структурний показник - кут Кобба. Хоча інші постуральні та функціональні параметри не досягають статистичної значущості, їхня динаміка демонструє стійку тенденцію до збільшення активного реабілітаційного підходу.

Для оцінки клінічної ефективності втручання було проведено категоріальний аналіз частоти клінічно значущих змін серед учасників обох груп. Зміна кута Кобба $\geq 5^\circ$ вважалася клінічно значущою, що відповідає мінімальному значущому збільшенню в клінічній практиці. В основній групі 50% плombs (4 з 8) досягли значного покращення, тоді як у контрольній групі - лише 12,5% (1 з 8). Для перевірки статистичної значущості відмінностей між групами було використано точний тест Фішера, який рекомендується для аналізу таблиці спряження з невеликими вибірками. Результати аналізу показали, що різниця між частками задоволених клінічно значущими покращеннями у двох групах була статистично значущою ($p = 0,0256$). Це свідчить про те, що включення компонентів самокорекції та корекції до програми фізичної терапії значно частіше призводить до вираженого зменшення сколіотичної деформації.

Таким чином, категоріальний аналіз підтвердив значну перевагу активного корекційного втручання над стандартною програмою фізичної терапії, що ще раз обґрунтовує доцільність впровадження спеціалізованої методики в клінічну практику фізичної реабілітації дітей з ідіопатичним сколіозом.

Для оцінки клінічної сили ефекту реабілітаційної програми було розраховано d-ефект Коена для кожної зміни в основній та контрольній групах. На відміну від значущості p , d Коена дозволяє множинні оцінки величини змін незалежно від розміру вибірки та класифікується за такими критеріями:

- $d \approx 0,2$ - малий ефект,
- $d \approx 0,5$ - помірний ефект,
- $d \approx 0,8$ - великий клінічний ефект.

Основна група: Кут Кобба: $d = -1,816$ (значний ефект); Асиметрія плеча: $d = -2,304$ (дуже великий ефект); Асиметрія лопатки: $d = -2,553$ (дуже великий ефект); Різниця положень кисті: $d = -1,532$ (значний ефект); ММТ: $d = 0,540$ (помірний ефект).

Контрольна група: Кут Кобба: $d = -1,774$ (значний ефект); Асиметрія плеча: $d = -2,174$ (дуже великий ефект); Асиметрія лопатки: $d = -1,528$ (значний ефект); Різниця положень кисті: $d = -1,323$ (значний ефект); ММТ: $d = 1,208$ (значний вплив на приріст сили)

Ці результати показують, що в обох групах втручання втручання мало клінічно значущий ефект, особливо з точки зору зменшення асиметрії та деформації кута. Водночас, структурні показники в основній групі мали дещо вищий силовий ефект, тоді як контрольна група продемонструвала кращу динаміку у

збільшенні сили косих м'язів живота, що корелює з спрямованістю базового тренування на стабілізаційні функції.

Таким чином, розрахунок d Коена доповнив результати р-тесту та підкреслив, що впроваджене комбіноване втручання з коригувальними компонентами має не лише статистичні, а й клінічні переваги. Для оцінки впливу початкового стану на ефективність втручання було проведено кореляційний аналіз між початковими значеннями клінічних та функціональних показників та відповідними змінами після втручання (покращення дельти) в основній групі.

Враховуючи наявність нормального розподілу для деяких змінних, основним методом аналізу була кореляція Спірмена; додатково розраховувалися коефіцієнти Пірсона для контролю придатності результатів.

Результати аналізу показали наступний зв'язок. Виявлено статистично значущу негативну кореляцію між початковою різницею в положенні руки та її покращенням ($\rho = -0,736$; $p = 0,0376$), а також між ММТ косих м'язів живота та покращенням цього показника ($\rho = -0,816$; $p = 0,0134$). Це гарна новина, оскільки чим гіршим був початковий стан, тим більшою була динаміка покращення після втручання. Інші показники (кут Кобба, асиметрія плечей та лопаток) мали негативну, але статистично незначущу кореляцію з відповідними дельта-змінами ($p > 0,05$), що може бути пов'язано з малим розміром вибірки. Найвища кореляція Пірсона також спостерігалася в дельтах різниці в положенні руки ($r = -0,849$; $p = 0,0076$) та ММТ косих м'язів ($r = -0,870$; $p = 0,0049$), що підтверджує результати Спірмена.

Таким чином, кореляційний аналіз свідчить про наявність оберненої залежності між тяжкістю вихідного стану та позитивною динамікою, що підтверджує ефективність втручання.

ВИСНОВОК

У межах підготовчого етапу дослідження було здійснено аналіз провідних сучасних методик фізичної терапії при ідіопатичному сколіозі, зокрема методів Шрота (Шрота), SEAS (Scientific Exercises Approach to Scoliosis) та Ліона (Ліона). Кожна з цих методик має свою теоретичну основу, специфічні підходи до корекції деформацій хребта та рівень доказової підтримки в науковій

літературі. На основі аналізу методик та отриманих результатів дослідження сформовані методичні рекомендації щодо впровадження активних корекційних і самокорекційних елементів які були сформовані на основі метода SEAS, та впроваджені в індивідуальні плани фізичної терапії дітей з ідіопатичним сколіозом I ступеня. Таким чином, вибір на користь SEAS є не лише науково обґрунтованим, але й практично доцільним для широкого впровадження у фізичну терапію при сколіозі, особливо в умовах обмежених ресурсів та необхідності індивідуалізації втручання.

Також результатом даного дослідження дозволило оцінити клінічну та функціональну ефективність двох підходів до фізичної терапії у дітей з ідіопатичним сколіозом першого ступеня: традиційної програми загального контролю постави (контрольна група) та комбінованої програми з включенням коригувальних та самокоригувальних елементів (основна група). Результат у контрольній групі спостерігалися високі показники збереження сили м'язів-стабілізаторів тулуба, особливо косих м'язів живота (ММТ 4,63), прямого м'яза живота (ММТ 4,63) та квадратного м'яза попереку (ММТ 4,88). До цього клінічні зміни були незначними: кут Кобба зменшився на $-1,62^\circ$ ($p = 0,0015$), асиметрія плечей - на 0,22 см ($p = 0,0005$), а асиметрія лопаток - на 0,20 см ($p = 0,0035$). Єдиною статистично значущою м'язовою динамікою було збільшення сили косих м'язів талії (+0,62 бала; $p = 0,0112$). Це є вагомим доказом того, що базова програма стабілізації сприяє збереженню м'язового тону, але демонструє обмежений вплив на структурну деформацію тулуба. В основній групі, де до втручання були включені цілеспрямовані елементи корекції та самокорекції, спостерігався значно більший терапевтичний ефект. Зменшення кута Кобба становило $-3,5^\circ$ ($p = 0,0013$), що перевищувало клінічно значущий поріг 5° у 50% учасників, порівняно лише з 12,5% у контрольній групі ($p = 0,0256$). Значні покращення також спостерігалися в симетризації плечей ($-0,31$ см), лопаток ($-0,29$ см) та положення рук ($-0,16$ см), з більш вираженим наближенням до функціонально симетричного постурального патерну. Однак, сила м'язів у цій групі залишалася стабільною, без суттєвих приростів, що свідчить про те, що програма була спрямована не стільки на зміцнення, скільки на корекцію положення тіла.

Міжгрупове порівняння підтвердило, що основна група досягла статистично значущого покращення основного структурного параметра - кута Кобба ($p = 0,0262$). Хоча інші зміни (асиметрія, положення рук, сила м'язів) не досягли статистичної значущості, у всіх випадках їх динаміка була кращою в основній групі. Оцінка d-ефекту Коена показала високі клінічні значення в обох групах, але з перевагою основної групи в структурних змінах ($d = -1,816$ для кута

Кобба; $-2,553$ для асиметрії лопатки). Водночас, у контрольній групі ефект був сильнішим у зміцненні косих м'язів живота ($d = 1,208$), що відповідає її цільовій спрямованості. Зрештою, кореляційний аналіз підтвердив, що гірші базові показники були пов'язані з більшою позитивною динамікою ($\rho = -0,736$ для положення руки, $\rho = -0,816$ для ММТ косих м'язів), що підтверджує ефективність втручання в найбільш вразливих сумішах.

ДЖЕРЕЛА

1. Lacroix, M., Khalifé, M., Ferrero, E., Clément, O., Nguyen, C., & Feydy, A. (2023). Scoliosis. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 27, 529 - 544. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1772168>.
2. Negrini S, De Mauroy JC, Grivas TB, Knott P, Kotwicki T, Maruyama T, O'Brien JP, Rigo M, Zaina F. Actual evidence in the medical approach to adolescents with idiopathic scoliosis. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2014 Feb;50(1):87-92. PMID: 24622050.
3. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet*. 2008 May 3;371(9623):1527-37. doi: 10.1016/S0140-6736(08)60658-3. PMID: 18456103.
4. Petrosyan, E., Fares, J., Ahuja, C., Lesniak, M., Koski, T., Dahdaleh, N., & Tecle, N. (2024). Genetics and pathogenesis of scoliosis. *North American Spine Society Journal*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.xnsj.2024.100556>.
5. Peng, Y., Wang, S., Qiu, G., Zhang, J., & Zhuang, Q. (2020). Research progress on the etiology and pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Chinese Medical Journal*, 133, 483 - 493. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000652>.
6. Burwell, R., Clark, E., Dangerfield, P., & Moulton, A. (2016). Adolescent idiopathic scoliosis (AIS): a multifactorial cascade concept for pathogenesis and embryonic origin. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 11. <https://doi.org/10.1186/s13013-016-0063->
7. Xu, S., Li, K., Jin, L., Dong, Y., Liang, Y., Liu, C., Wang, P., Zhao, Z., Wang, Y., Guo, C., Wang, Z., & Liu, H. (2024). Distribution of scoliosis in 2.22 million adolescents in mainland China: A population-wide analysis. *Journal of Global Health*, 14. <https://doi.org/10.7189/jogh.14.04117>.
8. Yilmaz, H., Zateri, C., Ozkan, A., Kayalar, G., & Berk, H. (2020). Prevalence of Adolescent Idiopathic Scoliosis in Turkey: An Epidemiological Study.. *The*

spine journal : official journal of the North American Spine Society.
<https://doi.org/10.1016/j.spinee.2020.01.008>.

9. Penha, P., Ramos, N., De Carvalho, B., Andrade, R., Schmitt, A., & João, S. (2018). Prevalence of Adolescent Idiopathic Scoliosis in the State of São Paulo, Brazil. *SPINE*, 43, 1710–1718.
<https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002725>.
10. Westrick, E., & Ward, W. (2011). Adolescent Idiopathic Scoliosis: 5-Year to 20-Year Evidence-based Surgical Results. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 31, S61–S68. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181fd87d5>.
11. Negrini, Stefano et al. “2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth.” *Scoliosis and spinal disorders* vol. 13 3. 10 Jan. 2018, doi:10.1186/s13013-017-0145-8
12. Shavyrin, I., Levkov, V., & Lobov, A. (2020). The use of corrective Chenot corset in the treatment of idiopathic scoliosis in children and adolescents. , 26, 10-15. <https://doi.org/10.18821/0869-2106-2020-26-1-10-15>.
13. Schreiber S, Parent EC, Khodayari Moez E, Hedden DM, Hill DL, Moreau M, Lou E, Watkins EM, Southon SC. Schroth Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises Added to the Standard of Care Lead to Better Cobb Angle Outcomes in Adolescents with Idiopathic Scoliosis - an Assessor and Statistician Blinded Randomized Controlled Trial. *PLoS One*. 2016 Dec 29;11(12):e0168746. doi: 10.1371/journal.pone.0168746. PMID: 28033399; PMCID: PMC5198985.
14. Negrini, S., Zaina, F., Romano, M., Negrini, A., & Parzini, S. (2008). Specific exercises reduce brace prescription in adolescent idiopathic scoliosis: a prospective controlled cohort study with worst-case analysis.. *Journal of rehabilitation medicine*, 40 6, 451-5 . <https://doi.org/10.2340/16501977-0195>.
15. Stena, R., Hysenaj, K., Teta, A., & Hoxha, E. (2022). Recognition and evaluation of specific physiotherapeutic techniques in the conservative treatment of adolescents with idiopathic scoliosis. A literature review. *Medicus*. <https://doi.org/10.58944/ffzw5771>.
16. Marin, L., Lovecchio, N., Pedrotti, L., Manzoni, F., Febbi, M., Albanese, I., Patanè, P., Pellino, V., & Vandoni, M. (2022). Acute Effects of Self-Correction on Spine Deviation and Balance in Adolescent Girls with Idiopathic Scoliosis. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22. <https://doi.org/10.3390/s22051883>.
17. Kinel, E., D'Amico, M., & Roncoletta, P. (2021). 3D Quantitative Evaluation of Posture and Spine Proprioceptive Perception Through Instinctive Self-Correction Maneuver in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9.
<https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.663394>.

18. Diarbakerli, E., Abbott, A., & Gerdhem, P. (2023). PREventing Mild Idiopathic SCOliosis PROgression (PREMISCOPRO): A protocol for a randomized controlled trial comparing scoliosis-specific exercises with observation in mild idiopathic scoliosis. PLOS ONE, 18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285246>.
19. Standring S, ed. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. 42nd ed. London: Elsevier; 2020.
20. Palastanga N, Field D, Soames R. Anatomy and Human Movement: Structure and Function. 7th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2021.
21. White AA, Panjabi MM. Clinical Biomechanics of the Spine. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1990.
22. Vleeming A, Pool-Goudzwaard AL, Stoeckart R, van Wingerden JP, Snijders CJ. The posterior layer of the thoracolumbar fascia: Its function in load transfer from spine to legs. Spine. 1995;20(7):753–758.
23. Adams MA, Roughley PJ. What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? Spine (Phila Pa 1976). 2006 Aug 15;31(18):2151-61. doi: 10.1097/01.brs.0000231761.73859.2c. PMID: 16915105.
24. MacDonald DA, Moseley GL, Hodges PW. The lumbar multifidus: does the evidence support clinical beliefs? Man Ther. 2006 Nov;11(4):254-63. doi: 10.1016/j.math.2006.02.004. Epub 2006 May 23. PMID: 16716640.
25. Vleeming A, Albert HB, Ostgaard HC, Sturesson B, Stuge B. European guidelines for the diagnosis and treatment of pelvic girdle pain. Eur Spine J. 2008 Jun;17(6):794-819. doi: 10.1007/s00586-008-0602-4. Epub 2008 Feb 8. PMID: 18259783; PMCID: PMC2518998.
26. Snijders CJ, Vleeming A, Stoeckart R. Transfer of lumbosacral load to iliac bones and legs Part 1: Biomechanics of self-bracing of the sacroiliac joints and its significance for treatment and exercise. Clin Biomech (Bristol). 1993 Nov;8(6):285-94. doi: 10.1016/0268-0033(93)90002-Y. PMID: 23916048.
27. Stokes IA, Spence H, Aronsson DD, Kilmer N. Mechanical modulation of vertebral body growth. Implications for scoliosis progression. Spine (Phila Pa 1976). 1996 May 15;21(10):1162-7. doi: 10.1097/00007632-199605150-00007. PMID: 8727190.
28. Newton, P., Takahashi, Y., Yang, Y., Yaszay, B., Bartley, C., Bastrom, T., & Munar, C. (2022). Anterior vertebral body tethering for thoracic idiopathic scoliosis leads to asymmetric growth of the periapical vertebrae. Spine Deformity, 10, 553 - 561. <https://doi.org/10.1007/s43390-021-00464-7>.
29. Kikanloo, S., Tarpada, S., & Cho, W. (2019). Etiology of Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Literature Review. Asian Spine Journal, 13, 519 - 526. <https://doi.org/10.31616/asj.2018.0096>.

30. Speirs, J., Parent, S., Kelly, M., Upasani, V., Petcharaporn, M., Bryan, T., & Newton, P. (2024). Three-dimensional vertebral shape changes confirm growth modulation after anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis.. Spine deformity. <https://doi.org/10.1007/s43390-024-00856-5>.
31. Lemans, J., Wijdicks, S., Castelein, R., & Kruyt, M. (2020). Spring Distraction System for Dynamic Growth Guidance of Early Onset Scoliosis: 2 Year Prospective Follow-up of 24 Patients.. The spine journal : official journal of the North American Spine Society. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2020.11.007>.
32. Latalski, M., Danielewicz-Bromberek, A., Fatyga, M., Latalska, M., Kröber, M., & Zwolak, P. (2017). Current insights into the aetiology of adolescent idiopathic scoliosis. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 137, 1327 - 1333. <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2756-1>.
33. Grauers, A., Einarsdottir, E., & Gerdhem, P. (2016). Genetics and pathogenesis of idiopathic scoliosis. Scoliosis and Spinal Disorders, 11. <https://doi.org/10.1186/s13013-016-0105-8>.
34. Wise CA, Gao X, Shoemaker S, Gordon D, Herring JA. Understanding genetic factors in idiopathic scoliosis, a complex disease of childhood. Curr Genomics. 2008 Mar;9(1):51-9. doi: 10.2174/138920208783884874. PMID: 19424484; PMCID: PMC2674301.
35. Grauers A, Rahman I, Gerdhem P. Heritability of scoliosis. Eur Spine J. 2012 Jun;21(6):1069-74. doi: 10.1007/s00586-011-2074-1. Epub 2011 Nov 18. PMID: 22094388; PMCID: PMC3366132.
36. Takahashi Y, Kou I, Takahashi A, Johnson TA, Kono K, Kawakami N, Uno K, Ito M, Minami S, Yanagida H, Taneichi H, Tsuji T, Suzuki T, Sudo H, Kotani T, Watanabe K, Chiba K, Hosono N, Kamatani N, Tsunoda T, Toyama Y, Kubo M, Matsumoto M, Ikegawa S. A genome-wide association study identifies common variants near LBX1 associated with adolescent idiopathic scoliosis. Nat Genet. 2011 Oct 23;43(12):1237-40. doi: 10.1038/ng.974. PMID: 22019779.
37. Mao SH, Zhang Y, Yang JH, et al. Epigenetic mechanisms and adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review. Eur Spine J. 2021;30(3):623–635.
38. Liang, Z., Guo, C., Li, J., & Zhang, H. (2021). The role of endocrine hormones in the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. The FASEB Journal, 35. <https://doi.org/10.1096/fj.202100759R>.
39. Moreau A, Wang DS, Forget S, Azeddine B, Angeloni D, Fraschini F, Labelle H, Poitras B, Rivard CH, Grimard G. Melatonin signaling dysfunction in adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2004 Aug

- 15;29(16):1772-81. doi: 10.1097/01.brs.0000134567.52303.1a. PMID: 15303021.
40. Lam TP, Hung VW, Yeung HY, Tse YK, Chu WC, Ng BK, Lee KM, Qin L, Cheng JC. Abnormal bone quality in adolescent idiopathic scoliosis: a case-control study on 635 subjects and 269 normal controls with bone densitometry and quantitative ultrasound. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011 Jul 1;36(15):1211-7. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181ebab39. PMID: 21217455.
 41. Stokes IA. Mechanical effects on skeletal growth. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2002 Mar;2(3):277-80. PMID: 15758453.
 42. Smit, T. (2024). On growth and scoliosis.. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08276-9>.
 43. Gorman KF, Julien C, Moreau A. The genetic epidemiology of idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2012 Oct;21(10):1905-19. doi: 10.1007/s00586-012-2389-6. Epub 2012 Jun 14. PMID: 22695700; PMCID: PMC3463687.
 44. Marya, S., Tambe, A., Millner, P., & Tsirikos, A. (2022). Adolescent idiopathic scoliosis : a review of aetiological theories of a multifactorial disease.. *The bone & joint journal*, 104-B 8, 915-921 . <https://doi.org/10.1302/0301-620X.104B8.BJJ-2021-1638.R1>.
 45. Kamal, Z. (2024). Biomechanical significance of intervertebral discs on growthplate stresses in scoliotic trunks following unilateral muscle weakening: A hybrid approach of finite element and musculoskeletal modeling.. *International journal for numerical methods in biomedical engineering*, e3863 . <https://doi.org/10.1002/cnm.3863>.
 46. Thenard, T., Vergari, C., Hernandez, T., Vialle, R., & Skalli, W. (2019). Analysis of Center of Mass and Gravity-Induced Vertebral Axial Torque on the Scoliotic Spine by Barycentremetry. *Spine Deformity*, 7, 525-532. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2018.11.007>.
 47. Yang, P., Liu, H., Lin, J., & Yang, H. (2015). The Association of rs4753426 Polymorphism in the Melatonin Receptor 1B (MTNR1B) Gene and Susceptibility to Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Meta-analysis.. *Pain physician*, 18 5, 419-31 .
 48. Guy, A., & Aubin, C. (2023). Finite element simulation of growth modulation during brace treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Orthopaedic Research®*, 41, 2065 - 2074. <https://doi.org/10.1002/jor.25553>.
 49. Negrini S, Aulisa AG, Aulisa L, Circo AB, de Mauroy JC, Durmala J, Grivas TB, Knott P, Kotwicki T, Maruyama T, Minozzi S, O'Brien JP, Papadopoulos D, Rigo M, Rivard CH, Romano M, Wynne JH, Villagrasa M, Weiss HR,

- Zaina F. 2011 SOSORT guidelines: Orthopaedic and Rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis*. 2012 Jan 20;7(1):3. doi: 10.1186/1748-7161-7-3. PMID: 22264320; PMCID: PMC3292965.
50. Day, J., Fletcher, J., Coghlan, M., & Ravine, T. (2019). Review of scoliosis-specific exercise methods used to correct adolescent idiopathic scoliosis. *Archives of Physiotherapy*, 9. <https://doi.org/10.1186/s40945-019-0060-9>.
 51. Karavidas, N., Iakovidis, P., Chatziprodromidou, I., Lytras, D., Kasimis, K., Kyrkousis, A., & Apostolou, T. (2024). Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises (PSSE-Schroth) can reduce the risk for progression during early growth in curves below 25°: prospective control study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 60, 331 - 339. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.24.08177-2>.
 52. Schreiber, S., Parent, E., Moez, K., Hedden, D., Hill, D., Moreau, M., Lou, E., Watkins, E., & Southon, S. (2016). Schroth Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises Added to the Standard of Care Lead to Better Cobb Angle Outcomes in Adolescents with Idiopathic Scoliosis – an Assessor and Statistician Blinded Randomized Controlled Trial. *PLoS ONE*, 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168746>.
 53. Berdishevsky, H., Lebel, V., Bettany-Saltikov, J., Rigo, M., Lebel, A., Hennes, A., Romano, M., Bialek, M., M'hango, A., Betts, T., De Mauroy, J., & Durmala, J. (2016). Physiotherapy scoliosis-specific exercises – a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 11. <https://doi.org/10.1186/s13013-016-0076-9>.
 54. de Mauroy JC, Lecante C, Barral F. "Brace Technology" Thematic Series - The Lyon approach to the conservative treatment of scoliosis. *Scoliosis*. 2011 Mar 20;6:4. doi: 10.1186/1748-7161-6-4. PMID: 21418597; PMCID: PMC3069938.
 55. de Mauroy JC, Lecante C, Barral F, Pourret S. Prospective study and new concepts based on scoliosis detorsion of the first 225 early in-brace radiological results with the new Lyon brace: ARTbrace. *Scoliosis*. 2014 Nov 19;9:19. doi: 10.1186/1748-7161-9-19. PMID: 25741377; PMCID: PMC4349706.
 56. Weiss, H. (2011). The method of Katharina Schroth - history, principles and current development. *Scoliosis*, 6, 17 - 17. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-6-17>.
 57. Mohamed, N., Acharya, V., Schreiber, S., Parent, E., & Westover, L. (2024). Effect of adding Schroth physiotherapeutic scoliosis specific exercises to standard care in adolescents with idiopathic scoliosis on posture assessed using surface topography: A secondary analysis of a Randomized Controlled Trial

- (RCT).. PloS one, 19 4, e0302577 .
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302577>.
- 58.Ceballos-Laita, L., Carrasco-Uribarren, A., Cabanillas-Barea, S., Pérez-Guillén, S., Pardos-Aguilella, P., & Del Barrio, S. (2023). The effectiveness of Schroth method in Cobb angle, quality of life and trunk rotation angle in adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 59, 228 - 236.
<https://doi.org/10.23736/S1973-9087.23.07654-2>.
 - 59.Dimitrijević, V., Viduka, D., Šćepanović, T., Maksimović, N., Giustino, V., Bianco, A., & Drid, P. (2022). Effects of Schroth method and core stabilization exercises on idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis.. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07407-4>.
 - 60.Ceballos-Laita, L., Carrasco-Uribarren, A., Cabanillas-Barea, S., Pérez-Guillén, S., Pardos-Aguilella, P., & Del Barrio, S. (2023). The effectiveness of Schroth method in Cobb angle, quality of life and trunk rotation angle in adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 59, 228 - 236.
<https://doi.org/10.23736/S1973-9087.23.07654-2>.
 - 61.Romano M, Negrini A, Parzini S, Tavernaro M, Zaina F, Donzelli S, Negrini S. SEAS (Scientific Exercises Approach to Scoliosis): a modern and effective evidence based approach to physiotherapeutic specific scoliosis exercises. *Scoliosis*. 2015 Feb 5;10:3. doi: 10.1186/s13013-014-0027-2. PMID: 25729406; PMCID: PMC4344739.
 - 62.Yagci, G., & Demirkiran, H. (2024). Scientific Exercise Approach to Scoliosis in Adolescents With Mild Idiopathic Scoliosis: A Controlled Clinical Trial.. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*.
<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2024.08.015>.
 - 63.Negrini, S., Zaina, F., Romano, M., Negrini, A., & Parzini, S. (2008). Specific exercises reduce brace prescription in adolescent idiopathic scoliosis: a prospective controlled cohort study with worst-case analysis.. *Journal of rehabilitation medicine*, 40 6, 451-5 . <https://doi.org/10.2340/16501977-0195>.
 - 64.Negrini, S., Donzelli, S., Negrini, A., Parzini, S., Romano, M., & Zaina, F. (2019). Specific exercises reduce the need for bracing in adolescents with idiopathic scoliosis: A practical clinical trial.. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 62 2, 69-76 .
<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.07.010>.

65. Akyurek, E., Alpozgen, A., & Akgul, T. (2022). The preliminary results of physiotherapy scoliosis-specific exercises on spine joint position sense in adolescent idiopathic scoliosis: A randomized controlled trial. *Prosthetics and Orthotics International*, 46, 510 - 517.
<https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000136>.
66. Marin, L., Lovecchio, N., Pedrotti, L., Manzoni, F., Febbi, M., Albanese, I., Patanè, P., Pellino, V., & Vandoni, M. (2022). Acute Effects of Self-Correction on Spine Deviation and Balance in Adolescent Girls with Idiopathic Scoliosis. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22. <https://doi.org/10.3390/s22051883>.
67. Romano M, Negrini A, Parzini S, Tavernaro M, Zaina F, Donzelli S, Negrini S. SEAS (Scientific Exercises Approach to Scoliosis): a modern and effective evidence based approach to physiotherapeutic specific scoliosis exercises. *Scoliosis*. 2015 Feb 5;10:3. doi: 10.1186/s13013-014-0027-2. PMID: 25729406; PMCID: PMC4344739.
68. Campoli, F., Parisi, M., Zoffoli, A., Di Corrado, D., Francavilla, V., Padua, E., & Messina, G. (2025). New horizons for adolescent idiopathic scoliosis treatment through PosturalSpine® D'Amanti Method.. *European journal of translational myology*. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2025.13313>.
69. Negrini, S., Donzelli, S., Negrini, A., Parzini, S., Romano, M., & Zaina, F. (2019). Specific exercises reduce the need for bracing in adolescents with idiopathic scoliosis: A practical clinical trial.. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 62 2, 69-76 .
<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.07.010>.
70. Li, Y., Li, X., Fan, Q., Liang, J., Zhang, T., Chen, Z., Guo, H., Cai, L., Zhou, X., & Du, Q. (2024). Comprehensive spinal correction rehabilitation (CSCR) study: a randomised controlled trial to investigate the effectiveness of CSCR in children with early-onset idiopathic scoliosis on spinal deformity, somatic appearance, functional status and quality of life in Shanghai, China. *BMJ Open*, 14. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-085243>.
71. Rzaeva, L. (2024). A STUDY EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE SEAS (SCIENTIFIC EXERCISES APPROACH TO SCOLIOSIS) METHOD IN COMPARISON WITH TRADITIONAL THERAPEUTIC EXERCISES IN THE TREATMENT OF SECOND-DEGREE SCOLIOSIS IN ADOLESCENTS 12-14 YEARS OLD. *Scientific News of Academy of Physical Education and Sport*. <https://doi.org/10.28942/ssj.v6i3.784>.