

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ І. Я. ГОРБАЧЕВСЬКОГО  
МІНІСТЕРСТВА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

**Бесага Руслана Андріївна**

На правах рукопису

УДК: 615.825:616-071.2

Магістерська робота

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДВІСНИХ СИСТЕМ ПРИ  
ПОРУШЕННІ ПОСТАВИ**

Спеціальність 227 «Фізична терапія, ерготерапія»

**Науковий керівник:**

професор кафедри

медичної реабілітації

Тернопільського національного медичного

університету імені І. Я. Горбачевського

Міністерства охорони здоров'я України

доктор медичних наук

**Бакалюк Тетяна Григорівна**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
<b>РОЗДІЛ 1. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ДЛЯ КОРЕКЦІЇ ПОСТАВИ</b>	<b>9</b>
1.1. Порушення постави: епідеміологія, етіологія, класифікація	9
1.2. Біомеханічні та патогенетичні механізми підліткового ідіопатичного сколіозу	16
1.3. Клінічна картина та діагностика підліткового ідіопатичного сколіозу	27
1.4. Методи фізичної терапії для корекції постави у пацієнтів з ідіопатичним сколіозом	41
<b>РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ ПІДВІСНИХ СИСТЕМ В РЕАБІЛІТАЦІЇ</b>	<b>48</b>
2.1. Загальний огляд застосування підвісних систем в реабілітації	48
2.2. Параметри для підвісних систем	55
2.3. Застосування підвісних систем для діагностики	57
2.4. Тренування рівноваги та сенсомоторики	58
2.5. Тренування м'язів на підвісних системах	60
<b>РОЗДІЛ 3. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	<b>62</b>
3.1. Організація дослідження	62
3.2. Діагностичні підходи при проведенні дослідження	64
3.3. Реабілітаційні методи, включені в дослідження	71

РОЗДІЛ 4. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДВІСНИХ СИСТЕМ ПРИ ІДІОПАТИЧНОМУ СКОЛІОЗІ	76
4.1. Характеристика пацієнтів, включених у дослідження	76
4.2. Результати застосування реабілітаційних програм при ідіопатичному сколіозі	78
4.3. Ефективність застосування підвісних систем в реабілітаційному комплексі у пацієнтів з підлітковим ідіопатичним сколіозом	86
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89
ДОДАТКИ	101

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- БНЧС – біль в нижній частині спини
- ЕГ – експериментальна група
- ІС – ідіопатичний сколіоз
- КГ – контрольна група
- ММТ – мануальний м'язовий тест
- МРТ – магнітно-резонансна томографія
- ПІС – підлітковий ідіопатичний сколіоз
- РКД – рандомізоване клінічне дослідження
- BIDQ – Body Image Disturbance Questionnaire (опитувальник про порушення образу тіла)
- Neuras – Neuromuscular Activation (Нейром'язова активація)
- SEAS – Scientific Exercise Approach to Scoliosis (науково-обґрунтовані вправи при сколіозі)
- SET – Sling exercise therapy (вправи на підвісних системах)
- SOSORT – The International Society on Scoliosis Orthopedic and Rehabilitation Treatment (Міжнародне товариство ортопедичного та реабілітаційного лікування сколіозу)

## ВСТУП

В зв'язку із прогресом та розвитком сучасних технологій порушення постави у осіб віком від 7 до 17 років зустрічається досить часто. Майже у кожної другої особи можна виявити певні прояви порушень. Результати досліджень показують, що більшість осіб цього віку свій вільний час проводять за використанням різних гаджетів, при цьому ведуть малоактивний спосіб життя це приводить до порушення роботи опорно-рухового апарату, серцево-судинної системи, дихальної системи тощо [5].

Порушення постави є однією із проблем сьогодення, що відбувається через функціональні зміни опорно-рухового апарату. Однією з причин є малорухливий спосіб життя та тривале сидяче положення.

Найчастішою деформацією хребта у дітей є підлітковий ідіопатичний сколіоз (ПШС), який поширений у 5,2 % підлітків та становить 70–80 % усіх випадків деформації хребта в педіатричній практиці у дітей віком 10–16 років [58]. У результаті бічного відхилення та осьового повороту хребців виникає характерне аномальне викривлення хребта у вертикальній площині, яке призводить до косметичних та медичних порушень, спричинених больовим синдромом, ментальними проблемами та дихальною дисфункцією [71].

Традиційно вважається, що регулярне виконання спеціальних вправ у період інтенсивного зростання хребта та розвитку м'язової системи уповільнює викривлення хребта та запобігає ускладненням. До того ж, порівняно з носінням ортопедичного корсета лікувальна фізкультура має психологічні переваги та краще сприймається підлітками.

Основними завданнями, які ставлять фізичні терапевти для відновлення рухового стереотипу при цій групі захворювань є: виправлення дефекту постави, підвищення тону м'язів, покращення стану серцево-судинної та дихальної систем, загальне зміцнення організму.

До найпоширеніших методів корекції рухового стереотипу у пацієнтів із порушенням постави відноситься: лікувальна гімнастика, масаж та

мануальна терапія, вправи на тренажерах, носіння ортопедичних корсетів та поясів [13,16,17,71].

Більшість експертів погоджуються, що лише одні вправи не вплинуть на зменшення прогресування структурного сколіозу. Проте є думка, що селективна програма вправ в поєднанні з загальнозміцнюючим лікуванням – корисна. Крім того, в дослідженнях [28, 71] було показано, що фізичні вправи можуть мати позитивний вплив на функцію дихання, силу і постуральну рівновагу, і що вони корисні для зменшення конкретних порушень та інвалідності пацієнтів з ідіопатичним сколіозом.

У кількох дослідженнях останніх років повідомлялося, що активні терапевтичні втручання є більш ефективними, ніж пасивні терапевтичні втручання у пацієнтів з сколіозом [88, 96].

Метод Neuras є активним, а не пасивним підходом в реабілітації. На сьогоднішній день система Neuras (нейро-м'язової активації), яка являє собою методику активації м'язового каркасу, завдяки якій досягається стабілізація суглобів, розробка відділів хребта та покращується еластичність м'язів та сухожил'я має найширше використання [88].

Метою Neuras є відновлення правильних рухових стереотипів, порушених внаслідок болю і відповідно болісно зміненого положення тіла з перевантаженням тих груп м'язів, для яких навантаження від природи не характерні, і ослабленням протилежних м'язів – антагоністів, що особливо важливо щодо коротких м'язів, які утримують хребет [88, 96].

Реалізація нейро-м'язової активації за допомогою підвісних систем є одним з найбільш перспективних підходів завдяки своїй низькій вартості, ефективності та простоті. Крім того, вправи на підвісних системах не тільки обіцяють швидке відновлення, але також діють як діагностичний інструмент для виявлення біомеханічних дефектів ланцюга [70].

Зважаючи на все більше поширення порушень постави, ми вирішили вибрати тему: **«Ефективність застосування підвісних систем при порушенні постави»**. Актуальність проблеми диктує необхідність

розроблення нових на удосконалення уже існуючих методів реабілітації для пацієнтів з порушенням постави.

**Об'єкт дослідження** – підвісні системи.

**Предмет дослідження** – пацієнти підліткового віку з ідіопатичним сколіозом I ст.

**Мета роботи:** Дослідити ефективність застосування підвісних систем у пацієнтів підліткового віку з ідіопатичним сколіозом I ст.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані наступні завдання дослідження:

1. Проаналізувати особливості реабілітаційної діагностики у пацієнтів з підлітковим ідіопатичним сколіозом.
2. Обґрунтувати застосування підвісних систем в реабілітаційній практиці при порушеннях постави.
3. Оцінити ефективність застосування вправ на підвісній системі при проведенні реабілітаційних заходів у пацієнтів з підлітковим ідіопатичним сколіозом I ст.

**Методи дослідження:** аналіз літератури та інформаційних джерел, що пов'язаний з діагностикою та фізичною терапією при порушенні постави, функціональні тести, опитувальники.

**Гіпотеза.** Якщо у стандартну програму фізичної реабілітації у пацієнтів з порушенням постави додати вправи на підвісних системах, то ефективність проведеної реабілітації збільшиться.

**Наукова значущість досліджень** – за допомогою даних досліджень була обґрунтована і досліджена програма комплексної реабілітації при ідіопатичному сколіозі I ст. з використанням підвісних систем.

**Практичне значення отриманих результатів.** Включення в програму реабілітації у пацієнтів з порушенням постави діагностики та вправ на підвісних системах збільшує довготривалу ефективність реабілітації.

Інформацію, яка описана в роботі, можна використовувати в практичній діяльності сімейних лікарів, лікарів ФРМ, фізичних терапевтів.

**За матеріалами магістерської роботи опубліковано 2 наукові праці:**

1. Бесага Р. А., Бакалюк Т. Г. Використання підвісної терапії в осіб з порушеною поставою / Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Перспективи розвитку медичної та фізичної реабілітації на різних рівнях надання медичної допомоги» 23–24 вересня 2021 р. С. 17–19.

2. Бесага Р. А. Методи корекції постави у пацієнтів з ідіопатичним сколіозом / Р. А. Бесага, Т. Г. Бакалюк // Медсестринство. – 2021. – № 3. – С. 47–50.



## РОЗДІЛ 1

### ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ДЛЯ КОРЕКЦІЇ ПОСТАВИ

#### 1.1. порушення постави: епідеміологія, етіологія, класифікація

Сколіоз та порушена постава є найпоширенішими захворюваннями опорно-рухового апарату у дітей та підлітків. Ці захворювання служать передумовою виникнення низки функціональних і морфологічних розладів здоров'я у дитинстві і негативно впливають протягом багатьох захворювань в дорослих. За останніми даними, кількість дітей з порушеннями постави досягає 30–60 %, а сколіоз вражає в середньому 10–15 % дітей [12].

У формуванні правильної постави основну роль відіграють хребет і м'язи, що оточують його. Постава – це комплексне поняття про звичне становище тіла людини, яка невимушено стоїть. Вона визначається і регулюється рефlekсами пози і відбиває як фізичний, так і психічний стан людини, будучи однією з показників здоров'я. Також постава обумовлена спадковістю, але її формування у процесі зростання в дітей віком впливають численні чинники довкілля.

Процес формування постави починається з раннього віку і відбувається на основі тих же фізіологічних закономірностей вищої нервової діяльності, які характерні для утворення умовних рухових зв'язків. Це створює можливість активного втручання у процес формування постави в дітей з віком, забезпечуючи її правильний розвиток [7].

Причини, які можуть призвести до порушень постави, є численними. Негативний вплив для формування постави мають несприятливі умови довкілля, соціально-гігієнічні чинники, зокрема тривале перебування дитини в неправильному положенні, внаслідок цього відбувається утворення навички неправильної установки тіла. В одних випадках навичка неправильної установки тіла формується за відсутності функціональних та структурних

змін з боку опорно-рухового апарату, а в інших – на тлі патологічних змін в опорно-руховому апараті вродженого чи набутого характеру. На рисунку 1.1 зображено положення тіла при сидінні за партою.

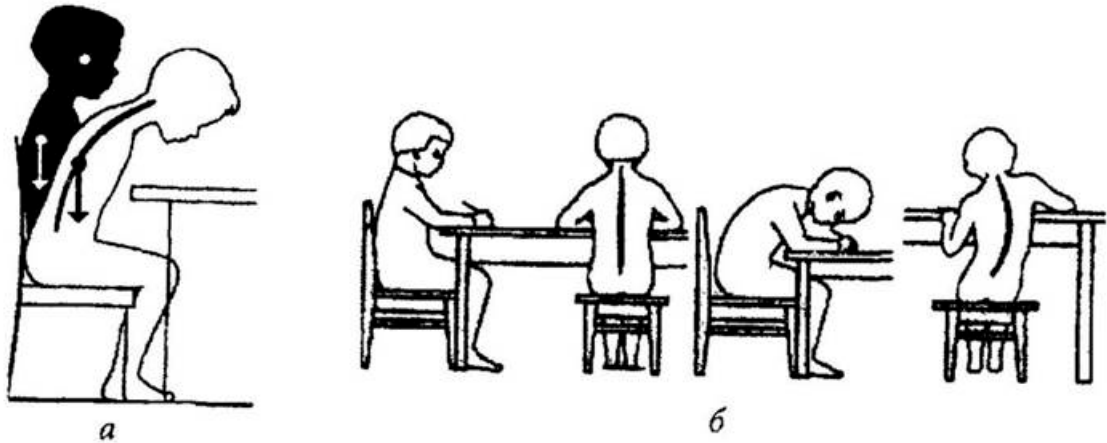


Рисунок 1.1. Положення тіла при сидінні за партою:  
а – правильне та неправильне; б – правильне та неправильне

В основі порушень постави часто лежить недостатня рухова активність дітей (гіподинамія) або нераціональне захоплення одноманітними фізичними вправами, неправильне фізичне виховання.

Крім того, поява неправильної постави пов'язана з недостатньою чутливістю рецепторів, що визначають вертикальне положення хребта або ослаблення м'язів, що утримують це положення, з обмеженням рухливості в суглобах, акселерацією сучасних дітей.

Причиною порушення постави може бути також нераціональний одяг, захворювання внутрішніх органів, зниження зору, слуху, недостатня освітленість робочого місця, невідповідні зростанню дитини меблі та ін.

У 90–95 % випадків порушення постави є набутими, найчастіше зустрічаються у дітей астенічної статури. Порушення постави погіршують зовнішній вигляд людини, сприяють розвитку ранніх дегенеративних змін у міжхребцевих дисках та створюють несприятливі умови для функціонування

органів грудної клітки та черевної порожнини. Порушення постави, як правило, не супроводжуються вираженими змінами у хребті [4, 9].

Зміни у хребті розвиваються при сколіотичній хворобі. Вони більше виражені при 2–3–4 ступенях тяжкості сколіозу.

Розвивається сколіоз переважно у періоди інтенсивного зростання скелета, тобто у 6–7 років, 12–15 років. Із закінченням росту хребта збільшення деформації, зазвичай, припиняється, крім паралітичного сколіозу, у якому деформація може прогресувати протягом усього життя.

Порушення постави можуть бути в сагітальній та фронтальній площинах.

Розрізняють такі варіанти порушення постави в сагітальній площині, за яких відбувається зміна правильних співвідношень фізіологічних вигинів хребта:

а) «сутулість» – збільшення грудного кіфозу у верхніх відділах при згладжуванні поперекового лордозу;

б) «кругла спина» – збільшення грудного кіфозу протягом усього грудного відділу хребта;

в) «увігнута спина» – посилення лордозу в ділянці нирок;

г) «кругло-увігнута спина» – збільшення грудного кіфозу та збільшення поперекового лордозу;

д) «плоска спина» – згладжування всіх фізіологічних вигинів;

е) «плоско-увігнута спина» – зменшення грудного кіфозу при нормальному або дещо збільшеному поперековому лордозі.

На рисунку 1.2 показано варіанти постави.

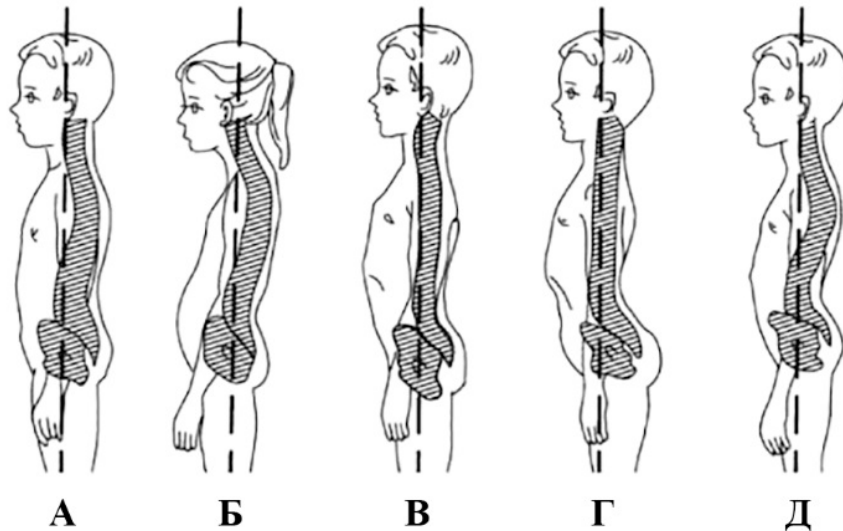


Рисунок 1.2. Варіанти постави: А – нормальна постава; Б – кіфотична постава (кругла спина або сутула спина); В – плоска спина; Г – лордотична постава (плоско-увігнута спина), Д – кіфолордотична постава (кругло-увігнута спина)

Зазвичай розрізняють три ступені викривлень хребта в сагітальній площині. Щоб визначити, чи є викривлення вже встановленим, стійким, дитину просять випростатися.

Деформація 1 ступеня – викривлення хребта вирівнюється до нормального положення при випрямленні;

Деформація 2 ступеня – викривлення хребта частково вирівнюється при випрямленні дитини або при висінні на гімнастичній стінці;

Деформація 3 ступеня – викривлення хребта не змінюється при висінні чи випрямленні дитини.

Для дефектів постави характерно: порушення симетрії між правою та лівою половинами тулуба; хребетний стовп є дугою, зверненою вершиною вправо або вліво; визначається асиметрія трикутників талії, верхнього плечового поясу (плечі, лопатки), голова нахилена убік. Симптоми порушення постави можуть бути виявлені різною мірою; від трохи помітних – до різко виражених [7, 12].

На рисунку 1.3 показані стадії розвитку сколіозу.

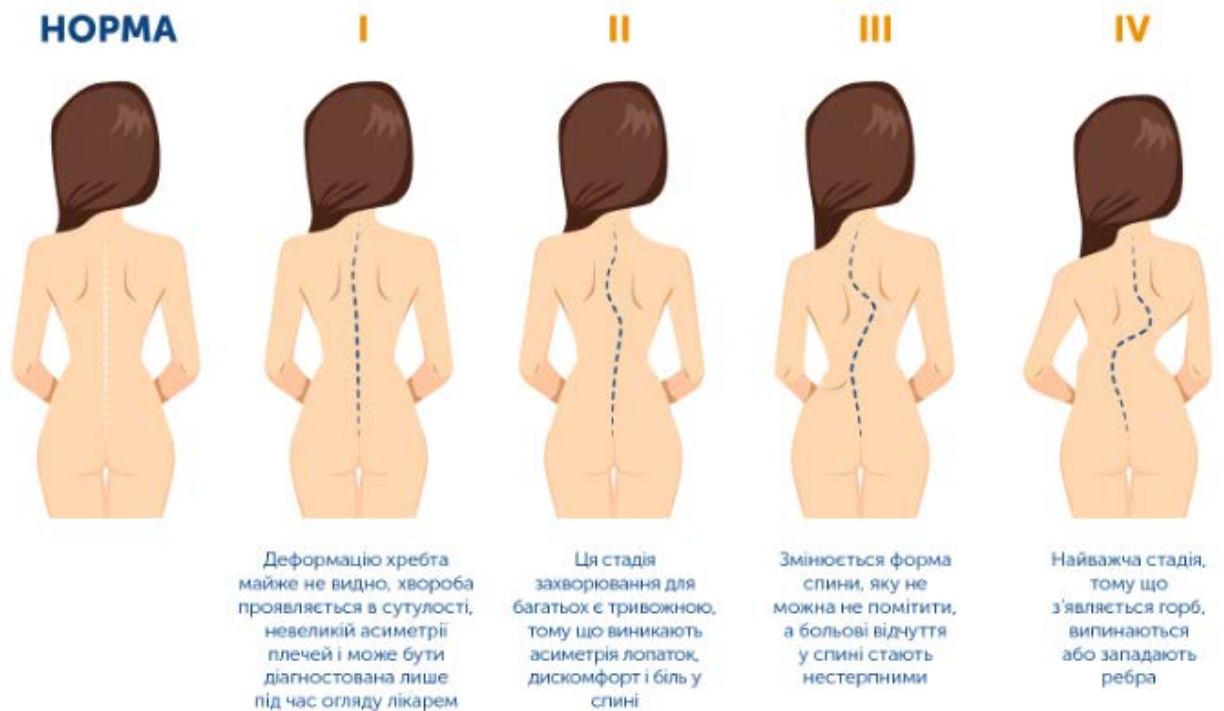


Рисунок 1.3. Стадії розвитку сколіозу

Бокове викривлення хребта при функціональних порушеннях постави може бути виправлене вольовим напруженням мускулатури або лежачи.

Сколіоз на початковій стадії розвитку процесу (I ст.), як правило, характеризується тими самими змінами, що і порушення постави у передній площині. Але, на відміну порушень постави, при сколіотичній хворобі, крім бічного викривлення хребта спостерігається скручування хребців навколо вертикальної осі (торсія) [14].

Про це свідчить наявність реберного вибухання по задній поверхні грудної клітки (а при прогресуванні процесу формування реберного горба) та м'язового валика в ділянці нирок. На рисунку 1.4 показані ознаки сколіозу.



Рисунок 1.4. Ознаки сколіозу

На більш пізньому етапі розвитку сколіозу відбувається розвиток клиноподібної деформації хребців, розташованих на вершині дуги викривлення хребта.

Виражені форми сколіозу (3–4 ст.) складають близько 0,6–0,7 % від загальної кількості дітей, які страждають на сколіотичну хворобу. Значна частина сколіозів 1 ступеня із віком стабілізується. Від ступеня сколіозу, від прогнозу захворювання залежить тактика у проведенні лікувально-профілактичних заходів. Діти з прогресуючими формами сколіозу повинні бути на лікуванні у спеціалізованих установах.

Сколіоз може бути простим, або частковим, з однією бічною дугою викривлення, і складним – за наявності кількох дуг викривлення у різні боки і, нарешті, тотальним, якщо викривлення захоплює весь хребет. Він може бути фіксованим і нефіксованим, що зникає в горизонтальному положенні, наприклад, при укороченні однієї кінцівки. Поруч із сколіозом зазвичай спостерігається і торсія його, тобто поворот навколо вертикальної осі, причому тіла хребців виявляються зверненими у опуклу сторону, а остисті відростки у ввігнутому. Торсія сприяє деформації грудної клітини та її асиметрії, внутрішні органи при цьому стискаються та зміщуються [15].

Початкові явища сколіозу можуть бути виявлені вже у ранньому дитинстві, але у шкільному віці (10–15 років) він проявляється найбільш виражено.

**Сколіоз можна класифікувати за етіологією:**

- ідіопатичний;
- вроджений;
- нервово-м'язовий.

**Ідіопатичний сколіоз (ІС):** коли всі інші причини виключені, діагноз ІС становить близько 80 відсотків усіх випадків. Поширеність ІС становить понад 8 % у дорослих у віці старше 25 років і зростає на 68 % у віці старше 60 років, що спричинено дегенеративними змінами старіння хребта [49] і поширеність 2,5 % у загальній популяції з кутом Кобба більше 10 градусів [19]. Підлітковий ідіопатичний сколіоз (ПІС) є найпоширенішим типом сколіозу, який зазвичай діагностується в період статевого дозрівання.

ІС поділяють на такі підгрупи:

*Дитячий сколіоз:* розвивається у віці 0–3 років і має поширеність 1 %.

*Ювенільний сколіоз:* розвивається у віці 4–10 років, становить 10–15 % усіх ІС у дітей, некореговані вигини можуть викликати серйозні серцево-легеневі ускладнення, а криві 30° і більше мають тенденцію до прогресування, 95 % таких пацієнтів потрібна хірургічна допомога.

*Підлітковий сколіоз:* розвивається у віці 11–18 років, становить приблизно 90 % випадків ідіопатичного сколіозу у дітей [100].

**Вроджений сколіоз** є наслідком ембріологічного порушення розвитку одного або кількох хребців і може виникати в будь-якій точці хребта.

Аномалії хребців викликають викривлення та інші деформації хребта, оскільки одна ділянка хребта подовжується повільніше, ніж інші. Геометрія та розташування аномалій визначають швидкість, з якою сколіоз прогресує у міру зростання дитини. Оскільки ці аномалії присутні при народженні, вроджений сколіоз зазвичай виявляється в молодшому віці, ніж ідіопатичний сколіоз [18].

**Нервово-м'язовий сколіоз** є вторинним по відношенню до неврологічних або м'язових захворювань. Включає сколіоз, пов'язаний з

дитячим церебральним паралічем, травмою спинного мозку, м'язовою дистрофією, спінальною м'язовою атрофією та розщепленням хребта.

Цей тип сколіозу зазвичай прогресує швидше, ніж ідіопатичний сколіоз, і часто вимагає хірургічного лікування [18].

Травми та інфекції хребта також можуть стати причиною сколіозу.

Оскільки найбільшу поширеність серед трьох категорій ідіопатичного сколіозу має саме підлітковий ідіопатичний сколіоз (ПІС) ми вирішили детально вивчити патогенетичні та біомеханічні особливості ПІС, провести дослідження впливу різних реабілітаційних втручань саме на пацієнтів з ПІС.

## **1.2. Біомеханічні та патогенетичні механізми підліткового ідіопатичного сколіозу**

Підлітковий ідіопатичний сколіоз (ПІС) можна визначити як аномальне викривлення хребта з кутом Кобба більше 10 градусів при вимірюванні у фронтальній площині [27].



Рисунок 1.5. Підлітковий ідіопатичний сколіоз

ПІС найчастіше зустрічається в дітей віком 11–18 років [49]. Приблизно 1–4 % підліткового населення страждає на цей стан, причому



жінки страждають частіше. ПС вражає жінок більше, ніж чоловіків, у співвідношенні 1,5 жінки на кожного ураженого чоловіка, однак це співвідношення може коливатися до трьох жінок на кожного чоловіка [25].

Різноманітні фактори ризику можуть призвести до більш високого прогресування кривої при ПС. До таких факторів належать: жіноча стать, вік 10–12 років, відсутність менархе, наявність грудних вигинів, розмір кривої >25 градусів, ознака Риссера 0–1 та залишковий потенціал росту [36].

ПС визначається як сколіоз, який починається після десяти років і не має чіткого основного захворювання як причину свого розвитку. Однак існує невідповідність між зростанням тіл хребців спереду і зростанням задніх елементів. Тіла хребців ростуть швидше, ніж задні елементи, що насамперед призводить до лордозу. Зменшений дорсальний ріст заважає вентрально розташованим тілам хребців збільшуватися у висоту, змушуючи їх спотворюватися, тобто обертатися, щоб створити простір для себе. Це викликає ротаційний лордоз [37].

ПС найпоширеніша форма сколіозу і характеризується наступними ознаками (табл. 1.2):

Таблиця 1.2

### Ознаки підліткового ідіопатичного сколіозу

- ПС визначається як сколіоз, який починається після десятирічного віку і не має чіткого основного захворювання як причину свого розвитку.
- Зазвичай ПС розташовується на рівні *грудної клітки* і на цьому місці майже без винятку виникає *опуклий* вигин.
- Рідше зустрічається на грудно-поперековому і поперековому відділах, і такі випадки демонструють помітну тенденцію порушення рівноваги. Іноді ці сколіози не є справді ідіопатичними, а виникають вторинно через розбіжності довжини ніг або аномалії попереково-крижового з'єднання.

- Приблизно в 10 % випадків підлітковий сколіоз має S-подібну форму, тобто є два основні вигини: оскільки поперековий вигин зазвичай більш виражений, ніж грудний вигин, S-подібні сколіози менш помітні в косметичному відношенні, ніж C-подібні грудні сколіози.
- Він майже завжди асоціюється з відносним *лордозом* (для грудного відділу загальний кіфотичний кут  $<20^\circ$  вважається відносним лордозом).
- Він завжди включає *ротацію*, при цьому задні частини тіл хребців завжди *повертаються* до увігнутої сторони кривої (якщо це не так, то структурного ідіопатичного сколіозу немає); для даного ступеня кривизни поворот завжди більш виражений на поперековому рівні, ніж на грудному.
- Зміщення хребців викликає типові деформації хребців і ребер.

### ***Патогенетичні механізми***

При підлітковому сколіозі спостерігається диспропорція між зростанням тіл хребців спереду і зростанням задніх елементів. Тіла хребців ростуть швидше, ніж задні елементи, що в першу чергу призводить до лордозу. Зменшений дорсальний ріст заважає вентрально розташованим тілам хребців збільшуватися у висоту, змушуючи їх спотворюватися, тобто обертатися, щоб створити простір для себе. Це викликає *ротаційний лордоз*. Ідея такого погляду сягає Somerville [85]. У 1984 році Dickson et al. [30] повідомили про біомеханічне та рентгенологічне дослідження, про патогенез ідіопатичного сколіозу та стверджували, що біпланарна асиметрія є основним ураженням. Багато нормальних дітей мають асиметрію фронтальної площини і, безумовно, усі мають асиметрію тіла хребця в поперечній площині, але коли асиметрія серединної площини (згладжування або, зазвичай, зміна нормального грудного кіфозу на верхівці сколіозу) накладається під час росту, виникає сколіоз [40]. Ці автори також стверджували, що ідіопатичного кіфосколіозу не існує. Асиметрія серединної площини має вирішальне

значення для прогресування. Підвищена висота переднього хребця на вершині кривої з нерівністю задньої кінцевої пластини характеризує асиметрію серединної площини та свідчить про те, що ідіопатичний сколіоз є зворотним від хвороби Шейермана.

Багато новітніх досліджень підтвердили цю теорію [25]. Лордоз майже завжди присутній при підлітковому сколіозі, навіть коли хребет виглядає кіфотичним на рентгенівському знімку в певній проекції. Причина нерівномірного росту, що спричиняє лордоз, невідома. Зменшення зростання відбувається в області спинномозкового каналу [80].

Castelein RM et al. [23] продемонстрували, що повністю випрямлена постава значно змінює умови навантаження на хребет порівняно з іншими приматами. У математичній моделі хребта було показано, що, хоча хребетний стовп у людини все ще навантажений переважно в осьовому напрямку, певні сегменти хребта людини (особливо нахилені назад сегменти) також піддаються дорсально спрямованим зсувним навантаженням (рис. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1007/s11832-012-0460-9> 1.6). Фасетні суглоби відіграють важливу роль у забезпеченні ротаційної стабільності хребта та протидіють вентрально спрямованим зсувним навантаженням. Хребці погано сконструйовані, щоб протистояти дорсально спрямованим зсувним навантаженням, беручи до уваги анатомію фасеткових суглобів і заднє розташування основних спинних м'язів і зв'язок. Він припустив, що дорсально спрямовані зсувні навантаження роблять фасетні суглоби менш оперативними при їхньому обертанні.

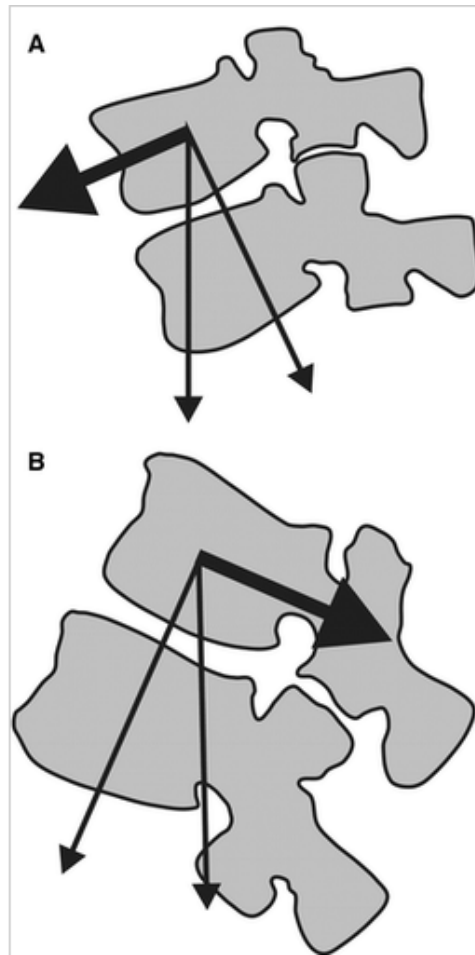


Рисунок 1.6. Хребці людського хребта можуть зазнавати переднього (а) або заднього (б) зсувних навантажень, залежно від їх орієнтації в просторі [23]

Нещодавно було проведено біомеханічне дослідження *in vitro* Kouwenhoven і Castelein [50] для дослідження осьової ротаційної стабільності грудного відділу хребта при дорсально та вентрально спрямованих зсувних навантаженнях. Результати цього дослідження показали, що в середньому та нижньому грудному відділах хребта відбувається більше осьового повороту хребців при дорсально спрямованих зсувних навантаженнях, ніж при вентральних зсувних навантаженнях. Ці висновки вказують на те, що – у порівнянні з хребтом інших хребетних (включаючи двоногих тварин) – хребет людини, на який діють ці дорсальні зсувні навантаження, є менш стабільною конструкцією щодо обертання. Автори припустили, що ці дорсально спрямовані зсувні навантаження можуть (наприклад, під час росту) діяти як підсилювач невеликої попередньої ротації хребців, тоді як

вентрально спрямовані навантаження протидіють обертанню. Ця сила, що посилює обертання, діє на сегменти зростаючого хребта з нахилом назад, може призвести до прогресуючої деформації окремих хребців і в кінцевому підсумку призведе до прогресуючого сколіозу. Це підтверджує результати попередніх досліджень, у яких було продемонстровано, що нахил хребців назад у сагітальній площині сприяє прогресуванню ППС. Наслідком цього дослідження стала концепція сколіозу як ротаційної нестабільності незрілого хребта.

У тривимірному дослідженні КТ-сканування Wever et al. [94] описали деформації хребців і ребер при ідіопатичному сколіозі. Спостережувані деформації хребців свідчать про те, що вони викликані перебудовою кістки через дисбаланс між силами в передній і задній частині хребта [90] (рис. 1.7). У цьому дослідженні автори також відзначили мінімальну клиновидну деформацію в локальній сагітальній площині в деяких апікальних хребцях, як зазначають Deason et al. [29], але сумнівно, чи є ця деформація в сагітальній площині первинним етіологічним явищем, як вони припускають, чи це скоріше вторинне явище, яке можна порівняти з іншими деформаціями хребців. У попередньому дослідженні ці автори не змогли продемонструвати суттєву різницю в приростах росту та розмірах тіл хребців, які беруть участь у сколіотичній кривій, порівняно з рештою хребетного стовпа. Прирости росту були подібними до тих, що описані в літературі для нормальних дівчат. Різниці в гнучкості хребта також не вдалося встановити між пацієнтами з ідіопатичним сколіозом і контрольною групою [31].

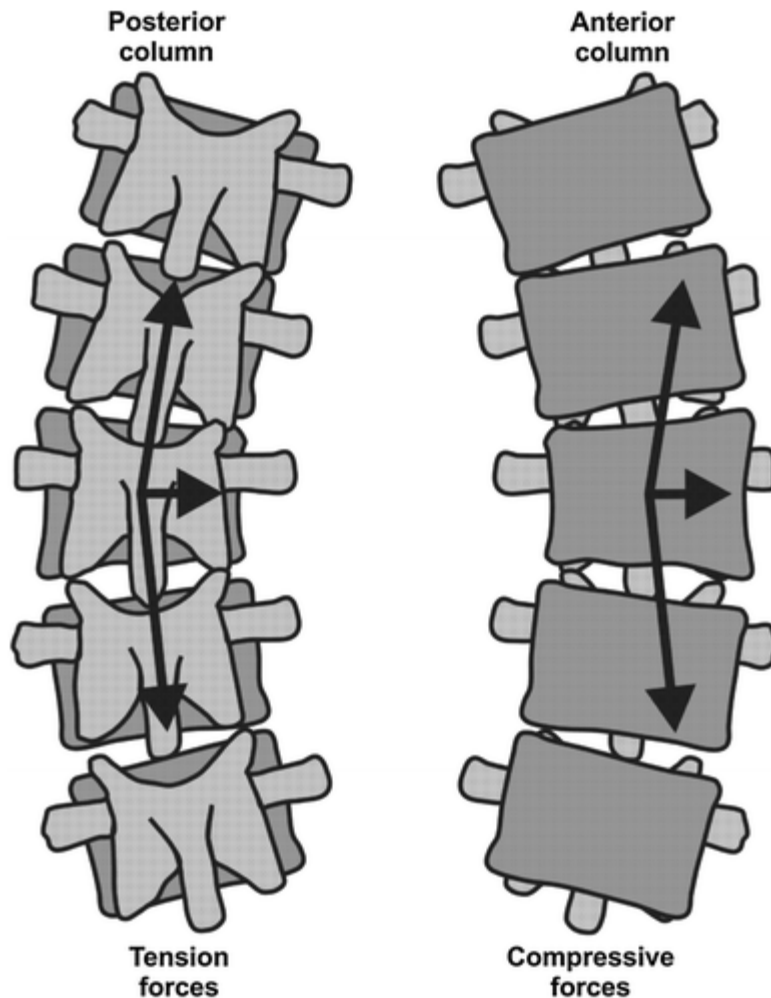


Рисунок 1.7. Сколіотичний хребет, структура сил у *передньому стовпі*: сили стискання призводять до виштовхування верхівкового тіла хребця з серединної лінії (*праворуч*), тоді як сили натягу заднього стовпа призводять до сили, яка намагається утримати задній комплекс в нормальному положенні (*ліворуч*) [90]

Можна уявити, що спинний мозок захищається від розтягуючого стимулу росту. Кілька досліджень останніх років повідомили про існування інтраспінальних аномалій або неврологічних проблем у певній частині «ідіопатичних» сколіозів. Дослідники виявили патологічні соматосенсорні потенціали у понад 50 % випадків ПС [59]. Сторона, на якій виникає сколіотична опуклість, не має відношення до таких висновків. Той факт, що ідіопатичний грудний підлітковий сколіоз, як правило, має правосторонній

опуклий вигин, скоріше пояснюється місцем розташування органів середостіння. Оскільки стан викликаний не асиметрією м'язів, а скоріше (симетричною) проблемою в сагітальній площині, викривлена сторона істотно залежить від анатомічної конфігурації. Як підтвердження цієї теорії було виявлено «ідіопатичний» ліво-випуклий грудний сколіоз у двох пацієнтів із зворотною ситуацією. Тому грудні сколіози, які не мають правоопуклої форми, перед хірургічним втручанням необхідно досліджувати за допомогою МРТ на можливість інтраспінальних аномалій.

### *Деформація тіл хребців*

Крім передньо-задньої різниці в зростанні, спостерігається також деформація самих тіл хребців у трьох вимірах. Ймовірно, це вторинні, а не первинні ефекти. Parent et al. [76] зробили морфометричний аналіз сколіотичного хребта в 2002 році. Тіла хребців виміряли на 30 сколіотичних і на 30 нормальних скелетах. На висоті верхівки тіл хребців спостерігалось значне зменшення на увігнутій стороні, ніжки були меншими та коротшими, ніж на опуклому боці. На рисунку 1.8 показано типові деформації верхівкових хребців.

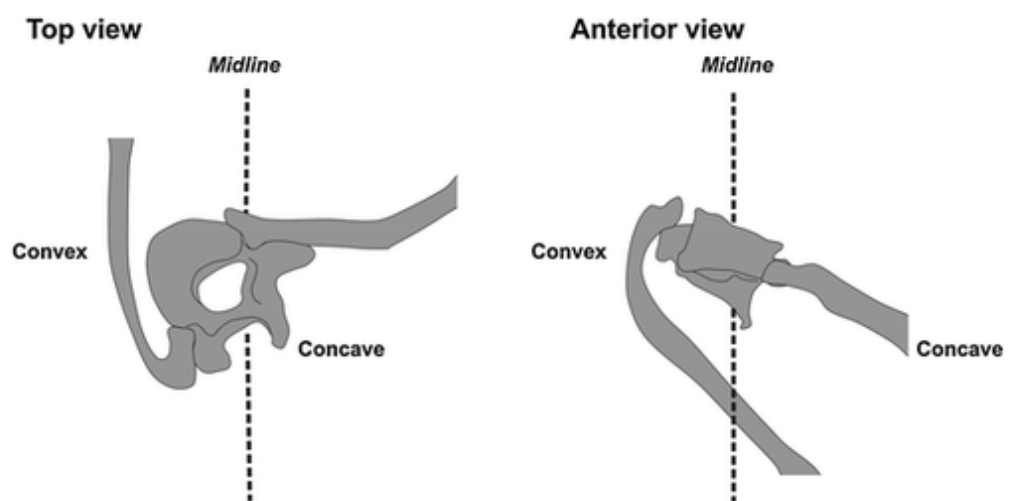


Рисунок 1.8. Деформації всередині хребців на верхівці сколіотичного хребта, якщо дивитися *зверху (ліворуч)* і *спереду (праворуч)*

### ***Біомеханіка лікування***

Будь-яке лікування намагається повернути хребет до нормальної конфігурації. Існують в основному два типи деформації, які необхідно враховувати. Одним з них є функціональна крива. Це аномальна кривизна, яка завжди присутня, за винятком випадків, коли для її виправлення прикладається деяка сила, наприклад активне м'язове напруження пацієнта або вигин до опуклості функціональної кривої. Ця крива підтримується менш жорсткими зв'язками, м'язами та силами тяжіння.

Структурна крива, однак, є більш жорсткою і не може бути виправлена активними м'язовими силами. Ця крива зазвичай складається з деформації всередині хребців; спостерігається заклинювання та спотворення кісткової структури, а зв'язкові компоненти кривої жорсткі. Будь-яка крива може мати деякий компонент обертання.

Можуть застосовуватися різноманітні методики з коригуванням навантажень. Коригувальні сили різняться за частотою, амплітудою, тривалістю та способом застосування. Основні механічні принципи беруть участь у корекції сколіозу [2].

### ***Порівняння осьового та поперечного навантаження для корекції сколіозу***

Сколіотичний хребет є багатофакторним, і справжнє моделювання вимагає складної 3-D математичної моделі. Проте White AA і Panjabi [95] мають перевагу у вивченні поведінки хребта за допомогою дуже спрощених моделей, щоб перевірити основну концепцію. За допомогою цієї моделі вони вивчали порівняльну ефективність різних типів і комбінацій навантажень, прикладених до сколіотичного хребта для корекції. Сколіотичний хребет моделюється трьома компонентами: двома жорсткими ланками AC і BC, з'єднаними за допомогою крутильної пружини C (рис. 1.9). Компоненти лежать і рухаються у фронтальній площині. Ланки орієнтовані на імітацію деформації хребта виміряну за методом Кобба. Статична поведінка цієї



моделі досліджується за двох окремих умов навантаження: осьової сили та поперечної сили.

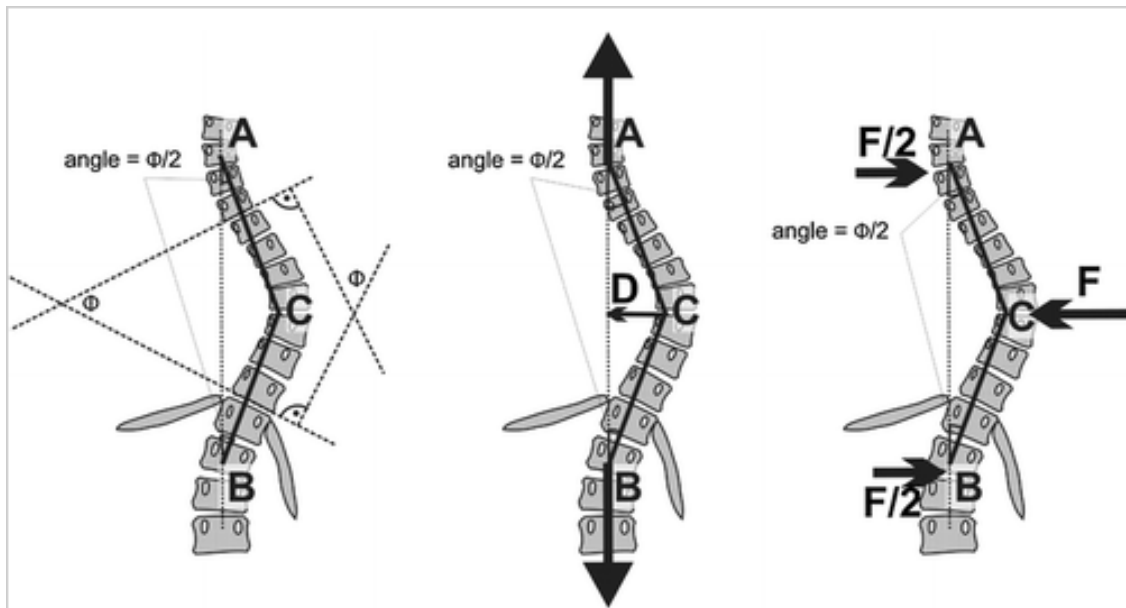


Рисунок 1.9. *Ліворуч* – дуже спрощена математична модель сколіотичного хребта, що складається з 2 жорстких ланок AC і BC, з'єднаних в точці C за допомогою крутильної пружини. *Середнє* осьове навантаження: на модель діє сила відволікання  $F$ . *Праве* поперечне навантаження: на модель діють триточкові поперечні сили  $F$  [95]

Принцип осьового навантаження при корекції сколіотичного хребта використовується переважно при оперативному лікуванні дистракційними стрижнями або тракцією. Рисунок 1.9 (посередині) показує, що хребет розтягується під дією осьової сили. Осьова сила прикладається до двох кінців сегмента хребта, представленого точками A і B на моделі, щоб подовжити і випрямити хребет. Механізм кутової корекції подовженням обумовлений не розтягуючими напруженнями в хребті, а згинальними моментами (напруженнями), створюваними в різних дискових просторах. Ці згинальні моменти виправляють кутову деформацію.

Поперечне навантаження використовується в основному при лікуванні корсетами. Рисунок 1.9 (праворуч) показує, як хребет піддається бічним

навантаженням. Бічна сила прикладається в точці  $C$ , а реактивні сили, що вдвічі її величини, беруться в точках  $A$  і  $B$ . Кутова корекція знову отримується шляхом створення коригувальних згинальних моментів у дискових просторах. Прості вирази для згинальних моментів, створених у дисковому просторі, представлені точкою  $C$  на рисунку 1.9, для осьових і поперечних навантажень окремо.

Рисунок 1.9 (посередині) показує, що коригувальний згинальний момент на вершині кривої є осьовою силою  $F$ , помноженою на її перпендикулярну відстань  $D$  до вершини кривої. Легко помітити, що чим більша деформація, тим більше відстань  $D$ . Іншими словами, коригувальна здатність сили збільшується з тяжкістю деформації.

Подібна ситуація виникає при поперечному навантаженні на хребет. Рисунок 1.9 (праворуч) показує, що коригувальний згинальний момент на вершині кривої дорівнює половині сили на вершині (інша половина працює на іншій половині хребта), помноженої на  $D$ , перпендикулярну відстань до вершини кривої. На відміну від осьової сили, коригувальний згинальний момент для бічної сили зменшується у міру збільшення деформації хребта.

З цього обговорення стає очевидним, що комбінація осьових і поперечних навантажень є найбільш вигідною для всіх ситуацій. Іншими словами, осьовий компонент забезпечує більшу частину коригувального згинального моменту, коли деформація є серйозною, а поперечний компонент бере на себе функцію коригування, коли деформація є слабкою [95].

Отже, хребет – дуже складна структура. Останні дослідження внесли великий внесок у розуміння його біомеханіки та патомеханізму ПС. Проте все ще обговорюються, чи є концепція ротаційного лордозу з невідповідністю росту між переднім і заднім елементами ключовим фактором, чи асиметричний ріст і м'язова діяльність є основними елементами. Очевидно, що механізм складний і багатофакторний.

### 1.3. Клінічна картина та діагностика підліткового ідіопатичного сколіозу

ПС є розповсюдженим захворюванням із загальною поширеністю 0,47–5,2 % [49]. Він розвивається у віці 11–18 років і становить 90 % випадків ідіопатичного сколіозу у дітей. Співвідношення жінок і чоловіків коливається від 1,5:1 до 3:1 і значно збільшується з віком. Генетичні фактори також впливають на виникнення ПС.

Сколіоз – це тривимірна аномалія хребта, що викликає помітну деформацію. Сколіоз визначається кутом викривлення хребта Кобба у фронтальній площині і часто супроводжується ротацією хребців у поперечній площині та гіпокіфозом у сагітальній площині. На рисунку 1.10 показані ознаки сколіозу.

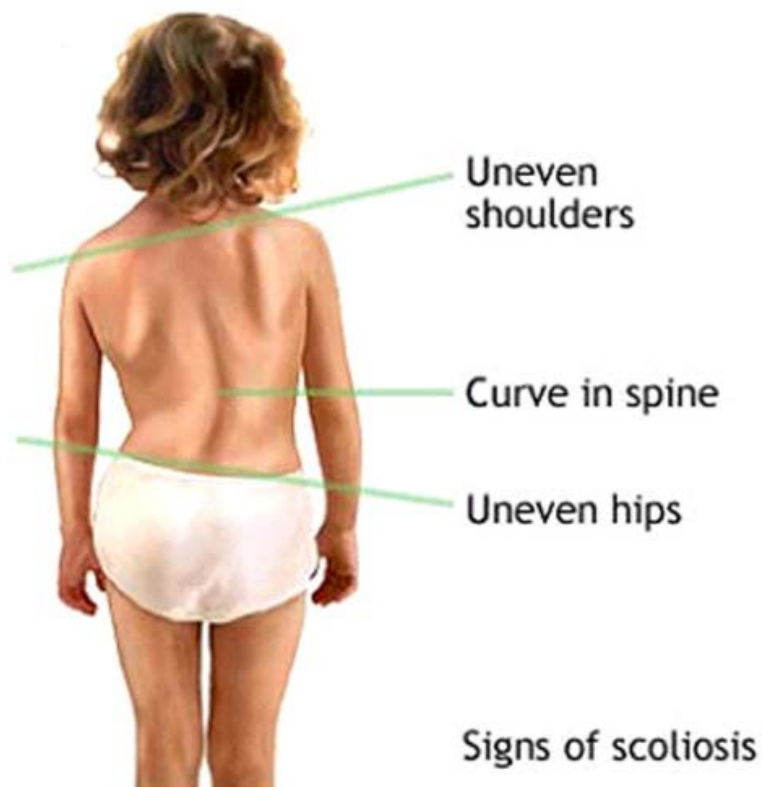


Рисунок 1.10. Ознаки сколіозу

Реберний горб, який при цьому спостерігається, утворює деформацію з опуклістю вбік і назад – кіфосколіоз.

Сколіоз за рівнем вигину розрізнять: шийний, грудний або поперековий і відповідно опуклої сторони викривлення. Таким чином можна зустріти, наприклад, правосторонній грудний сколіоз [7].

Що стосується клінічної картини, то пацієнти з ПС зазвичай не мають болю або неврологічних відхилень (наприклад, слабкості) і мають нормальний вигляд, якщо дивитися збоку, однак є кілька видимих симптомів, пов'язаних з ПС [12]:

- «Горбик» – виступ на спині або реберний горб, що виникає внаслідок обертального аспекту сколіозу; найбільш помітна ознака сколіозу (рис. 1.11, С і 1.11, D).
- Асиметрія висоти плечей – вказується, коли одне плече розміщене вище іншого (рис. 1.11, А).
- «Нахил» тулуба – зсув тіла вправо або вліво може відбутися, особливо якщо є один вигин в грудному відділі (грудна частина) або поперековому (нижній частині спини) хребта без другого вигину. Наявність двох вигинів допомагають зрівноважити пацієнта, що часто проявляється як деяка асиметрія лінії талії, при якій одне стегно здається вище іншого і може призвести до того, що одна нога виявляється довшою за іншу (рис. 1.11, В).

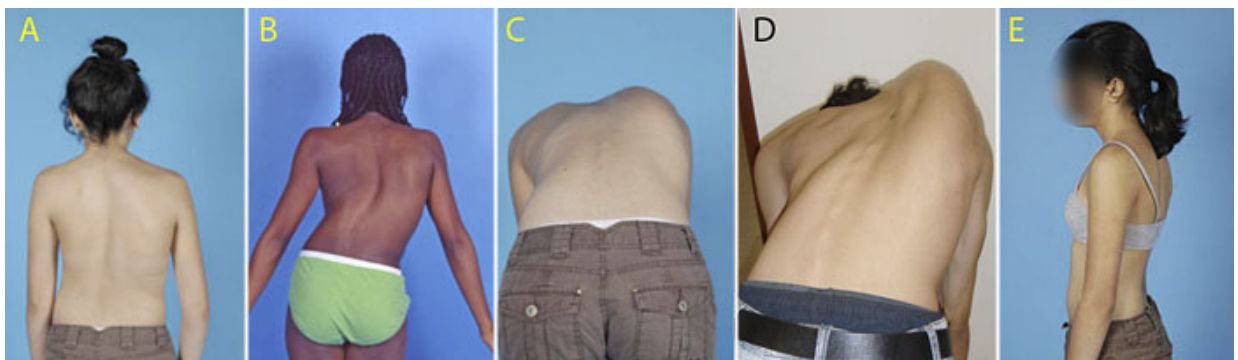


Рисунок 1.11. Видимі симптоми, пов'язані з ПС: А – асиметрія висоти плечей;

В – нахил тулуба; С і D –реберний горб; Е – вигляд збоку

За даними інших досліджень біль у спині приблизно вдвічі частіше зустрічається у пацієнтів з ПС, ніж у пацієнтів без сколіозу [87].

Коли сколіоз починається в підлітковому віці, пацієнти часто повідомляють про біль у спині, як правило, в нижній частині спини. Однак загальний медичний консенсус полягає в тому, що викривлення хребта, ймовірно, не є причиною болю в нижній частині спини у більшості пацієнтів підліткового віку зі сколіозом. Більша частина підлітків відчуває біль у спині через участь у спортивних заходах без належної сили живота та спини або гнучкості підколінного сухожилля. Крім того, викривлення хребта рідко чинить тиск на органи, як-от легені та серце, або викликає такі симптоми, як задишка. Якщо ці симптоми все-таки виникають, може знадобитися додаткова оцінка та тестування.

Біль у спині найчастіше виникає в поперековому відділі, а потім у грудному відділі при ПС у обох статей. Було виявлено статистично значущий зв'язок між грудним болем і грудним сколіозом у пацієнтів з ПС [87]. Більшість пацієнтів з ПС з болем у спині повідомляли про свій біль від помірної до легкої інтенсивності. Також було показано, що біль у спині при ПС тривав довше і з'являвся частіше в порівнянні з пацієнтами без сколіозу.

Статистично значущих доказів між інтенсивністю болю та тяжкістю кута Кобба не було [12]. Проте було припущено, що пацієнти без болю, як правило, мають менші вигини; а частота та інтенсивність болю в спині були вищими при більш важких вигинах ( $>40-45^\circ$ ).

Дослідницьке товариство сколіозу припустило, що біль у спині може бути пов'язаний зі зниженням сили тулуба або гнучкості підколінного сухожилля. Однак жодні докази не підтверджують це твердження.

Біль у нижній частині спини (БНЧС) у пацієнтів з ПС може спричинити погіршення якості життя пацієнтів. Окрім болю, уявлення пацієнтів про себе, як-от ставлення до власного зовнішнього вигляду, також є одним із факторів, що сприяють погіршенню якості життя [61]. У

пацієнтів зі сколіозом часто спостерігається дисфункціональний та асиметричний тип дихання [92]. Обертання тулуба збільшується в результаті того, що сили дихання на вдиху спрямовуються вниз до опуклості викривлення хребта. Також існує зв'язок між дисфункціональним диханням і БНЧС або болем у шиї [43].

### *Діагностика сколіозу*

Правильна постава характеризується однаковим рівнем надпліч, сосків, кутів лопаток, рівною довжиною шийно-плечових ліній (відстань від вуха до плечового суглоба), глибиною трикутників талії (поглиблення, що утворюється виїмкою талії та вільно-опущеною рукою), прямою вертикальною лінією. рівномірно вираженими фізіологічними вигинами хребта в сагітальній площині, однаковим рельєфом грудної клітки та поперекової області (у положенні нахилу вперед). На рисунку 1.12 показано вигляд правильної постави.

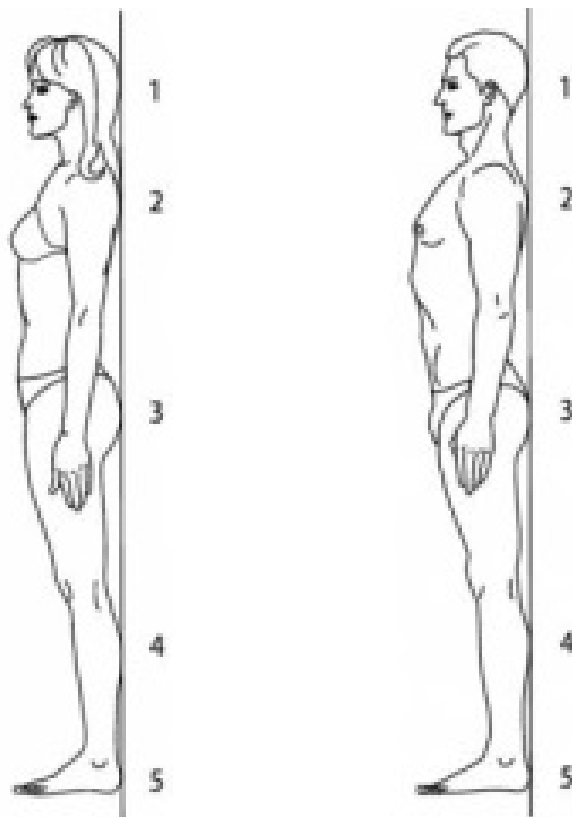


Рисунок 1.12. Правильна постава

Правильно сформований хребет має фізіологічні вигини в сагітальній площині (при огляді збоку) у вигляді шийного та поперекового лордозу та кіфозу у грудному та крижових відділах. Ці вигини поряд з еластичними властивостями міжхребцевих дисків зумовлюють особливості хребта.

У передній площині (при огляді з боку спини) в нормі хребет має бути прямим.

У нормі глибина лордоза в шийному та поперековому відділах хребта відповідає товщині долоні обстежуваного пацієнта. Ці ознаки у комплексі створюють гарний зовнішній вигляд людини. Відхилення цих показників від норми свідчить про наявність порушення постави чи сколіозу.

Нормальні вигини хребта виникають у шийному, грудному та поперековому відділах у так званій «сагітальній» площині. Ці природні вигини розміщують голову над тазом і працюють як амортизатори, розподіляючи механічне навантаження під час руху. Сколіоз часто визначають як викривлення хребта у фронтальній (coronal) площині. У той час як ступінь викривлення вимірюється в фронтальній площині, сколіоз насправді є більш складною, тривимірною проблемою, яка включає в себе такі площини [18]:

- Фронтальна площина (Coronal plane)
- Сагітальна площина (Sagittal plane)
- Аксиальна площина (Axial plane).

На рисунку 1.13 зображені анатомічні площини.

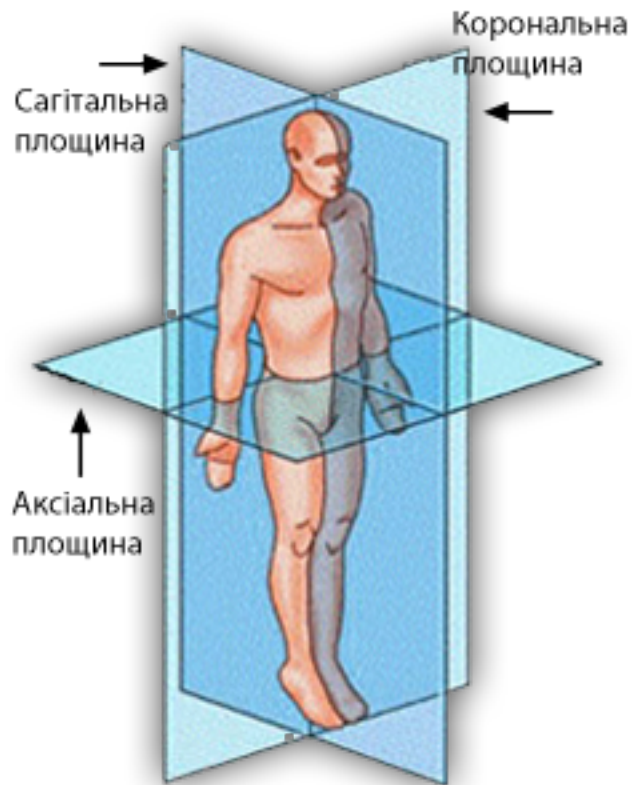


Рисунок 1.13. Анатомічні площини

Фронтальна площина – це вертикальна площина від голови до ніг і паралельна плечам, що розділяє тіло на передню (передню) і задню (задню) частини. Сагітальна площина ділить тіло на праву і ліву половини. Аксіальна площина паралельна площині землі і під прямим кутом до корональної та сагітальній площин [18].

Сколіоз визначається кутом викривлення хребта Кобба у фронтальній площині і часто супроводжується ротацією хребців у поперечній площині та гіпокіфозом у сагітальній площині.

Ці аномалії в хребті, реберно-хребцевих суглобах і грудній клітці викликають «опуклий» і «увігнутий» геміторахс.

Ротаційний компонент починається, коли сколіоз стає більш вираженим. Це називається торсійним сколіозом, який приводить до утворення горбу [19].



Сколіоз можна описати як аномальне викривлення хребта. Кут Кобба і ознака Ріссера є вимірами, які зазвичай використовуються для оцінки ступеня та прогресування викривлення. На рисунку 1.14 показана пацієнтка з ПС та її рентгенівське зображення.

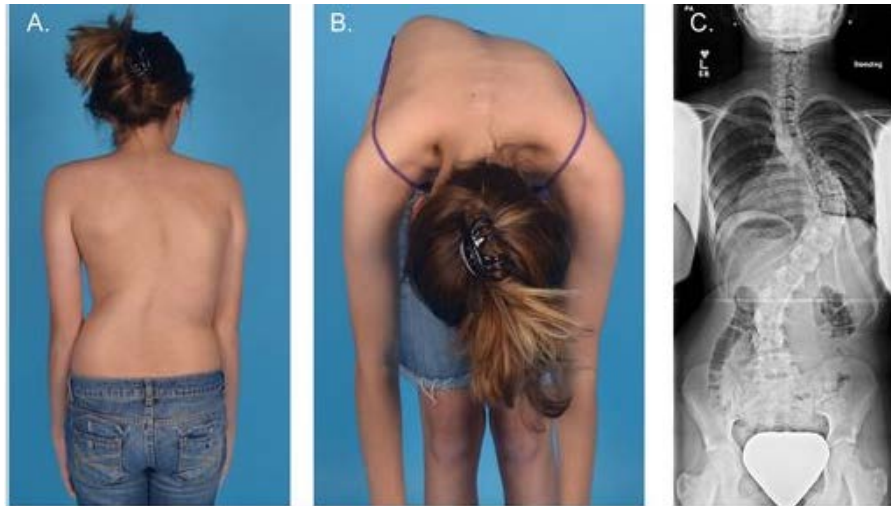


Рисунок 1.14. Пацієнтка з ПС та її рентгенівське зображення хребта

Метою функціонального обстеження є розрізнити неправильну поставу та фактичний ідіопатичний сколіоз. Для цього можна провести тест Адамса (рис. 1.15).

**Тест Адамса на вигин вперед** можна використовувати, щоб розрізнити структурний сколіоз або неструктурний сколіоз шийного та поперекового відділів хребта. Тест можна проводити в положенні стоячи і сидячи.



Рисунок 1.15. Тест Адамса

Методики діагностування порушень постави постійно доповнюються, для чого залучаються новітні інструментальні методи [14]. Усі точні вимірювання при сколіозі виконуються на базі рентгенограм, що інтерпретуються по різних методиках. Американським ортопедом Коббом була розроблена схема аналізування рентгенівського знімка для виявлення кута викривлення, що є необхідним для вірного призначення лікування. Кут викривлення, виміряний за рентгенівськими знімками, називається «кутом за Коббом».

Відповідно до класифікації за В. Д. Чакліним [15], перший ступінь сколіозу діагностується у випадку викривлення хребта до  $5-10^\circ$ , другий – до  $30^\circ$ , третій – до  $60^\circ$ , четвертий – понад  $60^\circ$  (рис. 1.16).

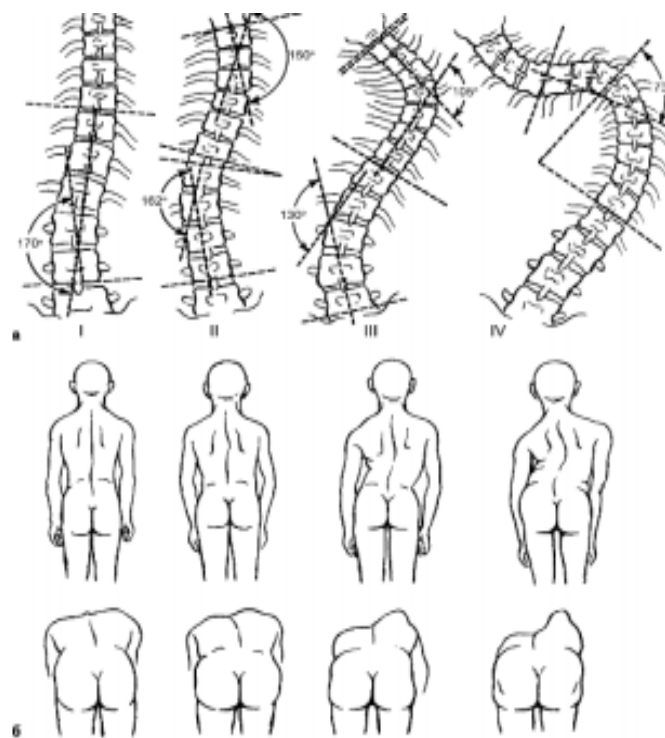


Рисунок 1.16. Ступені сколіозу за В. Д. Чакліном

Кут Кобба використовується як стандартне вимірювання для визначення та відстеження прогресування сколіозу. Доктор Джон Кобб винайшов цей метод у 1948 році [69]. На рисунку 1.17 показано схему вимірювання кута Кобба.

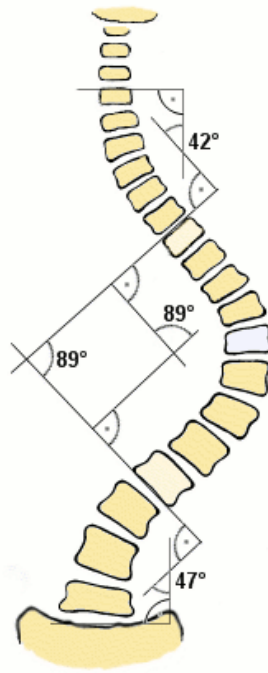


Рисунок 1.17. Вимір кута Кобба

### **Обчислення кута Кобба.**

Кобб запропонував виміряти кут кривизни, проводячи лінії, паралельні верхній межі верхнього тіла хребця і нижній межі нижнього хребця структурної кривої, потім виводячи перпендикуляри від цих ліній, щоб перетинати один одного, кут між цими лініями є «кутом кривизни» [39].

Кут Кобба допомагає визначити, який тип лікування необхідний.

**Кут Кобба 10 градусів:** розцінюється як мінімальний кут нахилу для визначення сколіозу.

**Від 15 до 20 градусів:** Деякі дослідження говорять про те, що пацієнт не потребує спеціального лікування, а просто потребує регулярних оглядів, щоб побачити, чи прогресує крива до зрілості кістки. Дослідження Weiss et al. [93] продемонстрували, що пацієнт потребує фізіотерапії з вільними інтервалами лікування (6–12 тижнів без фізіотерапії). Фізична терапія включає в себе заняття вправами, розпочаті в кабінеті фізіотерапевта, а також домашню програму вправ (2–7 сеансів

на тиждень, через 3 місяці може бути достатньо одного сеансу кожні 2 тижні).

**Від 20 до 40 градусів:** Лікар-ортопед зазвичай призначає корсет для спини, щоб хребет не викривлявся. Можна підбирати різні корсетия, деякі носять від 18 до 20 годин на день, а інші лише вночі. Який тип корсету лікар призначить, залежить від способу життя пацієнта, поведінки та тяжкості вигину. Дослідження Weiss et al. [93] показали, що необхідна програма інтенсивної реабілітації при сколіозі. Це включає інтенсивну програму тривалістю від 3 до 5 тижнів (4–6 годин тренування на день).

**40-50 градусів і більше:** Для корекції кривої може знадобитися хірургічне втручання. Існує кілька хірургічних процедур. Частою повторюваною процедурою є «зрощення хребта», щоб з'єднати хребці разом, щоб хребет більше не міг продовжувати вигинатися [86].

Поширеність ПС при викривленні  $>10$  градусів становить 2–3 %.

Поширеність викривлень  $>20$  градусів становить від 0,3 до 0,5 %.

Поширеність викривлень  $>40$  градусів виявляється менш ніж у 0,1 % населення [93].

На рисунку 1.18 показано вимір кута Кобба на рентгенограмі.

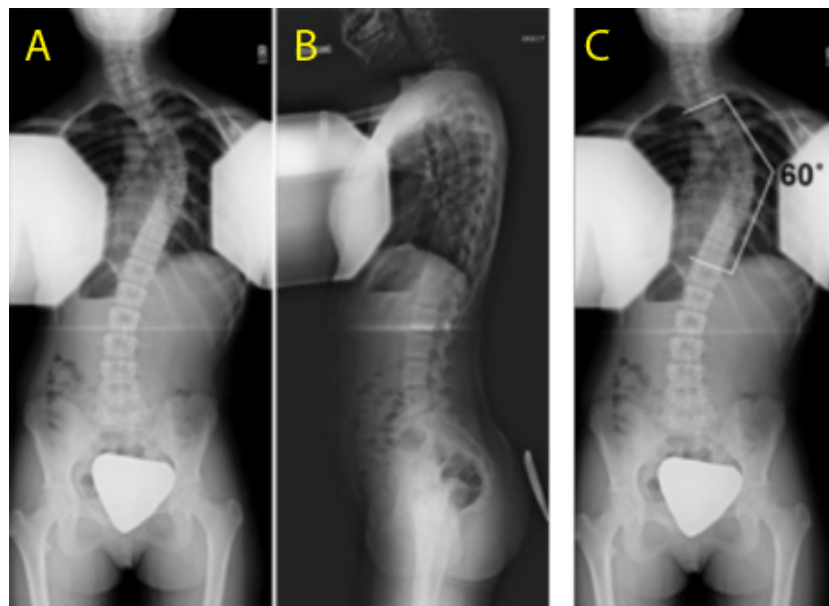


Рисунок 1.18. А – АР рентгенограма; В – бічна рентгенограма; С – метод Кобба

**Сколіометр** – це інклінометр, призначений для вимірювання асиметрії тулуба, або осьового повороту тулуба. Він використовується в трьох областях:

Верхня частина грудної клітки (Т3-Т4)

Середній грудний відділ (Т5-Т12)

Грудно-поперекова область (Т12-Л1 або L2-L3)

Якщо вимірювання дорівнює  $0^\circ$ , на певному рівні стовбура спостерігається симетрія. Виявляється асиметрія на певному рівні тулуба, якщо вимірювання сколіометра дорівнює будь-якому іншому значенню.

На рисунку 1.19 показана методика проведення сколіометрії.



Рисунок 1.19. Проведення сколіометрії

Відхилення сколіометра більше, ніж на  $6^\circ$  (це відповідає радіологічному куту близько  $10^\circ$ ) є значними.

У незрозумілих випадках обстеження слід проводити кожні 6 місяців. Якщо сколіометр показує  $7^\circ$  чи більше, виправданими є рентгенографія спини у передньо-задній проекції стоячи [100].

**Тестування легеневої функції** є корисним для передопераційної оцінки пацієнтів та проведення спірометрії для оцінювання функції легень

### Додатковий рентген

Для визначення гнучкості кривизни (наскільки вона випрямляється) можна провести додаткові рентгенівські знімки. Можна робити рентгенівські знімки, на яких пацієнт лежить на столі і згинається вправо, а потім вліво (рис. 1.20). Тракційні плівки знімаються з витягнутими руками і ногами пацієнта, щоб витягнути хребет.

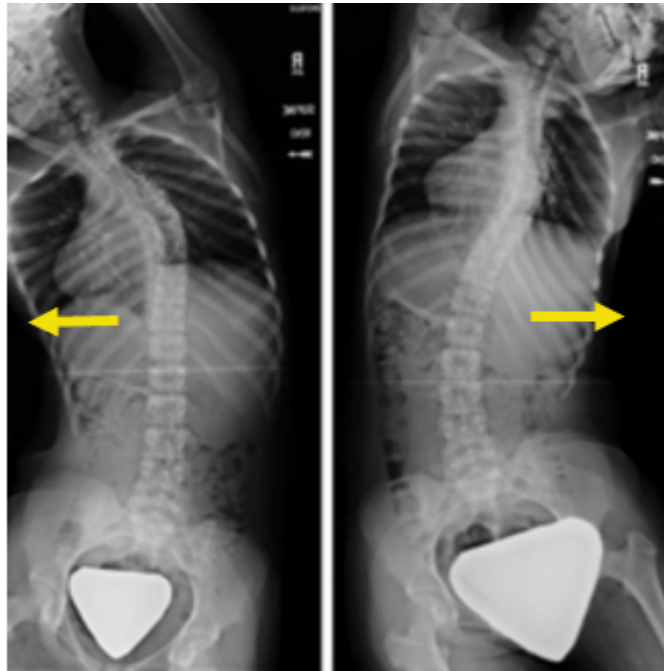


Рисунок 1.20. Рентгенівські знімки під час бокових згинань

### Дослідження МРТ

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) хребта зазвичай не використовується для пацієнтів з АІС. МРТ призначається, якщо лікар виявив деякі тонкі неврологічні відхилення під час фізичного огляду, або якщо є значний біль або «нетиповий» малюнок вигину. Ймовірність появи чогось ненормального на МРТ дуже мала.

### Вимірювання потенціалу зростання

Оскільки під час швидкого росту криві сколіозу збільшуються, потенціал для зростання оцінюють, беручи до уваги вік пацієнтки, статус того, чи були у жінки перші менструації, а також рентгенографічні параметри. Загалом дівчата ростуть до 14 років, а хлопчики – до 16 років.

Дівчата ростуть дуже швидко до першої менструації, а потім їх зростання взагалі сповільнюється. Підлітки продовжують рости приблизно до 2 років після першої менструації.

Для визначення росту використовуються рентгенівські знімки хребта, тазу та кисті/зап'ястя. Система оцінки Risser використовується для визначення зрілості скелета дитини (скільки залишилося зростання) на тазі, яка корелює з тим, наскільки залишився ріст хребта. Система оцінки Risser оцінює зрілість скелета дитини за шкалою від 0 до 5. Пацієнти з оцінками Risser 0 і 1 швидко ростуть, тоді як пацієнти віком 4 і 5 років перестають рости. Як правило, пацієнтам, які проходять лікування в клініці зі сколіозом, під час кожного відвідування вимірюють зріст, щоб допомогти визначити потенціал зростання. На рисунках 1.21 та 1.22 показана шкала для визначення росткової активності хребта та стадії тесту Ріссера.



Рисунок 1.21. Класифікація Ріссера (J.C. Risser) – це шкала для визначення росткової активності хребта шляхом оцінки виразності осифікації апофізів гребенів крил клубових кісток, яка використовується при підготовці до оперативної корекції сколіозу



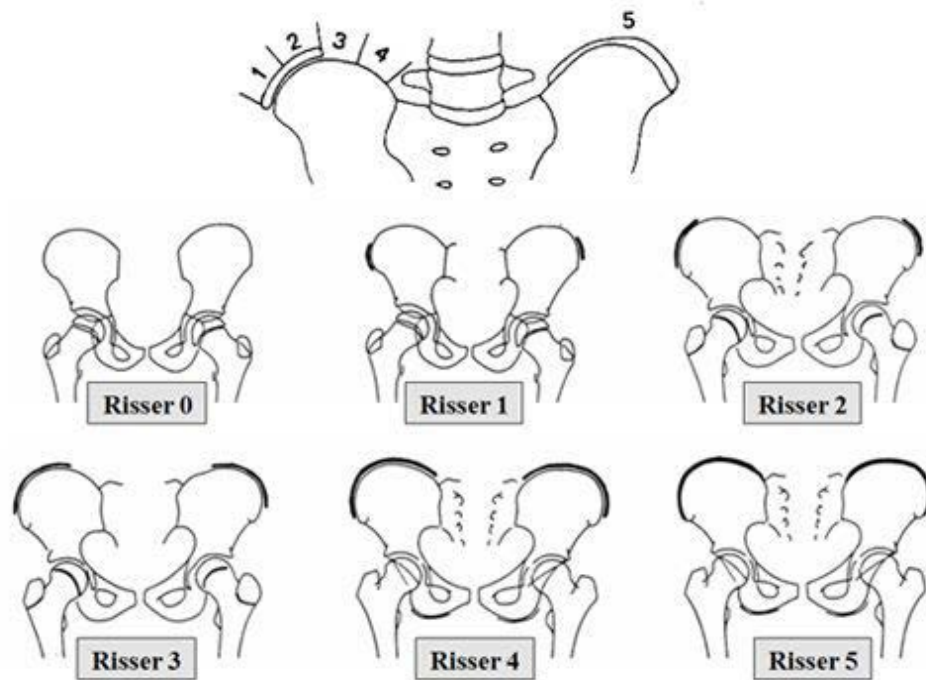


Рисунок 1.22. Стадії тесту Ріссера використовують як кількісні критерії в оцінці росткової кісткової активності. У стадіях від 0 до 3 ростковий процес виражений активно. У 4 стадії ростковий процес дещо стабілізований. Пацієнти з 5 стадією не мають відкритих зон зростання довгих трубчастих кісток [100]

### Класифікація

- 0 стадія: відсутність зон осифікації апофізів здухвинних гребенів;
- 1 стадія: ділянки осифікації лінійно-дугоподібної форми в латеральних відділах гребенів довжиною до 25 % довжини;
- 2 стадія: ділянки осифікації довжиною до 25–50 % довжини;
- 3 стадія: ділянки осифікації довжиною до 50–75 % довжини;
- 4 стадія: ділянки осифікації протяжністю >75 % довжини або по ходу всього довжини гребенів з явищами початкового синостозування з основним кістковим масивом у медіальних відділах;
- 5 стадія: повне злиття асифікованих апофізів гребенів з масивом крил клубових кісток



Занепокоєння зовнішнього вигляду в осіб з підлітковим ідіопатичним сколіозом може призвести до порушення повсякденного функціонування або порушення образу тіла. Опитувальник про порушення образу тіла (Body Image Disturbance Questionnaire BIDQ) – це інструмент із семи запитань, який самостійно оцінює порушення образу тіла в загальних популяціях; жодне дослідження не вивчало б порушення образу тіла у тих, хто страждає на підлітковий ідіопатичний сколіоз.

#### **1.4. Методи фізичної терапії для корекції постави у пацієнтів з ідіопатичним сколіозом**

Дітям із порушеннями постави, непрогресуючими формами сколіозу необхідно проводити лікування в амбулаторних умовах до закінчення їх зростання. Основу комплексного лікування повинна становити коригуюча гімнастика та заняття різними видами спорту, що сприяють правильному формуванню хребта.

Фізичні навантаження при заняттях фізичною культурою та спортом впливають, насамперед, на зв'язково-м'язовий та кістково-суглобовий апарати, змінюючи їх будову та функцію. Спортивне тренування завжди збільшує силу м'язів, еластичність сумочно-зв'язувального апарату та інші їх функціональні якості. Розвиваються та вдосконалюються рухові навички та інші функціональні якості (швидкість, гнучкість, спритність, витривалість, сила, рівновага), що свідчить про вдосконалення пропріорецепції, м'язового почуття, вестибулярної стійкості, точності відтворення заданих рухів у просторі, часі та зусиллях [13, 16, 17].

Зазвичай, якщо немає інших захворювань, дітям з порушеннями постави та сколіозами 1 ст. (викликаних недоліками організацій шкільного та домашнього режиму) призначається основна медична група для занять фізичною культурою. Крім того, їм показані додаткові до звичайних уроків

фізкультури в школі заняття коригуючою гімнастикою під наглядом лікаря-ортопеда.

При сколіозах 2–3 ст. діти вимагають особливого підходу і їм зазвичай призначається група лікувальної фізкультури, діти займаються у поліклініці чи лікарсько-фізкультурному диспансері [1, 6].

В численних дослідженнях було показано, що вправи, призначені для конкретного пацієнта, є ефективними при початковому лікуванні пацієнтів з ШС. Вони можуть включати:

- Вправи на рухливість/гнучкість хребта;
- Вправи на зміцнення тулуба [99];
- Розтягування підколінних сухожил або інших напружених м'язів нижніх кінцівок;
- Перевиховання ходи;
- Складні функціональні вправи, такі як присідання, випади та вставання/зривання з підлоги;
- Поради щодо серцево-судинних вправ і фітнесу;
- Пілатес/йога [22];
- Спеціальна реабілітація пацієнта, тобто вправи, пов'язані з оптимізацією функцій у виді спорту, який подобається пацієнту.

**Метод Шрота** – це комплекс вправ, спеціально розроблений для пацієнтів зі сколіозом, особливо при ідіопатичному сколіозі [21]. Його розробила Катаріна Шрот у Німеччині. Метод Шрота спрямований на запобігання прогресуванню кривої до кінця зростання з наступними цілями [46]:

- Проактивна корекція хребта, щоб уникнути операції;
- Тренування постави, щоб уникнути або уповільнити прогресування;
- Інформація для підтримки процесу прийняття рішень;
- Програма домашніх вправ;

- Мережа підтримки;
- Профілактика та стратегії подолання болю.

Огляд літератури свідчить про те, що методи Schroth і науково обґрунтовані вправи при сколіозі (Scientific Exercise Approach to Scoliosis (SEAS)) мають позитивні результати у покращенні кутів Кобба у пацієнтів з ПІС порівняно з відсутністю втручання [52].

Програма вправ за Schroth складається з корекції сколіотичної постави і патерну дихання за допомогою пропріоцептивної і та екстероцептивної стимуляції і дзеркального контролю. Вправи Schroth намагаються досягти цієї корекції, використовуючи тільки активну силу м'язів тулуба. Таким чином, пацієнти вчаться підніматися якомога далі з положення виключно пасивної підтримки зв'язок спини, що, як вважається, сприяє прогресуванню викривлення, а потім підтримує виправлену поставу в повсякденній діяльності. [74].

Кілька когортних досліджень методу Schroth показали позитивні результати щодо сили м'язів спини [74], функції дихання [74], уповільнення прогресування кривої [93], поліпшення кутів Кобба [74, 93] і зменшення частоти хірургічних втручань [82]. Шестимісячне рандомізоване клінічне дослідження (РКД), проведене в 2015 році, показало зменшення болю, самооцінки і витривалості м'язів спини у пацієнтів з ідіопатичним сколіозом в порівнянні зі стандартним лікуванням [93].

Інше РКД 2015 року показало, що програма добре спланованих індивідуальних вправ Schroth під наглядом фізіотерапевта є ефективним методом збільшення регресу або зупинки прогресування ідіопатичного сколіозу у підлітків [51].

Більшість експертів погоджуються, що одні вправи не вплинуть на зменшення прогресування структурного сколіозу. Проте є думка, що селективна програма вправ в поєднанні з загальнозміцнюючим лікуванням корисна. Крім того, в дослідженнях [28, 71] було показано, що фізичні вправи

можуть мати позитивний вплив на функцію дихання, силу і постуральну рівновагу, і що вони корисні для зменшення конкретних порушень та інвалідності пацієнтів з ідіопатичним сколіозом.

Ряд досліджень стверджують, що вправи, повинні виконуватися з урахуванням активної самокорекції і спрямовані на стабілізацію хребта, зміцнення тонічних м'язів, поліпшення балансу і координації, відновлення і підтримання фізіологічних сагітальних вигинів. Фізичні терапевти уникають збільшення діапазону рухів хребта, а замість цього зосереджуються в основному на стабільності хребта [35, 71].

Ще одним методом корекції ідіопатичного сколіозу є кінезіотейпування (КТ). Застосування КТ призводить до полегшення болю в спині незабаром після нанесення. Крім того, КТ позитивно впливає на якість життя і може бути відповідним втручанням у лікуванні болю в спині пацієнтів з ІС [20]. Ідея цієї методики ґрунтується на створенні вільного діапазону рухів, щоб дати можливість м'язовій системі самолізуватися біомеханічно і бути опорою для руху. Застосування КТ піднімає шкіру, таким чином збільшуючи проміжний простір дерми та підшкірної клітини та зменшуючи тиск у цій області. Як наслідок, кровотік і рух в патологічно зміненій ділянці збільшуються, що призводить до зменшення запалення. Це також зменшує подразнення хімічних рецепторів. Зменшення болю, у свою чергу, поступається місцем поліпшенню функцій м'язів, зменшенню активації нервово-м'язової системи кровообігу та лімфообігу, а також прискоренню кровотоку та загоєнню тканин. Вважається, що методика також безпосередньо зменшує біль, активуючи механорецептори шляхом накладання стрічки безпосередньо на шкіру [20]. Методологічна якість включених РКД була хорошою, середня оцінка 6,6 за 10-бальною шкалою PEDro. Дані дослідження [72] свідчать про те, що КТ як єдине лікування або у поєднанні з іншим лікуванням не є більш ефективним, ніж звичайна фізіотерапія та фізичні вправи щодо полегшення болю.

Методи мануальної терапії також застосовуються в лікуванні ПС. Мануальна терапія призначена для збільшення діапазону рухів суглобів, модуляції розтяжності тканин/м'язів, покращення обмеження рухів м'яких тканин, полегшення болю та сприяння психологічному благополуччю. Ряд РКД оцінювали вплив мануальної терапії на лікування ІС, особливо в Китаї [38]. РКД, що було проведено у 2004 році показало, що після 4–6 тижнів застосування мануальної терапії, відбулось зменшення кута Кобба в середньому на 17 градусів. У жодного з пацієнтів кут Кобба не збільшився [68].

Ще однією методикою, що застосовується під час лікування ПС є SEAS – Scientific Exercise Approach to Scoliosis (науково-обґрунтовані вправи при сколіозі). Метод SEAS – це метод лікування сколіозу, який зосереджений на відновленні постурального контролю та покращенні стійкості хребта за допомогою вправ, що включають активну 3D-корекцію сколіотичної пози. Активна 3D самокорекція досягається спочатку шляхом навчання пацієнтів та підвищення обізнаності пацієнта про їх деформацію. Як тільки пацієнт усвідомлює свою деформацію та необхідні зміни для її виправлення, пацієнт може свідомо вносити корективи у свою поставу (активна самокорекція), щоб знайти найкраще вирівнювання хребта у тривимірних просторових площинах. Потім метод SEAS фокусується на стабілізації хребта та підтримці постави за допомогою різноманітних вправ відповідно до деформації, щоб допомогти досягти кінцевої підсвідомої самокорекції постави шляхом стимуляції нейросенсорних механізмів підтримки постави. Активну тривимірну самокорекцію можна відтворити у тисячі різних вправ із «відволікаючими» ситуаціями, які вимагають від нервово-м'язових зв'язків для підвищення стабільності під час виконання рухів, щоденних дій та таких вправ, як сидіння-стояння, підйом і спуск по сходах, балансування на одній нозі, тим самим «зміцнюючи» нервово-м'язові зв'язки, які беруть участь у корекції постави та нейромоторній реабілітації [21, 83].

Одна з принципових відмінностей методу SEAS від інших методів лікування сколіозу полягає в тому, що немає жодної єдиної вправи, яка вважалася б кращою за інші. Метою лікування SEAS є постуральна реабілітація за допомогою все більш складних вправ, які кидають виклик пацієнту досягти та підтримувати активну самокорекцію. Завдяки послідовності коригувальних рухів, характерних для типу кривої пацієнта, пацієнту пропонується досягти якомога більш фізіологічного вирівнювання хребта. Активна самокорекція вздовж трьох просторових площин є найважливішою складовою SEAS. Для вибору напрямку самокорекції метод SEAS намагається адаптувати концепцію до пацієнта [21, 83].

SEAS також зосереджується на м'язовій витривалості та зміцненні правильної постави, розвитку реакцій рівноваги та нейромоторну інтеграцію. Зміцнення м'язової витривалості спрямоване на розвиток паравертебральних, черевних м'язів, м'язів нижніх кінцівок і м'язів лопатково-плечового пояса за допомогою ізометричних скорочень для збільшення м'язової підтримки хребта з метою стабілізації хребта. Розвиток реакцій рівноваги спрямований на поліпшення осьової, статичної та динамічної рівноваги стовбура. Це важливо для реабілітації постави через порушення в кортикальних центрах мозку, які контролюють баланс при сколіозі. Нейромоторна інтеграція має на меті інтегрувати повсякденну діяльність з більш правильними і збалансованими позами, поступово розвиваючи здатність реагувати активною самокорекцією на різні вимоги суспільного життя та кидаючи виклик пацієнту підтримувати самокорекцію під час повсякденної діяльності. Ці вправи пов'язують активну самокорекцію з глобальними рухами, наприклад, ходьба з простою ходою та окулярно-ручні навчальні вправи навіть на нестабільних площинах [21, 83].

Хірургічне втручання може бути рекомендовано, якщо сколіоз погіршується, а інші методи лікування неефективні, або якщо сколіоз важкий і підліток перестав рости.

Хірургічне лікування показано, коли кут Кобба перевищує 45–50 градусів [42, 63, 64].

Міжнародне товариство ортопедичного та реабілітаційного лікування сколіозу (The International Society on Scoliosis Orthopedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT)), видатна група лікарів, пацієнтів, їх батьків і терапевтів, нещодавно визначила уникнення операції як головну мету консервативної терапії SOSORT [101].

## РОЗДІЛ 2

### ЗАСТОСУВАННЯ ПІДВІСНИХ СИСТЕМ В РЕАБІЛІТАЦІЇ

#### 2.1. Загальний огляд застосування підвісних систем в реабілітації

Протягом останніх кількох десятиліть вправи на підвісних системах (Sling exercise therapy (SET)) використовуються як ефективна стратегія лікування скелетних м'язових порушень. На початку двадцятого століття була розроблена перша модель SET під назвою слінг-стіл, який використовувався для допомоги пораненим воїнам. Пізніше SET було успішно розширено для лікування пацієнтів, уражених паралічем та поліомієлітом, які вразили європейські країни, такі як Німеччина та Англія [47]. Наприкінці 1940-х років SET в поєднанні з гідротерапією надали значний вплив на реабілітацію пацієнтів, уражених вірусом поліомієліту. Після цього в Норвегії, починаючи з 1960-х років, SET проклав новий шлях для лікування ушкоджень плечей і стегон [65]. Згодом це спонукало вчених розробити різні моделі систем підвіски для строп, які дозволили б їх ефективно використовувати в різних реабілітаційних центрах і лікарнях (рис. 2.1). Різні застосування SET, починаючи від діагностики і закінчуючи лікуванням, наведено в таблиці 2.1. Наприклад, SET успішно використовується для лікування болю в нижній частині спини (БНЧС), який вважається одним з найпоширеніших серйозних захворювань серед дорослих, які завжди потребують дуже складних, дорогих і неефективних терапевтичних методів. Крім того, SET має багато переваг для БНЧС над іншими підходами через його значний вплив на м'язи та нерви. Наприклад, Li L. and Feng вивчали істотний вплив SET на пацієнтів з неспецифічним LBP. Вони дійшли висновку, що SET призвело до значного полегшення болю за допомогою тренування [56]. Аналогічно, SET зі стабільними та нестабільними вправами на перемикання прискорював процес лікування пацієнтів з БНЧС з меншим болем у порівнянні з традиційними вправами



[78]. На рисунку 2.1 показані різноманітні моделі підвіски для строп, які були розроблені протягом минулого століття.



Рисунок 2.1. Різноманітні моделі підвіски для строп, які були розроблені протягом минулого століття

Отже, підвісна терапія – це система навантаження опорно-рухового апарату в стані невагомості для збільшення сили м'язів, відновлення амплітуди рухів, нормалізації тонуусу, покращення балансу та координації рухів.

Продовжується широке застосування реабілітаційної клітки з підвісами, особливо при дитячій патології. На рисунку 2.2 показана універсальна кабіна для підвісної терапії, на рисунку 2.3 – методика проведення підвісної терапії дитині з патологією хребта.

## Застосування SET [103].

Використання SET	Ефективність та/або результати	Посилання
Терапевтичне	Діапазон руху	Покращити об'єм руху [44]
	Відкритий/закритий кінетичний ланцюг	Можна використовувати обидві вправи з кінетичним ланцюгом «Відкритий/Закритий». [24]
	Сенсомоторний/баланс	Поліпшити баланс і пропріоцептивну здатність [44]
	Стабілізуюча система	Підвищити витривалість суглобів і м'язів під час тренування [55]
	Тренування м'язів	Застосування різноманітних одночасних вправ [98]
	Розслаблення / зняття болю	Зменшення болю разом із посиленням розслаблення м'язів [44]
Діагностика	Тестування слабких ланок	Полегшує виявлення порушень між глибоким стабілізатором і поверхневими м'язами [47]
	Час витримки	Дослідження стійкості глибоких м'язів при нейтральному положенні [57]



Рисунок 2.2. Універсальна кабіна для підвісної терапії



Рисунок 2.3. Проведення підвісної терапії дитині з патологією хребта

Система Neuras, яка являє собою методику активації м'язового каркасу, розроблена на початку 2000-х років у Норвегії, і вже довела свою ефективність і широко використовується в усьому світі у підготовці відомих спортсменів та реабілітації при радикуліті, остеохондрозі та гриж міжхребцевих дисків та захворювань хребта та суглобів.

На сьогодні SET є одним з найбільш перспективних підходів завдяки своїй низькій вартості, ефективності та простоті.

Зокрема, SET засновані на стропках, прикріплених до певної частини людського тіла за допомогою мотузок і шківів всередині системи строп, які допомагають лікувати ушкодження [8, 81]. Існує дві основні категорії SET, включаючи традиційні SET, які зазвичай використовується для простого навчання [33]. У той час як Neuras включає високий рівень нервово-м'язової активації, що призводить до зміцнення м'язів, поліпшення сенсомоторного/балансу, збільшення діапазону руху і усунення болю, а також клінічних діагнозів для різних порушень. Наприклад, у різних дослідженнях повідомлялося про значний вплив застосування SET на відновлення функцій м'язового скелета після інсульту та болі в попереку на додаток до покращення дихання та розширення грудної клітки [44, 45, 52].

Крім того, застосування SET має здатність досягати кількох цілей одночасно. Наприклад, Lee et al. повідомили про значний вплив тренування, заснованого на техніці Neuras, на зменшення болю, баланс посилення, регресивну втому та лікування хронічного болю в шиї [97, 98].

Незважаючи на те, що SET досягла значного прогресу в реабілітаційних центрах, про результати експериментів SET раніше не повідомлялося. Для досягнення цієї мети цей огляд присвячений короткому аналізу найбільш значущих результатів SET у терапевтичних та діагностичних застосуваннях. Це включає використання SET в реабілітації після спортивних травм, інсульту та БНЧС. Це завершиться поточними викликами та майбутніми перспективами SET.

Терміни «відкритий та закритий кінематичні ланцюги часто використовується для опису відносної кінематики сегментів [32]. На рисунку 2.4. зображений приклад відкритого і закритого кінематичного ланцюга.

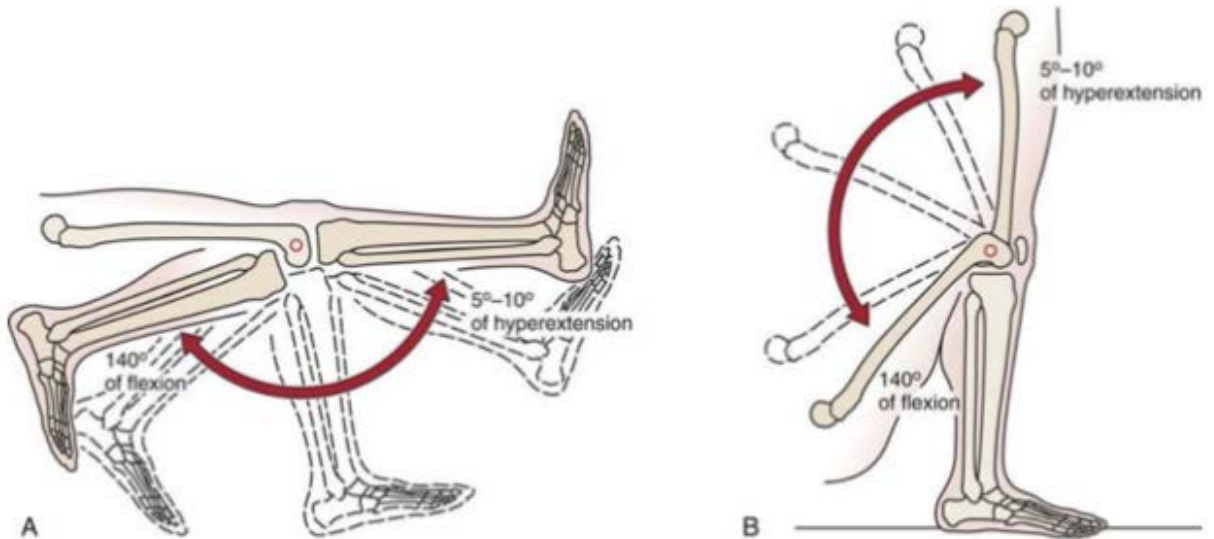


Рисунок 2.4. А – відкритий кінематичний ланцюг;  
В – закритий кінематичний ланцюг

Відкритий кінематичний ланцюг – це комбінація послідовно розташованих суглобів, коли рухається дистальний сегмент, а проксимальний є фіксований.

Закритий кінематичний ланцюг – це комбінація послідовно розташованих суглобів, коли дистальний сегмент нерухомий. Рух в одному сегменті закритого кінематичного ланцюга викликає рух в інших сегментах [3, 11].

В таблиці 2.2 представлена порівняльна характеристика відкритого та закритого кінематичного ланцюга.



Таблиця 2.2

**Порівняльна характеристика відкритого та закритого кінематичного ланцюга**

<b>Відкритий кінематичний ланцюг</b>	<b>Закритий кінематичний ланцюг</b>
Збільшене прискорення	Збільшує компресійне навантаження на суглоб
Зниження сили опору	Підвищує конгруентність і стабільність
Збільшує distraкцію і ротаційні сили	Зменшує зсувні сили
Збільшує деформацію механорецепторів суглоба та м'язів	Зменшує сили прискорення
Покращує функціональну активність	Стимулює пропріорецепцію
Збільшує концентричне прискорення і гальмує ексцентричні сили	Покращує динамічну стабільність
Для покращення сили і амплітуди	Ізометричне, концентричне і ексцентричне скорочення м'язів
Вплив на один суглоб і одну групу м'язів	Скорочення агоністів та антагоністів
Зовнішні стабілізатори переважають	Відновлює нервовом'язовий контроль
Відсутність осьового навантаження	Переважають внутрішні стабілізатори
Використання зовнішнього ротаторного навантаження	Присутнє осьове навантаження
Більший зовнішній контроль	Активізуються функціональні групи м'язів
Взаємоузгодженість агоністів та антагоністів	Рух в декількох суглобах
	Переважає внутрішній контроль

Деякі фізичні вправи складно класифікувати по відношенню до відкритого або закритого кінематичного ланцюга. Приклади фізичних вправ у відкритому і закритому кінематичному ланцюгу представлені в таблиці 2.3.

**Приклади фізичних вправ у відкритому і закритому кінематичному ланцюгу**

Приклад фізичних вправ у відкритому кінематичному ланцюгу	Приклад фізичних вправ у закритому кінематичному ланцюгу
Жим штанги лежачи на спині	Відтискання
Згинання рук з гантелями	Підтягування на перекладині
Розгинання коліна сидячи	Присідання
Тяга верхнього блока	Випади
Плантарне чи дорсальне згинання стопи	Станова тяга

При застосуванні підвісних систем застосовуються в основному вправи в закритому кінематичному ланцюгу.

## 2.2. Параметри для підвісних систем

Існують різні фактори, які можна використовувати під час SET, щоб забезпечити його максимальний ефект як у лікуванні, так і в діагностиці. До них належать рівень, вібрація та положення канатів. Зокрема, існує три основних типи несучих канатів, включаючи одинарні, подвійні та шківові, які можна регулювати відносно корпусу.

Багатоточкова підвіска стимулює цільові м'язи без болю, оскільки вага тіла навантажується на бандажі, що забезпечує безпеку [48]. Це дає багато переваг. На відміну від цього, одноточкова підвіска забезпечує низький ступінь безпеки під час фізичних навантажень, а також підтримка ваги.

На рисунку 2.5 показано різницю між SET за допомогою багатоточкової підвіски та одноточкової підвіски.

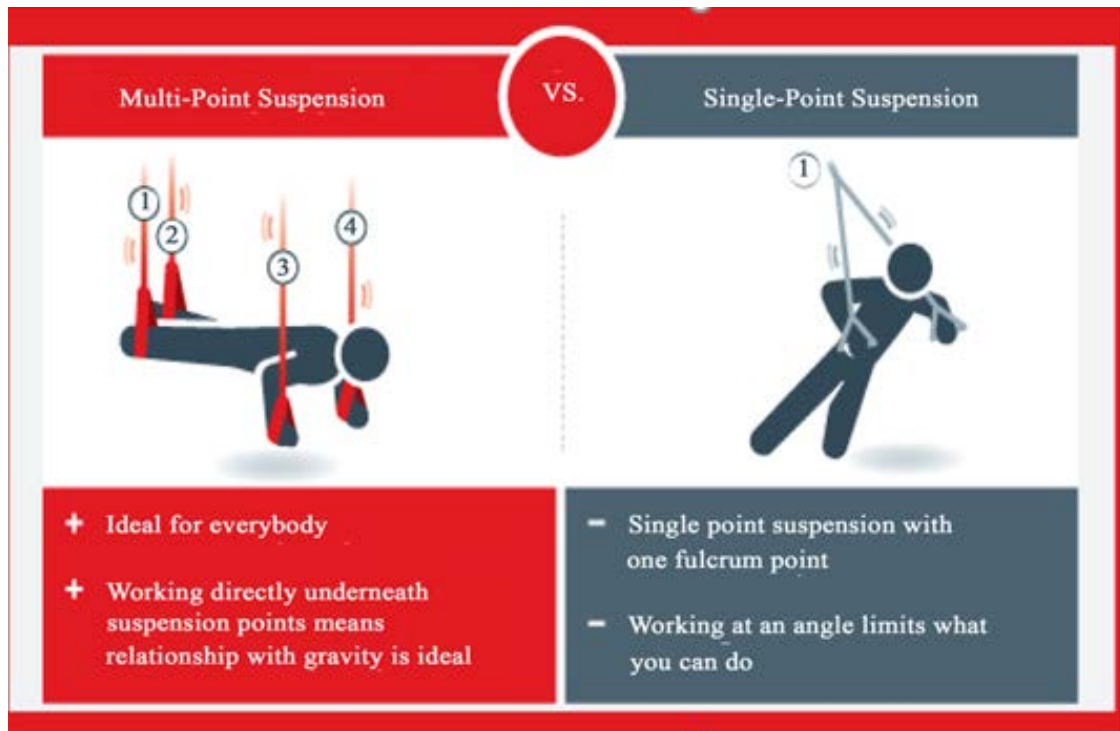


Рисунок 2.5. Схема показує різницю між SET за допомогою багатоточкової підвіски та одноточкової підвіски

Наприклад, в дослідженні [60] було показано, що м'язи добре активуються у пацієнта з БНЧС після використання SET порівняно з вправою віджимань на землі за допомогою SET з кількома підвісками. Зокрема, активація м'язів верхньої кінцівки та передніх м'язів тулуба значно покращена в порівнянні з вправою для віджимань на землі. Примітно, що еластичність використовуваних шнурів під час виконання вправ може бути використана для надання допомоги або протидії рухам м'язів, дозволяючи їх легко відновити. Згодом вони адаптуються відповідно до поточної сили м'язів, щоб скоротити час лікування. Це пов'язано з тим, що тіло пацієнта повністю утримується мотузками, що призводить до зниження стресу під час тренування.

Вібрація також є ще одним вирішальним фактором у SET через її унікальну здатність впливати на скорочення м'язів [98]. Це не тільки суттєво впливає на активізацію м'язової активності, але й полегшує біль [26]. Крім



того, на відміну від вправ на килимку, додавання вібрації під час перебування на SET сприяє збільшенню м'язової активності без болю. Існують дослідження різноманітних м'язів шляхом налаштування значення частоти вібрації та типу вправ. Наприклад, дослідження [55] повідомили, що стимуляція м'язів тулуба (наприклад, внутрішні косі м'язи, прямий м'яз живота, багатокуткові м'язи та випрямляча хребта) за допомогою вібрації на SET була значно кращою ніж без вібрації. Вивчали навіть вплив різних частот вібрації на стимуляцію переднього зубчастого м'яза. Стимуляція при вібрації 50 Гц була значно вищою, ніж при 30 Гц і 90 Гц відповідно [45].

Під час виконання вправ на SET доступні різні положення, які дозволяють вправляти різні м'язи одночасно. Крім того, положення пацієнтів може бути адаптовано відповідно до їх індивідуального випадку, особливо тих, хто страждає на хронічні захворювання та/або серйозні травми. Крім того, SET підходять для навчання групи пацієнтів одночасно. Це не тільки сприяє соціальному, але й економить час і зусилля фізіотерапевтів.

### **2.3. Застосування підвісних систем для діагностики**

SET може виступати в якості платформи для діагностики біомеханічних порушень ланцюга. Це засновано на вимірюванні толерантності м'язів шляхом прогресивного навантаження ваги за допомогою вправ із відкритим і закритим кінетичним ланцюгом. Це досягається двома основними тестами – час утримання і слабка ланка. Зокрема, тест на час утримання використовується для дослідження стабільності глибоких м'язів за допомогою навантаження ваги як функції часу утримання в нейтральному положенні. Зокрема, скорочення часу утримання відносно стандартного є ознакою слабкості м'язів у певному положенні, яке має бути відправною точкою для тренування м'язів ізометричними вправами. Наприклад, хронічний біль у попереку можна діагностувати, виявивши слабкість пов'язаних з ним м'язів за допомогою

тесту часу утримання [57]. У порівнянні з традиційними діагностичними методами, такими як мануальний тест на м'язи та ЕМГ, діагностика на SET є більш зручною, простою і недорогою методикою.

З іншого боку, тест на слабку ланку передбачає використання замкнутого кінетичного ланцюга в системі прогресивних підходів, поки пацієнт не зможе виконати вправу правильно або не відчує біль. Це ґрунтується на виявленні порушень під час взаємодії між глибокими м'язами-стабілізаторами та поверхневими м'язами, які виконують певний рух. Відповідно, лікування починається з коригування динамічних рухів на рівні, при якому рух можна було зробити успішно без болю [57]. Потім м'язи слід перевірити окремо за допомогою вправ із відкритим кінетичним ланцюгом, щоб визначити місце ураження. Тест слабкої ланки ефективно використовується для виявлення різних порушень сили м'язів. Наприклад, відчуття сильного болю під час вправи на розгинання тулуба та/або нездатність пацієнта виконати її, відображає наявність однієї або кількох слабких ланок в поперековому відділі хребта. Слід зазначити, що для точного дослідження терапевт повинен враховувати той факт, що різні м'язи відповідають за один і той же рух під час вправи із замкненим кінетичним ланцюгом [47]. Зрештою, тест на слабку ланку може стати попереднім кроком у реабілітації для швидкого визначення їх м'язових розладів разом із визначенням методу лікування.

#### **2.4. Тренування рівноваги та сенсомоторики**

Баланс – це складний руховий навик, який формується взаємодією між різними сенсомоторними процесами, впливами навколишнього середовища та функціональними подіями. Порушення рівноваги може негативно вплинути на рух людини та/або тонус м'язів. Існують різні фактори, що визначають порушення рівноваги, включаючи, але не обмежуючись, слабкість м'язів нижніх кінцівок, плечей і спини [75].

SET є одним з найефективніших систематичних інструментів для лікування порушення рівноваги за допомогою сенсомоторного тренування [53]. Це досягається використанням замкнутого кінетичного ланцюга на нестабільній опорній поверхні для досягнення максимальної стимуляції сенсорно-моторної системи [91]. Зокрема, сенсомоторне тренування на нестабільному опорі призводить до перерозподілу м'язового тону, активації координації рівноваги та посилення сенсорного зворотного зв'язку за рахунок врівноваження як між нервовою, так і м'язовою системою.

Таким чином, баланс відновлюється за рахунок посилення зворотної реакції моторної системи, рівня спільного скорочення та стабільності суглоба [34, 44]. У зв'язку з цим різні звіти показали, що сенсомоторне тренування на нестабільній поверхні спричиняло активацію різних м'язів, що стискаються, таких як дельтовидні, трицепси та м'язи хребта. Це ефективніше та зручніше в порівнянні з традиційними вправами [73]. Цікаво, що Park, J.H. and Hwangbo повідомили, що сенсомоторне тренування на нестабільній поверхні разом із стимуляцією м'язів покращує пропріоцепцію суглобів [77]. Це пояснюється істотним впливом сенсомоторики на покращення контролю м'язів і стабільність суглобів, а також сприяння їх нормальному розвитку, відновлення відповіді [44, 66].

Іншим ефективним інструментом для забезпечення нестабільної поверхні під час SET є розгортання пінопластових килимків, нахилу дошки, швейцарських м'ячів і наповнених повітрям гумових подушок, що пояснюється їх впливом на підвищення напруги м'язів, а також активацію та покращення пропріоцепції суглобів [41]. Наприклад, Murphy et al. та його співробітники повідомили, що активність триголового м'яза за наявності нестабільної поверхні значно перевершувала як похилу поверхню, так і стабільну поверхню відповідно. Це пояснюється більшим напруженим навантаженням на м'язи при нестабільному стані поверхні, що в кінцевому підсумку знижує їх вихідну силу та активність [62].

Примітно, що SET є ефективною стратегією для багатопланового тренування рівноваги для покращення стабільності суглобів, щоб забезпечити максимальний баланс тіла, якого неможливо легко досягти за допомогою класичних методів тренування.

На додаток до вищезгаданих переваг, SET також відіграє першорядну роль у захисті від легкоатлетичних травм м'язів і суглобів разом із покращенням їхньої продуктивності. Більшість легкоатлетичних травм зазвичай є результатом зниження рівноваги тіла, яке може бути зменшено за допомогою вправ на рівновагу за допомогою SET [67, 84]. Наприклад, розтягнення зв'язок гомілковостопного суглоба та гострі травми коліна зменшилися приблизно на (50 %) і (54 %) відповідно після використання тренування на SET. Крім того, були значно покращені легкоатлетичні результати, включаючи швидкість метання, рівновагу та гнучкість тіла за допомогою SET. Найважливішим є те, що процес відновлення рівноваги для легкої атлетики за допомогою РПС – це швидка та ефективна терапія. Це пояснюється здатністю SET одночасно виконувати багатоцільові функції, включаючи відновлення балансу, посилення пропріоцепції та контроль м'язів.

## **2.5. Тренування м'язів на підвісних системах**

SET є відповідальним методом тренування м'язів, щоб забезпечити їхню здатність до вибіркового зміцнення та активації. Це в основному залежить від типу вправи на підвісних системах та відповідних опорних поверхонь. Різні попередні дослідження повідомляли про значний вплив SET на тренування м'язів [97]. Таким чином, SET може служити для досягнення максимальної активації м'язів під час виконання багатьох вправ, таких як віджимання, розгинання спини та розгинання колін. Це не тільки ефективний, але й вибірковий підхід, оскільки фізичний терапевт може не включати нормальні м'язи під час виконання вправ.

Результати дослідження [62] показали, що слінг Neuras покращує м'язову реакцію пацієнтів із БНЧС, що є важливим фактором реабілітаційної процедури. В дослідженні [98] було показано, що вправа на віджимання на слінгу призвела до більшої активації м'язів верхньої кінцівки та передніх м'язів тулуба порівняно з вправою на віджимання на землі, що пояснюється ефектом стабілізації. Примітно, що другий рівень сили м'язів дуже потрібен для виконання тренування на слінгу. Також SET не підходить при наявності гострої стадії деяких захворювань або травм (наприклад, розрив ахіллового сухожилля).

Тренування на слінгу за наявності або відсутності нестабільних поверхонь є унікальним інструментом для покращення м'язової активації та пов'язаної з ними функції [79]. Наприклад, нещодавно Lee D. et al. досліджували різницю в м'язовій активності під час положення планки на стабільній поверхні, нестабільній поверхні та на підвісному пристрої. Результати відображали високу ефективність тренування SET щодо електроміографічної активності м'язів, відносно планки на стабільній поверхні та планки на нестабільній поверхні [54].

Також процес тренування м'язів SET включає в себе вправи з відкритим і закритим кінетичним ланцюгом. Зокрема, дистальні частини не є фіксованими, а вагове навантаження відсутнє у відкритому кінетичному ланцюгу і навпаки в закритому кінетичному ланцюгу. Таким чином, виконання обох тренувань у SET призвело до спільної активації м'язів агоністів, синергістів та антагоністів, що призвело до остаточного покращення від тренування [89].

## РОЗДІЛ 3

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 3.1. Організація дослідження

Оскільки метою дослідження було дослідження ефективності застосування підвісних систем у пацієнтів підліткового віку з ідіопатичним сколіозом I ст. для організації дослідження були розроблені критерії включення та виключення.

В дослідженні приймали підлітків віком від 12 до 17 років з встановленим діагнозом «Підлітковий ідіопатичний сколіоз I ст.». та дотримувались наступних *критеріїв включення*:

- позитивний тест Адамса;
- сколіотична крива від  $10^{\circ}$  до  $25^{\circ}$ ;
- без досвіду лікування протягом останніх трьох місяців і без ортопедичних проблем, крім сколіозу;
- відсутність попереднього хірургічного втручання з приводу сколіозу;
- згода батьків на проведення реабілітації;
- бажання дотримуватись запропонованих рекомендацій.

*Критеріями виключення були:*

- неврологічні, м'язові або нервово-м'язові захворювання (наприклад, дитячий церебральний параліч, міопатія, хвороба Гійєна–Барре);
- генетичні аномалії, які впливають на ріст кінцівок, пропорційність або метаболізм (наприклад, синдром Марфана);
- пацієнти з астмою або іншими легеневиими захворюваннями, захворюваннями центральної нервової системи або операціями на хребті в анамнезі;

- розбіжність довжини ніг (справжня чи функціональна);
- наявність гострого болю.

На етапі набору кожен учасник завершив дослідження анамнезу (скарги, час виявлення деформації, спадковість, характер прогресування, попереднє лікування). Усі конкретні медичні висновки були зібрані та проаналізовані для відповідності критеріям відбору. Етап набору тривав два місяці, з вересня по жовтень 2021 року.

Наявність порушень форми тіла встановлювали за рівнем надпліч, положенням ключиць і лопаток, контурами талії, лінією остистих відростків. За їх симетрією чи асиметрією визначають наявність бокового викривлення хребта.

У всіх пацієнтів проводили тест Адамса, щоб диференціювати структуральний сколіоз від функціонального. Сколіоз вважається функціональним, якщо ознаки сколіозу стають значно менш вираженими при нахилі пацієнта або повністю зникають. При структуральному сколіозі сколіотична деформація залишається такою самою, як і в положенні стоячи. Якщо при нахилі вперед спостерігається збільшення кіфозу, також можливо, що пацієнт має хворобу Шейєрмана–Мау або вроджений кіфоз. У нормі остисті відростки хребців утворюють пряму лінію (якщо дивитись на дитину ззаду). У пацієнтів зі сколіозом можна побачити бічне викривлення хребта у фронтальній площині, а також ротацію хребців (у горизонтальній площині), що може призводити до формування реберного горба.

Коли сколіоз прогресує, остисті відростки обертаються у напрямку увігнутого боку хребта. Ребра знаходяться близько один до одного на увігнутій стороні і сильніше відстоять один від одного на опуклій стороні. Ребра слідує за поворотом тіл хребців і, таким чином, за поворотом остистих відростків. Реберний горб формується через те, що ребра на опуклій стороні виштовхуються назад, а ребра на увігнутій стороні виштовхуються вперед.

*Техніка виконання:* перед тим, як провести тест Адамса, слід перевірити, чи немає різниці в довжині нижніх кінцівок. Пацієнт нахиляється вперед (починаючи з попереку) доти, поки верхня частина тулуба буде паралельна підлозі. Ноги при цьому повинні стояти разом, коліна розігнуті, руки висять спокійно. Терапевт стоїть за пацієнтом і оглядає хребет (вздовж горизонтальної площини) на предмет аномалій (наприклад, посилений або зменшений лордоз/кіфоз) та асиметрії тулуба. Сюди відносяться різнорівневе положення плечових та кульшових суглобів, асиметрія лопаток, розташування голови не на лінії таза, реберний бугор. На рисунку 3.1 зображена методика виконання тесту Адамса.



Рисунок 3.1. Тест Адамса

### 3.2. Діагностичні підходи при проведенні дослідження

На початку дослідження всім пацієнтам було проведено загальноклінічне обстеження, яке включало в себе визначення антропометричних показників (індекс маси тіла, зріст, вага), також визначали показники рівня артеріального тиску та числа серцевих скорочень. Індекс маси тіла (ІМТ,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ) обстежуваних, ми розраховували за формулою: вага (кг) / зріст<sup>2</sup> (м).



Також всім пацієнтам, включеним в дослідження перед проведенням реабілітаційних заходів, були проведені наступні функціональні проби, тести та виміри:

### **1. Проби для встановлення рухливості різних відділів хребта:**

- **Проба підборіддя-грудина** ґрунтується на тому, що здорова людина вільно торкається підборіддям до грудини. При ураженні шийного відділу хребта залишається певна відстань між підборіддям і грудиною при максимальному нахилі голови вперед. Чим більша ця відстань, тим менша рухомість шийного відділу.

- **Проба Отта** – проводиться для встановлення рухливості грудного відділу хребта у сагітальній площині – при нахилі вперед відстань між остистими паростками хребців T1-T12 в нормі збільшується на 4–6 см.

- **Проба Шобера** проводиться для визначення рухливості поперекового відділу хребта у сагітальній площині – в нормі при нахилі тулуба вперед відстань між остистими паростками T12 і L1 хребців збільшується на 6–8 см.

- **Проба Томайєра** застосовується для оцінки загальної рухомості хребта. Визначається шляхом вимірювання в сантиметрах відстані від кінців III-х пальців витягнутих рук до підлоги при максимальному нахилі тулуба вперед. У нормі ця відстань дорівнює 0 см і збільшується при обмеженні згинання хребта.

- **Хребтовий індекс (ХІ).** Для його визначення додаються величини (у см): відстань підборіддя-яремна вирізка грудини при максимальному відхиленні голови назад, результат проб Отта, Шобера, дихальна екскурсія грудної клітки. З отриманої суми віднімають показник проби Томайєра (у см). Величина хребтового індексу в нормі складає, у середньому, 27–30 см і оцінюється в динаміці. Зниження хребтового індексу свідчить про прогресуюче обмеження рухомості хребта.

**2. Проведення сколіометрії** – вимір величини (ступеня) сколіозу (деформації хребта), а саме виявлення ротації хребців, внаслідок чого може утворюватися реберний горб. Вимірювання проводилось за допомогою спеціального приладу – сколіометра (рис. 3.2) або мобільних додатків. Сколіометр представляє собою лінійку з дуговим вирізом, на якому нанесені градуси. Сколіометр приставляють до хребта обстежуваного. Дитина нахиляється вперед, як при виконанні тесту Адамса. В дуговому вирізі сколіометра є кулька, саме вона вказує на кут нахилу площини спини відносно горизонталі, шляхом перекочування в сторону западіння і зупиняється біля відповідних градусів, які насічені на пристрої. За тим самим принципом працюють і мобільні додатки, які можна завантажити на будь який сучасний смартфон з вбудованим акселерометром, і користуватися так само як і аналоговим сколіометром, на дисплеї смартфона буде показана вся інформація. На рисунках 3.2 та 3.3 показано методику проведення сколіометрії.

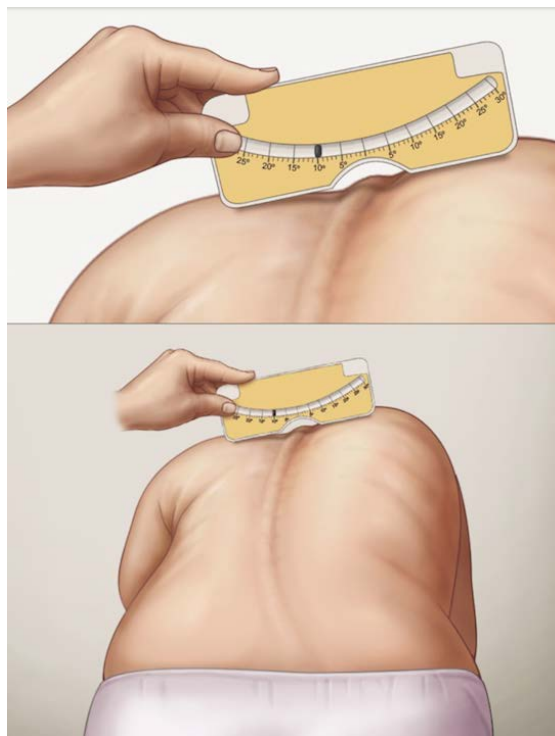


Рисунок 3.2. Проведення сколіометрії

За допомогою сколіометра вимірювали розмір викривлення. Для аналізу використовувалося найбільше значення, виміряне у пацієнта після триразової спроби на різних рівнях.

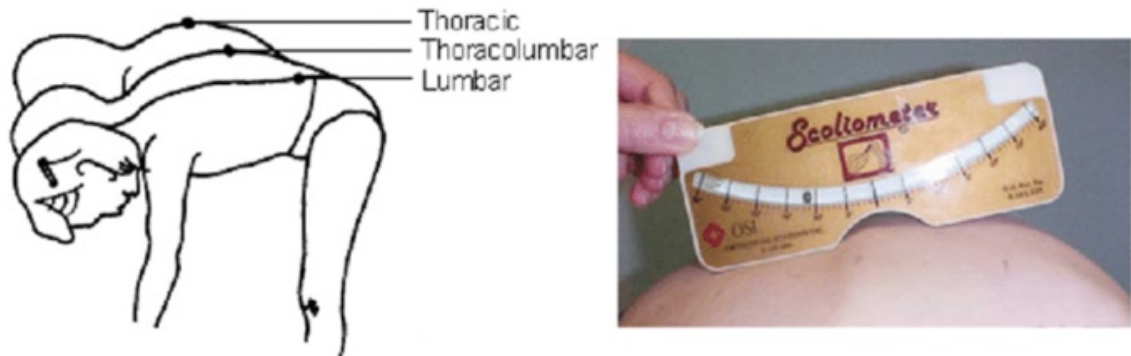


Рисунок 3.3. Положення тулуба при проведенні сколіометрії

### 3. Проба Ромберга – для виявлення порушення рівноваги.

1) Перший тест. Потрібно встати прямо, ноги разом, руки підняти вперед перед собою, пальці розчепірити, закрити очі. Потрібно зберігати рівновагу протягом 15 секунд.

2) Другий тест. Встати прямо, стопи ніг треба розмістити на одній лінії (п'ятку потрібно приставити до кінчиків пальців іншої ноги), руки підняти вперед перед собою, пальці розчепірити, закрити очі. Зберігати рівновагу 15 секунд.

3) Третій тест. Встати на одну ногу, руки тримати перед собою, пальці розчепірити, очі закрити. Стояти 15 секунд. Більш складний варіант – одночасно повертаючи головою вправо і вліво.

4) Четвертий тест. Встати в позу «ластівки» із закритими очима (на одній нозі, інша нога і тулуб – горизонтально, голова припіднята, руки розведені в сторони). Спробувати зберегти координацію і утримати рівновагу впродовж 15 секунд.

Спостерігаючи за пацієнтом, оцінювали такі характеристики виконання проби: стійкість – пацієнт стоїть впевнено або похитується, якщо з'явилося погойдування – через якийсь проміжок часу це сталося; напрямок відхилення

пацієнта при нестійкості – має значення, в який бік «падає» людина: вправо, вліво або назад; посилюється чи атаксія (похитування) при закриванні очей; відзначається чи тремор пальців, рук, ніг або тулуба, тремтіння повік. У нормі доросла людина повинна зберігати стабільну рівновагу не менше 15 секунд, однаково добре з відкритими і закритими очима, тремтіння і інших мимовільних рухів при цьому не зазначається. Для підлітків час утримання рівноваги показаний в таблиці 3.2.

*Таблиця 3.2*

**Час утримання рівноваги у підлітків залежно від віку [102]**

<b>Вік, років</b>	<b>Тривалість утримання рівноваги, секунд</b>
12	36
13	44
14	48
15	50
16	51
17	52

Оцінка результатів проби Ромберга.

- Збереження пози без тремору певного часу відповідно віку – норма;
- Поява незначних рухів під час виконання тесту – задовільно;
- Утримання позиції менше часу, який відповідає віку – незадовільно.

На рисунку 3.4 показана схема оцінювання проби Ромберга.

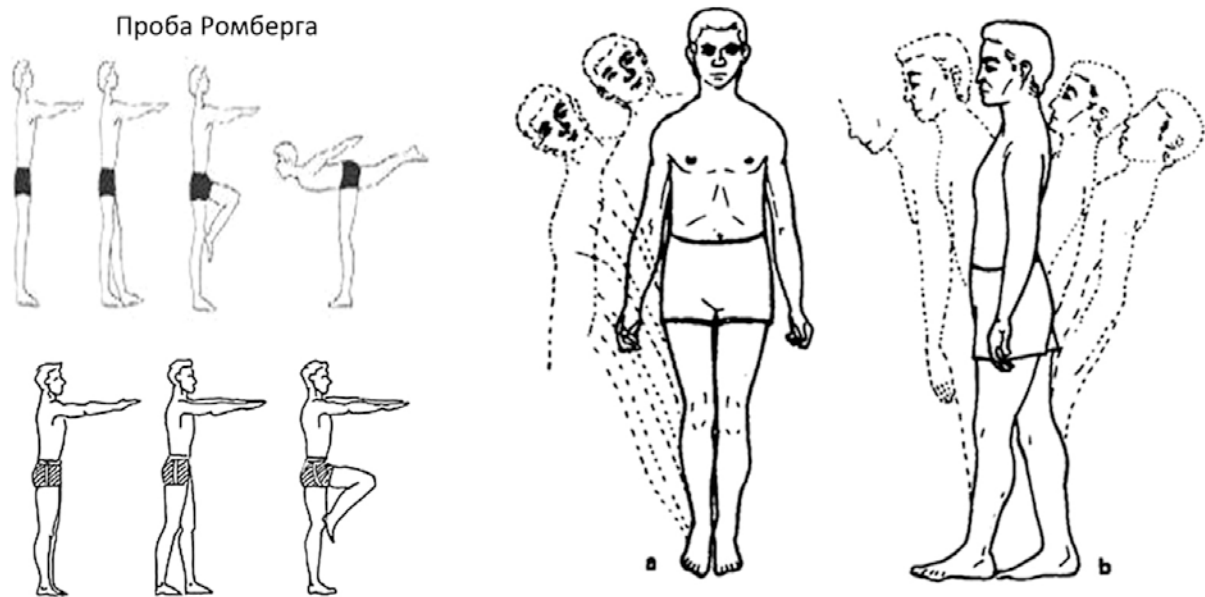


Рисунок 3.4. Проба Ромберга, а – оцінка похитування спереду;  
 б – оцінка похитування збоку

**4. Оцінка дихальних рухів грудної клітки.** Оцінку проходження дихальної хвилі проводили двома способами. Перший – огляд грудної клітки в положенні лежачи на спині. В цьому положенні по контуру реберного кута встановлювали відставання половини грудної клітки. Другий спосіб – огляд в прямому положенні спереду і позаду. Для уточнення візуального обмеження дихальних екскурсій проводили виміри сантиметровою стрічкою і ступені розширення грудної клітки.

**5. Мануальний м'язовий тест (ММТ)** проводили для оцінки підлопаткового, ромбоподібного, трапецієподібного м'язів.

*Методика проведення ММТ підлопаткового м'яза*

Положення тіла пацієнта при тестуванні: тестування можна проводити при положенні пацієнта лежачи, сидячи або стоячи. Рука зігнута в ліктьовому суглобі на  $90^\circ$ , відведена на  $90^\circ$  і повністю ротована всередину.

Стабілізація: плече потрібно притримувати за лікоть в положенні відведення на  $90^\circ$ . Ромбоподібний м'яз і середня частина середня частина

трапецієподібного м'яза, при проведенні тестування фіксують лопатку до грудної клітки.

Положення тестуючої руки: рука контактує в нижній третині передпліччя. Варто уникати контакту з самим зап'ястям.

Вектор прикладання сили: на передпліччя чинять тиск за напрямком супінації плеча.

*Примітка:* при тестуванні в положенні сидючи чи лежачи на спині, не варто дозволяти пацієнту під час тесту підіймати плече. Відсутність повної внутрішньої ротації плеча створює умови для включення м'язів синергістів.

*Методика проведення ММТ ромбоподібного м'яза*

Положення тіла пацієнта при тестуванні: пацієнт може займати лежаче, сидючи або стояче положення. Рука зігнута в ліктьовому суглобі під кутом  $140^\circ$  і приведена до бокової поверхні грудної клітки. Пацієнта просять привести лопатку до хребта, а потім підійняти лопатку.

Стабілізація: потрібно щільно підтримувати верхню частину плеча.

Положення тестуючої руки: передпліччя обхвачують трішки вище ліктя.

Вектор прикладання сили: потрібно уявити дугу обертання лопатки по поверхні грудної клітки. Силу до передпліччя, яке тестується прикладають по дотичній цієї дуги в латеральному і передньому напрямку.

*Методика проведення ММТ трапецієподібного м'яза (середня частина)*

Положення тіла пацієнта при тестуванні: тестування можна проводити в положенні лежачи на животі або стоячи. Рука повністю розігнута в ліктьовому суглобі, ротована назовні. Відведення плеча на  $90^\circ$ , повне розгинання в плечовому суглобі.

Стабілізація: тиск чинять на однойменне плече. Розміщують руку так, щоб великий палець був на лопатці – це дозволить контролювати рух лопатки під час тесту.

Положення тестуючої руки: в залежності від сили пацієнта, потрібно розмістити свою другу руку вище чи нижче ліктя руки пацієнта на стороні тесту.

Вектор прикладання сили: тиск чинять в напрямленні флекції плеча. Рука повинна рухатися в горизонтальній площині по відношенню до тіла пацієнта.

**6. Опитувальник про порушення образу тіла (Body Image Disturbance Questionnaire (BIDQ))** – це інструмент із семи запитань, за допомогою яких пацієнт самостійно оцінює порушення образу тіла. BIDQ дає всебічну оцінку того, як зовнішній вигляд, пов'язаний зі сколіозом, впливає на психосоціальне та повсякденне функціонування.

За допомогою BIDQ оцінювали у підлітків з ПС:

- 1) стурбованість частинами тіла, які вважаються непривабливими;
- 2) заклопотаність проблемою(ами);
- 3) переживання емоційного стресу через зовнішній вигляд;
- 4) порушення в соціальних, професійних або інших сферах діяльності;
- 5) втручання в соціальне життя, школу, роботу або роль;
- 6) уникнення діяльності через зовнішність;
- 7) поведінкове уникнення.

Використовуючи шкалу оцінок від 1 до 5 (з 1 = зовсім не зацікавлений, а 5 = дуже стурбований) для вимірювання кожного з цих пунктів і середньої оцінки для семи пунктів, BIDQ дозволяє проводити безперервне кількісне вимірювання.

### **3.3. Реабілітаційні методи, включені в дослідження**

Нами були застосовані наступні методи фізичної терапії:

**1. Лікувальна гімнастика** – комплекс вправ при ідіопатичному сколіозі

Застосовували наступний комплекс лікувальної гімнастики:

### Підготовка (розминка + розтяжка)

Розминка складалася з восьми хвилин ходьби на біговій доріжці. Після розминки кожен пацієнт повинен був виконати ряд вправ на розтяжку:

1. *Витягування хребта вперед:* пацієнт сидить на підлозі з прямою спиною і витягнутими ногами. Пацієнт повинен вивести тулуб вперед. Мета: Розтягнення заднього м'язового ланцюга та мобілізація хребта

2. *Верхнє перекочування:* Пацієнт лежить на спині, розкинувши руки поруч із тілом. Пацієнт повинен підняти обидві ноги, поки пальці ніг не торкнуться підлоги. Потім повільно розгортати хребет (хребець за хребцем). Мета: розтягування заднього ланцюга, мобілізація хребта та зміцнення живота.

3. *Положення:* Пацієнт сидить у положенні чотирьох опор і повинен витягнути хребет, руки притиснуті долонями до підлоги. Потім опустить хребет. Мета: Розтягнення грудного паравертебрального, поперекового та сідничного відділів та мобілізація хребта.

4. *Тяга ноги вперед:* Пацієнт сидить в чотирьох опорних положеннях. Потім піднімає праву руку і ногу, при цьому хребет залишається вирівняним. Наступна та ж вправа, але зі зміненою рукою і ногою. Мета: Розтягнення увігнутості хребта (рис. 3.5).



Рисунок 3.5. Вправа на розтягнення увігнутості хребта



Спеціальні вправи: для цих вправ використовуються фітбол. Важливо, щоб пацієнти навчилися правильно дихати під час тренування:

Рухи стегнами на великому м'ячі (діаметр 65 см). Мета: зміцнення сідничних м'язів і розвиток рівноваги.

Рухи лежачи животом на м'ячі (діаметр 55 см). Мета: зміцнення підчеревної області та сіднично-гомількової мускулатури.

Підйом в положення сидячи. Мета: зміцнення прямого м'яза живота.

Бічні рухи хребта (рис. 3.6). Мета: Розтягування бічного м'язового ланцюга відповідно до напрямку опуклості сколіозу.



Рисунок 3.6. Вправи на фітболі

Повний опис комплексу лікувальної гімнастики подано в Додатку 1.

## 2. Лікувальний масаж

Завданнями масажу були:

- Вирівнювання тяги м'язів розгиначів спини: на стороні опуклості, де м'язи розтягнуті, їх потрібно масажувати тонізуючими прийомами, а за увігнутості м'язи треба масажувати розслаблюючими прийомами – розтягувати.
- Підвищення загального тонуусу організму.

- Нормалізація функціональних можливостей серцево-судинної і дихальної систем.
- Формування і закріплення правильної постави.
- Сприяння зміцненню м'язів тулуба, вироблення м'язового корсету.

*Послідовність масажу:*

– Лежачи на животі: масажується спина. Проводиться загальне погладжування і розтирання, розминання найширших і трапецієподібних м'язів, розтираються межреберні проміжки.

– На стороні опуклості хребта: виконуються тонізуючі прийоми: швидке переривчасте погладжування; переривчасте і неглибоке розтирання (прийомами стругання), штрихування; розминання (прийомами зтрушування і розтягування; натискання, сіпання, вібраційні прийоми (постукування, легке рублення).

– На стороні увігнутості хребта виконують розслаблюючий масаж прийомами: погладжування (м'яке, безперервне, поверхнєве); розтирання (безперервне, глибоке, подушечками 4-х пальців) розминання; вібрація (ніжне, повільне потряхування вздовж хребта).

Цикл диференційованого масажу повторювати 3–4 рази. При наявності реберного горба здійснюється м'яке пружне натискання.

– Масаж попереку: погладжування; розтирання; якщо у верхній частині м'язи асиметричні, то масажується ця частина попереку диференційовано.

– Масаж сідниць проводиться тільки тонізуючими прийомами. Лежачи на боці. Хворий лежить на тому боці, де спостерігається увігнутість хребта в грудному відділі; одну руку кладе під голову, іншу ставить на кушетку, щоб триматися; верхню ногу трохи згинає.

– Масажист стоїть попереду хворого і легко розминає тканини на талії. Потім, впираючись однією рукою в таз, інший в ребра (знизу) ніби розтягує м'язи.

– Лежачи на спині. Проводиться масаж грудної клітки. Порядок масажу: загальне погладження і розтирання; розтирання міжребер'ї; розминка грудних м'язів; якщо тонус м'язів неоднаковий, то можна бачити на стороні напружених м'язів головка плечової кістки виступає вперед (м'язи вкорочені). У цьому випадку виконується диференційований масаж грудних м'язів, і натискання на виступаючу головку плечової кістки [10].

### **3. Підвісна терапія**

Застосовували вправи для стабілізації грудного відділу хребта з використанням підвісних систем Redcor, тривалість 40 хвилин, три рази на тиждень, використовуючи наступні чотири методи:

- 1) спочатку виконувалася вправа з навантаженням;
- 2) механічна вібрація вибірково застосовувалися до частин тіла за допомогою стимулятора (Redcord Stimula);
- 3) навантаження поступово збільшувалося;
- 4) лікування було скориговано таким чином, щоб не виникав больовий синдром.

Особливості виконання вправ на підвісних системах:

- Вправи виконуються в закритому кінематичному ланцюгу;
- Підвісними системами створюється нестабільна опора;
- Трьохмірне навчання (3D тренування).

При виникненні болю під час виконання вправ – заняття повинно бути припинено.

Опис вправ подано в Додатку 2.

## РОЗДІЛ 4

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДВІСНИХ СИСТЕМ ПРИ ІДІОПАТИЧНОМУ СКОЛІОЗІ

#### 4.1. Характеристика пацієнтів, включених у дослідження

Відбір пацієнтів із підлітковим ідіопатичним сколіозом (ПІС) для дослідження ефективності застосування підвісних систем в реабілітаційному комплексі проводився на базі відділення реабілітації та фізіотерапії Тернопільської районної лікарні. Було відібрано 22 пацієнти з рентгенологічно встановленим ПІС I ст. Критерії включення і виключення див. у Розділі 3.

При виконанні магістерської роботи було передбачено дотримання правил безпеки пацієнтів, збереження прав та канонів людської гідності, а також морально-етичні норми відповідно до основних положень GCP, Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1977 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964–2000 рр.) і наказом МОЗ України № 281 від 01.11.2000 р. Усі пацієнти були проінформовані про мету дослідження і дали письмову інформаційну згоду на свою участь в ньому.

Середній вік становив  $14,3 \pm 0,7$  років. Більшість пацієнтів були дівчатами – 17 (77 %).

В досліджуваних пацієнтів були виявлені наступні ознаки:

Викривлення хребта вбік у 19 пацієнтів (86 %)

Поза тіла набік у 16 (72 %)

Одне плече підняте вище іншого у 17 (77 %)

Одяг висить неправильно 8 (36 %)

Місцеві м'язові болі 5 (23 %)

Для встановлення реабілітаційного діагнозу було проведено опитування, візуальна діагностика, проби для встановлення рухливості різних відділів хребта, пробу Ромберга, вимірювання сколіометром, оцінювання дихальних рухів грудної клітки та дані опитувальник BIDQ-S.

Також перед проведенням реабілітації, були виявлені проблеми, сформульовані цілі реабілітації та визначені методи фізичної терапії. У таблиці 4.1 показаний алгоритм призначення реабілітаційних втручань.

Таблиця 4.1

#### Алгоритм призначення реабілітаційних втручань

Проблема	Ціль	Втручання
Зниження стабільності хребта	Поліпшити стабільність хребта	Вправи для стабілізації хребта
Зниження міцності м'язів	Поліпшити силу і стабільність хребта	<b>Вправи</b> для зміцнення паравертебральних, черевних, лопатково-плечових м'язів та м'язів нижніх кінцівок. Масаж паравертебральних, та лопатково-плечових м'язів
Зниження рівноваги та контролю постави	Розвиток реакцій рівноваги	<b>Вправи</b> на розвиток рівноваги <b>Терапевтичні вправи</b> на Redcord – стимулюють розвиток реакцій рівноваги
Зниження знань пацієнтів щодо сколіозу	Пацієнт і родина будуть обізнані про потенційні негативні довгострокові наслідки сколіозу (тобто біль, артритні зміни) і важливість подальшого консультування фахівця	<b>Навчання пацієнта</b> Проінформувати пацієнта та родину щодо сколіозу, потенційних негативних наслідків, відповідної фізичної активності та важливості спостереження фахівцем. Забезпечення пацієнта друкованими інструкціями

У всіх 22 пацієнтів з ПС застосовували програму реабілітації, яка складалась з масажу № 10 та лікувальної гімнастики № 10. Тривалість програми 14 днів.

Було сформовано 2 групи: контрольна (КГ), в яку входило 10 пацієнтів та експериментальна (ЕГ), в якій було 12 пацієнтів. Кардинальної різниці між групами по віку, тривалості патологічного процесу, клінічних проявів не було ( $p > 0,05$ ).

Програми реабілітації відрізнялись між групами тим, що в ЕГ додатково до запропонованого реабілітаційного комплексу застосовувались вправи на підвісній системі Redcord через день № 6.

#### **4.2. Результати застосування реабілітаційних програм при ідіопатичному сколіозі**

Пацієнти були обстежені за єдиною програмою, що включала: дані візуальної діагностики, проб для встановлення рухливості різних відділів хребта, проби Ромберга, вимірювання сколіометром, оцінювання дихальних рухів грудної клітки та дані опитувальник BIDQ-S. Дослідження проводилось в 2 етапи: перший – на початку дослідження, другий – після проведення реабілітації.

При обстеженні пацієнтів до проведення реабілітації було виявлено, що стійкість тулуба знижена через м'язові відмінності на увігнутій стороні хребта порівняно з опуклою стороною. Нестабільність тулуба призводила до проблем з рівновагою. У пацієнтів обсяг рухів в основному зменшувався у фронтальній площині тазу та плечах через ригідність хребта та тривалу двосторонню активацію м'язів.

У таблиці 4.2 показана динаміка показників рухливості різних відділів хребта після проведення реабілітаційних заходів у контрольній та експериментальній групах.

Таблиця 4.2

**Показники рухливості різних відділів хребта до та після застосування програми реабілітації**

№	Тест	КГ (n=10)		ЕГ (n=12)		P
		до реабілітації	після реабілітації	до реабілітації	після реабілітації	
1.	Проба підборіддя-грудина (см)	2,8±0,2	1,6±0,1	2,6±0,2	1,0±0,1	>0,05
2	Проба Отта	3,2±0,3	3,8±0,2	3,4±0,3	4,5±0,3	<0,05
3	Проба Шобера	3,8±0,2	4,8±0,2	3,6±0,3	4,8±0,2	<0,05
4	Проба Томайєра	4,2±0,3	2,2±0,2	4,0±0,3	0,8±0,1	<0,05
5	Хребтовий індекс (ХІ)	17,8±0,6	21,6±0,9	17,6±0,8	25,8±0,9	<0,05

При аналізі показників рухливості різних відділів хребта після застосування реабілітаційних комплексів, була відмічена різниця між групами. Достовірні зміни після проведення реабілітації були в ЕГ за даними проби Отта, Шобера, Томайєра. Показник хребтового індексу (ХІ) в КГ покращився на 21 %, в той час як в ЕГ покращився на 46 %.

За даними сколіометрії отримали наступні результати (рис. 4.1):

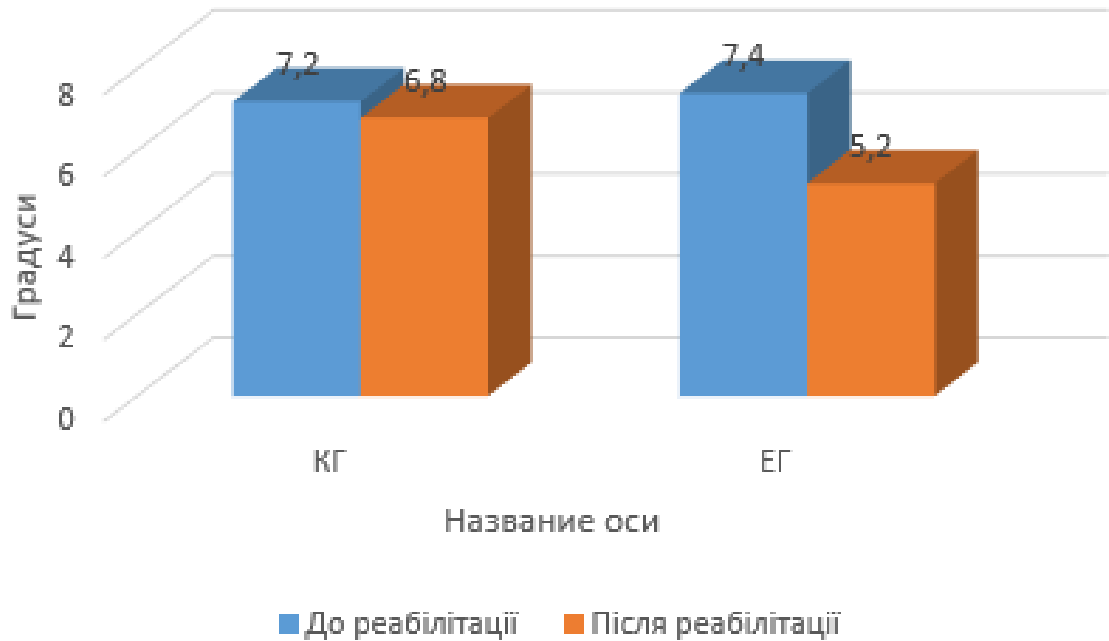


Рисунок 4.1. Дані сколіометрії

Показник сколіометрії після реабілітації в КГ покращився на 5 %, в ЕГ – на 30 %, що свідчить про те, що застосування в реабілітаційному комплексі вправ на підвісних системах достовірно зменшує кут кривизни хребта.

При оцінюванні результатів проби Ромберга до проведення реабілітації показали, що 16 пацієнтів не вклались у вікову норму щодо утримання рівноваги: 7 пацієнтів – з КГ, 9 пацієнтів – з ЕГ. Після проведення реабілітації було відмічено, що у пацієнтів КГ час утримання рівноваги не змінився, тоді як в ЕГ у 7 пацієнтів час утримання рівноваги наблизився до вікової норми.

При оцінці дихальних рухів грудної клітки отримали наступні результати (рис. 4.2):



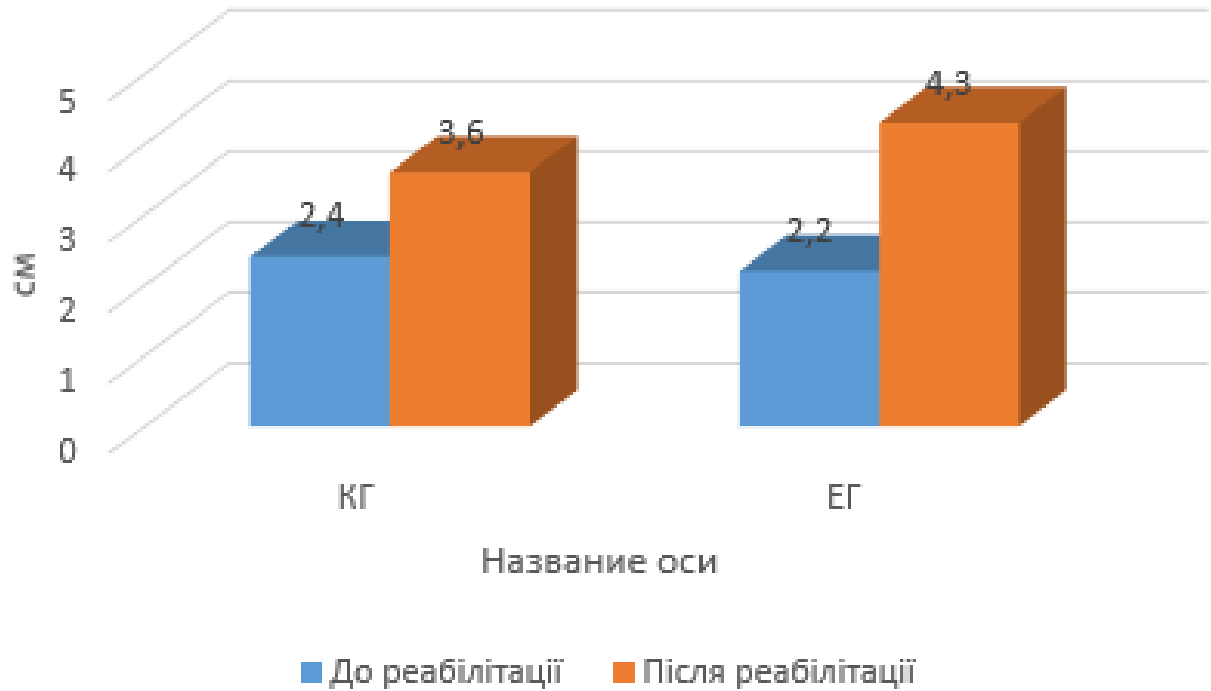


Рисунок 4.2. Ступінь розширення грудної клітки

В КГ було відмічено, що після проведення реабілітації розширення грудної клітки збільшилось на 50 % порівняно з вихідними даними, в ЕГ – на 95 %.

Після проведення ММТ ромбоподібних, підлопаткових та трапецієподібних м'язів до дослідження було виявлено, що сила м'язів була знижена переважно з двох сторін, а не тільки на стороні викривлення. В таблиці 4.2 показано зміни ММТ після проведення реабілітації.

При проведенні ММТ після дослідження отримали наступні результати: сила м'язів збільшувалась лише у пацієнтів ЕГ, особливо в підлопатковому і трапецієподібному м'язах.

Таблиця 4.2

## Динаміка ММТ

№	М'яз	КГ (n=10)		ЕГ (n=12)	
		до реабілітації ї	після реабілітації ї	до реабілітації ї	після реабілітації ї
1.	<i>Ромбоподібний м'яз</i>	5 осіб – з 2-х сторін 3 особи – з 1-ї сторони	5 осіб – з 2-х сторін 3 особи – з 1-ї сторони	6 осіб – з 2-х сторін 4 особи – з 1-ї сторони	2 особи – з 2-х сторін 2 особи – з 1-ї сторони
2	<i>Підлопатковий м'яз</i>	6 осіб – з 2-х сторін 4 особи – з 1-ї сторони	5 осіб – з 2-х сторін 3 особи – з 1-ї сторони	7 осіб – з 2-х сторін 3 особи – з 1-ї сторони	2 особи – з 2-х сторін 1 особа – з 1-ї сторони
3	<i>Трапецієподібний м'яз</i>	3 особи – з 2-х сторін 3 особи – з 1-ї сторони	2 особи – з 2-х сторін 3 особи – з 1-ї сторони	4 особи – з 2-х сторін 4 особи – з 1-ї сторони	2 особи – з 2-х сторін 2 особи – з 1-ї сторони

При застосуванні опитувальника про порушення образу тіла (Body Image Disturbance Questionnaire (BIDQ)) версії BIDQ-Scoliosis (BIDQ-S) отримали такі результати (рис. 4.3):

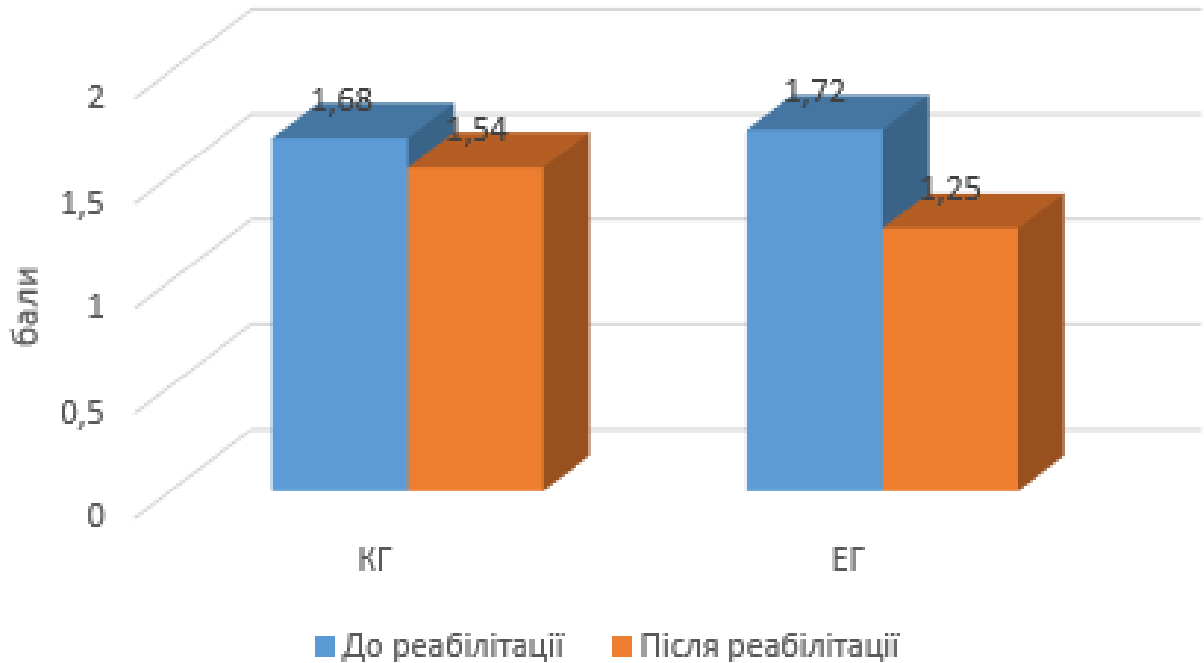


Рисунок 4.3. Дані BIDQ-S

Після реабілітації спостерігалось покращення показників BIDQ-S: в КГ – на 8 %, в ЕГ – на 27 %, що свідчить про покращення психо-емоційного стану та самооцінки.

#### **4.3. Ефективність застосування підвісних систем в реабілітаційному комплексі у пацієнтів з ідіопатичним сколіозом**

Підлітковий ідіопатичний сколіоз (ПІС) є найпоширенішим типом сколіозу, яким страждають до 3 % дітей у всьому світі. Прогресування ПІС може спричинити зміну психологічних компонентів, таких як самосприйняття тіла та самоідентичність, що негативно впливає на якість життя підлітків.

Критеріями ефективності реабілітації в нашому дослідженні були:

- покращення психо-емоційного стану;
- збільшення об'єму рухів в хребті;
- збільшення сили м'язів;

- зменшення кута кривизни хребта;
- покращення координації та рівноваги.

До і після реабілітації ми проводили опитування, візуальну діагностику, проби для встановлення рухливості різних відділів хребта, пробу Ромберга, вимірювання сколіометром, оцінювали дихальні рухи грудної клітки та застосовували опитувальник BIDQ-S.

Після проведених реабілітаційних програм переваги в ефективності реабілітації за нашими критеріями були в ЕГ, в які додатково до ЛФК та масажу призначались терапевтичні вправи Neuras за допомогою обладнання Redcord.

Використовуючи систему Neuras в реабілітаційному комплексі, нам вдалось: натренувати ослаблені м'язи, покращити координацію та збільшити м'язову силу.

Методика заснована на тривалому підтримуванні напруги та навантаження. На першому етапі проводиться перевірка, завдяки якій визначаються слабкі сторони: дисбаланс м'язів та порушення їх функціонування. Процедура тестування виявляє слабкі ланки, щоб успішно проходило подальше відновлення.

Другий етап – відновлення, у якого всю увагу концентрується на виправленні виявлених слабких сторін. В результаті підліток практично одразу відчуває покращення. Лікування включає кілька розроблених вправ. Поліпшити результати допомагають вібраційні рухи.

Вправи, що виконувалися, не супроводжувались болем і не мали побічних ефектів. На рисунку 4.4 показано обладнання Redcord, а на рисунку 4.5 методика Neuras.



Рисунок 4.4. Обладнання REDCORD



Рисунок 4.5. Методика Neurac

В результаті створення умов невагомості і надання можливості дитині рухатися самостійно, відбувається комплексний вплив на організм:

- корегується м'язовий тонус;
- тренуються координаційні навички;
- забезпечується рухливість суглобів;
- стимулюється кровообіг;
- збільшується ємність легенів.

Метод виконання вправ за методикою Neurac спрямований на активну стабілізацію хребта з наступною коактивацією системи поверхневих м'язів з метою формування кінематично правильного руху, наслідком чого є більш швидке, в порівнянні з класичними вправами, відновлення оптимального рухового стереотипу.

Вправи в закритих кінематичних ланцюгах, у яких використовується функціонально відповідне навантаження, багатосегментні рухи, засновані на стабільності тулуба, співдружній роботі м'язів агоністів та антагоністів. Ці вправи активізують велику кількість моторних одиниць, завдяки чому діють глобально на м'язову систему. Нестабільна опора дає динамічну стабільність суглобам, стимулює механорецептори і збагачує програми моторного розвитку. Тривимірне навчання поєднує рухи у всіх площинах, формуючи функціональні рухові стереотипи, покращуючи координацію, рівновагу та відчуття власного тіла.

Застосовуючи опитувальник про порушення образу тіла (Body Image Disturbance Questionnaire (BIDQ)) було відмічено, що така оцінка є першорядною для цієї групи пацієнтів, оскільки:

- 1) образ тіла має вирішальне значення під час розвитку підлітка;
- 2) порушення постави часто призводить до видимої деформації з продемонстрованим впливом на зображення тіла;
- 3) психосоціальне благополуччя є невід'ємним компонентом пов'язаної зі здоров'ям якості життя та загального здоров'я особистості.

Отже, застосування в реабілітаційному комплексі терапевтичних вправ Neuras за допомогою обладнання Redcord можна зупинити прогресування вигину хребта, підвищити функціональну здатність м'язів, покращити сприйняття образу тіла та підвищити якість життя.

## ВИСНОВКИ

1. Підлітковий ідіопатичний сколіоз (ПІС) – це аномальне викривлення хребта з кутом Кобба більше 10 градусів при вимірюванні у корональній площині. Чим більший кут Кобба, тим сильніше виражені симптоми. Аномальне викривлення хребта тягне і напружує м'язи, що призводить до того, що одні м'язи стають слабкішими, ніж інші. Підвищене навантаження на певні м'язи та зниження сили інших м'язів призводить до нестабільності тулуба, що в свою чергу впливає на здатність до рівноваги. М'язовий тонус і скутість сильно страждають у пацієнтів з ПІС, особливо на увігну́тій стороні хребта. З увігнутої сторони м'язи вкорочені, а з опуклої – подовжені. Підвищений м'язовий тонус і скутість можуть призвести до посилення болю і зменшення діапазону рухів. Тому для діагностики ПІС окрім сколіометрії потрібно проводити ММТ, тести на визначення об'єму рухів хребта та тести на координацію.

2. Система реабілітації Neurac («Neuromuscular Activation» – «Нейром'язова активація») – це вид лікувальної фізкультури, що змушує активізувати м'язи, формувати каркас з них, стабілізувати суглоби. За допомогою системи Neurac вдається: натренувати будь-яку групу м'язів, покращити координацію, збільшити м'язову силу, змусити функціонувати раніше не натреновані групи м'язів та відновити правильну біомеханіку.

3. Наше дослідження продемонструвало, що ефективність реабілітації збільшується при включенні в реабілітаційний комплекс вправ на підвісних системах (обладнання REDCORD). Було відмічено достовірне збільшення об'єму рухів в хребті, збільшення сили м'язів, зменшення кута кривизни хребта, покращення координації та рівноваги, також за даними опитувальника BIDQ покращення психо-емоційного стану та якості життя.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афанасьєва О. С. Вплив комплексної програми фізичної реабілітації на функціональний стан хребта слабочуючих дітей середнього шкільного віку з порушенням постави / О. С. Афанасьєва // Спортивний вісник Придніпров'я. – 2013. – № 1. – С. 152–155.
2. Бобко Я. Н. Нехирургическая патология позвоночника и формирование типологических особенностей детского организма / Я. Н. Бобко, В. Г. Часнык // Прикладная кинезиология. – 2003. – № 2. – С. 22–25.
3. Васильєва, Л. Ф. Мышечно-фасциальные цепи (клиника, диагностика, лечение) / Л. Ф. Васильєва, О. В. Кузнецов, А. Ю. Мочалов, 2009. – 60 с.
4. Васильєва Л. Ф. Функциональные сколиозы различного генеза, этиология, биомеханика, клиника, дифференциальная диагностика, коррекция / Л. Ф. Васильєва. – 2013. – С. 9–11.
5. Войчишин Л. Корекція і профілактика порушень постави у підлітків засобами фізичної реабілітації / Л. Войчишин // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2009. – Вип. 13, т. 3. – С. 35–39.
6. Герцик А. Ресурси системи фізичної реабілітації / фізичної терапії при порушеннях діяльності опорно-рухового апарату / А. Герцик. // Слобожанський науково-спортивний вісник. – 2016. – № 5. – С. 22–27.
7. Голка Г. Г. Постава та її порушення / Г. Г. Голка, О. А. Бур'янов, В. Г. Климовицький // Травматологія та ортопедія / Г. Г. Голка, О. А. Бур'янов, В. Г. Климовицький. – Вінниця: Нова Книга, 2014. – (Національний підручник). – С. 331.
8. Истомин А. Г., Луценко Е. В. (2016) Модифицирование спортивных подвесных систем для использования в реабилитационном процессе. *Травма*. (Т.17). 2. 6-9.

9. Коцур Н. І. порушення постави в учнів середнього шкільного віку та її корекція засобами фізичної реабілітації / Н. І. Коцур, Л. П. Товкун // Молодий вчений. – № 4. – 2019. – С. 47–52.
10. Лікувально-реабілітаційний масаж: навч. посіб. / Д. В. Вакуленко, Л. О. Вакуленко, О. В. Кутакова, Г. В. Прилуцька. – К.: ВСВ «Медицина», 2020. – 568 с.
11. Мацейко І. Про вивчення теорії міофасціальних ланцюгів при підготовці фізичних терапевтів / І. Мацейко, Д. Тиднюк, В. Бекас. // Фізична культура, спорт та здоров'я нації, 2018. – №5. – С. 397–403.
12. Настанова 01010. Сколіоз та кіфоз. <http://guidelines.moz.gov.ua/documents/2918?id=ebm01010&format=pdf>
13. Саломаха О. Є. Використання засобів фізичної реабілітації при порушенні постави / О. Є. Саломаха // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. 2017. – С. 424–428.
14. Тягур Т. Сучасні методи діагностики сколіозу // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві: зб. наукових праць. – 2014. – С. 98–104.
15. Чаклин В. Д. Сколиозы и кифозы / В. Д. Чаклин, Е. А. Абальмасова. – М. : Просвещение, 1973. – С. 8–16, 44–152.
16. Шитиков Т. А. О консервативном лечении сколиотических деформаций у детей методами мануальной медицины // Мануальная терапия. – 2003. – № 10. – С. 74–76.
17. Шумаков Е. А. Мануальная терапия нарушений осанки у детей / Е. А. Шумаков, Г. И. Шумахер // Мануальная терапия. – 2002. – № 5. – С. 34–36.
18. ANNS Scoliosis Available from:<https://www.aans.org/Patients/Neurosurgical-Conditions-and-Treatments/Scoliosis> Last accessed 18.4.2020

19. Anwer S, Alghadir A, Shaphe A, Anwar D. Effects of exercise on spinal deformities and quality of life in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *BioMed research international*. 2015;2015.
20. Atici Y, Aydin CG, Atici A, Buyukkusu MO, Arikan Y, Balioglu MB. The effect of Kinesio taping on back pain in patients with Lenke Type 1 adolescent idiopathic scoliosis: A randomized controlled trial. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2017 May;51(3):191-196. doi: 10.1016/j.aott.2017.01.002. Epub 2017 Mar 19.
21. Berdishevsky H, Lebel VA, Bettany-Saltikov J, Rigo M, Lebel A, Hennes A, Romano M, Białek M, M'hango A, Betts T, de Mauroy JC, Durmala J. Physiotherapy scoliosis-specific exercises – a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016 Aug 4;11:20.
22. Blum CL. Chiropractic and Pilates therapy for the treatment of adult scoliosis. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2002 May 1;25(4):E1-8.
23. Castelein, RM, Dieen, JH, Smit, TH. The role of dorsal shear forces in the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis—a hypothesis. *Med Hypotheses* (2005); 65: 501–508
24. Chang, W.-D., Huang, W.-S., Lee, C.-L., Lin, H.-Y. and Lai, P.-T. (2014) Effects of Open and Closed Kinetic Chains of Sling Exercise Therapy on the Muscle Activity of the Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, 1363-1366. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.26.1363>
25. Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Rev Dis Primers*. 2015;1:15030.
26. Choi, Y. and Kang, H. (2013) The Effects of Sling Exercise Using Vibration on Trunk Muscle Activities of Healthy Adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 25, 1291-1294. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.25.1291>
27. Choudhry MN, Ahmad Z, Verma R. Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Open Orthop J*. 2016;10:143-154.

28. Coillard C, Circo AB, Rivard CH. SpineCor treatment for Juvenile Idiopathic Scoliosis: SOSORT award 2010 winner. *Scoliosis*. 2010 Nov 10;
29. Deacon, P, Archer, IA, Dickson, RA. The anatomy of spinal deformity: a biomechanical analysis. *Orthopedics* (1987); 10: 897–903
30. Dickson, RA, Lawton, JD, Archer, IA, Butt, WP. The pathogenesis of idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* (1984); 66: 8–15
31. Do, T, Fras, C, Burke, S, Widmann, R, Rawlins, B, Boachie-Adjei, O. Clinical value of routine preoperative magnetic resonance imaging in adolescent idiopathic scoliosis. A prospective study of three hundred and twenty-seven patients. *J Bone Joint Surg Am* (2001); 83-A: 577–579
32. Fleming BC, Oksendahl H, Beynonn BD. Open- or closed-kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction? *Exerc Sport Sci Rev*. 2005 Jul;33(3):134-40. doi: 10.1097/00003677-200507000-00006. PMID: 16006821.
33. Elvestad, P., Ingersoll, C.D., Katch, V.L., Katch, F.I., Weltman, A. and Redcord, A. (2008) The Effects of a Worksite Neuromuscular Activation Program on Sick Leave: A Pilot Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, S434-S435.
34. Eom, M.Y., Chung, S.H. and Ko, T.S. (2013) Effects of Bridging Exercise on Different Support Surfaces on the Transverse Abdominis. *Journal of Physical Therapy Science*, 25, 1343-1346. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.25.1343>
35. Grivas, T.B. (2008). *The conservative Scoliosis treatment*. Amsterdam: Ios Press.
36. Hacquebord JH, Leopold SS. In brief: The Risser classification: a classic tool for the clinician treating adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(8):2335–2338.
37. Hefti F. Pathogenesis and biomechanics of adolescent idiopathic scoliosis (AIS). *J Child Orthop*. 2013;7(1):17-24.

38. Huang Q, Zhang L, Li Z, Kong L. Manual therapy for idiopathic scoliosis: A protocol for systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Aug 21;
39. James, J. (1976) *Scoliosis*, Churchill Livingstone, London, pg 7-11 1A
40. Janssen, MMA, Kouwenhoven, JW, Schlösser, TPC, Viergever, MA, Bartels, LW, Castelein, RM, Vincken, KL. Analysis of the preexistent vertebral rotation in the normal infantile, juvenile and adolescent spine. *Spine (2011)*; 36 (7): E486–E491 10.1097/BRS.0b013e3181f468cc
41. Jung, K.-S., Cho, H.-Y. and In, T.-S. (2016) Trunk Exercises Performed on an Unstable Surface Improve Trunk Muscle Activation, Postural Control, and Gait Speed in Patients with Stroke. *Journal of Physical Therapy Science*, 28, 940- 944. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.28.940>
42. Kaspiris A, Grivas TB, Weiss HR, Turnbull D. Surgical and conservative treatment of patients with congenital scoliosis:  $\alpha$  search for long-term results. *Scoliosis*. 2011 Dec;6(1):12.
43. Kiesel K, Rhodes T, Mueller J, Waninger A, Butler R. Development of a screening protocol to identify individuals with dysfunctional breathing. *International journal of sports physical therapy*. 2017 Oct;12(5):774.
44. Kim, J.H., Kim, Y.E., Bae, S.H. and Kim, K.Y. (2013) The Effect of the Neurac Sling Exercise on Postural Balance Adjustment and Muscular Response Patterns in Chronic Low Back Pain Patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 25, 1015-1019. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.25.1015>
45. Kim, E.-R., Oh, J.-S. and Yoo, W.-G. (2014) Effect of Vibration Frequency on Serratus Anterior Muscle Activity during Performance of the Push-Up plus with a Redcord Sling. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, 1275-1276. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.26.1275>
46. Kim MJ, Park DS. The effect of Schroth's three-dimensional exercises in combination with respiratory muscle exercise on Cobb's angle and pulmonary function in patients with idiopathic scoliosis. *Physical Therapy Rehabilitation Science*. 2017 Sep 30;6(3):113-9.

47. Kirkesola, G. (2000) Sling Exercise Therapy (S-E-T)–A Concept for Active Treatment and Training for Ailments in the Musculoskeletal Apparatus. *Fysioterapeuten*, No. 12, 9-16.
48. Kisner, C. and Colby, L.A. (2012) *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques*. F.A. Davis Company, Philadelphia.
49. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of children's orthopaedics*. 2012;7(1):3-9.
50. Kouwenhoven, JW, Castelein, RM. The pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: review of the literature. *Spine* (2008); 33 (26): 2898–2908 [10.1097/BRS.0b013e3181891751](https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181891751)
51. Kuru, Tuğba, et al. "The efficacy of three-dimensional Schroth exercises in adolescent idiopathic scoliosis: a randomised controlled clinical trial." *Clinical rehabilitation* 30.2 (2016): 181-190.
52. Lee, J.-H. and Kim, S.-Y. (2014) Comparative Effectiveness of Schroth Therapeutic Exercise versus Sling Therapeutic Exercise in Flexibility, Balance, Spine Angle and Chest Expansion in Patient with Scoliosis. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, 9, 11-23.
53. Lee, J.S. and Lee, H.G. (2014) Effects of Sling Exercise Therapy on Trunk Muscle Activation and Balance in Chronic Hemiplegic Patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, 655. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.26.655>
54. Lee, D., Park, J. and Lee, S. (2015) Effects of Bridge Exercise on Trunk Core Muscle Activity with Respect to Sling Height and Hip Joint Abduction and Adduction. *Journal of Physical Therapy Science*, 27, 1997-1999. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.27.1997>
55. Lee, S.-K. (2013) The Effects of Vibration Stimuli Applied to the Shoulder Joint on the Activity of the Muscles around the Shoulder Joint. *Journal of Physical Therapy Science*, 25, 1407-1409. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.25.1407>
56. Li, L. and Feng, Z.-Y. (2015) Clinical Observation of Treating Chronic Nonspecific Low Back Pain with Baduanjin Combining Sling Exercise

- Therapy. *Rheumatism and Arthritis*, 4, 16-19.  
<http://dx.doi.org/10.13066/kspm.2014.9.1.11>
57. Liu, H., Yao, K., Zhang, J., Li, L., Wu, T., Brox, J.I. and He, C. (2013) Sling Exercise Therapy for Chronic Low-Back Pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 9, Article No. CD010689.  
<http://dx.doi.org/10.1002/14651858.cd010689>
  58. Lotan S, Kalichman L. Manual therapy treatment for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bodyw Mov Ther*. 2019 Jan;
  59. Machida, M, Dubousset, J, Imamura, Y, Iwaya, T, Yamada, T, Kimura, J, Toriyama, S. Pathogenesis of idiopathic scoliosis. SEPs in chicken with experimentally induced scoliosis and in patients with idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop* (1994); 14: 329–335 [10.1097/01241398-199405000-00010](https://doi.org/10.1097/01241398-199405000-00010)
  60. Maeo, S., Chou, T., Yamamoto, M. and Kanehisa, H. (2014) Muscular Activities during Sling- and Ground-Based Push-Up Exercise. *BMC Research Notes*, 7, 192. <http://dx.doi.org/10.1186/1756-0500-7-192>
  61. Makino T, Kaito T, Kashii M, Iwasaki M, Yoshikawa H. Low back pain and patient-reported QOL outcomes in patients with adolescent idiopathic scoliosis without corrective surgery. *Springerplus*. 2015 Dec 1;4(1):397.
  62. Marshall, P.W. and Murphy, B.A. (2005) Core Stability Exercises on and off a Swiss Ball. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 242-249. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2004.05.004>
  63. Maruyama T, Grivas TB, Kaspiris A. Effectiveness and outcomes of brace treatment: a systematic review. *Physiotherapy theory and practice*. 2011 Jan 1;27(1):26-42.
  64. Maruyama T, Takeshita K. Surgery for idiopathic scoliosis: currently applied techniques. *Clin Med Pediatr*. 2009;3:39-44.
  65. McArdle, W.D., Katch, F.I. and Katch, V.L. (2010) *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.

66. McGill, S.M. and Karpowicz, A. (2009) Exercises for Spine Stabilization: Motion/Motor Patterns, Stability Progressions, and Clinical Technique. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90, 118-126.
67. McGuine, T.A. and Keene, J.S. (2006) The Effect of a Balance Training Program on the Risk of Ankle Sprains in High School Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 34, 1103-1111. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546505284191>
68. Morningstar MW, Woggon D, Lawrence G. Scoliosis treatment using a combination of manipulative and rehabilitative therapy: a retrospective case series. *BMC Musculoskelet Disord*. 2004 Sep 14;5:32.
69. Musculoskeletal Consumer Review (2009) Cobb angle and scoliosis, geraadpleegd op 24/11/2012, <http://www.coreconcepts.com.sg/mcr/cobb-angle-and-scoliosis/>
70. Nasb M. Sling Suspension Therapy Utilization in Musculoskeletal Rehabilitation / M. Nasb // *Open Journal of Therapy and Rehabilitation*. – 2016. – №4. – C. 99–116.
71. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, Diers H, Grivas TB, Knott P, Kotwicki T, Lebel A. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and spinal disorders*. 2018 Dec;13(1):3.
72. Nelson NL. Kinesio taping for chronic low back pain: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther*. 2016 Jul;
73. O’Sullivan, P., Dankaerts, W., Burnett, A., Straker, L., Bargon, G., Moloney, N., Perry, M. and Tsang, S. (2006) Lumbopelvic Kinematics and Trunk Muscle Activity during Sitting on Stable and Unstable Surfaces. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36, 19-25. <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2006.36.1.19>



74. Otman S, Kose N, Yakut Y. The efficacy of Schroth s 3-dimensional exercise therapy in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis in Turkey. *Saudi Med J*. 2005;26:1429–35.
75. Paillard, T. (2012) Effects of General and Local Fatigue on Postural Control: A Review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36, 162-176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.05.009>
76. Parent, S, Labelle, H, Skalli, W, Latimer, B, Guise, J. Morphometric analysis of anatomic scoliotic specimens. *Spine* (2002); 27 (21): p2305–p2311
77. Park, J.H. and Hwangbo, G. (2014) The Effect of Trunk Stabilization Exercises Using a Sling on the Balance of Patients with Hemiplegia. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, 219-221. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.26.219>
78. Park, J., Lee, S. and Hwangbo, G. (2015) The Effects of a Bridge Exercise with Vibration Training and an Unstable Base of Support on Lumbar Stabilization. *Journal of Physical Therapy Science*, 27, 63. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.27.63>
79. Petrofsky, J.S., Batt, J., Davis, N., Lohman, E., Laymon, M., De Leon, G.E., Roark, H., Tran, T.M., Ayson, E.G. and Vigeland, K.M. (2007) Core Muscle Activity during Exercise on a Mini Stability Ball Compared with Abdominal Crunches on the Floor and on a Swiss Ball. *Journal of Applied Research in Clinical and Experimental Therapeutics*, 7, 255.
80. Porter, R . Idiopathic scoliosis: the relation between the vertebral canal and the vertebral bodies. *Spine* (2000); 25: 1360–1366
81. Praveen Kumar, P.R. and Venkata, P. (2005) *Fundamental of Physiotherapy*. Jaypee Brothers Medical Publishers, New Delhi. <http://eprints.uwe.ac.uk/1003>
82. Rigo M, Reiter C, Weiss H-R. Effect of conservative management on the prevalence of surgery in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Pediatr Rehabil*. 2003;6:209–14.

83. Romano M, Negrini A, Parzini S, et al. SEAS (Scientific Exercises Approach to Scoliosis): a modern and effective evidence based approach to physiotherapeutic specific scoliosis exercises. *Scoliosis*. February 5, 2015;10:3. doi:10.1186/s13013-014-0027-2.
84. Schiftan, G.S., Ross, L.A. and Hahne, A.J. (2015) The Effectiveness of Proprioceptive Training in Preventing Ankle Sprains in Sporting Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18, 238-244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.04.005>
85. Somerville, EW . Rotational lordosis: the development of the single curve. *J Bone Joint Surg* (1952); 34-B: 421–427
86. Tan, J. (2012) Measuring the Cobb angle and scoliosis, geraadpleegd op 26/11/2012, <http://www.health-articles.co.uk/measuring-the-cobb-angle-and-scoliosis/>
87. Th eroux J, Le May S, Fortin C, Labelle H. Prevalence and management of back pain in adolescent idiopathic scoliosis patients: a retrospective study. *Pain Research and Management*. 2015;20(3):153-7.
88. Torstensen T. Redcord stimula/neurac – en effektiv behandlingsform? / T. Torstensen // *Fysioterapeuten*. – 2014. – №4. – C. 25.
89. U ar, M., Koca, I., Eroglu, M., Eroglu, S., Sarp, U., Arik, H.O. and Yetisgin, A. (2014) Evaluation of Open and Closed Kinetic Chain Exercises in Rehabilitation Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, 1875-1878. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.26.1875>
90. Veldhuizen, A, Wever, D, Webb, P. The aetiology of idiopathic scoliosis: biomechanical and neuromuscular factors. *Eur Spine J* (2000); 9 (3): p178–p184
91. Voight, M. and Cook, G. (2010) Clinical Application of Closed Kinetic Chain Exercise. *Journal of Sport Rehabilitation*, 5, 25-44.

92. Weiss HR, Moramarco MM, Borysov M, Ng SY, Lee SG, Nan X, Moramarco KA. Postural rehabilitation for adolescent idiopathic scoliosis during growth. *Asian spine journal*. 2016 Jun;10(3):570.
93. Weiss H-R, Weiss G, Petermann F. Incidence of curvature progression in idiopathic scoliosis patients treated with scoliosis in-patient rehabilitation (SIR): an age- and sex-matched controlled study. *Pediatr Rehabil*. 2003;6:23–30.
94. Wever, D, Veldhuizen, A, Klein, J, Webb, P, Nijenbanning, G, Cool, J, Horn, Jv. A biomechanical analysis of the vertebral and rib deformities in structural scoliosis. *Eur Spine J* (1999); 8 (4): p252–p260
95. White, AA, Panjabi, MM. *Clinical biomechanics of the spine*. (1990); Toronto, JB Lippincott Co. Philadelphia,
96. You, Y.-L., Su, T.-K., Liaw, L.-J., Wu, W.-L., Chu, I.-H. and Guo, L.-Y. (2015) The Effect of Six Weeks of Sling Exercise Training on Trunk Muscular Strength and Endurance for Clients with Low Back Pain. *Journal of Physical Therapy Science*, 27, 2591-2596. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.27.2591>
97. Yun, S., Kim, Y.L. and Lee, S.M. (2015) The Effect of Neurac Training in Patients with Chronic Neck Pain. *Journal of Physical Therapy Science*, 27, 1303. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.27.1303>
98. Yun, K., Lee, S. and Park, J. (2015) Effects of Closed Chain Exercises for the Lumbar Region Performed with Local Vibration Applied to an Unstable Support Surface on the Thickness and Length of the Transverse Abdominis. *Journal of Physical Therapy Science*, 27, 101-103.
99. Zapata KA, Wang-Price SS, Sucato DJ, Thompson M, Trudelle-Jackson E, Lovelace-Chandler V. Spinal stabilization exercise effectiveness for low back pain in adolescent idiopathic scoliosis: a randomized trial. *Pediatric Physical Therapy*. 2015;27(4):396-402.
100. <https://radiopaedia.org/articles/cobb-angle>
101. <https://sosort2020.com/about-sosort/>. Accessed December 8, 2019.

102. <https://ukrhistory.com.ua/poza-romberga-shho-ce-take-vestibulyarna-proba-v-pozi-romberga/>
103. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=68541>

## ДОДАТКИ

## Додаток 1

**Комплекс лікувальної гімнастики:**

1. В.П. – лежачи на спині – руки на потилицю.  
– Розведення ліктів в сторони – вдих, зведення – видих (3–4 рази).
2. В.П. – лежачи на спині.  
– Почергове згинання ніг до живота – видих, випрямлення – вдих (3–5 разів).
3. В.П. – лежачи на спині, ноги зігнуті в колінних суглобах.  
– Підведення таза, прогинаючись в грудному відділі хребта (3–4 рази).
4. В.П. – лежачи на спині.  
– Витягування однієї руки вгору, а іншої – на стороні опуклості і викривлення – в сторону – вдих, опускання – видих (4–5 разів).
5. В.П. – лежачи на животі.  
– Підведення тулуба, прагнучи прогнути грудний відділ хребта – вдих, опускання – видих (4 рази)
6. В.П. – лежачи на животі, одна рука на потилиці, інша на грудній клітці на вигнутій стороні викривлення.  
– Розгинання тулуба – вдих, повернення у в. п. – видих. (3–4 рази).
7. В. П. – лежачи на животі, руки вздовж тіла, долонями вниз.  
– Піднімання ніг (по черзі) з одночасним підведенням тулуба, спираючись на руки – вдих, повернення у в. п. – видих. (3-4 рази).
8. В.П. – лежачи на животі.  
– Відведення ноги в сторону на опуклій стороні викривлення поперекового відділу хребта і подальше повернення у в. п. Дихання довільне. (3–4 рази).
9. В. П. – лежачи на боці, на ватному ролику (сторона викривлення грудного відділу хребта)  
– Заведення рук за голову – вдих, опускання у в. п. – видих. Темп повільний (3–4 рази).

10. В.П. – стоячи на четвереньках.

– Одночасне витягування правої ноги і лівої руки – вдих, повернення у в.п. – видих; те саме іншою ногою і рукою (4–6 рухів).

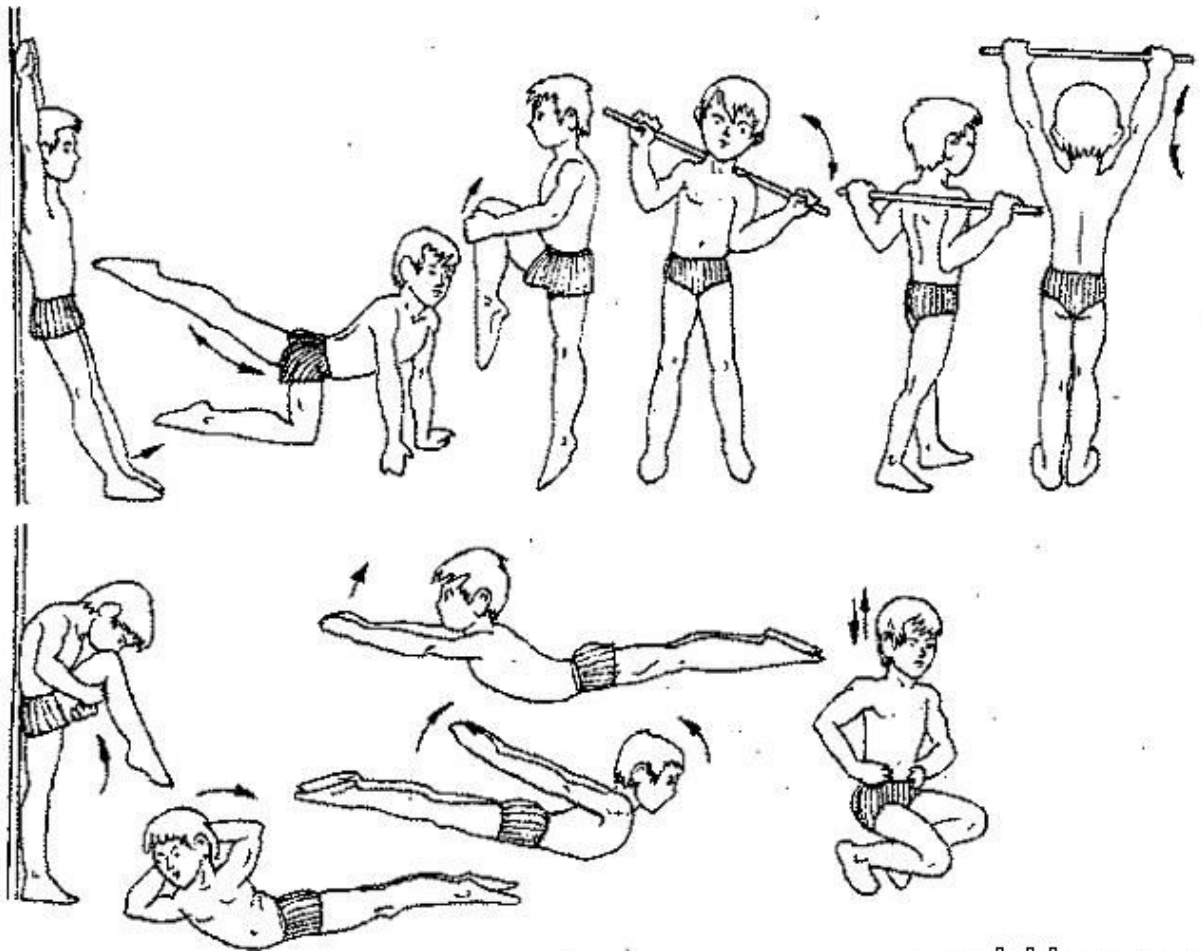
11. В.П. – стоячи на четвереньках.

– Згинання рук в ліктьових суглобах до торкання грудної клітини підлоги.

Дихання довільне (3–4 рази)

12. В.П. – лежачи на спині, руки вздовж тіла.

– Одночасне піднімання рук вгору – вдих, опускання рук – видих (3–4 рази).



### Вправа на стабільність хребта на Neurac sling

Позиція	Методи вправ
Вправа на рухливість спини	Зігніть і витягніть тулуб, підвішуючи руки в блоці підвіски і сидячи на ліжку.
Нахил вперед	Прийміть положення на колінах, покладіть слінг під руки, скоротіть глибокі м'язи і перемістіть тулуб вперед.
Віджимання пліч	Прийміть положення на колінах, покладіть слінг під обидві руки, скоротіть глибокі м'язи і посуньте тулуб вперед, виконуючи віджимання.
Супінальний міст	Повісьте обидві ноги на блок підвіски і підніміть таз. Помістіть пружну підвіску на таз, а потім підніміть таз.
Міст однієї ноги на спині	Підніміть таз, вивівши лише одну ногу на блок підвіски. Помістіть пружну підвіску на таз, а потім підніміть таз?
Відведення стегна лежачи на боці 1	У положенні лежачи на боці покладіть блок підвіски на обидві ноги і підніміть таз. Помістіть пружну підвіску на таз і підніміть її.
Відведення стегна лежачи збоку 2	У положенні лежачи на боці покладіть блок підвіски на верхню ногу та підніміть таз, утримуючи нижню ногу разом із верхньою. Помістіть пружну підвіску на таз і підніміть її.
Лежачий міст	У положенні лежачи покладіть блок підвіски на ноги і підніміть таз. Помістіть пружну підвіску на таз і підніміть її.

