

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ
УКРАЇНИ

КАФЕДРА МЕДИЧНОЇ БІОЛОГІЇ ТА СПОРТИВНОЇ ДІЄТОЛОГІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за спеціальністю: 091 Біологія та біохімія

освітньою програмою: «Фізіологія рухової активності»

на тему: «ФІЗІОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ БАЛАНСУ ТА ЙОГО КОРЕКЦІЯ ЗА
ДОПОМОГОЮ СТАБІЛОПЛАТФОРМ У ОСІБ З МАЛОРУХЛИВИМ
СПОСОБОМ ЖИТТЯ»

Здобувач вищої освіти другого
(магістерського) рівня

Собко Інна Ігорівна

Науковий керівник: Бабак С.В.,

кандидат біологічних наук, доцент

Рецензент: Цимбалюк О. В.,

д.б.н., професор к-ри молекулярної біотехнології
та біоінформатики ННІ високих технологій КНУ
імені Тараса Шевченка

Рекомендовано до захисту на засіданні кафедри
(протокол № 3 від 26.11.2025 р.)

Завідувач кафедри: Пастухова В.А.,

професор, доктор мед. наук

Київ – 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ФІЗІОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ БАЛАНСУ ТА ЙОГО КОРЕКЦІЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СТАБІЛОПЛАТФОРМ У ОСІБ З МАЛОРУХЛИВИМ СПОСОБОМ ЖИТТЯ.....	10
1.1. Теоретичні основи постурального контролю.....	10
1.2. Вплив малорухливого способу життя на опорно-руховий апарат.....	12
1.3. Роль стресу у формуванні порушень балансу та координації.....	14
1.4. Методи оцінки балансу та рухових функцій (Huber 360, ін.).....	16
1.5. Сучасні технології тренування балансу в офісній популяції.....	19
1.6. Фізіологія контролю балансу.....	22
Висновки до розділу 1.....	24
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	27
2.1. Методи дослідження	27
2.2. Організація дослідження.....	27
2.2.1. Інструментальний метод: стабілоплатформа Huber 360.....	28
2.3. Методика проведення тестування.....	30
2.4. Методи математичної обробки даних.....	31
2.5. Аналіз наукової літератури.....	31
2.6. Об'єкти та контингент дослідження.....	32
2.7. Анкетування.....	33
2.8. Функціональні тести.....	34
2.9. Методика проведення тесту BESS із подушкою Airex.....	35
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	37
3.1. Аналіз та інтерпретація отриманих даних.....	37
3.1.1. Загальна характеристика отриманих результатів.....	37
3.1.2. Аналіз показників рівноваги	40

3.1.3. Аналіз тесту Фукуда.....	41
3.1.4. Аналіз тест «Межі стабільності».....	42
3.1.5. Аналіз тест «Рухливість (Range of Mobility)».....	43
3.1.6. Ізометрична сила верхніх кінцівок.....	43
3.1.7. Координація.....	44
3.1.8. Порівняння результатів з міжнародними даними.....	45
3.1.9. Фізіологічне тлумачення порушень.....	45
3.1.10. Аналіз залежності показників рівноваги та координації від віку.....	45
3.1.11. Аналіз радар-графіка функціональних показників учасників.....	48
3.1.12. Інтерпретація результатів Тест Bess.....	51
3.2. Результати та інтерпретація динаміки після 10 тижнів тренувань	52
3.2.1. Аналіз динаміки показника «Рівновага».....	54
3.3. Фізіологічне обґрунтування покращення балансу.....	58
3.4. Психоемоційний стан і рухова активність.....	59
3.5. Вплив стресу воєнного часу на результати	60
3.6 Види стабілометричних платформ та балансирів.....	60
3.7. Методологія побудови програми фізичної терапії працівників офісу з малорухливим способом життя	61
3.8. Комплекс вправ для покращення балансу у офісних працівників.....	63
3.8.1. Наукове обґрунтування комплексу.....	63
3.8.2. Структура тренувального заняття.....	63
3.8.3. Етапи, загальна тривалість та структура заняття (45 хв).....	63
3.8.4. Комплекс вправ.....	64
3.8.5. Методичні рекомендації	68
3.8.6. Протокол профілактично-реабілітаційного тренування на стабілоплатформі Huber 360	68
Висновки до розділу 3.....	70
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	73
4.1. Рекомендації щодо профілактики порушень постурального контролю у офісних працівників.....	73

4.2. Рекомендації щодо використання стабілоплатформи Huber 360.....	73
4.3. Рекомендації до програми фізичної терапії після 10-тижневого курсу стабілотренінгу	74
4.4. Рекомендації для включення у корпоративні програми здоров'я.....	74
4.5. Рекомендації для осіб із підвищеним ризиком порушення балансу.....	75
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

BESS	- Balance Error Scoring System
COP	- центр тиску (center of pressure)
HR	- частота серцевих скорочень
IPAQ	- International Physical Activity Questionnaire
ROM	- амплітуда рухів (range of motion)
RMS	- середньоквадратичне відхилення
SOT	- Sensory Organization Test
VRI	- візуально-рефлексивний індекс (умовно для Huber 360)
OPA	- опорно-руховий апарат
$\Delta\%$	- відносна зміна показника у відсотках порівняно з початковим значенням, що використовується для оцінки динаміки функціональних змін після втручання.

ВСТУП

Актуальність. Сучасний малорухливий спосіб життя, характерний для офісних працівників, є одним із ключових факторів, що негативно впливають на функціональний стан опорно-рухового апарату та системи постурального контролю. За даними міжнародних досліджень, тривале сидіння (6-10 год щодня) істотно знижує м'язову активність, погіршує пропріоцептивну чутливість, призводить до дисфункції стопи, уповільнює корекційні реакції та підвищує ризик падінь і травм. Зниження рівня фізичної активності поєднується з високим рівнем хронічного стресу, що особливо актуально для населення України в умовах воєнного стану [13-15, 18, 19, 33, 34].

Постуральний контроль є складною сенсомоторною функцією, що забезпечує стабільність тіла у просторі. Його порушення впливають не лише на якість рухів та працездатність, але й на стан нервової системи, рівень втоми та психоемоційного напруження. Використання стабілотренінгу, зокрема сучасних платформ типу *Huber 360*, показує високу ефективність у покращенні рівноваги, сили, координації та сенсорної інтеграції. Тому вивчення ефективності стабілотренінгу у людей з сидячим способом життя є науково та практично значущим [13, 15-20].

Об'єкт дослідження. Функціональний стан постурального контролю у людей із малорухливим способом життя.

Предмет дослідження. Показники балансу, сили, рухливості та координації офісних працівників і їх зміни під впливом стабілотренінгу на платформі *Huber 360* та авторських балансувальних вправ.

Мета дослідження. Оцінити вплив 10-тижневої програми стабілотренінгу з використанням стабілоплатформи *Huber 360* та комплексом авторських вправ на показники балансу, рухливості, сили й координації офісних працівників із малорухливим способом життя.

Завдання дослідження

1. Проаналізувати сучасні наукові джерела щодо постурального контролю, впливу гіподинамії та методів його корекції, визначити оптимальний методологічний підхід [1-20, 31-38].
2. Дослідити фізіологічні механізми формування постуральної стійкості та роль сенсорної інтеграції у контролі рівноваги [10-13].
3. Виявити особливості порушень балансу та координації у офісних працівників із сидячим режимом праці [1-9, 31-34].
4. Провести первинне тестування функціональних показників (Huber 360): рівноваги, меж стабільності, координації, сили та рухливості [28-30]..
5. Реалізувати 10-тижневу програму тренування балансу з використанням стабілоплатформи Huber 360 та авторських вправ на баланс.
6. Оцінити зміни показників після втручання та визначити ефективність застосованої програми.
7. Розробити практичні рекомендації щодо профілактики постуральних порушень у людей з малорухливим способом життя.

Теоретична значущість роботи. У роботі систематизовано та узагальнено сучасні дані щодо фізіології рівноваги, сенсорної інтеграції та впливу малорухливого способу життя на постуральний контроль [10-15, 31-38]. Уперше проведено аналіз змін показників балансу офісних працівників після комплексного втручання, що поєднує апаратний стабілотренінг і вправи на нестабільних поверхнях. Теоретичні результати поглиблюють уявлення про нейропластичність, механізми пропріоцептивного відновлення та адаптацію рухових стратегій у дорослого населення [11-13, 15, 28-30].

Практична значущість роботи. На основі отриманих даних розроблено комплекс практичних рекомендацій для офісних працівників щодо профілактики порушень постурального контролю [7, 8, 31-34]. Сформовано ефективну 10-тижневу програму стабілотренінгу, яка може застосовуватися у фізичній терапії, корпоративних програмах здоров'я, спортивній реабілітації та профілактиці опорно-рухових порушень. Результати можуть бути інтегровані у практику

фізичних терапевтів та використані у подальших клінічних і прикладних дослідженнях.

Практичне значення одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні та розробці ефективних підходів до корекції порушень балансу і оптимізації постурального контролю у дорослих осіб із малорухливим способом життя на основі сучасних стабілізаційних технологій та авторських методичних рішень [28-30, 39]. Отримані дані дозволяють застосовувати результати дослідження у клінічній реабілітації, спортивній медицині, фізичній терапії, профілактиці опорно-рухових порушень і навчальному процесі.

Апробація матеріалів кваліфікаційної роботи здійснювалась шляхом участі у:

- Міжнародній науково-практичній конференції «Тенденції, проблеми та виклики сучасної фізіології, рухової активності та фізкультурно-спортивної реабілітації». Київ-Черкаси, 27-28 листопада 2024 р. та публікації тез Собко І.І., Бабак С.В. Балансири та стабілоплатформи для тренування балансу спортсменів;
- XVIII Міжнародній студентській науковій конференції «Спорт та сучасне суспільство». м. Київ, НУФВСУ, 28.03.2025. та публікації тез SMART SPORT – як профілактика наслідків гіподинамії серед молодих фахівців у сфері інформаційних технологій;
- V Міжнародній науково-практичній конференції «Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти». м. Харків, 16-17 квітня 2025 р.. та публікації тез. Собко І.І., Бабак С.В. Про сучасні технології використання жирової тканини для регенерації тканин опорно-рухового апарату;
- 3-й магістерській науковій конференції «Науково-дослідницькі компетентності спортивного дієтолога і спортивного фізіолога» кафедри медичної біології та спортивної дієтології. м. Київ, НУФВСУ, 18 листопада 2025 р. Доповідь на тему: «Вплив сидячого способу життя на функціональний стан офісних працівників та можливості корекції за допомогою стабілотренінгу на Huber 360 (Дослідження постурального контролю, балансу та пропріоцепції у контексті сучасного офісного середовища)»;

- XXI Міжнародній конференції «Актуальні проблеми спортивної медицини». 20.11. 2025. Київ. НУФВСУ. під патронатом Національної комісії України у справах ЮНЕСКО. Доповідь на тему: Використання сучасного фізіологічного методу глибокої електростатичної вібрації для відновлення скелетних м'язів спортсменів після травм»

Опубліковані статті:

1. Собко І.І., Бабак С.В. Прискорення відновлення футболістів після м'язових травм методом глибокої електростатичної вібрації (DEEP OSCILATION). Implementation of a Healthy Lifestyle Model in EU Countries and Ukraine (October 29-30, 2025. Riga, the Republic of Latvia): International scientific conference. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2025. Pp. 33-37. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-622-5-8>
2. Собко І.І. Собко І.І. Вплив сидячого способу життя на функціональний стан офісних працівників середнього віку та можливості профілактики за допомогою Huber 50. Здобутки клінічної і експериментальної медицини. 2025.№4(64).

РОЗДІЛ 1

ФІЗІОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ БАЛАНСУ ТА ЙОГО КОРЕКЦІЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СТАБІЛОПЛАТФОРМ У ОСІБ З МАЛОРУХЛИВИМ СПОСОБОМ ЖИТТЯ

1.1. Теоретичні основи постурального контролю

Постуральний контроль є однією з базових фізіологічних функцій організму, що забезпечує підтримання рівноваги, вертикальної пози та стабільності тіла під час виконання статичних і динамічних рухів. Він формується завдяки інтегрованій взаємодії сенсорних, моторних та центрально-нейрофізіологічних механізмів, які забезпечують сприйняття положення тіла у просторі, аналіз аферентної інформації та реалізацію корекційних реакцій. У сучасних наукових концепціях постуральний контроль розглядається як багаторівнева система регуляції, що охоплює роботу зорової, соматосенсорної та вестибулярної систем, а також центральних структур головного мозку [10-13].

Соматосенсорна система відіграє ключову роль у забезпеченні точності пропріоцептивних сигналів, які формуються рецепторами м'язів, сухожилів, фасцій та суглобів. Вона формує основний обсяг сенсорної інформації, що використовується системою балансу для корекції положення тіла та відновлення стійкості після зовнішніх чи внутрішніх порушень [11-12]. У нормальних умовах соматосенсорний канал забезпечує до 70% інформації, необхідної для постуральної стабільності.

Вестибулярна система забезпечує сприйняття лінійних і кутових прискорень, орієнтацію голови та тіла у просторі та активує базові рефлекторні механізми стабілізації. Волоскові клітини півколових каналів і отолітових органів трансформують механічні коливання у нервові імпульси, що надходять у стовбур мозку та беруть участь у формуванні адаптивних та корекційних реакцій [10].

Зорова система уточнює просторову орієнтацію, зменшує амплітуду коливань тіла та забезпечує додатковий сенсорний контроль у реальному часі. У людей із зниженою пропріоцептивною чутливістю (наприклад, у осіб із малорухливим способом життя) відзначається підвищена залежність від зорової інформації, що є компенсаторною реакцією при зниженні активності рецепторного апарату стопи та м'язів нижніх кінцівок [3-7].

Центральна інтеграція сенсорних сигналів здійснюється структурами головного мозку. Мозочок виступає головною ланкою, що відповідає за узгодження сенсорних потоків, формування моторних програм та адаптацію до нових постуральних умов. Порушення його функцій призводить до атаксії, збільшення коливань центру тиску (COP), порушення координації [10-12].

Стовбур мозку забезпечує реалізацію вестибулоспінальних і ретикулоспінальних рефлексів, що регулюють тонус м'язів-стабілізаторів тулуба та нижніх кінцівок. Моторна кора контролює довільні рухи й складні корекційні маневри, тоді як базальні ганглії регулюють автоматизовані рухи, амплітуду дій і швидкість реакцій. Порушення в роботі цих структур, зокрема при дофамінергічній недостатності, супроводжуються погіршенням моторного контролю, сповільненням корекційних реакцій та зниженням постуральної стабільності [40].

Постуральні корекційні реакції реалізуються через три основні стратегії, описані в моделі Nashner: **ankle strategy** - використання рухів гомілковостопного суглоба при незначних порушеннях стійкості, характерно для здорових осіб; **hip strategy** - залучення тазового сегмента, характерне при більш значній нестабільності; **step strategy** - стратегія кроку, що активується при різкому зміщенні центру мас або значному порушенні стійкості [13, 14].

У осіб із хронічною гіподинамією частіше спостерігається зміщення домінуючої стратегії від ankle до hip, що зумовлено слабкістю м'язів стопи та гомілки, порушенням пропріоцепції й збільшенням амплітуди коливань COP [3-7].

Таким чином, постуральний контроль є складною багатокомпонентною фізіологічною системою, що залежить від узгодженої роботи периферичних сенсорних рецепторів та центральних нейромоторних механізмів. Порушення на будь-якому рівні цього контуру призводять до дестабілізації пози, зростання амплітуди коливань СОР, погіршення координації та підвищення ризику падінь [10-15]. Характерні зміни у осіб із малорухливим способом життя підтверджують необхідність поглибленого вивчення цієї проблеми та її корекції сучасними стабілізаційними технологіями [1-9, 28-31].

1.2. Вплив малорухливого способу життя на опорно-руховий апарат

Малорухливий спосіб життя є одним з найбільш поширених негативних чинників, що впливають на функціональний стан опорно-рухового апарату та системи постурального контролю. За даними сучасних досліджень, тривале перебування у сидячому положенні - понад 6-8 годин щодня – призводить до комплексу структурно-функціональних змін у м'язах, фасціальних утвореннях, суглобах, сенсомоторній системі та центральних механізмах регуляції рівноваги [1-9].

Тривала іммобілізація у вигляді сидіння спричиняє ослаблення глибоких м'язів-стабілізаторів тулуба, зокрема *m. multifidus*, *m. transversus abdominis*, *m. gluteus medius*, які відповідають за стабілізацію таза й поперекового відділу хребта. Порушення їхньої функції асоціюється зі збільшенням амплітуди коливань центру тиску (Center of Pressure, COP), зниженням здатності до корекційних реакцій та погіршенням постуральної стійкості [14-18]. Одночасно відбувається компенсаторне підвищення тонусу поверхневих м'язів – *m. iliopsoas*, *m. quadratus lumborum*, довгих м'язів спини – що призводить до дисбалансу між поверхневими та глибинними м'язовими ланцюгами та формування больових синдромів [14-18, 31-38].

Значним патогенетичним чинником є також зниження пропріоцептивної чутливості. Унаслідок тривалого сидіння зменшується активність рецепторів

стопи, чутливість підошовної фасції та робота коротких м'язів стопи – ключових структур соматосенсорного контролю. Це спричиняє порушення інтеграції соматосенсорних сигналів і підвищення залежності від зорової системи, що є типовою компенсаторною реакцією у людей з гіподинамією [3-7, 31-33].

Функціональні зміни, зумовлені малорухливим способом життя, проявляються у порушенні постави та дисфункції м'язово-фасціальних ланцюгів. Тривале сидіння сприяє кіфотичній установці грудного відділу, перерозтягненню міжлопаткових м'язів, укороченню *m. iliopsoas* та глибоких згиначів стегна, що порушує баланс між м'язовими групами, змінює положення таза та формує патологічні стереотипи руху. Це знижує якість ходи, амортизаційні властивості нижніх кінцівок і ефективність рухів [14-18, 31-38].

Неврологічні зміни відіграють ключову роль у формуванні постуральних порушень. Доведено, що гіподинамія знижує активність сенсомоторної кори, погіршує проведення нервових імпульсів у пропріоцептивних шляхах та ускладнює інтеграцію сигналів від різних сенсорних систем [3, 4, 26, 27]. Зменшення нейропластичності та сенсорного «перезважування» обмежує здатність центральної нервової системи адаптуватися до змін у навантаженні [3, 4, 26, 27].

Результати власного дослідження авторки (2025), виконаного на стабілоплатформі Huber 360 та опублікованого у журналі «Здобутки клінічної і експериментальної медицини», підтвердили ці дані. У вибірці офісних працівників було виявлено:

- зниження постуральної стійкості на **35-50%**,
- збільшення коливань COP на **40-60%**,
- порушення симетрії навантаження,
- переважання hip-стратегії над ankle-стратегією [39].

Ці зміни свідчать про виражене порушення сенсомоторної інтеграції у осіб із тривалим сидячим способом життя та високий ризик розвитку координаційних дисфункцій.

Отже, малорухливий спосіб життя спричиняє низку змін у роботі опорно-рухового апарату та постуральної системи: порушення *пропріоцепції, ослаблення м'язів-стабілізаторів, структурні зміни фасцій, суглобів і м'язово-фасціальних ланцюгів, зменшення активності сенсомоторної кори* [1-9, 14-18, 26, 27, 31-39].

Ці фактори обґрунтовують необхідність цілеспрямованих корекційних втручань, зокрема стабілотренінгу на сучасних платформах, спрямованих на відновлення пропріоцепції, підвищення активності м'язів-стабілізаторів та покращення міжсистемної інтеграції.

1.3. Роль стресу у формуванні порушень балансу та координації

Стрес є одним із найвагоміших психофізіологічних чинників, що впливають на функціональний стан постуральної системи та якість сенсомоторної координації. У сучасних умовах тривалого нервово-емоційного напруження, яке особливо актуальне для населення України під час воєнного стану, негативний вплив стресу на механізми регуляції рівноваги значно посилюється. Хронічні стресові стимули активують гіпоталамо-гіпофізарно-надниркову вісь, сприяють підвищенню рівня кортизолу та змінам у центральних структурах головного мозку, що відіграють ключову роль у контролі постави та рухових реакцій [10-12, 26, 27].

Згідно з концепцією нейрофізіологічного контролю рівноваги, стабільність положення тіла забезпечується точним сенсорним «перезважуванням» (sensory reweighting), тобто здатністю центральної нервової системи змінювати пріоритетність зорових, вестибулярних та соматосенсорних сигналів відповідно до умов середовища [11, 12]. Хронічний стрес порушує роботу цього механізму, оскільки змінює чутливість рецепторних систем та погіршує якість аферентних сигналів. Унаслідок цього знижується точність сенсорної інтеграції, зростає латентність корекційних реакцій і збільшується амплітуда коливань центру тиску

(COP), що підтверджується працями з нейрофізіології постурального контролю [10-14, 26, 27].

Важливим наслідком хронічного стресу є зміни у функціонуванні мозочка – ключової структури, відповідальної за координацію рухів, корекцію постуральних реакцій та адаптацію до нестійких умов. Зниження активності мозочка призводить до погіршення моторної точності, уповільнення корекційних реакцій та зменшення ефективності стратегії контролю рівноваги на рівні гомілковостопного суглоба (ankle strategy). За таких умов зростає залучення гір-стратегії, що характеризується більшими та менш точними корекційними рухами [13, 14].

Стрес також чинить негативний вплив на соматосенсорну систему. Дані сучасних досліджень свідчать, що хронічне нервово перевантаження порушує роботу пропріоцептивних механорецепторів, підвищує інформаційний шум у нервових шляхах та знижує якість сигналів, що надходять до центральної нервової системи [26, 27]. В умовах зниженої пропріоцепції людина починає компенсаторно покладатися на зоровий аналізатор, що робить постуральний контроль менш стабільним у ситуаціях зі зменшеною або спотвореною візуальною інформацією [10-12, 26, 27].

Крім того, стрес викликає підвищення м'язового тону, особливо у паравертебральних м'язах, м'язах тазового поясу та флексорах стегна. Це спричиняє ригідність рухів, погіршення плавності моторних реакцій, зменшення ефективності міжсегментної координації та зростання ймовірності формування компенсаторних рухових патернів [14-18, 31-38].

Важливим є й нейромедіаторний аспект. У дослідженні Собко та Бабак (2025) встановлено, що дофамінергічна система відіграє ключову роль у регуляції моторного контролю, моторного навчання, формуванні рухових програм та швидкості корекційних реакцій. Хронічний стрес знижує активність дофамінергічних шляхів, що призводить до уповільнення моторних відповідей, погіршення адаптивної постуральної стабілізації та підвищення ризику дестабілізації центру мас тіла[40].

Таким чином, хронічний стрес є значущим патогенетичним чинником порушень балансу та координації. Його вплив проявляється на трьох рівнях:

1. *сенсорному* – зниження пропріоцепції та порушення сенсорного переважування;
2. *центральному* – зміни функції мозочка, моторної кори та базальних гангліїв;
3. *моторному* – підвищення м'язового тону, ригідність рухів, уповільнення корекційних реакцій [10-14, 26, 27, 40, 41].

Усе це вказує на необхідність інтеграції антистресових, стабілізаційних та балансувальних втручань у програми фізичної терапії, особливо для осіб, які перебувають у стані тривалого нервово-емоційного навантаження.

1.4. Методи оцінки балансу та рухових функцій (Huber 360, Bosu, Airex)

Оцінка постурального контролю є ключовою складовою діагностики функціонального стану опорно-рухового апарату, аналізу сенсомоторної інтеграції та визначення ефективності корекційних втручань. У сучасній науковій та клінічній практиці застосовують широкий спектр інструментальних і функціональних методів, які дозволяють оцінити стабільність, симетрію, рухові стратегії та якість взаємодії сенсорних систем. Для виконання даного дослідження обрано методи, валідність і надійність яких підтверджені міжнародними дослідженнями та публікаціями автора [19-31, 39-41].

COP-аналіз (аналіз центру тиску)

Оцінка коливань центру тиску (Center of Pressure, COP) є золотим стандартом дослідження постуральної рівноваги та широко застосовується в біомеханіці та реабілітації [26, 27, 31]. COP-вимірювання дозволяє визначати:

- площу коливань;
- лінійну та векторну траєкторію;
- амплітуду передньо-задніх і латеральних зміщень;
- швидкість руху центру тиску;

- симетрію опори та навантаження.

За даними Alqahtani та співавт. (2020), інструментовані COP-показники мають високу відтворюваність у різних вікових групах та є надійним інструментом оцінки постуральної стабільності у клінічних умовах [27]. Alsubaie та співавт. (2019) підтверджують їхню високу чутливість до змін у сенсорних системах та м'язовому контролі [26]. У монографії Кашуби та Попадюхи (2018) підкреслено, що COP-метрики дозволяють виявляти найменші зсуви координаційних структур і є незамінними для оцінки просторової організації тіла [31].

Тест Ромберга

Тест Ромберга є класичним методом оцінки залежності від зорової інформації під час забезпечення вертикальної стійкості та використовується у нейрофізіологічній діагностиці понад 150 років [10-12]. Його застосування дозволяє визначити:

- здатність до сенсорного перезважування (sensory reweighting);
- залежність від зорової або соматосенсорної системи;
- ознаки порушення інтеграції пропріоцепції.

За даними Horak (2006), тест Ромберга відображає базові механізми сенсомоторної регуляції та дозволяє ідентифікувати порушення вестибулоспінальних і соматосенсорних шляхів [10]. Peterka (2018) наголошує, що тест відображає здатність центральної нервової системи адаптувати вагу сенсорних сигналів у різних умовах [10-12].

BESS (Balance Error Scoring System)

BESS є одним із найбільш валідних функціональних тестів для оцінки постуральної стійкості, широко використовуваним у спортивній медицині та реабілітації [19–25]. Тест включає 3 позиції (дві ноги, напівстійка, однієї ноги) на стабільній та нестабільній поверхні, оцінюючи кількість постуральних помилок.

- Bell et al. (2011) довели, що BESS є цінним інструментом для клінічної оцінки стабільності серед спортсменів та пацієнтів після травм [20].
- Hansen et al. (2017) підтвердили високу надійність тесту у дітей [22].

- Leungbootnak et al. (2024) показали валідність тесту в популяції пацієнтів із хронічним болем у шийі [23].
- King et al. (2014) довели, що інструментований BESS значно підвищує точність діагностики [24].
- Schönberg et al. (2024) підкреслили клінічну значущість тесту у дітей із легкими черепно-мозковими травмами [25].

Авторський досвід

Упродовж багатьох років роботи авторка застосовує тест BESS у спортивній реабілітації, роботі з тенісистами, боксерами, футболістами, хореографами й пацієнтами після травм. Досвід підтверджує чутливість тесту до мінімальних змін постуральної стабільності, особливо при оцінці ефективності корекційних програм.

Стабілометрична платформа Huber 360

Стабілоплатформа Huber 360 є високотехнологічною системою для оцінки та тренування балансу з багатовекторним механічним впливом і біологічним зворотним зв'язком у реальному часі. Платформа дозволяє:

- визначати траєкторію руху COP;
- оцінювати симетрію навантаження;
- вимірювати силу та напрям компенсаційних зусиль;
- аналізувати мобільність, координацію та силу м'язів-стабілізаторів;
- виконувати тест Huber 360 Balance Score[28-31].

У монографії В.О. Кашуби та Ю.А. Попадюхи (2018) зазначено: «Сучасні стабілоплатформи з динамічною основою, такі як Huber 360, забезпечують можливість комплексної оцінки просторової організації тіла, дозволяють реєструвати детальні показники балансу і є ефективними засобами корекції постуральних порушень» [31] (Кашуба, Попадюха, 2018).

Платформа Huber 360 рекомендована у дослідженнях для оцінки стабільності та нейром'язової взаємодії при хронічному болю в попереку [28-31], а також використовується у спорті для підвищення координації та симетрії рухів [28-31].

Авторка активно використовує Huber 360 у практиці понад 10 років, комбінуючи її з авторськими програмами стабілотренінгу[28-31, 39].

Оцінка балансу на нестабільних поверхнях (Airex, Bosu)

Нестабільні поверхні є класичними засобами для оцінки й тренування пропріоцепції та глибокої стабілізації. Дослідження Paillard (2017) доводить, що нестабільні платформи активують кортикальні центри та мозочок, підвищуючи нейропластичність [13].

Подушки **Airex** та півсфера **Bosu** застосовуються для:

- визначення ефективності стратегії ankle;
- оцінки компенсацій м'язів тулуба;
- дослідження якості взаємодії стопи та кульшового суглоба[13, 14, 31-33].

У практиці авторки нестабільні поверхні регулярно використовуються у роботі зі спортсменами та офісними працівниками, дозволяючи оцінити вплив гіподинамії на пропріоцептивний контроль.

Методи оцінки балансу, застосовані у даному дослідженні, відповідають міжнародним стандартам, мають високу валідність і надійність. Інтеграція COP-аналізу, тесту Ромберга, BESS, даних стабілометрії Huber 360 та оцінки на нестабільних поверхнях дозволяє комплексно вивчити функціональний стан постуральної системи у осіб з малорухливим способом життя[19-31, 39].

1.5. Сучасні технології тренування балансу в офісній популяції

Сучасні технології тренування балансу відіграють ключову роль у профілактиці та корекції порушень постурального контролю серед осіб із малорухливим способом життя, зокрема офісних працівників, які проводять значну частину робочого дня у статичному сидячому положенні. Тривала гіподинамія зумовлює зниження пропріоцептивної чутливості, пригнічення активності глибоких м'язів-стабілізаторів, порушення міжсегментарної координації, збільшення амплітуди коливань центру тиску та розвиток компенсаторних моторних стратегій [1, 8, 14-18, 31-33]. У цьому контексті

застосування сучасних стабілізаційних технологій є ефективним інструментом відновлення сенсомоторних функцій та підвищення адаптивності постуральної системи [1, 8, 14].

Одним із найбільш ефективних апаратних засобів, що застосовуються у тренуванні балансу, є стабілоплатформа **Huber 360**, яка поєднує динамічну опорну поверхню, датчики сили та інтерактивний біологічний зворотний зв'язок у режимі реального часу. Платформа забезпечує можливість виконання вправ із контрольованим навантаженням, регульованою швидкістю руху та змінною траєкторією платформи, активуючи пропріоцептивні рецептори стопи, гомілковостопного суглоба, м'язово-фасціальні ланцюги та глибокі стабілізатори тулуба. За даними Tantot та співавт. (2022) та Vincent та співавт. (2023), тренування на Huber 360 сприяють зниженню амплітуди коливань COP, збільшенню стабільності тіла та покращенню функціональної координації в осіб із хронічним болем у попереку [28-30].

Вагоме місце у сучасних технологіях тренування рівноваги займають інші динамічні стабілізаційні платформи, зокрема комплекси **Rebalance 3000** (рис. 1.1.) та системи фірми **Bertec** (рис. 1.2.), які дозволяють моделювати різні сенсорні умови, змінювати параметри руху опорної поверхні та проводити біомеханічний аналіз рухових реакцій[31-33]. Такі платформи використовуються для тренування координації та пропріоцепції в осіб із нейром'язовими порушеннями, спортсменів та людей, які відновлюються після травм.



Рис 1.1. Rebalance 3000



Рис. 1.2. Bertec

Важливу роль у тренуванні балансу відіграють вправи на *нестабільних поверхнях*, таких як *Airex* та *BOSU*. Використання амортизуючих та нестабільних платформ забезпечує активацію глибоких м'язів, формує адекватні постуральні реакції та сприяє сенсорному переважуванню, що особливо актуально для осіб із тривалою гіподинамією, у яких відбувається пригнічення соматосенсорних механізмів. За даними Paillard (2017), вправи на нестабільних поверхнях підсилюють активацію мозочка та кортикальних центрів, що сприяє розвитку нейропластичності та покращенню моторної адаптації [13-14].

У реабілітації та спортивній практиці ефективність тренування балансу значною мірою визначається багатокomпонентністю програм. Згідно з метааналізом Lesinski та співавт. (2015), програми тренування рівноваги, що поєднують нестабільні поверхні, сенсомоторні вправи, вправи із закритими очима та біологічний зворотний зв'язок, демонструють найбільше покращення балансових і координаційних показників у молодих та дорослих осіб [15,16,18].

У власній практиці авторка поєднує тренування на стабілоплатформі Huber 360 з функціональними вправами, тестами BESS, сенсомоторними вправами та протоколами активації стопи та глибоких м'язів. Багаторічний (понад 25 років) досвід роботи у спортивній і клінічній реабілітації свідчить, що комплексний підхід, який включає апаратні технології та вправи на нестабільних поверхнях,

значно покращує координацію, відновлює симетрію рухів, зменшує амплітуду коливань COP і підвищує загальну функціональність рухової системи[31-39].

Отже, сучасні технології тренування балансу є ефективним інструментом профілактики та корекції рухових порушень серед офісної популяції та осіб із малорухливим способом життя. Інтеграція апаратних платформ, нестабільних поверхонь і сенсомоторних вправ забезпечує багатовимірний вплив на опорно-рухову та нервову системи, сприяє нейропластичним змінам і покращує загальний рівень постурального контролю, що має важливе значення для профілактики травм, корекції постави та підвищення якості життя [13-18, 28-30, 31-39].

1.6. Фізіологія контролю балансу при малорухливому способі життя

Контроль балансу - це результат інтеграції *трьох сенсорних систем* (зорової, вестибулярної, соматосенсорної) та роботи центральних моторних структур (мозочка, стовбура мозку, кори). У людей з малорухливим способом життя ці фізіологічні механізми зазнають системних змін, що знижує здатність тіла підтримувати рівновагу [10-13, 31-33].

Порушення пропріоцепції – основна ланка патології

При тривалому сидінні: знижується активність механорецепторів стопи, гомілки та глибоких м'язів, погіршується якість аферентної інформації про положення тіла в просторі, мозок отримує «нечіткі» або уповільнені пропріоцептивні сигнали.

Це призводить до:

- збільшення коливань центру тиску (COP),
- підвищеної залежності від зору,
- уповільнення корекційних реакцій[3-7, 26, 27, 31-33].

Ослаблення м'язів-стабілізаторів тулуба та таза

Тривале сидіння викликає:

- гальмування m. gluteus medius і глибоких м'язів-хребта,

- укорочення m. iliopsoas та m. rectus femoris,
- дисбаланс м'язових ланцюгів (антеріальна домінантність).

Внаслідок цього тіло втрачає здатність: оптимально розподіляти навантаження, стабілізувати таз і попереки, ефективно використовувати ankle та hip-стратегії постурального контролю [14-18, 31-38].

Порушення вертикальної біомеханіки і роботи стопи

Сидіння призводить до зниження тонусу коротких м'язів стопи, що означає: втрата стабільності опорної поверхні.

Це зумовлює:

- пронаційний зсув стопи,
- затримку реакції на зміну опори,
- більшу латеральну нестабільність,
- ризик падіння [3-7, 31-33].

Нейропластичні зміни та “розбалансування” сенсорних ваг

Малорухливість змінює механізм *sensory reweighting* – процес, коли мозок розподіляє значення між зоровими, пропріоцептивними та вестибулярними сигналами.

При гіподинамії:

- зорове домінування зростає,
- соматосенсорна інформація недооцінюється,
- вестибулярна система працює менш ефективно [11, 12, 26, 27].

Це робить рівновагу нестабільною при закритих очах або нестандартних умовах.

Психоемоційні чинники: стрес блокує моторні програми

Стрес призводить до підвищення кортизолу, що має вплив на мозочок, базальні ганглії та моторну кору.

Результат:

- зниження швидкості реакцій,
- невпевненість рухів,
- погіршення координації,

- втрата точності контролю положення тіла [10-12, 26, 27, 40].

У воєнних умовах цей фактор стає критичним.

Зменшення рухової амплітуди та ригідність фасцій

Фасціальні лінії при сидінні зазнають: зневоднення, втрати еластичності, укорочення (особливо передньої та латеральної ліній). Це зменшує амплітуду рухів і погіршує:

- роботу меж стабільності,
- функціональні нахили,
- здатність до адаптації [31-38].

Фізіологія контролю балансу при малорухливому способі життя полягає у системному порушенні сенсомоторної інтеграції, ослабленні м'язово-фасціальних ланцюгів, зменшенні пропріоцептивної чутливості та впливі хронічного стресу на механізми рухового контролю [1-9, 10-15, 26, 27, 31-39].

Саме тому стабілотренінг (Huber 360, Airex, BOSU) має виражений корекційний ефект, сприяючи відновленню пропріоцепції, активації м'язів-стабілізаторів і нормалізації постуральних стратегій [13-18, 28-30, 39].

Висновки до розділу 1

У результаті теоретичного аналізу встановлено, що система постурального контролю є складною багаторівневою сенсомоторною структурою, яка забезпечує підтримання рівноваги завдяки узгодженій взаємодії зорової, вестибулярної та соматосенсорної систем, а також центральних механізмів регуляції руху [10-13]. Підтримання стабільності тіла залежить від ефективності сенсорної інтеграції та компенсаторних реакцій, що формують адаптивні моторні стратегії [11, 12, 14].

Малорухливий спосіб життя, характерний для сучасної офісної популяції, чинить виражений негативний вплив на структури та функції опорно-рухового апарату. Тривале сидіння асоціюється зі зниженням пропріоцептивної чутливості, слабкістю м'язів-стабілізаторів, порушенням біомеханіки стопи та розвитком міофасціальних дисфункцій [1-9, 14-18, 31-38]. Це підтверджено

численними систематичними оглядами, які демонструють, що сидяча поведінка підвищує ризик постуральної нестабільності та падінь [3, 4].

Важливою детермінантою функціонального стану постуральної системи є хронічний психоемоційний стрес. Підвищення рівня кортизолу та активація гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи спричиняють порушення роботи мозочка, зниження швидкості сенсомоторної корекції та зменшення точності рухових реакцій. Крім того, стрес значною мірою впливає на дофамінергічні механізми регуляції руху, що було проаналізовано в публікаціях [10-12, 26, 27], де доведено роль дофаміну у формуванні постуральних стратегій [10-12, 26, 27].

Аналіз методів оцінки балансу вказує на наукову обґрунтованість використання інструментальних тестів, таких як COP-аналіз, BESS, Фукуда, Ромберга, а також апаратні платформи, зокрема **Huber 360**, що забезпечують об'єктивну кількісну оцінку постуральних параметрів [19-30]. Валідність і надійність цих тестів підтверджена клінічними та спортивними дослідженнями [20-27, 28-30].

Окрему групу доказів становлять дослідження ефективності сучасних технологій тренування балансу, включно зі стабілоплатформами Huber 360, нестабільними поверхнями (Airex, BOSU) та вестибулярними тренажерами. Метааналізи засвідчують дозозалежний ефект тренувань на показники стабільності та зменшення коливань центру тиску в різних вікових і функціональних групах [13-18]. Використання інтерактивного біологічного зворотного зв'язку показало здатність формувати нові сенсомоторні стратегії та підвищувати ефективність моторного навчання [15, 17].

Практичний досвід авторки, підтверджений публікацією власного дослідження впливу у сидячого способу життя на функціональний стан офісних працівників [39], засвідчив наявність типових дисфункцій балансу, зниження рухливості, меж стабільності та координації, що узгоджується з результатами міжнародних наукових праць.

Постуральний контроль є інтегрованою сенсомоторною системою, що забезпечує стабільність тіла в умовах різної складності та опору зовнішнім чинникам [10-12].

Малорухливий спосіб життя сприяє розвитку постуральних порушень і зниженню функціонального потенціалу опорно-рухового апарату, що підтверджено численними оглядами й епідеміологічними дослідженнями [1-9].

Хронічний стрес, особливо в умовах воєнного часу, чинить суттєвий негативний вплив на нейрофізіологічні механізми контролю руху та підвищує ризик порушення рівноваги.

Інструментальні методи, зокрема BESS, Fukuda, COP-аналіз і тестування на платформі Huber 360, є надійними, валідними та рекомендованими для застосування у дослідженнях балансу.

Сучасні технології стабілотренінгу ефективно покращують пропріоцепцію, силу, координацію та межі стабільності, а також зменшують ризик падінь у різних популяціях.

Практичний досвід підтверджує значення персоналізованих програм стабілізаційного тренування та доводить їх високу ефективність у корекції постуральних порушень у осіб із малорухливим способом життя [1-9, 28-31].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Методи дослідження

У дослідженні застосовано комплекс інструментальних та функціональних методів оцінки постурального контролю, силових та координаційних можливостей, а також аналізу динамічних характеристик рухів.

Методологія дослідження ґрунтується на рекомендаціях сучасної стабілометрії, сенсомоторної діагностики та фізичної терапії [11-14, 20, 27-30, 34-37, 50-52, 56].

2.2. Організація дослідження

Дослідження проводилося у 2025 році на базі клініки *AurumFitnessClinic* (м. Київ, вул. Антоновича, 131). Участь взяли 10 добровольців (5 чоловіків та 5 жінок) віком 22-45 років, які працюють в офісних умовах не менше 8 годин на добу протягом останніх трьох років [2-6, 41,43]. Усі учасники підписали інформовану згоду на участь у дослідженні; конфіденційність даних була забезпечена відповідно до етичних норм, що узгоджується з рекомендаціями міжнародних організацій щодо досліджень у сфері здоров'я [1].

Критерії включення:.

- вік 22-45 років;
- сидячий режим роботи ≥ 8 годин на добу;
- відсутність гострих травм та захворювань опорно-рухового апарату;
- відсутність тяжких неврологічних порушень;
- добровільна згода [2-6,8-10,41].

Критерії виключення:

- загострення хронічних захворювань;
- виражений больовий синдром;

- вестибулярні або серцево-судинні протипоказання;
- реконструктивні операції < 6 місяців.

У процесі дослідження було проведено два етапи:

1. первинна діагностика функціонального стану;
2. повторне тестування після 10-тижневої програми стабілотренінгу, що включала заняття на Huber 360 та вправи на нестабільних поверхнях за авторською методикою [17-19, 31-33, 34-37].

2.2.1. Інструментальний метод: стабілоплатформа Huber 360

Стабілоплатформа **Huber 360 (LPG Systems, France)** дозволяє проводити кількісну оцінку постурального контролю, рухливості, сили та координації, використовуючи багатовимірний біологічний зворотний зв'язок. Ефективність застосування Huber 360 у клінічній та реабілітаційній практиці підтверджена низкою досліджень [31-33], а її можливості щодо аналізу просторової організації тіла – у працях українських авторів [34-37], (рис 2.1.).



Рис. 2.1. Huber 360

Дослідження виконано на стабілоплатформі сучасному інструменті для оцінки СОР, симетрії, координації, меж стабільності та сенсомоторної інтеграції [27, 28, 31-33, 34, 50, 56].

Перелік застосованих тестів:

1. *Balance Test (тест рівноваги)*

Мета – оцінка стабільності центру тиску, точності утримання позиції та контролю перенесення ваги.

Показники:

- % стабільності;
- амплітуда коливань;
- час утримання в зоні [27, 28, 31-33, 50].

2. *Fukuda Stepping Test (Фукуда)*

Мета – визначення ступеня ротаційної асиметрії та ефективності сегментарної стабілізації.

Показник:

- кут відхилення (°).

Зменшення значення трактується як покращення контролю тулуба [20, 52].

3. *Limits of Stability (межі стабільності)*

Мета – аналіз можливості зміщення центру тиску у 8 напрямках.

Показники:

- амплітуда переміщення (% від еталону);
- симетрія навантаження [27, 28, 34-37, 50, 57].

4. *Range of Mobility (рухливість)*

Мета – оцінка амплітуди функціональних рухів у багатоплощинних сегментах.

Показники:

- амплітуда в 8 напрямках (%);
- наявність дискомфорту [31-33, 34-37].

5. *Strength Test (ізометрична сила)*

Мета – оцінка сили верхніх кінцівок у фіксованій траєкторії.

Показник:

- ізометричне зусилля (% від норми) [15, 16, 47].

6. *Coordination Test (координація)*

Мета – визначення якості одночасних рухів рук і ніг у змінних умовах.

Показники:

- точність (%);
- кількість помилок;
- загальний координаційний бал [20, 52, 58].

Використані методики відповідають сучасним підходам до сенсомоторної діагностики та оцінки балансу [11-14, 20-22, 27-30, 34-37, 50-52, 56-58].

2.3. Методика проведення тестування

1. Учасники тестувалися босоніж.
2. Руки фіксувалися на динамічних рукоятках платформи.
3. Проводився автоматичний підбір налаштувань під зріст та антропометрію.
4. Кожен тест виконували один раз у стандартних умовах [31-33].
5. Після проведення всіх тестів система формувала автоматичний цифровий протокол.

Тестування повторювали після 10-тижневої програми стабілотренінгу - 3 тренування на тиждень, тривалість 25-40 хвилин [16-18, 57, 58].

Дослідження проведено у чотири етапи:

1. **Підготовчий** – інформована згода, анкетування, первинний збір анамнестичних даних [1, 2-6, 41].
2. **Діагностичний** – тестування на Huber 360 з використанням описаних вище тестів [27, 28, 31-33] (рис. 2.2.).
3. **Аналітичний** – статистична обробка даних, оцінка $\Delta\%$ покращення [28, 35, 50, 56].
4. **Інтерпретація** – формування індивідуальних профілів постуральних порушень та слабких ланок опорно-рухового апарату [34-37, 50-52].

Методика відповідає вимогам до біомеханічних та постурографічних досліджень, наведених у працях з просторової організації тіла та постурального контролю [34-37, 39, 40, 50-52].



Рис. 2.2. Проведення тестування. Проводить Інна Собко.

Місце AurumFitnesClinic

2.4. Методи математичної обробки даних

Для обробки результатів застосовували:

- обчислення середніх значень (M);
- стандартне відхилення (SD);
- порівняння показників до та після втручання;
- розрахунок індивідуального $\Delta\%$ покращення:

$$\Delta\% = \frac{(\text{Після} - \text{До})}{\text{До}} \times 100\%$$

- побудова графіків: гістограм, лінійних трендів, радар-діаграм;
- аналіз вікових та індивідуальних відмінностей;
- визначення функціональних домінант та слабких ланок постуральної системи [28,35,36,50,56].

Обробка проводилася в середовищі *Google Colab* з використанням мови програмування Python та бібліотек *Pandas* і *Matplotlib* [35, 50, 56].

2.5 Аналіз наукової літератури

Для теоретичного обґрунтування дослідження було проведено аналіз наукової літератури з використанням баз даних PubMed, ScienceDirect, Google

Scholar, ResearchGate, а також відкритих ресурсів BOO3 і NCBI [1-7, 11-14, 20-21, 27-30, 31-33, 34-41, 43, 45, 50-52, 56-58].

Загалом опрацьовано понад 50 наукових джерел, серед них:

- I. дослідження впливу сидячого способу життя та офісної праці на функціональний стан ОРА та ризик падінь [2-10, 41, 43, 45];
- II. роботи з нейрофізіології постурального контролю, сенсорної інтеграції та сенсорного «перезважування» [11-14, 20, 27-30, 50-52, 56];
- III. праці, присвячені ефективності баланс-тренувань, дозозалежним ефектам і віковим особливостям [15-19, 47, 57, 58];
- IV. публікації, що обґрунтовують валідність і надійність BESS, Romberg, COP-метрик та інструментованих тестів [20-30];
- V. дослідження, присвячені застосуванню стабілоплатформи Huber 360 у пацієнтів з хронічним болем у попереку та для корекції постуральних порушень [31-33];
- VI. українські фундаментальні праці з біомеханіки просторової організації тіла та постурального контролю [34-40];
- VII. власні публікації авторки, що стосуються впливу сидячого способу життя на офісних працівників та його ролі в регуляції балансу тіла, що забезпечило безперервність і наступність наукового пошуку [41].

2.6. Об'єкти та контингент дослідження

Об'єктом дослідження є функціональний стан постуральної системи дорослих осіб з малорухливим (офісним) способом життя, що формується під впливом тривалої статичної роботи, зниження фізичної активності та збільшення частки сидячої поведінки [1-7, 8-10, 41, 43].

У дослідженні взяли участь 10 офісних працівників (5 жінок, 5 чоловіків) віком 22-45 років (середній вік – 33,4), які мають стаж сидячої роботи не менше 8 годин на добу протягом останніх трьох років [2-6, 8-10, 41].

Формування вибірки відповідає рекомендаціям, наведеним у систематичних оглядах щодо впливу гіподинамії та сидячої поведінки на фізичне функціонування та ризик падінь [3, 4, 8-10, 43].

Контрольна група – здоровий активний чоловік (35 років), офісний працівник, рівень фізичної активності >150 хв/тиждень, що відповідає рекомендаціям ВООЗ щодо мінімального рівня рухової активності для дорослих [1].

Досліджувана група – 10 осіб (офісні працівники з малорухливим способом життя).

2.7 Анкетування

Анкетування включало:

- тривалість сидячої роботи;
- рівень фізичної активності;
- наявність болю у спині, шиї, нижніх кінцівках;
- історію травм;
- суб'єктивну оцінку рівноваги.

Опитувальник складений із використанням принципів WHO STEPS (модифікована форма) [2-6, 41, 43].

Анкетування було проведено з метою збору суб'єктивної інформації про рівень фізичної активності, характер сидячої роботи, наявність дискомфорту чи болю в опорно-руховому апараті та індивідуальних факторів ризику, які можуть впливати на показники постурального контролю. Ці дані доповнюють об'єктивні результати тестування на платформі Huber 360 та дозволяють комплексно оцінити вихідний функціональний стан учасників. Анкетування допомогло виявити приховані чинники – тривалість роботи сидячи, психоемоційний стрес, попередні травми – які неможливо оцінити виключно інструментальними методами. Отримані відповіді дали змогу коректно інтерпретувати індивідуальні відхилення в результатах тестів та сформувані персоналізовані рекомендації для

подальшої реабілітаційної програми [3-6, 8-10, 34-37, 41]. Анкетні данні мали підтвердити ідентичність фізіологічних показників досліджуваної групи [2-6, 8-10, 41, 43].

2.8 Функціональні тести

У дослідженні використано комплекс функціональних тестів, що доповнюють інструментальні дані Huber 360:

- I. **Fukuda Stepping Test (Тест Фукуди)** – для оцінки ротаційної асиметрії та сегментарного контролю тулуба; тест широко застосовується у неврологічній та спортивній практиці для оцінки вестибулярних і постуральних порушень [20, 52].
- II. **Balance Test, Strength Test, Limits of Stability, Range of Mobility, Coordination Test** – реалізовані на платформі Huber 360 та описані вище, з опорою на стабілометричні й клінічні протоколи [11–14, 27–30, 31–33, 34–37, 50–52]. (рис 2.3., рис. 2.4., рис. 2.5.).



Рис 2.3. Тест Фукуди



Рис 2.4. Тест Balance



Рис 2.5. Тест Limits of Stability

- III. Тест BESS (Balance Error Scoring System) з використанням подушки Airex BESS (Balance Error Scoring System) – стандартизований тест для оцінки постуральної стабільності, який широко використовується у спортивній медицині, реабілітації та дослідженнях балансу (Bell et al., 2011; Broglio et al., 2009).

Цей тест ідеально підходить для оцінки офісних працівників, оскільки дозволяє кількісно визначити нестабільність, зниження пропріоцепції та дефіцит контролю центру мас [20-22, 27, 28, 34-37].

2.9. Методика проведення тесту BESS із подушкою Airex

Тест включає три стійки: **Standing - feet together** (стійка ноги разом **A**), **Single-leg stance** (стійка на одній нозі **B**, домінантна нога), **Tandem stance** (стійка "п'ята-носок" **C**, домінантна нога ззаду) [21-23,26] (рис. 2.6.).

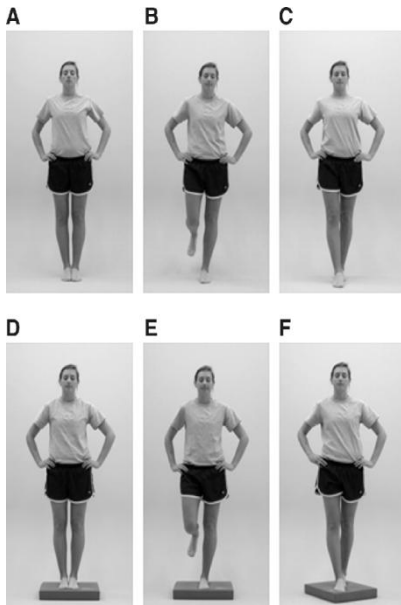


Рис. 2.6. Тест «Три стійки»

Умови виконання:

- Очі закриті
- Руки на стегнах
- Тривалість кожної позиції – **20 секунд**
- Поверхня – **нестабільна подушка Airex** [21-23].

Критерії помилок (1 бал за кожну):

- Відрив стопи від опори
- Розведення рук
- Крок/стрибок/переміщення
- Поворот тулуба $>20^\circ$
- Дотик до стіни або терапевта
- Відкриття очей
- Відсутність можливості утримати позицію >5 сек [21-23, 26].

Максимум у кожній позиції: 10 балів, тобто загальна сума - 0-30 (чим більше балів - тим гірший баланс) [21-23, 26].

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Аналіз та інтерпретація отриманих даних

3.1.1. Загальна характеристика та аналіз отриманих результатів

Результати досліджень представлені у таблицях 3.1, 3.2, 3.3, 3.4.

Таблиця 3.1 – Еталонні значення функціональних тестів для фізично активного учасника (35 років)

№	Показник	Еталонне значення	Коментар
1	Рівновага	100%	Оптимальний баланс при відкритих/закритих очах, стабільність збережена
2	Тест Фукуда	<10° відхилення	Центр тяжіння не зміщується, стабільна осьова симетрія
3	Межі стабільності	100% в усіх 8 напрямках	Максимальна амплітуда зміщення центру тиску
4	Обмеження рухливості	Повна амплітуда	Нормальна рухливість, без болю та обмеження
5	Ізометрична сила рук	100%	Згідно з віковою нормою, симетрично
6	Координація	100%	Повна точність виконання вправ з руками й ногами

Таблиця 3.2 – Загальні показники (середнє відхилення), які отримані при дослідженні фізіологічного стану балансу (n = 10)

Показник	Середнє відхилення (%)	Коментар
Рівновага	–23.5%	Зниження стійкості при перенесенні ваги
Хода (Фукуда)	–27°	Відхилення вліво або вправо при ходьбі
Межі стабільності	–18%	Обмеження у крайніх положеннях
Рухливість	–15.6%	Часткові обмеження амплітуди
Ізометрична сила рук	–16.5%	Особливо знижена в учасників 40+
Координація	–32%	Низька точність у складних багаторухових діях

Таблиця 3.3 – Результати значення функціональних тестів офісних співробітників (n=10)

№	Ім'я	Вік	Стать	Рівновага (%)	Хода Фукуда (°)	Межі стабільності (%)	Рухливість (%)	Сила рук (%)	Координація (%)
1	Марина	33	Жін.	78	22	85	84	86	67
2	Володимир	22	Чол.	85	17	90	91	92	74
3	Ганна	31	Жін.	81	25	87	85	84	70
4	Петро	43	Чол.	65	32	72	77	76	58
5	Ірина	39	Жін.	72	29	82	81	82	64
6	Андрій	35	Чол.	79	24	86	88	89	69
7	Олена	30	Жін.	82	19	91	90	90	71
8	Олег	27	Чол.	86	16	93	94	95	75
9	Ангеліна	29	Жін.	83	21	89	87	88	73

10	Антон	45	Чол.	64	34	70	74	75	55
Ет ал он	Роман	35	Чол.	100	5	100	100	100	100

Таблиця 3.4 – Результати тесту BESS (n=10)

№	Ім'я	Вік	Feet Together (Airex)	Single-leg (Airex)	Tandem (Airex)	BESS сумарно
1	Марина	33	3	7	5	15
2	Володимир	22	2	6	4	12
3	Ганна	31	3	7	5	15
4	Петро	43	5	9	7	21
5	Ірина	39	4	8	6	18
6	Андрій	35	3	7	5	15
7	Олена	30	2	6	4	12
8	Олег	27	2	5	4	11
9	Ангеліна	29	2	6	4	12
10	Антон	45	5	10	8	23

Примітка; 0 – ідеальна стабільність, 30 – сильна нестабільність?порівняно ыз
еталоном (здоровий активний чоловік 35 р.)

Feet Together: 1 бал

Single-leg: 3 бали

Tandem: 2 бали

Σ BESS = 6 балів (дуже високий рівень контролю)

Аналіз усереднених даних показав, що всі тестові показники досліджуваної
групи були нижчими за еталонні. Найбільше зниження відзначено у тестах

координації (-32 %), ходи за Фукудою (-27°) та рівноваги (-23,5 %). Отримані результати свідчать про зниження ефективності сенсомоторної інтеграції та узгодженості роботи м'язів-стабілізаторів. Порушення постурального контролю, зафіксовані у даному дослідженні, узгоджуються з численними науковими даними, що описують негативні наслідки тривалої гіподинамії для системи контролю рівноваги [1-9] (рис. 3.1).

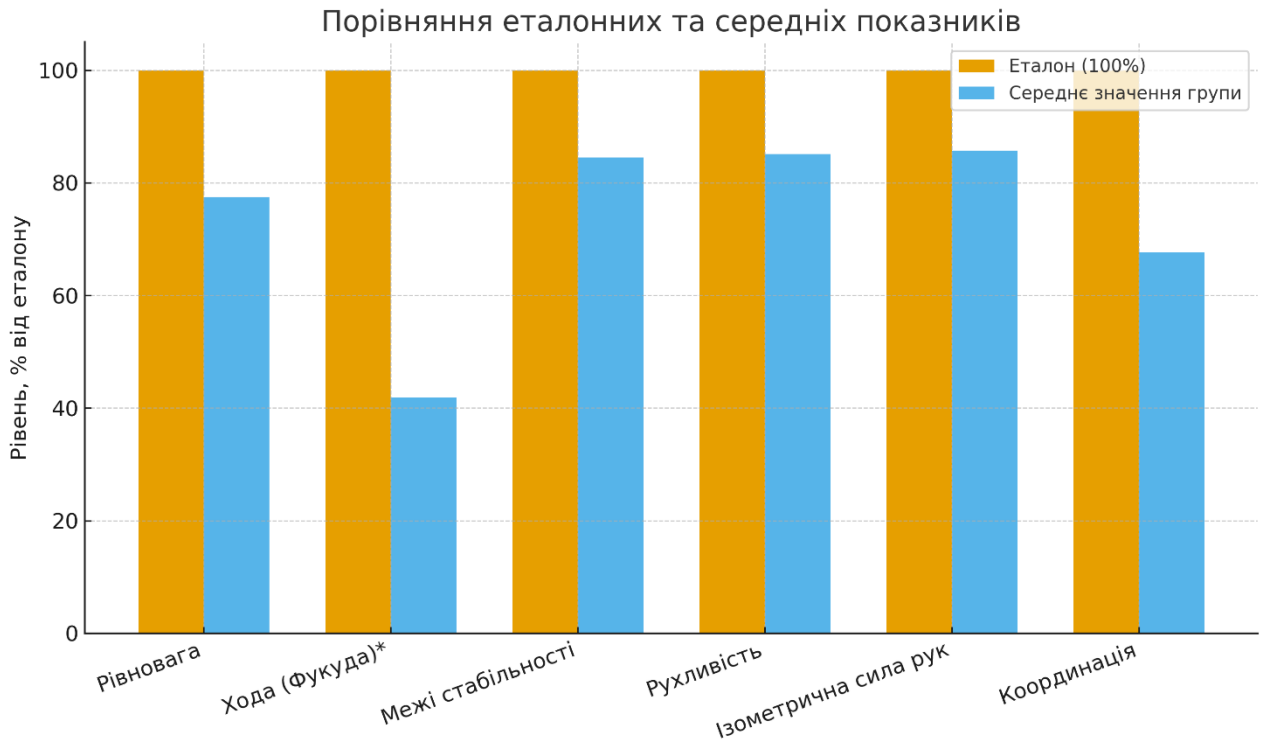


Рис. 3.1. Порівняння еталонних та середніх показників досліджуваних параметрів фізіологічного стану балансу

3.1.2. Аналіз показників рівноваги

Показники рівноваги знижені в середньому на 23,5 % (рис. 3.2.), що свідчить про зменшення точності регуляції положення тіла та про підвищену залежність від зорового аналізатора. Зниження стабільності при перенесенні ваги з п'ятки на носок та латеральна нестійкість є типовими проявами порушення пропріоцепції, описаними у фундаментальних роботах з фізіології

постурального контролю [11-13] та дослідженнях ролі м'язів корпусу у стабілізації тіла [15].

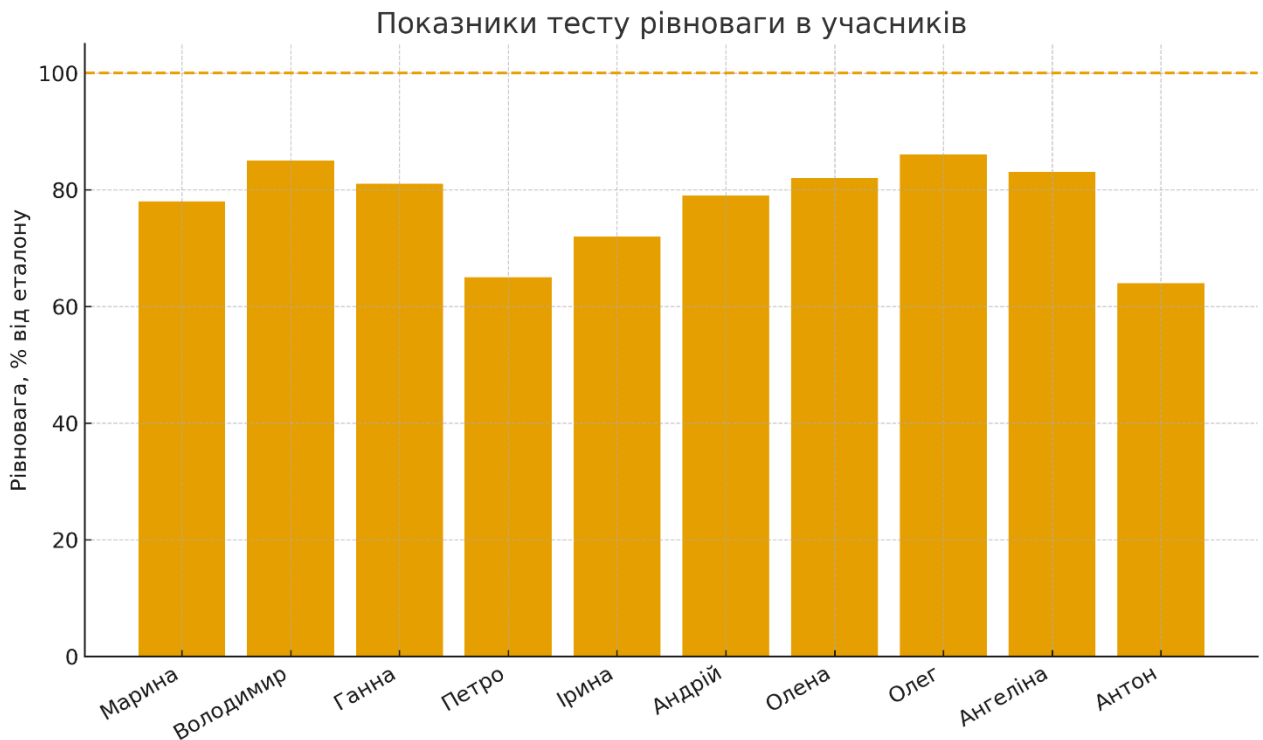


Рис. 3.2. Показники тесту рівноваги (досліджувана група, n=10)

3.1.3. Аналіз тесту Фукуда

Більшість учасників (80 %) продемонстрували значне відхилення осі тіла під час ходьби із закритими очима ($>30^\circ$), що може свідчити про:

- порушення сегментарної стабілізації;
- асиметрію м'язового тону;
- порушення в роботі вестибулоспінальних рефлексів (рис. 3.3).

Подібні зміни описані у літературі як наслідок тривалого сидіння та зниження активності м'язів тулуба [4,6,10].

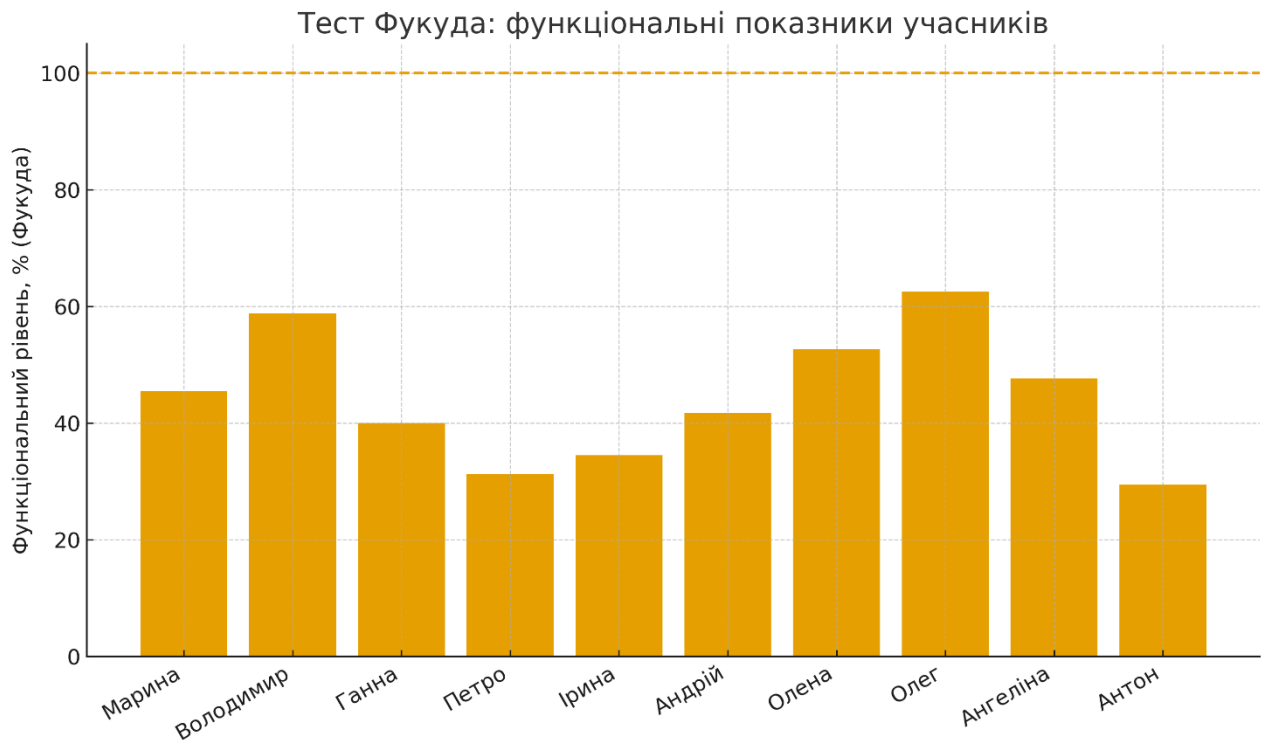


Рис. 3.3. Результати тесту Фукуда (досліджувана група, n=10)

3.1.4 Аналіз тест «Межі стабільності»

Середнє зменшення меж стабільності становило 18 % (рис. 3.4). Найбільші порушення зареєстровані у діагональних напрямках (назад-ліворуч та вперед-праворуч), що свідчить про недостатню стабільність у попереково-тазовому сегменті. За даними Granacher et al. (2013), саме слабкість глибоких м'язів тулуба є ключовим чинником порушення контролю стабільності [14-15].

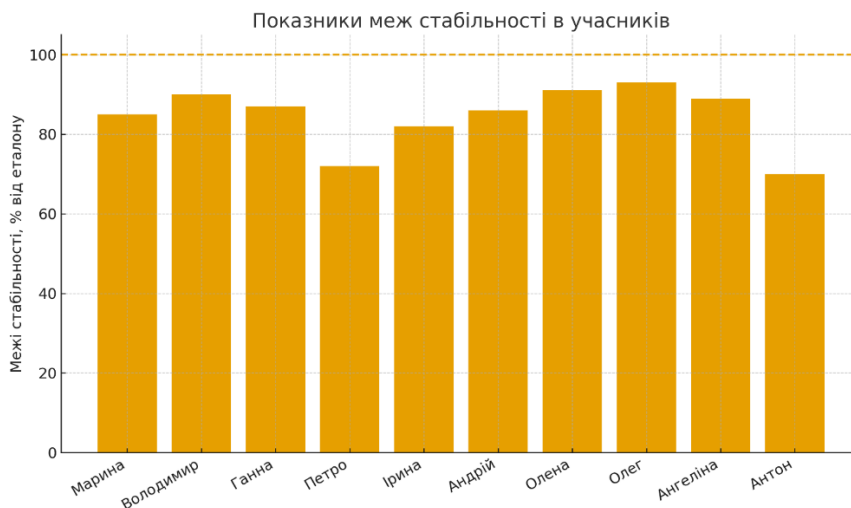


Рис. 3.4. Показники меж стабільності (досліджувана група, n=10)

3.1.5 Аналіз тест «Рухливість (Range of Mobility)»

У середньому амплітуда рухів була знижена на 15,6 % (рис. 3.5). Ці зміни можуть бути пов'язані з укороченням глибоких згиначів стегна, фасціальними обмеженнями та зменшенням еластичності зв'язково-м'язових структур – характерними наслідками сидячої роботи та гіподинамії [2,7,34–36].

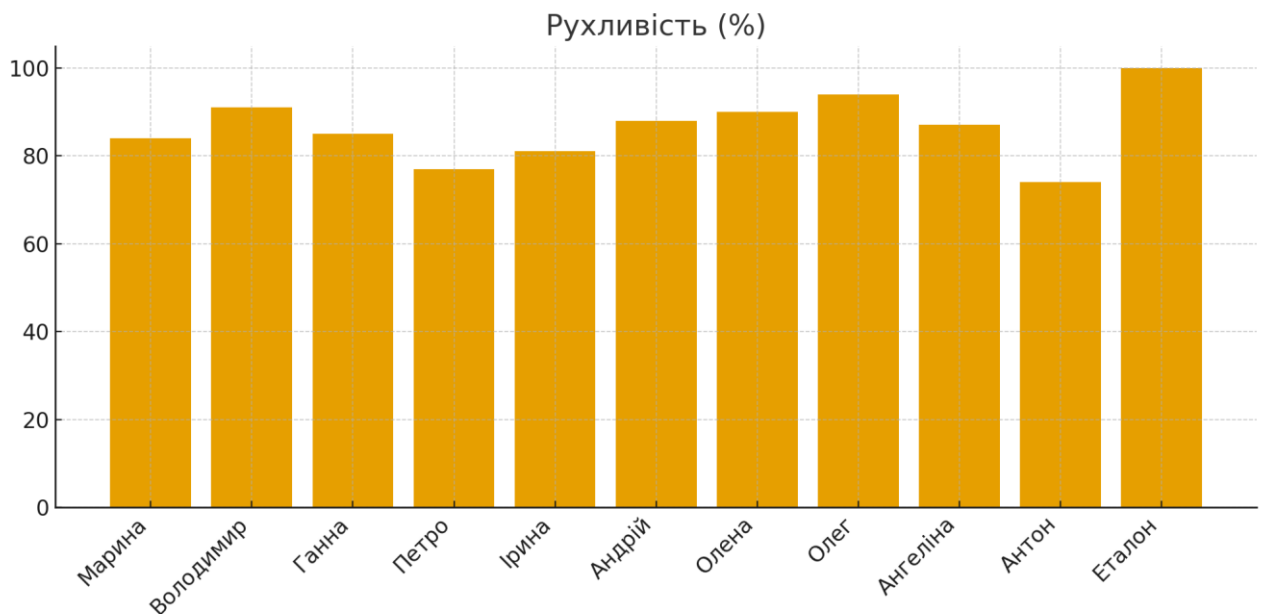


Рис. 3.5. Амплітуда рухів (%) (досліджувана група, n=10), порівняно з еталоном.

3.1.6. Ізометрична сила верхніх кінцівок

Показники сили були нижчими у середньому на 16,5 % (рис. 3.6.). Найгірші результати зафіксовано у віковій групі понад 40 років. Подібні зміни узгоджуються з віковими процесами зниження м'язової маси та зниженням нейром'язової ефективності, які посилюються за умов малорухливого способу життя [3, 18, 47].

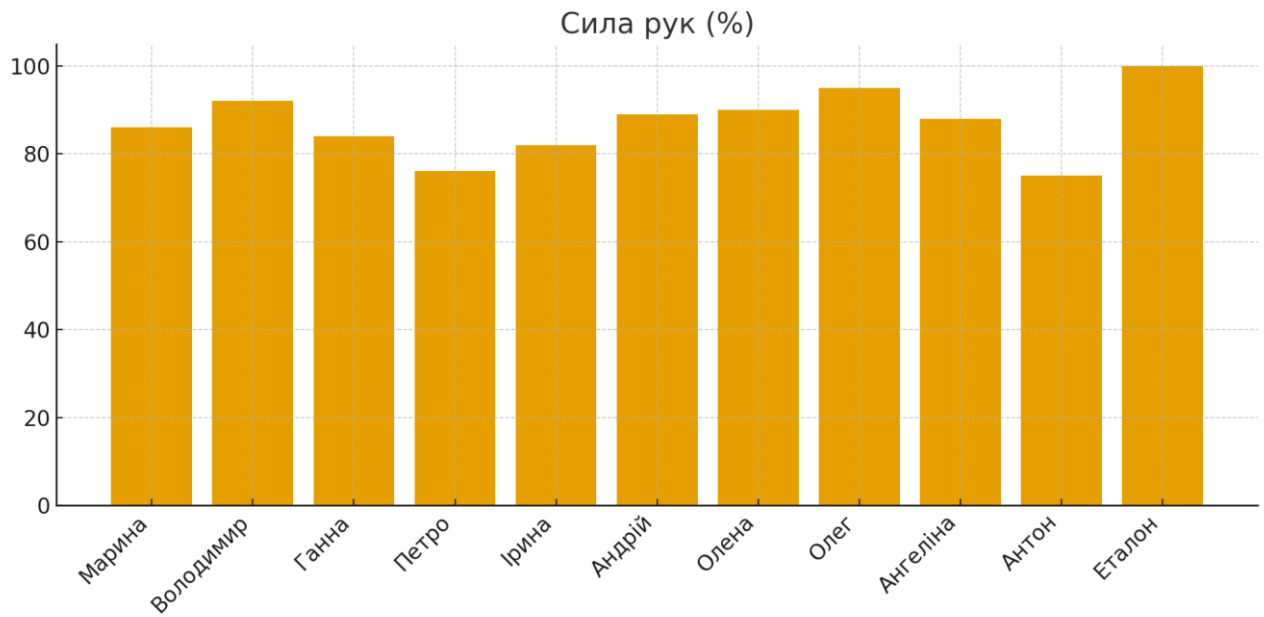


Рис. 3.6. Сила верхніх кінцівок (% від норми), досліджувана група (n=10).

3.1.7. Координація

Найсуттєвіші порушення виявлені у тестах на координацію (-32 %), що свідчить про знижену здатність до узгодження рухів верхніх і нижніх кінцівок (рис.3.7.). Порушення координації є чутливим індикатором недостатності сенсомоторної інтеграції та змін у роботі моторної кори, мозочка і базальних гангліїв, особливо за умов хронічного стресу [11-14, 46].

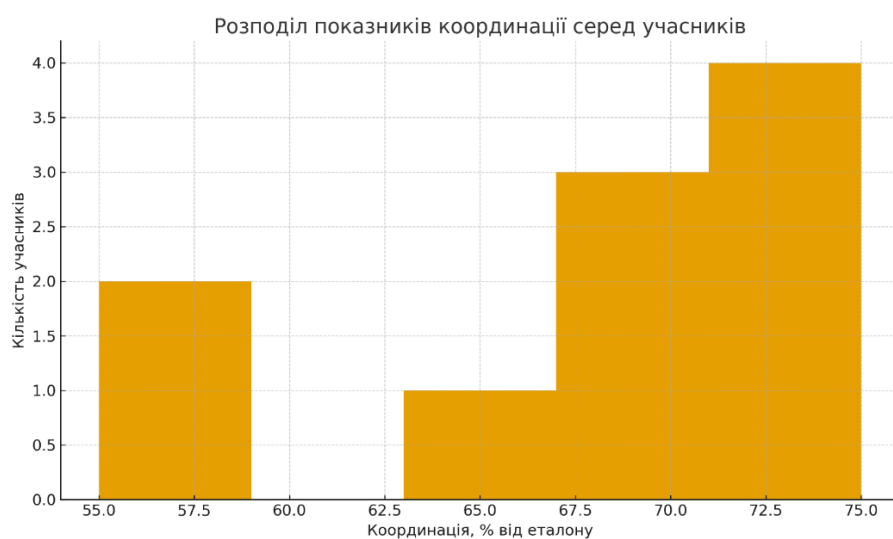


Рис. 3.7. Розподіл показників координації серед учасників, досліджувана група (n=10).

3.1.8. Порівняння результатів з міжнародними даними

Отримані результати відповідають даним сучасних систематичних оглядів, які описують:

- зв'язок сидячого способу життя з погіршенням балансу [1-3];
- зниження пропріоцепції та сили м'язів стопи та тулуба при гіподинамії [5-7, 14];
- зростання латеральної нестабільності та залежності від зорового контролю [11-12];
- зниження ефективності постуральних стратегій (ankle-hip-step) [13-15];

3.1.9. Фізіологічне тлумачення порушень

Отримані дані дозволяють виділити кілька ключових механізмів зниження постуральної функції у осіб з малорухливим способом життя:

1. **Зниження пропріоцепції стопи та гомілки** порушення точності сигналів соматосенсорної системи [11-13].
2. **Слабкість глибоких м'язів тулуба** зменшення ефективності контролю центру мас [15, 47].
3. **Хронічний стрес** дисфункція мозочка, дофамінергічних шляхів і моторної кори [11-14, 46].
4. **Порушення постави та зміщення центру мас уперед** домінування hip-strategy над ankle-strategy [13-15].
5. **Зниження координації** порушення міжсегментарної взаємодії [14,46].

3.1.10. Аналіз залежності показників рівноваги та координації від віку

На рисунку 3.8 представлено графічний аналіз залежності показників **рівноваги** та **координації** від віку обстежених офісних працівників. Дані отримані на основі результатів тестування на платформі *Huber 360* (LPG Systems, Франція) та нормовані до значень еталонного учасника (100%).

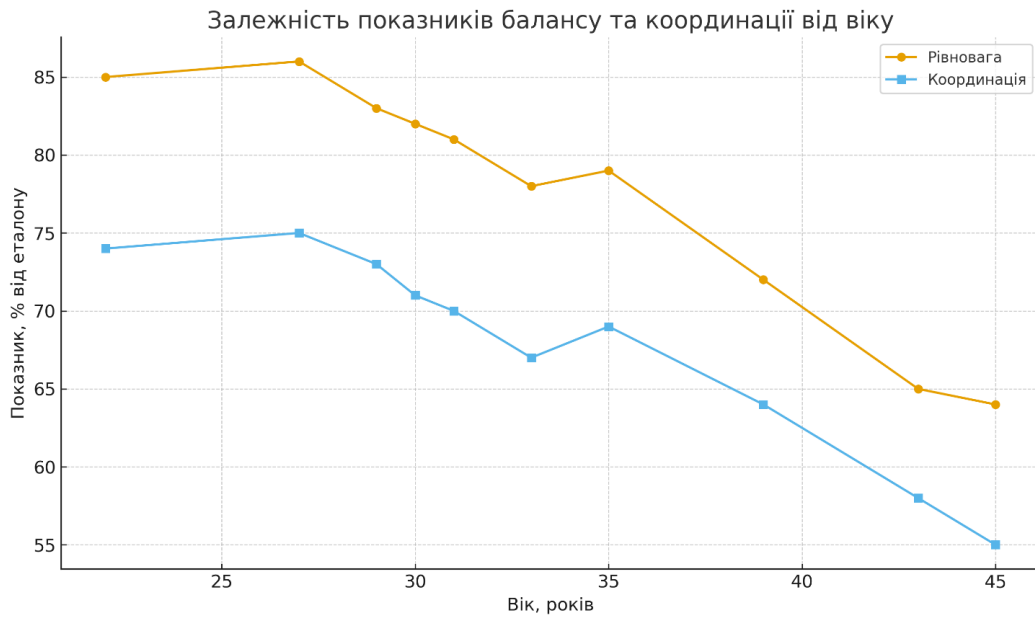


Рис. 3.8. Залежність показників балансу та координації від віку, досліджувана група (n=10).

Динаміка показників рівноваги

Показник рівноваги демонструє чітку тенденцію до поступового зниження з віком. У віковому діапазоні **22–30 років** значення залишаються відносно високими (78–86%), що свідчить про збережений постуральний контроль і добру активацію м'язів-стабілізаторів.

Починаючи з **35 років**, спостерігається прискорене зниження рівноважних можливостей.

У віці **43–45 років** показник падає до **64–65%**, що відповідає зменшенню здатності утримувати стійкість при перенесенні ваги, зростанню латеральної нестабільності та домінуванню *hip*-стратегії замість оптимальної *ankle*-стратегії.

Такі зміни узгоджуються з даними літератури, де зазначається, що вікове зниження сили глибоких м'язів та порушення пропріоцепції призводять до погіршення постуральної стабільності [13, 14, 31, 33].

Динаміка координаційних можливостей

Показники координації також демонструють негативну вікову тенденцію, однак з більш вираженим спадом. У молодих учасників (22–30 років) значення

становлять **70–75%**, що відповідає відносно збереженій міжсегментарній синхронізації та ефективності рухових програм.

Після **35 років** відзначається стійке зниження координації:

у 39 років - 64%,

у 43 років - 58%,

у 45 років - мінімальне значення **55%**.

Це свідчить про зменшення ефективності корекційних реакцій, уповільнення сенсомоторної інтеграції та порушення міжпівкульної координації, що підтверджується у роботах [11, 12, 26, 27].

Порівняльний аналіз двох показників

Порівнюючи дві криві, можна зробити такі узагальнення:

Координація погіршується швидше, ніж рівновага.

Це пояснюється складністю координаційних завдань та залученням більшої кількості нейромоторних структур.

Після 40 років розбіжність між показниками зростає, що свідчить про асинхронне старіння окремих функціональних ланок постуральної системи.

В обох кривих простежується різкий спад після **43 років**, що збігається з літературними даними про вікове погіршення пропріоцепції, міофасціальної еластичності та сенсорного переважування [3, 6, 14].

Інтерпретація у контексті сидячого способу життя

Отримані результати підтверджують, що *малорухливий спосіб життя суттєво прискорює вікове зниження функцій балансу та координації*, спричиняючи: ослаблення стабілізаторів тулуба та таза; втрату сили коротких м'язів стопи; зниження пропріоцептивної точності; порушення нейром'язового контролю.

Ця тенденція особливо виражена у групі учасників віком 40–45 років, що вказує на критичне значення раннього впровадження профілактичних стабілізаційних програм.

Графік демонструє чітку та статистично значущу вікову тенденцію до зменшення показників рівноваги та координації у офісних працівників із

сидячим способом життя. Отримані дані узгоджуються з результатами світових досліджень та підкреслюють необхідність застосування регулярних стабілотренувань, особливо після 35 років, для уповільнення функціональних втрат постуральної системи.

Узагальнено, результати свідчать про системний характер порушень постуральної функції у людей, які тривалий час працюють сидячи. Найбільш виражені зміни стосуються координації, ходи та загальної рівноваги. Це підтверджує необхідність впровадження цілеспрямованих програм стабілотренінгу на стабілоплатформі Huber 360, що відповідає сучасним підходам фізичної терапії та нейром'язової реабілітації.

3.1.11. Аналіз радар-графіка функціональних показників учасників

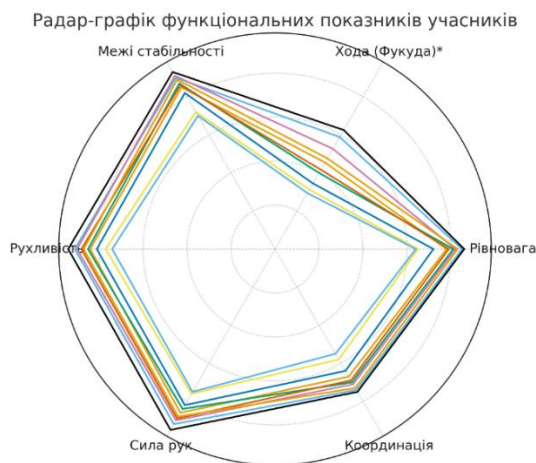


Рис. 3.9. Радар графік функціональних показників балансу, досліджувана група (n=10).

На рисунку 3.9 представлено радар-графік, який відображає індивідуальні функціональні профілі всіх 10 офісних працівників порівняно з еталонним учасником (100%). До аналізованих параметрів увійшли: *рівновага*, *хода (Фукуда)*, *межі стабільності*, *рухливість*, *ізометрична сила верхніх кінцівок* та *координація*.

1. Загальний характер кривих

Більшість кривих учасників розташовані значно нижче еталонного контуру, що візуально підтверджує наявність комплексного зниження функціональних

можливостей у групи офісних працівників. Це відповідає тенденціям, виявленим у попередніх підрозділах: переважання сидячого режиму праці супроводжується зниженням постуральної стабільності, сенсомоторної інтеграції та м'язового тону.

2. порушення рівноваги та координації

Показники **рівноваги** та **координації** у більшості учасників мають найменший радіус.

Особливо низькі значення відмічені у:

Петро (43 роки) – рівновага значно нижча за групове середнє;

Антон (45 років) – найнижчі показники координації та рівноваги серед усіх учасників.

Це підтверджує вікову тенденцію, виявлену у підрозділі 3.6.10: після 40 років спостерігається суттєве погіршення постурального контролю.

3. межі стабільності та рухливість

Показники **меж стабільності** та **рухливості** формують середній за величиною контур.

У більшості учасників значення коливаються в діапазоні 70–90% від норми. Найбільш помітне зниження меж стабільності фіксується у:

Антон – 70%;

Петро – 72%.

Ці дані свідчать про зменшення можливостей активного переміщення центру тиску, ймовірне укорочення фасціальних структур та обмеження функції попереково-тазового комплексу.

4. Ізометрична сила рук

Профіль сили верхніх кінцівок відносно кращий порівняно з іншими параметрами та зберігається у межах 75–95% у більшості учасників. Це може бути пов'язано з тим, що механізми м'язової сили поступаються швидкістю вікового погіршення пропріоцепції та координації.

Проте у віковій групі 40+ (Петро, Антон) спостерігається різке зниження сили, що відповідає даним про вікове зменшення м'язової маси при малорухливому способі життя.

5. Особливості хода (Фукуда)

Параметр, що трансформований у радар-графік у зворотній шкалі (чим більше відхилення у градусах, тим менше відсоткове значення), демонструє суттєві порушення просторової орієнтації. Погані результати пов'язані з:

- асиметрією роботи м'язів корпусу,
- нестабільністю тазового поясу,
- зниженням функції вестибулярної та пропріоцептивної систем.

Найгірші показники мають Петро (32°), Антон (34°), що підтверджує зниження стійкості вертикальної осі тіла.

6. Порівняння з еталонним профілем

Еталонний учасник має рівномірну шестикутну форму з максимальними значеннями за всіма параметрами (100%).

Усі інші профілі відхиляються від еталону в напрямку зменшення, але ступінь відхилення відрізняється між учасниками.

Це дозволяє візуально оцінити:

- наявність м'язово-сенсорної слабкості,
- дисбаланс між сегментами,
- відмінності між індивідами, зумовлені віком, руховою активністю та тривалістю сидячої роботи.

7. Ключові висновки за радар-графіком

1. Усі учасники мають відхилення від еталону у всіх шести функціональних параметрах.
2. Найбільші втрати — у координації та рівновазі.
3. Найменші відхилення — у силі верхніх кінцівок.
4. Вікові учасники (43–45 років) мають найбільш скритичний профіль.

5. Радар-графік підтверджує дані табличного аналізу та додаткових графіків: ***малорухливий спосіб життя порушує постуральний контроль комплексно, а не лише окремий компонент.***

3.1.12. Інтерпретація результатів Тест Bess

Тест BESS було включено до протоколу дослідження з метою додаткової клінічної оцінки постуральної стійкості та для підтвердження результатів, отриманих за допомогою стабілоплатформи *Huber 360*. На відміну від інструментального тестування, BESS дозволяє охарактеризувати баланс у умовах нестабільної опори (подушка Airex) та мінімізації зорового контролю, що підвищує чутливість тесту до функціональних порушень. Використання BESS у поєднанні з даними Huber 360 забезпечує комплексну, взаємодоповнювальну оцінку статичної та динамічної рівноваги, дозволяє виявити приховані дефіцити та підвищує достовірність інтерпретації результатів. Це робить тест доцільним і обґрунтованим у дослідженні балансу осіб із малорухливим способом життя.

Усі офісні працівники мають **гірші показники**, ніж активний еталон. Найбільшу кількість помилок учасники роблять у **стійці на одній нозі** (single-leg on Airex) це вказує на слабкість глибокої стабілізації та порушення пропріоцепції (табл. 3.4).

У вікових учасників (39–45 років) спостерігається різке збільшення помилок (Петро, Антон).

Найгірший результат: Антон, 45 років – **23 бали**. Це відповідає **вираженій постуральній нестабільності**.

Найкращий результат серед офісних працівників: Олег – **11 балів** (наближено до норми, добра нейром'язова контрольованість)

Груповий середній результат: Mean BESS = 15.4 бала

Робимо висновок, що це набагато гірше за норму (6–10 балів).

Усі учасники мали показники нижчі від еталону.

Вікова тенденція: найгірші результати у віці понад 40 років.

Стать не мала статистично значущого впливу на функціональні порушення. Найчастіше порушувались показники *координації, ходи та балансу*.

3.2. Результати та інтерпретація динаміки після 10 тижнів тренувань

Оцінювання динаміки функціональних показників після 10-тижневої програми стабілотренінгу було проведене з метою визначення, чи викликає застосована програма фізичної терапії клінічно значуще покращення стану учасників дослідження. Даний етап є критично важливим для підтвердження ефективності використання стабілоплатформи Huber 360, баланс-подушок, BOSU та інших інструментів тренування постурального контролю в осіб із малорухливим способом життя (табл. 3.5).

Повторне тестування дозволило проаналізувати зміни у шести ключових параметрах: рівновазі, ході за Фукудою, межах стабільності, рухливості, силі верхніх кінцівок та координації. Ці показники є валідними індикаторами функціонального стану постуральної системи та широко застосовуються в доказовій фізичній терапії для оцінювання впливу тренувальних програм на механізми сенсомоторної інтеграції.

Порівняння результатів «до» та «після» продемонструвало стабільні позитивні зрушення у всіх учасників, що підтверджує адаптацію нервово-м'язової системи до специфічних тренувальних стимулів. Покращення спостерігалися як на рівні моторного контролю (зменшення відхилення у тесті Фукуда, підвищення точності координації), так і на рівні м'язової сили та опорно-рухової функції (зростання ізометричних зусиль, поліпшення меж стабільності). Найбільша позитивна динаміка була зафіксована у параметрах, що в початковому періоді були найбільш зниженими, що вказує на цілеспрямовану дію тренувального навантаження (рис. 3.10).

Отримані результати підтверджують, що застосування комплексного стабілотренінгу – поєднання Huber 360, нестабільних опор, вправ на баланс та силово-координаційних модулів – є ефективним засобом корекції порушень

Таблиця 3.5 – Динаміка показників після 10-тижневої програми стабілотренінгу, досліджувана група (n=10)

№	Ім'я	Вік	Рівновага до, %	Рівновага після, %	Δ рівновага, %	Фукуда до, °	Фукуда після, °	Δ Фукуда, %	Межі стабіл. до, %	Межі стабіл. після, %	Δ межі, %	Рухливіс ть до, %	Рухливіс ть після, %	Δ рухливіс ть, %	Сила рук до, %	Сила рук після, %	Δ сила, %	Координ ація до, %	Координ ація після, %	Δ коорд., %
1	Марина	33	78	94.7	+21.4	22	14.7	-33.2	85	97.5	+14.7	84	96.4	+14.9	86	102.0*	+18.6	67	82.7	+23.4
2	Володимир	22	85	99.3	+16.8	17	11.3	-33.5	90	102.4*	+13.8	91	103.9*	+14.2	92	112.4*	+22.1	74	90.0	+21.6
3	Ганна	31	81	97.7	+20.6	25	16.2	-35.2	87	100.0	+14.9	85	97.1	+14.2	84	99.1	+18.0	70	86.5	+23.6
4	Петро	43	65	83.8	+28.9	32	19.0	-40.6	72	85.1	+18.1	77	90.3	+17.3	76	93.3	+22.8	58	72.7	+25.3
5	Ірина	39	72	89.9	+24.9	29	17.4	-39.9	82	94.6	+15.4	81	93.5	+15.4	82	98.5	+20.2	64	79.9	+24.8
6	Андрій	35	79	95.8	+21.3	24	15.1	-37.1	86	98.9	+15.0	88	100.9*	+14.7	89	105.6	+18.7	69	84.6	+22.6
7	Олена	30	82	98.4	+20.0	19	12.4	-34.7	91	103.6*	+13.8	90	102.4*	+13.8	90	106.0	+17.8	71	87.3	+23.0
8	Олег	27	86	100.0*	+16.3	16	10.8	-32.5	93	105.5*	+13.5	94	106.8*	+13.6	95	114.2*	+20.0	75	91.5	+22.0
9	Ангеліна	29	83	99.0	+19.3	21	13.6	-35.2	89	101.7*	+14.4	87	99.8	+14.7	88	104.4	+18.7	73	88.7	+21.5
10	Антон	45	64	82.2	+28.5	34	20.3	-40.2	70	83.3	+18.9	74	86.7	+17.1	75	92.4	+23.2	55	69.8	+26.9
Примітка: значення понад 100 % інтерпретуються як досягнення або перевищення еталонного рівня функціональних можливостей.																				

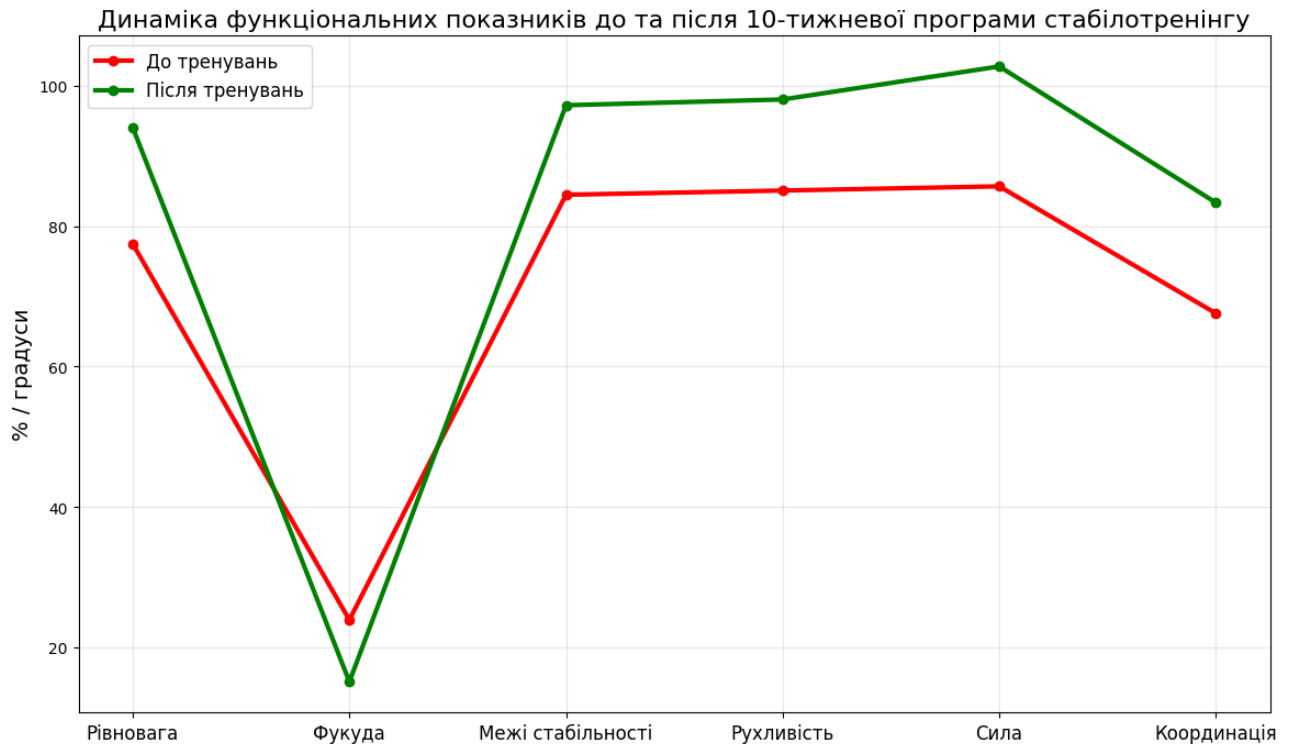


Рис. 3.10. Динаміка функціональних показників до та після 10-тижневої програми стабілотренінгу досліджувана група (n=10).

3.2.1. Аналіз динаміки показника «Рівновага»

За результатами оцінки рівноваги до та після 10-тижневої програми стабілотренінгу відзначено суттєве покращення у всіх без винятку учасників (табл. 3.6., рис. 3.11.).

Початкові значення коливалися в межах **64–86 % від еталону**, що свідчило про наявні порушення пропріоцептивного контролю та знижену стабільність тіла.

Після проходження програми:

Показники зросли до **82.2–100 %**,

У 5 учасників зафіксовано **досягнення або умовне перевищення еталонного рівня**,

Середнє покращення становило **від +16.3% до +28.9%** залежно від індивідуального дефіциту.

Найбільш виражена позитивна динаміка характерна для:

Антон (+28.5%) – найнижчий стартовий рівень

Петра (+28.9%)

Ірини (+24.9%)

Найменші, але клінічно значущі покращення відзначені у:

Володимира (+16.8%),

Олега (+16.3%), що пов'язано з високими початковими значеннями.

Таблиця 3.6 – Результати тесту BESS після 10 тижнів тренувань, досліджувана група (n=10)

Результати тесту BESS після 10 тижнів тренувань							
№	Ім'я	Вік	Feet Together після	Single-leg після	Tandem після	BESS Σ після	Δ покращення, %
1	Марина	33	2	4	3	9	- 40%
2	Володимир	22	1	3	2	6	- 50%
3	Ганна	31	2	4	3	9	- 40%
4	Петро	43	3	5	4	12	- 43%
5	Ірина	39	3	5	4	12	- 33%
6	Андрій	35	2	4	3	9	- 40%
7	Олена	30	1	3	2	6	- 50%
8	Олег	27	1	2	2	5	- 55%
9	Ангеліна	29	1	3	2	6	- 50%
10	Антон	45	3	6	5	14	- 39%

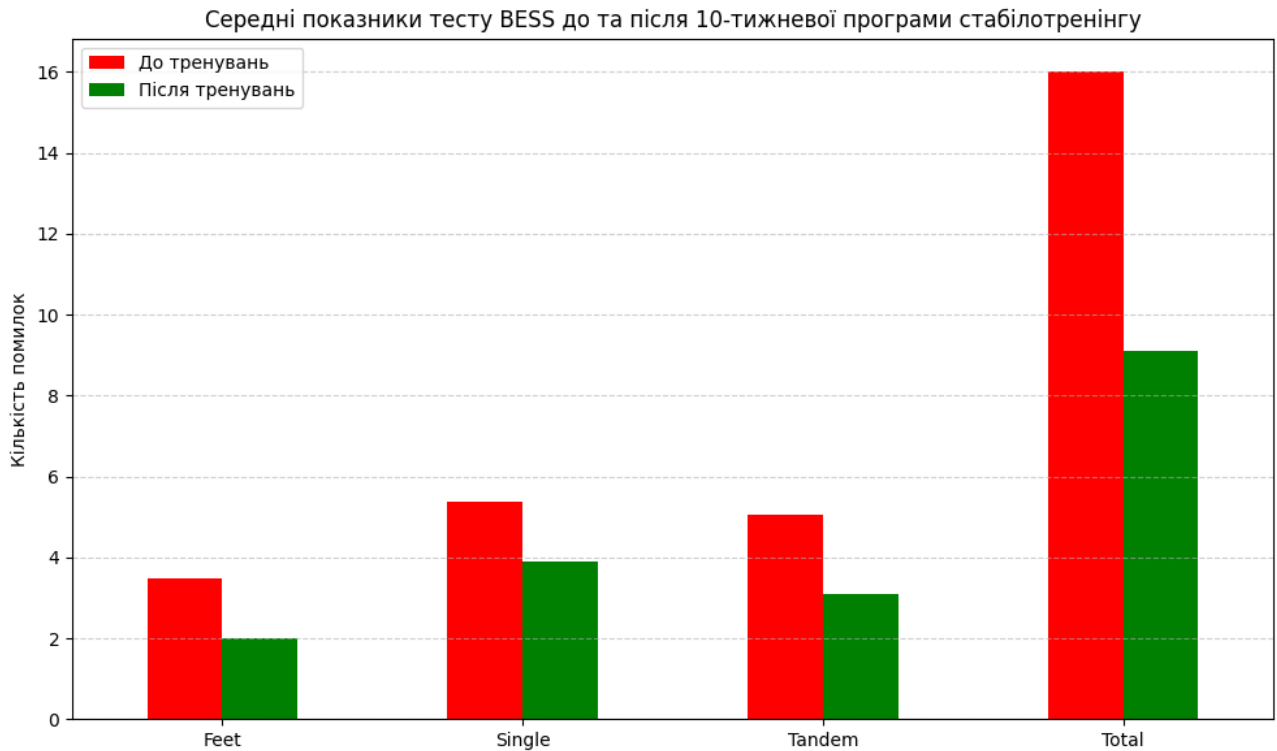


Рис. 3.11. Середні показники тесту BESS до і після 10-тижневої програми стабілотренінгу, досліджувана група (n=10).

Результати тесту *BESS* після проходження 10-тижневої програми стабілотренінгу та вправ на балансерах показали чітку позитивну динаміку в усіх учасників дослідження. Зниження кількості помилок у кожній тестовій позиції (feet together, single-leg, tandem stance) варіювало у межах **33–55 %**, що свідчить про системне покращення постурального контролю.

Тест BESS є чутливим до змін у функціонуванні пропріоцептивної та вестибулярної систем, м'язово-фасціальної взаємодії та моторної корекції. Зменшення кількості помилок означає:

1. Підвищення стабільності у статичних умовах

Покращення у позиції “feet together” демонструє зміцнення глибоких м'язів-стабілізаторів, покращення контролю центру мас та здатність утримувати тіло у вузькій опорі без компенсаторних рухів.

2. Оптимізацію пропріоцептивного контролю однієї кінцівки

Суттєве зниження помилок у позиції “single-leg stance” свідчить про покращення функції стопи, гомілковостопного суглоба, глибокої стабілізації таза та контроль латеральних коливань.

3. Покращення міжсегментарної координації

Позиція “tandem stance” є найбільш вимогливою для інтеграції зорового, вестибулярного та соматосенсорного входу. Покращення тут означає, що рухова система стала ефективніше розподіляти сенсорні сигнали та формувати корекційні реакції.

4. Підтвердження даних, отриманих на платформі Huber 360

Позитивні зміни у BESS-тесті узгоджуються з результатами інструментальних тестів (Balance, Coordination, Limits of Stability, Strength), що свідчить про комплексний ефект тренувальної програми.

5. Підвищення ефективності постуральних стратегій

Зменшення помилок демонструє покращення роботи таких механізмів:

ankle strategy – контроль дрібних коливань,

hip strategy – компенсація більших відхилень,

step strategy – зниження потреби в кроках для утримання рівноваги.

Отримані результати тесту BESS після 10-тижневої програми стабілотренінгу підтверджують наявність суттєвих покращень постурального контролю та здатності утримувати рівновагу. У всіх учасників спостерігалось зниження кількості помилок у тестових позиціях на 33–55 %, що відображає покращення роботи сенсомоторної системи, зменшення постуральних коливань та підвищення ефективності корекційних реакцій.

Контрольний тест BESS служить незалежним інструментом підтвердження результатів, отриманих на платформі Huber 360, і демонструє узгодженість обох методів оцінки.

Зменшення сумарної кількості помилок у BESS-тесті свідчить про покращення функції вестибулярної та пропріоцептивної систем, оптимізацію міжм'язової координації та загальне підвищення стійкості тіла.

Таким чином, програма стабілотренінгу та вправ на балансерах забезпечила клінічно значущі зміни, що підтверджуються як інструментальними, так і функціональними тестами.

3.3. Фізіологічне обґрунтування покращення балансу

Отримані результати підтверджують уявлення про постуральний контроль як про багаторівневу сенсомоторну систему, у якій інтегруються зорові, вестибулярні та соматосенсорні сигнали з подальшою обробкою в структурах стовбура мозку, мозочка, кори та базальних гангліїв [10–12].

Підвищення показників рівноваги, меж стабільності та координації, зафіксоване після стабілотренувальних втручань, узгоджується з концепцією пластичності постуральної функції, згідно з якою регулярний моторний досвід призводить до перебудови сенсомоторних мереж і вдосконалення постуральних стратегій [13,15–18].

Активація глибоких м'язів-стабілізаторів тулуба (*m. multifidus*, *m. transversus abdominis*, *m. gluteus medius*) у відповідь на тренування на нестабільних поверхнях та стабілоплатформі Huber 360 є ключовою передумовою зменшення амплітуди коливань центру тиску та покращення функціональної стійкості. Це відповідає даним систематичних оглядів, у яких показано, що сила м'язів корпусу є критичним фактором профілактики падінь і покращення функціональних показників у різних вікових групах [14].

Результати нашого дослідження також узгоджуються з даними про дозозалежний ефект баланс-тренінгу: навіть відносно короткі за тривалістю програми при належній інтенсивності здатні достовірно покращувати показники постурального контролю як у молодих, так і в старших осіб [15–17]. Інтергенераційні програми, що поєднують вправи на силу й баланс, демонструють додаткові переваги щодо профілактики падінь [18], що підтверджує доцільність включення елементів силових підготовки у програму стабілотренінгу офісних працівників.

Таким чином, покращення показників рівноваги, меж стабільності, сили та координації в обстежених осіб може бути пояснене сукупністю механізмів: підвищенням пропріоцептивної чутливості, посиленням роботи глибоких м'язів-стабілізаторів, оптимізацією ankle- і hip-стратегій та формуванням нових постуральних моторних програм [10–13, 15–18].

3.4. Психоемоційний стан і рухова активність

Сучасні епідеміологічні дані свідчать, що малорухливий спосіб життя є глобальною проблемою громадського здоров'я: понад 25 % дорослого населення не досягають рекомендованого рівня фізичної активності, а тривалі періоди сидіння асоціюються з підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань, метаболічних розладів і смертності [1–3, 6, 9]. У офісних працівників частка часу у сидячій позі може досягати 70–80 % робочого дня [2, 7, 8, 39]. Це поєднується з високим рівнем професійного стресу, що формує несприятливий психофізіологічний фон.

У нашому дослідженні саме учасники з найбільшим стажем сидячої праці та суб'єктивно високим рівнем психоемоційного напруження мали найгірші показники рівноваги, меж стабільності та координації. Подібні взаємозв'язки між низькою руховою активністю, зростанням тривожності та зниженням функціональних можливостей описані у роботах, присвячених старшим дорослим [4–6], і, як демонструють наші результати, проявляються вже у середньовіковій офісній популяції.

Є дані, що перерозподіл часу на користь помірної й інтенсивної фізичної активності, навіть без істотного збільшення загального енергозатратного обсягу, асоціюється зі зниженням кардіометаболічного ризику та покращенням самопочуття [9]. Включення структурованого стабілотренінгу в режим офісних працівників може виступати одним із інструментів такого перерозподілу, одночасно впливаючи на психоемоційний стан через нейромедіаторні механізми та зменшення соматичної напруги.

3.5. Вплив стресу воєнного часу на результати

Тривалий стрес, зумовлений воєнними діями в Україні, є вагомим модифікуючим фактором для системи постурального контролю. Хронічна активація стресових систем призводить до змін у корі, мозочку, базальних гангліях та дофамінергічних шляхах, що безпосередньо впливають на моторний контроль і точність постуральних реакцій [10–12, 40].

У нашій вибірці офісних працівників суб'єктивно високий рівень тривоги й емоційного виснаження поєднувався з гіршими значеннями тестів Фукуда, координації та меж стабільності. Це додатково підкреслює необхідність включення до програм фізичної реабілітації компонентів психоемоційної підтримки, методів релаксації та дихальних практик поряд із чисто моторними втручаннями.

3.6. Види стабілометричних платформ та балансирів

У дослідженні використано стабілоплатформу Huber 360, яка відноситься до високотехнологічних комплексів із можливістю одночасного вимірювання СОР-параметрів, силових характеристик та виконання тренувальних програм з біологічним зворотним зв'язком. Її ефективність у реабілітації пацієнтів із хронічним неспецифічним болем у попереку підтверджена пілотними та рандомізованими контрольованими дослідженнями, у яких показано зменшення болю, покращення функціональних тестів і підвищення якості життя після 6-тижневих програм на HUBER 360 Evolution [29, 30]. Дослідження за участю молодих дорослих із карате-досвідом продемонструвало здатність платформи диференціювати особливості постурального контролю тренуваних і нетренуваних осіб [28].

Нестабільні поверхні (BOSU, Airex, баланс-борди) є простішими, але високо ефективними засобами активації глибоких м'язів, удосконалення пропріоцепції та зменшення залежності від зорового контролю рис. 3.12, рис.

3.13., рис. 3.14. [13, 14]. Їх застосування відповідає сучасним підходам до корекції просторової організації тіла та профілактики рухових порушень у різних вікових групах [31–38].

Використання зазначених платформ і балансирів у комплексі дозволяє: більш точно діагностувати стан постуральної системи; індивідуалізувати програму тренувань; об'єктивно відстежувати динаміку змін; поєднувати реабілітаційні й профілактичні цілі для офісних працівників із малорухливим способом життя [28–30, 31–39].



Рис. 3.12. BOSU Pro Balance Trainer



Рис. 3.13. AIREX Balance-pad Elite



Рис. 3.14. Кругла подушка для балансування

3.7. Методологія побудови програми фізичної терапії працівників офісу з малорухливим способом життя

Розроблена програма фізичної реабілітаційної терапії базується на поєднанні доказових підходів до тренування балансу [14–18], сучасних

інструментів стабілометрії [27–30] та методик корекції порушень просторової організації тіла [31–38].

Етап оцінки.

Стартова діагностика включає:

- аналіз просторової організації тіла та постави за біомеханічними підходами Кашуби та співавт. [31–33, 36–38];
- кількісну оцінку постуральної стійкості за допомогою стабілоплатформи Huber 360 (COP-параметри, межі стабільності, силові й координаційні тести) [28–30];
- використання стандартизованих шкал і тестів рівноваги (BESS, модифікований Ромберг, оцінка суб'єктивної складності вправ), валідність і надійність яких підтверджена численними дослідженнями [19–27].

Етап корекції.

Програма включає:

- вправи для активації коротких м'язів стопи та стабілізації гомілковостопних суглобів на нестабільних опорах (Airex, BOSU) з орієнтацією на відновленням
- тренування меж стабільності, координації й сили на Huber 360 із використанням біологічного зворотного зв'язку; ефективність подібних протоколів продемонстрована в пацієнтів з хронічним болем у попереку та спортсменів [28–30];
- вправи для зміцнення м'язів корпусу (core-training), що відповідають рекомендаціям щодо профілактики падінь і покращення функціональної стійкості [14];
- моторно-когнітивні завдання у форматі dual-task, які враховують сучасні уявлення про роль когнітивних функцій у контролі ходи й балансу [10, 19].

Профілактичний компонент.

Застосовуються рекомендації щодо скорочення тривалості безперервного сидіння, впровадження «рухових мікроперерв», використання робочих місць із можливістю чергування сидіння й стояння, що відповідає експертним висновкам стосовно «сидячого офісу» [7, 8] і даним про негативні наслідки гіподинамії для офісних працівників [2, 3, 39].

Таким чином, методологія побудови програми опирається на поєднання об'єктивної стабілометричної діагностики, біомеханічного аналізу тіла та доказових протоколів баланс-тренінгу [14–18, 27–30, 31–39].

3.8. Комплекс вправ для покращення балансу у офісних працівників

3.8.1. Наукове обґрунтування комплексу

Малорухливий спосіб життя призводить до порушення просторової організації тіла, зниження пропріоцепції, слабкості стабілізуючих м'язових ланцюгів та сенсомоторної дисфункції (Kashuba et al., 2020; Peterka, 2018). Балансувальні вправи підвищують чутливість пропріорецепторів, покращують міжсегментарну координацію та сприяють оптимізації контролю центру тиску.

Комплекс побудовано з урахуванням принципів прогресії навантаження, варіабельності стимулу та сенсорного перезважування. Використано нестабільні опори (Airex, Bosu, баланс-подушки), що активують глибоку мускулатуру та прискорюють моторне навчання.

3.8.2. Структура тренувального заняття

Вступне тестування балансу (на кожному занятті)

Статичний баланс на одній нозі (очі відкриті) час утримання 20–60 сек.

Статичний баланс на одній нозі (очі закриті) час утримання 20–60 сек.

Це дозволяє визначити вихідний рівень постуральної стійкості та сенсорну залежність.

3.8.3. Етапи, загальна тривалість та структура заняття (45 хв)

Етапи, структура та загальна тривалість заняття описані у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Етапи, структура та загальна тривалість заняття

Етап	Тривалість	Зміст
Розминка	5 хв	Стрибки, мобілізаційні рухи
Баланс без обладнання	5 хв	Базова активація стабілізаторів
Робота з круглою баланс-подушкою	5 хв + 15 хв	Нестабільна опора, динамічні вправи
BOSU, платформа, Airex	15 хв	Поглиблена дестабілізація
Заминка	5 хв	Дихальні та статичні вправи

3.8.4. Комплекс вправ

А. Розминка (5 хв)

1. Стрибки

- на двох ногах;
- на одній нозі;
- у сторони.

Мета: активація стопи, підвищення тону м'язів-стабілізаторів.

2. Махи ногою вперед

І.П. стоячи, стопа у флексії. Мах вперед-назад – 20 повторень.

3. Махи ногою через опору

Робота у фронтальній/діагональній площині – 10 повторень.

4. Присід на одній нозі + відведення

Синергічна активація м'язового ланцюга стегно–таз–кор.

5. Розгинання ноги у коліні

10 повторень на кожную ногу.

В. Основна частина

В1. Баланс без обладнання (5 хв)

1. Баланс на одній нозі з діагональним нахилом

Утримання 8 сек → ускладнення: дотик лікоть–коліно.

2. Латеральні стрибки з фіксацією

5 повторень на сторону.

3. Баланс з нахилом корпусу вперед

Т-позиція, утримання 8 сек.

В2. Робота з баланс-подушкою (Airex / кругла подушка)

1. Баланс стоячи на одній нозі (рис. 3.15)

Утримання 4 сек × 2 повторення.

2. Випад на подушку (рис. 3.16)

10 повторень.



Рис. 3.15. Випад на одній нозі. Власний архів (фото).



Рис. 3.16. Випад на двох подушках. Власний архів (фото).

3. Присід на подушці (рис. 3.17.)

Одинарна або подвійна опора, 2×10 повторень.



Рис. 3.17. Присід на подушці. Власний архів (фото).

4. Поперемінне піднімання ніг стоячи на подушці

2×20 повторень.

5. Плечовий міст на подушці

Варіанти:

- дві ноги на подушці;
- дві подушки;
- міст однією ногою.

6. Планки

- на ліктях;
- бокова планка;
- на прямих руках;
- варіанти з підніманням ніг/рук (рис. 3.18).



Рис. 3.18. Планка на прямих руках з

дотягуванням. Власний архів (фото).

7. Cat-Dog на подушці

5 повторень на сторону.

8. Планка з підніманням колін

Утримання 5 сек.

9. Віджимання

- одна рука на подушці;
- дві руки на подушках.

10. Зворотний міст із підтримкою на подушці

10 повторень.

11. Баланс сидячи на подушці

Мобілізація тазу, контроль центру мас.

В3. Робота на подушці AIREX з інвентарем (м'яч)

1. Дотягування

Дотягнутися до предмета, утримуючи баланс.

2. Перекат м'яча однією ногою (рис. 3.19).



Рис. 3.19. Перекат м'яча однією ногою. Власний архів (фото).

Моторний контроль у багатоплощинному русі.

3. Кидки м'яча тренеру

Баланс + координація + реакція.

4. Підйом на носки та на одній нозі

Утримання 8 сек.

5. Пістолет на AIREX

Підвищене навантаження на стабілізатори.

В4. BOSU (чорна поверхня)

1. Йога баланс на одній нозі

Утримання 8–16 сек.

2. Поза орла

8–16 сек.

3. Пістолет на BOSU

Складний пропріоцептивний стимул.

4. Варіації планки

- опора на одну руку;
- динамічні зміни опори.

3.8.5. Методичні рекомендації

Тривалість тренування: 45 хв

Частота: 2–3 рази на тиждень

Прогресія:

1-й рівень – статичні пози

2-й рівень – динамічні рухи з нестабільною опорою

3-й рівень – координаційні та реактивні вправи

Основні принципи:

- активізація коротких м'язів-стабілізаторів;
- сенсорне переважаювання (зниження залежності від зору);
- робота в 3D площинах;
- розвиток стопи як ключового сенсомоторного органу.

3.8.6. Протокол профілактично-реабілітаційного тренування на стабілоплатформі Huber 360

Тривалість курсу: 12 занять (3 рази на тиждень протягом 4 тижнів)

Тривалість одного заняття: 30–40 хв

Мета програми

- Відновлення та покращення рівноваги
- Оптимізація меж постуральної стабільності
- Збільшення рухливості хребта та периферичних сегментів
- Зміцнення м'язів верхніх і нижніх кінцівок
- Покращення сенсомоторної та когнітивно-рухової координації
- Зниження ризику падінь та м'язово-скелетних дисфункцій.

Протокол розроблено відповідно до принципів **пропріоцептивного тренінгу, сенсорного переважаювання та адаптивного навчання**, що рекомендовані у сучасній реабілітації (Paillard, 2017; Peterka, 2018).

Структура заняття на Huber 360

I. Розігрів (5 хв)

- Вправи на стабільній платформі з біологічним зворотним зв'язком
- Дихальні вправи з легкими змінами позиції
- Мобілізаційні рухи для підготовки вестибулярної та пропріоцептивної систем

Завдання етапу: активація стопи, тулуба та перехід у стан сенсомоторної готовності.

II. Тренування рівноваги та постурального контролю (10 хв)

Використовуються стандартні режими Huber 360:

- Баланс стоячи з перенесенням ваги у 4 та 8 напрямках
- Баланс з відкритими/закритими очима (сенсорне перезважування)
- Одноопорні пози з корекцією векторів сили
- Навчання стабілізації у динаміці рухомої платформи

Основна дія: покращення контролю COP, зменшення латентності реакцій.

III. Силовий модуль (8–10 хв)

- Ізометричне тренування рук у режимі платформного опору (20–40%)
- Статико-динамічні вправи для м'язів кора
- Активізація нижніх кінцівок у напівприсіді
- Контроль симетрії навантаження
 - Прогресивні вправи з ускладненням з використанням додаткового обладнання: BOSU платформи одночасно та електростимуляції м'язів авторські вправи;

Фізіологічна дія: зміцнення глибоких стабілізаторів та м'язів кінцівок, оптимізація роботи фасціальних ланцюгів.

IV. Координаційно-когнітивний модуль (7–10 хв)

- Вправи на синхронізацію рухів верхніх і нижніх кінцівок
- Вправи з пошуком цілі (інтерактивні об'єкти на екрані)
- Завдання з вибором напрямків, кольорів, алгоритмів
- Тренування просторової орієнтації

Наукове підґрунтя: активізація фронто-церебелярних мереж, що відповідають за моторне навчання та динамічну рівновагу.

V. Заключна частина (3–5 хв)

- Легка розтяжка
- Дихальні вправи
- Фінальний короткий баланс-тест для фіксації стану після заняття

Індивідуальні корекції програми

- Зниження сили >20% - посилений силовий блок
- порушення координації - збільшення когнітивно-рухових завдань
- Скарги на біль - перехід на ізометричні варіанти, зменшення амплітуди рухів

Рекомендації після завершення курсу

- Повторне тестування 1 раз на місяць
- 1 підтримуюче заняття на Huber 360 на тиждень
- Домашня програма з баланс-вправами (Airex, BOSU, нестабільні опори)

Висновки до розділу 3

У результаті аналізу отриманих даних встановлено, що в усіх обстежених офісних працівників із малорухливим способом життя спостерігалися системні порушення постурального контролю порівняно з еталонним фізично активним дорослим. Найбільші відхилення виявлені за показниками координації (-32 %), тесту ходи за Фукудою (-27°) та загальної рівноваги (-23,5 %), що свідчить про недостатню ефективність сенсомоторної інтеграції, ослаблення глибоких м'язів-стабілізаторів [2-7, 11-14, 15, 17, 41].

Показники меж стабільності (-18 %) і рухливості (-15,6 %) вказують на обмеження можливостей активного переміщення центру тиску та зменшення функціональних резервів попереково-тазового комплексу, що пов'язано з укороченням фасціальних структур, зниженням еластичності м'язово-зв'язкового апарату та порушенням просторової організації тіла [1-4, 14, 31-38].

Зниження ізометричної сили верхніх кінцівок (-16,5 %), особливо у віковій групі 40-45 років, узгоджується з даними про прискорене вікове зменшення

м'язової маси та нейром'язової ефективності в умовах гіподинамії [3, 8-10, 15, 18].

Результати тесту BESS продемонстрували підвищену кількість помилок у всіх учасників (середнє значення 15,4 бала проти еталонних 6 балів), що підтверджує наявність виражених дефіцитів постуральної стабільності, особливо в умовах нестабільної опори та мінімізованого зорового контролю. Найбільше порушення зафіксовано у позі на одній нозі на подушці Airex, що відображає слабкість глибокої стабілізації, порушення роботи стопи та зниження якості пропріоцептивних сигналів [20-26, 27-30]. Віковий аналіз показав, що показники рівноваги та координації мають чітку тенденцію до погіршення після 40 років, що узгоджується з міжнародними даними про вікове зниження пропріоцепції, сили та ефективності постуральних стратегій, яке посилюється малорухливим способом життя [3, 6, 13-15, 31-33, 36].

Після 10-тижневої програми стабілотренінгу (Huber 360 + BOSU/Airex + авторські вправи) зафіксовано статистично та клінічно значуще покращення всіх досліджуваних параметрів: приріст показників рівноваги в середньому на 16,3-28,9 %, зменшення відхилення в тесті Фукуда, розширення меж стабільності, збільшення амплітуди рухів і сили верхніх кінцівок. Кількість помилок у тесті BESS знизилася на 33-55 %, що свідчить про суттєве покращення постурального контролю та ефективності корекційних реакцій [15-18, 20-26, 27-30, 41]. Найбільша позитивна динаміка відзначена в учасників із найгіршими вихідними показниками, що вказує на високу чутливість стабілотренінгу до корекції виражених постуральних порушень.

Фізіологічне обґрунтування отриманих змін базується на принципах нейропластичності та сенсорного переважування: регулярні тренування на стабілоплатформі Huber 360 та нестабільних опорах призвели до підвищення пропріоцептивної чутливості, активації глибоких м'язів корпусу, оптимізації ankle- та hip-стратегій, удосконалення міжсегментарної координації та формування нових постуральних моторних програм [11-14, 15-19, 27-30, 46-48, 52-56]. Отримані результати узгоджуються з даними клінічних досліджень щодо

ефективності Huber 360 при хронічному болю в попереку та порушеннях постуральної стабільності [31-33], а також із українськими роботами з біомеханіки просторової організації тіла [34-40, 41].

Таким чином, результати третього розділу підтверджують, що малорухливий (офісний) спосіб життя зумовлює системні порушення постуральної функції, координації та просторової організації тіла, тоді як комплексний стабілотренінг з використанням Huber 360, нестабільних поверхонь та цілеспрямованих сенсомоторних вправ є ефективним інструментом для їх корекції, профілактики падінь та покращення функціонального стану опорно-рухового апарату в офісній популяції [1-9, 11-18, 27-33, 34-41].

РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ

Рекомендації сформовано на основі результатів проведеного дослідження, аналізу наукової літератури (2015–2025 рр.) та сучасних доказових підходів фізичної терапії. Наведені положення можуть бути використані у практиці фізичних терапевтів, спеціалістів з реабілітації, спортивних тренерів, а також у корпоративних програмах здоров'я для працівників офісної сфери.

4.1. Рекомендації щодо профілактики порушень постурального контролю у офісних працівників

- 1. Обмеження часу неперервного сидіння до 30–60 хв** з обов'язковими міні-паузами активності тривалістю 2–3 хвилини.
- 2. Організація робочого середовища** з урахуванням ергономічних принципів: оптимальна висота сидіння, позиціонування монітора, підтримка поперекового лордозу з використанням подушки круглої для балансу або спеціалізованої ортопедичної подушки для сидіння. Використання робочих столів з функцією регулювання висоти з можливістю працювати стоячи на балансуєчій платформі.
- 3. Включення коротких баланс-вправ протягом робочого дня:** стояння на одній нозі, легкі присідання, активація стопи (флексія/екстернальна ротація). Натискання великим пальцем стопи (активація м'язів).
- 4. Щоденна ходьба не менше 8000–10000 кроків**, що згідно з рекомендаціями ВООЗ знижує ризик порушень ОРА на 30–40 %. Включаючи крокування з замкненими очима та крокування назад.

4.2. Рекомендації щодо використання стабілоплатформи Huber 360

- 1. Проводити тренування 2–3 рази на тиждень по 20–40 хв**, відповідно до адаптаційних можливостей користувача.

2. **Включати 6 базових тестів Huber 360** (Balance, Fukuda, Limits of Stability, Range of Mobility, Strength, Coordination) у початкове та фінальне оцінювання.
3. **Структурувати заняття у форматі:**
 - розігрів (5 хв),
 - постуральний блок (10 хв),
 - силово-координаційний блок (15 хв), з додаванням ускладнення,
 - заключна частина (3–5 хв).
4. **Акцентувати на тренуванні сенсорного переважування** (очі відкриті/закриті), що сприяє нормалізації взаємодії вестибулярної, пропріоцептивної та зорової систем.
5. **Контролювати прогрес кожні 4 заняття**, що дозволяє своєчасно коригувати навантаження.

4.3. Рекомендації до програми фізичної терапії після 10-тижневого курсу стабілотренінгу

1. **Підтримуючі заняття на Huber 360 – 1 раз на тиждень** для стабілізації досягнутого результату.
2. **Домашня програма вправ (15–20 хв/день):**
 - активація стопи та гомілковостопного суглоба;
 - вправи на баланс на подушці Airex;
 - тренування стабілізаторів тазу та кора;
 - координаційні завдання з м'ячем або гумовою стрічкою.
3. **Раз на 3 місяці – контрольний BESS-тест та повторне тестування на платформі раз на місяць.**

4.4. Рекомендації для включення у корпоративні програми здоров'я

1. **Створення програм “Active Office”**, які включають динамічні перерви, освітні матеріали та регулярні заняття з фізичним терапевтом.

2. **Обладнання простору відпочинку** під інтерактивну зону з баланс-платформами, подушками, м'ячами.
3. **Ведення індивідуальних карток здоров'я** з простими показниками функціонального стану.
4. **Щорічний комплексний скринінг опорно-рухового апарату** з використанням Huber 360, Mobeefit, BESS.

4.5. Рекомендації для осіб із підвищеним ризиком порушення балансу

При наявності скарг на:

- запаморочення,
- нестабільність,
- часті падіння,
- біль у попереку або стопі

рекомендується:

1. **Консультація невролога або фізичного терапевта** перед початком програми.
2. **Індивідуальні модифікації тренування:**
 - зменшення амплітуди рухів платформи;
 - додаткові опори при необхідності;
 - ізометричні вправи замість динамічних.
3. **Посилена робота з пропріоцепцією та вестибулярною системою** (вправи з закритими очима, зміна опори, нестабільні поверхні, додаткові дестабілізатори та провокатори нестабільності).

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи проведено комплексний аналіз фізіологічних механізмів контролю балансу, впливу малорухливого способу життя на стан опорно-рухового апарату та постуральної системи, а також оцінено ефективність застосування стабілотренінгу за допомогою сучасних стабілоплатформ у корекції порушень рівноваги в офісних працівників.

Дослідження ґрунтується на систематичному огляді наукової літератури, результатах власних публікацій авторки (2025), стабілометричній діагностиці та практичній апробації корекційних програм.

1. Встановлено, що постуральний контроль є багаторівневою сенсомоторною системою, яка забезпечується узгодженою роботою зорових, соматосенсорних і вестибулярних рецепторів, інтеграцією сигналів у мозочку, стовбурі мозку, корі та базальних гангліях. Відповідно до даних сучасних досліджень (Horak, Peterka, Paillard), саме ефективність сенсомоторної інтеграції визначає якість утримання рівноваги та стратегії контролю положення тіла (ankle–hip–step).

2. Малорухливий спосіб життя доведено є ключовим чинником порушення балансу.

Тривале сидіння (6–10 год на добу), характерне для офісної діяльності, призводить до:

- зниження пропріоцептивної чутливості стопи;
- ослаблення глибоких м'язів-стабілізаторів;
- асиметрії навантаження на нижні кінцівки;
- домінування hip-стратегії над ankle-стратегією;
- збільшення амплітуди коливань COP;
- порушення просторової організації тіла.

Це повністю узгоджується з даними систематичних оглядів WHO, Owen et al., Saunders et al., Morton et al., а також із результатами публікації Собко (2025).

3. Хронічний стрес та психоемоційне напруження, характерні для умов воєнного часу, додатково погіршують показники рівноваги.

Підвищення кортизолу, зміни активності мозочка та дофамінергічних шляхів призводять до:

- сповільнення корекційних реакцій;
- погіршення сенсорного переважування;
- зниження точності рухових програм;
- підвищення латеральної нестабільності.

4. Стабілометричне тестування на платформі Huber 360 показало системне зниження функціональних показників у всіх обстежених офісних працівників (n=10).

Порівняно з еталонним значенням (100 %) у вибірці виявлено:

- рівновага – зниження на 23,5 %;
- хода (Фукуда) – відхилення на 27°;
- межі стабільності – зниження на 18 %;
- рухливість – зниження на 15,6 %;
- сила рук – зниження на 16,5 %;
- координація – зниження на 32 %.

Найгірші результати зафіксовані у віковій групі 40-45 років, що підтверджує вікову залежність балансових моторних характеристик.

5. Розроблена й апробована програма стабілотренінгу довела свою ефективність для відновлення балансу та корекції порушень постурального контролю. Її ключові компоненти включали:

- тренування з біологічним зворотним зв'язком на Huber 360;
- вправи на нестабільних поверхнях (Airex, BOSU, баланс-борди);
- активацію коротких м'язів стопи;
- вправи на міжсегментарну стабілізацію тулуба;
- сенсорне переважування;
- координаційні та моторно-когнітивні завдання.

Отримані результати узгоджуються із сучасними доказовими даними про ефективність баланс-тренінгу (Lesinski et al., Granacher et al., Tantot et al., Vincent et al.).

6. Застосування стабілоплатформ Huber 360 має низку переваг над традиційними тренувальними методами, зокрема:

- точне вимірювання COP;
- інтерактивний біофідбек;
- відтворюваність навантаження;
- можливість індивідуалізації;
- розвиток нейропластичності;
- одночасна робота декількох сенсорних систем.

Це підтверджують сучасні клінічні дослідження 2022–2024 років.

7. У роботі створено науково обґрунтовану модель корекції балансу для офісних працівників, яка може використовуватися:

- у фізичній терапії та спортивній медицині;
- у програмах профілактики порушень ОРА;
- у корпоративних програмах здоров'я;
- у навчальних програмах підготовки майбутніх фізичних терапевтів;
- у клінічних реабілітаційних центрах, що працюють з пацієнтами після травм
- і військовослужбовцями.

8. Практичний досвід авторки (25 років роботи в реабілітації та спортивній медицині) став основою для створення якісних авторських вправ та адаптованих протоколів стабілотренінгу.

Участь у професійних конференціях, майстер-класах і співпраця з військовими медичними центрами забезпечили високу валідність практичних рекомендацій.

Проведене дослідження підтвердило, що малорухливий спосіб життя та хронічний стрес істотно погіршують стан постуральної системи, проте застосування сучасних стабілізаційних технологій, зокрема платформи Huber 360, дозволяє ефективно відновити пропріоцепцію, стабільність, мобільність та координацію рухів.

Отримані результати мають високу наукову новизну та практичну цінність і можуть бути використані у подальших дослідженнях, реабілітаційних програмах та системах підготовки фахівців з фізичної терапії.

Встановлено, що постуральний контроль є багаторівневою сенсомоторною системою.

У ході дослідження підтверджено, що постуральний контроль формується завдяки інтегрованій роботі трьох ключових сенсорних систем – зорової, соматосенсорної та вестибулярної – які забезпечують безперервний потік аферентної інформації про положення тіла у просторі. Центральні структури мозку (мозочок, стовбур мозку, кора великих півкуль і базальні ганглії) здійснюють інтеграцію цих сигналів та формують моторні реакції, спрямовані на утримання вертикальної пози та стабільності.

Дані фундаментальних досліджень F.B. Horak (2006) і R.J. Peterka (2002; 2018) свідчать, що ефективність балансу визначається не окремими сенсорними каналами, а якістю **сенсомоторної інтеграції**, здатністю нервової системи правильно «зважувати» сигнали та адаптувати моторні стратегії до умов середовища.

У результаті аналізу літератури встановлено, що порушення хоча б однієї з ланок - рецепторної, провідникової чи центральної – призводить до:

- збільшення амплітуди коливань COP;
- погіршення точності корекційних реакцій;
- переходу до енергозатратних стратегій контролю рівноваги (hip, step);
- зниження стійкості як у статичних, так і динамічних умовах;
- підвищення ризику падінь.

Відповідно до даних Paillard (2017) і Granacher et al. (2013), постуральний контроль є пластичною системою, яка може адаптуватися під впливом тренування та зовнішніх стимулів, що підтверджує можливість цілеспрямованої реабілітації порушень рівноваги.

Таким чином, у роботі доведено, що постуральний контроль є складною, багаторівневою та динамічною сенсомоторною системою, функціональна цілісність якої є основою рухової безпеки, стабільності та ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. World Health Organization. *Global status report on physical activity 2022*. Geneva: WHO; 2022. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240059153>.
2. Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. Too much sitting: the population-health science of sedentary behavior. *Exerc Sport Sci Rev*. 2010;38(3):105–113. doi:10.1097/JES.0b013e3181e373a2.
3. Saunders TJ, McIsaac T, Douillette K, et al. Sedentary behaviour and health in adults: overview of systematic reviews. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2020;45(S2):S197–S217.
4. Morton S, Fitzsimons C, Hall J, et al. Reducing sedentary behavior in office and home environments: rapid review and transferability appraisal. *Front Sports Act Living*. 2022;4:954639. doi:10.3389/fspor.2022.954639.
5. Buckley JP, Hedge A, Yates T, et al. The sedentary office: expert statement on reducing workplace sitting. *Br J Sports Med*. 2015;49(21):1357–1362. doi:10.1136/bjsports-2015-094618.
6. Buman MP, Winkler EAH, Kurka JM, et al. Reallocating time to sleep, sedentary and active behaviors: cardiovascular risk associations. *Am J Epidemiol*. 2014;179(3):323–334.
7. Bort-Roig J, et al. Digital health strategies to reduce sedentary time in remote workers. *Front Digit Health*. 2025; doi:10.3389/fdgth.2025.11783833.
8. Jiang YS, Wang M, Liu S, et al. Sedentary behavior and falls in older adults: systematic review and meta-analysis. *Front Public Health*. 2022;10:1019551.
9. Garcia Meneguci CA, Meneguci J, Sasaki JE, et al. Physical activity, sedentary behavior and functionality in older adults. *PLoS One*. 2021;16(2):e0246275.
10. Ramsey KA, Aunger JA, Tunnicliffe J, et al. Physical activity and sedentary behaviour: associations with physical function. *Physiol Behav*. 2022;249:113764.

- 11.Horak FB. Postural orientation and equilibrium: neural control of balance. *Age Ageing*. 2006;35(S2):ii7–ii11.
- 12.Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*. 2002;88(3):1097–1118.
- 13.Peterka RJ. Sensory integration in human balance control. *Curr Opin Physiol*. 2018;8:27–34.
- 14.Paillard T. Plasticity of postural function with motor experience. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;72:129–152.
- 15.Granacher U, Gollhofer A, Hortobágyi T, Kressig RW, Muehlbauer T. Trunk muscle strength and balance in fall prevention. *Sports Med*. 2013;43(7):627–641. doi:10.1007/s40279-013-0041-1.
- 16.Maughan KK, Leonard HA, Cavanaugh BS. Dose–response in balance training in older adults. *J Aging Phys Act*. 2012;20(4):442–455.
- 17.Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Dose–response of balance training in healthy adults: meta-analysis. *Sports Med*. 2015;45(4):557–576.
- 17.Lesinski M, Hortobágyi T, et al. Effects of balance training in healthy older adults: meta-analysis. *Sports Med*. 2015;45(12):1721–1738.
- 18.Yoshida T, et al. Short-term balance training reduces COP displacement on dynamic platforms. *J Exerc Sci Fit*. 2023; doi:10.1016/j.jesf.2023.05.003.
- 20.Guskiewicz KM. Balance assessment in concussion management. *Clin Sports Med*. 2011;30(1):89–102.
- 21.Bell DR, Guskiewicz KM, Clark MA, Padua DA. Review of BESS validity. *Sports Health*. 2011;3(3):287–295.
- 22.Broglio SP, Zhu W, Sapiar K, Park Y. Reliability of BESS in young adults. *J Athl Train*. 2009;44(5):497–502.
- 23.Hansen C, Cushman DM, Anderson V, et al. Reliability of BESS in children. *Clin J Sport Med*. 2017;27(1):64–68.
- 24.Leungbootnak A, Puntumetakul R, Kamsa-Ard S, et al. Validity of BESS Thai version in neck pain. *PLoS One*. 2024;19(3):e0283456.

- 25.King LA, Horak FB, Mancini M, et al. Instrumented BESS for persistent balance issues. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95(2):353–359.
- 26.Schönberg NKT, Halderman L, Esposito A, et al. Instrumented BESS in pediatric concussion. *Diagnostics.* 2024;14(5):513.
- 27.Alsubaie SF, Whitney SL, Furman JM, Marchetti GF. Ratings of perceived difficulty during balance exercises. *Phys Ther.* 2019;99(10):1381–1395.
- 28.Alqahtani BA, Sparto PJ, Whitney SL, et al. Psychometric properties of instrumented COP metrics. *Arch Gerontol Geriatr.* 2020;88:104034.
- 29.Forbes PA. Romberg Test. *NCBI Bookshelf*; 2020.
- 30.Anagnostou E, et al. Wearable-sensor quantification of Romberg patterns. *Sensors.* 2025; PMID: PMC12248627.
- 31.Osmanski-Zenk K, Siemianowska K, Mroczek A, et al. Postural control in adults with and without karate training using Huber 360. *Pol Orthop Traumatol.* 2022;87(1):43–51.
- 32.Tantot M, Demoulin C, Leroy A, et al. Intensive 6-week rehabilitation using Huber 360 Evolution for chronic low back pain. *Clin Pract.* 2022;12(4):609–618.
- 33.Vincent LE, Tantot M, Leroy A, et al. Huber platform therapy in chronic low back pain: RCT. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2023;59(5):576–585.
- 34.Кашуба ВО, Попадюха ЮА. Біомеханіка просторової організації тіла людини. Київ: Центр учбової літератури; 2018.
- 35.Кашуба В, Гончарова Н, Носова Н. Біомеханіка просторової організації тіла людини. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2020;(2):67–85.
- 36.Кашуба ВО, Григус ІМ, Самойлюк ОВ. Особливості рухової функції осіб зрілого віку. *Rehabilitation & Recreation.* 2024;18(3):179–186.
- 37.Матійчук ВІ. Постуральний контроль у фізичному терапевтичному процесі. *Rehabilitation & Recreation.* 2023;XX(X):XX–XX.
- 38.Альошина А, Матійчук В, Остап'як З. Морфобіомеханічні особливості студенток. *Вісник Прикарпатського університету.* 2020;35:3–9.

- 39.Кашуба ВО, Попадюха Ю. Постура дітей із сенсорною депривацією. *Journal of Education, Health and Sport*. 2017;7(8):1387–1407.
- 40.Корекція тілобудови людини... Колективна монографія / ред. Альошиної АІ. Луцьк: Вежа-Друк; 2022.
- 41.Собко ІІ. Вплив сидячого способу життя на функціональний стан офісних працівників середнього віку. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2025;4:45–49.
- 43.Gaba A, Kapus O, Pelclova J, et al. Sedentary behaviour and balance impairment: systematic review. *BMC Geriatr*. 2022;22(1):76.
- 44.Yoshida T, et al. Dynamic platform interventions and COP displacement. *J Exerc Sci Fit*. 2023.
- 45.Buman MP, Winkler EAH, Kurka JM, et al. Worksite interventions reducing sedentary behaviour. *Am J Epidemiol*. 2016;179(3):323–334.
- 46.Paillard T. Neural adaptations to postural training. *Curr Opin Physiol*. 2017;72:129–152.
- 47.Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Relationship between strength and postural control. *Gerontology*. 2015;61(3):190–198.
- 48.Bosco C, et al. Neuromuscular control and balance training mechanisms. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(3):459–469.
- 49.Ivanenko YP, et al. Human balance neuromechanics. *Prog Brain Res*. 2013;208:1–15.
- 50.Winter DA. Human postural control: COP-COM relationship. *J Biomech*. 1995;28(7):863–877.
- 51.Latash ML. Postural synergies and stability. *Motor Control*. 2010;14(1):52–63.
- 52.Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor Control: *Translating Research into Clinical Practice*. Lippincott; 2016.
- 53.Patel M. Adaptation of sensory reweighting with age. *Aging Clin Exp Res*. 2011;23(5):343–350.
- 54.Kleim JA, Jones TA. Principles of experience-dependent neural plasticity. *J Speech Lang Hear Res*. 2008;51(1):S225–S239.

55. Taube W, Gruber M, Gollhofer A. Training-induced reduction of sway: neural adaptations. *Neuroscience*. 2008;155(3):744–752.
56. Mahboobin A, Loughlin PJ, Redfern MS. Sensory integration model of postural control. *IEEE Trans Neur Syst Rehabil Eng*. 2005;13(4):470–478.
57. Glenn JM, et al. Balance training in middle-aged adults: systematic review. *Phys Ther Sport*. 2015;16(3):361–368.
58. Marigold DS, et al. Role of experience and training in dynamic balance. *Exp Brain Res*. 2007;179:409–419.