

УДК 616-072

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-79-92

**Володимир Сергійович Лизогуб**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
[v\\_lizogub@ukr.net](mailto:v_lizogub@ukr.net)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3001-138X>

**Аркадій Олексійович Кравець**

КНП РОП «Астра» ЧМП

[arkkra72@gmail.com](mailto:arkkra72@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1266-7056>

**Ігор Анатолійович Путілін**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького,  
[putiliniigor279@gmail.com](mailto:putiliniigor279@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6343-3115>

**Юлія Юрїївна Чистовська**

Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького  
[j.chystovska@ukr.net](mailto:j.chystovska@ukr.net)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7817-1967>

## ПОСТУРАЛЬНА СТІЙКІСТЬ НА СТАБІЛЬНІЙ ТА НЕСТАБІЛЬНІЙ ОПОРІ ЗА РІЗНОЇ ПАТОЛОГІЇ

**Анотація.** У осіб з пошкодженнями хребта ( $n=12$ ), травмами нижньої кінцівки ( $n=12$ ) та здорових ( $n=14$ ) досліджували постуральну стійкість на стабільній та нестабільній платформі стабілографа «МПФІ стабілограф-1» після проведення курсу фізичної реабілітації з використанням багатофункціонального програмного комплексу (БПК) MFT Challenge Disc 2.0.

Встановлено, що фізична реабілітація з допомогою БПК MFT Challenge Disc 2.0 здійснює позитивний вплив на підвищення статокінетичної стійкості пацієнтів з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок. Після курсу реабілітації по програмі БПК MFT Challenge Disc 2.0 на нестабільній опорі стабілографа у пацієнтів з патологією поперекового відділу хребта та травмами кісток нижніх кінцівок спостерігали статистично значуще підвищення коефіцієнту якості функції регулювання рівноваги (KFR,%), та зменшення довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм), середньої швидкості переміщення центру тиску (AvgSpeed, мм/с) та середньої частоти спектру коливання центру тиску у медіолатеральній та антеріопостеріорній площині ( $wAvgFMA$ , Гц), ніж на стабільній опорі. У пацієнтів з патологією поперекового відділу хребта виконання завдань фізичної реабілітації по програмі БПК MFT Challenge Disc 2.0 дозволяє суттєво покращити статокінетичну стійкість, та знизити напруження механізмів постуральної регуляції на нестабільній опорі стабілографа, ніж у пацієнтів з патологією нижніх кінцівок.

Результати демонструють, що за умови використання тренувального комплексу БПК MFT Challenge Disc 2.0 показники стабілографії змінювались непропорційно. Виявлені особливості зміни стабілографічних показників обумовлені різною патологією хворих і умовами утримання вертикального положення на стабільній та нестабільній опорі. Доведено, що нестабільна опора здійснює більш виражений вплив на процес реабілітації хворих з патологією кісток нижніх кінцівок, ніж поперекового відділу хребта та на стабільній опорі. Нестабільна опора, що використовується для тренування координації та реабілітації, а також для дослідження кількісних характеристик статокінетичної стійкості дає об'єктивну оцінку функціонального стану системи, що підтримує рівновагу. Така оцінка заснована на кількісному вимірі здатності людини керувати позою у стабілометричних тестах заснованих на методиках з біоуправлінням опорної функції.

**Ключові слова:** статокінетична стійкість; стабілографія; нестабільна опора; реабілітація; патологія поперекового відділу хребта; травма кісток нижніх кінцівок; багатофункціональний програмний комплекс MFT Challenge Disc 2.0.

Рівновага являє собою здатність підтримувати вертикальне положення тіла з мінімальною амплітудою коливання [1, 2, 3]. Контроль за цим процесом забезпечується комбінацією центральних та периферичних нервових компонентів, включаючи спинномозкові рефлексивні, супраспінальні команди та інтеграцією аферентних сигналів зорової, вестибулярної та сомато-сенсорної модальності [4]. Стратегії постурального контролю включають або компенсуючі коригування пози після її непередбачуваного відхилення, або випереджувальні реакції, які протидіють будь-яким змінам пози [5]. Як бачимо, що функція рівноваги складний рефлекторний процес, який контролюється безперервним потоком імпульсів, що йдуть від м'язів, пропріорецепторів, сухожилля, шкірних екстерорецепторів, вестибулярної та зорової системи до відповідних відділів ЦНС. При порушенні рівноваги ці імпульси активують рефлекторні скорочення м'язових волокон для її відновлення. Таким чином, рефлекторні скорочення м'язів є причиною безперервних коливань тіла людини, які спрямовані на збереження рівноваги [6]. Ці коливання не завжди можна спостерігати візуально, але їх можна зареєструвати за допомогою спеціальних пристроїв. Одним з найбільш поширених методів дослідження функції рівноваги людини є стабілографія [5, 7]. Зареєстровані параметри стабілограми несуть інформацію про стан опорно-рухової системи, ЦНС та органу рівноваги [8].

Стабілометр представляє нерухому платформу, яка містить тензодатчики, що вимірюють вертикальну силу для визначення центру тиску, який виникає у разі стояння на ньому людини. За таких умов використовуються сигнали, які зв'язані зі зміною сили тяжіння, що вимірюється електромеханічними чи електронними датчиками. Застосовується стабілометрія з метою діагностики, медичної реабілітації чи тренування координації. Стабілометричні платформи використовують і для об'єктивної оцінки функціонального стану людини. Постуральний контроль тісно пов'язаний з гармонійним розвитком сенсорно-моторної інтеграції та моторним, когнітивним і соціальним розвитком дитини [9]. Спортивна діяльність у більшості випадків потребує від людини широкого діапазону просторово-рухової орієнтації, точності, швидкості, стійкості, різнобічної координації рухів у часі та просторі [10]. Ось чому використання стабілографії у спорті та спортивній медицині дозволяє виявляти вроджені особливості вестибулярної системи спортсменів, які не змінюються під впливом тренувань, а також своєчасно оцінювати функціональний стан та рівень підготовленості спортсменів, коректувати режими тренувань, розробляти спеціальні тренувальні комплекси та визначати їх ефективність [11]. За умови відповідних вроджених здібностей та під час удосконалення спортивної майстерності повинна спостерігатися мінімізація амплітуди коливань тіла та підвищення якості статодинамічної стійкості і спортивного результату.

У спортивних дослідженнях стабілометрія дає змогу отримати загальну інформацію про стан спортсмена, провести точний аналіз окремих дій, контролювати спортивну форму, допомагає об'єктивно оцінити індивідуально-типологічні особливості кожного спортсмена, здійснювати контроль функціонального стану організму [12, 13]. Зазначимо, що комп'ютерна стабілометрія дає змогу досліджувати функціональну систему, що підтримує рівновагу. Така оцінка заснована на кількісному вимірі здатності людини керувати позою у відомих стабілометричних тестах [14]. Наприклад у варіанті пози Ромберга, а також в нових модифікованих методиках з біоуправлінням опорної реакції [15]. Цей метод має широкий спектр застосування: оцінювання відновлення функцій опорно-рухового апарату за умов протезування, діагностики вестибулярних порушень, обґрунтування критеріїв вертикалізації хворих на гострий інфаркт міокарда для уточнення й оптимізації режиму рухової активності [5]. Також стабілографія є обов'язковим компонентом системи моніторингу у відновлювальному лікуванні хворих на геміпаретичну форму дитячого церебрального паралічу [16].

Дослідження продемонстрували ефективність використання постуральних тестів у виявленні субклінічних вестибулярних дисфункцій [17]. Проведена оцінка вестибулярної функції дітей з гострим гнійним середнім отитом методом комп'ютерної статичної стабілометрії. У стані з закритими очима діти з гнійним отитом відрізняють від своїх здорових однолітків за 14 з 24 стабілометричних параметрів: довжиною стабілограм, швидкістю, кутом та амплітудою коливань, поступаючи їм у стійкості рівноваги. [18]. Показано, що діти з гнійним середнім отитом більш чутливі до зорового каналу постурального контролю, ніж їх однолітки. Залучення зорової аферентації до постурального контролю істотно покращує підтримання балансу у дітей з гнійним отитом за рахунок зменшення девіацій, постуральних коливань порівняно з контролем [18]. Встановлено, що у дошкільному віці гнійний середній отит призводить до прихованої вестибулярної дисфункції, яка виявляється порушенням стійкості вертикальної пози у стані з закритими очима та компенсується за рахунок зорово-вестибуло-пропріоцептивної інтеграції в процесі постурального контролю.

Як бачимо, різні органічні пошкодження та функціональні порушення можуть приводити до дестабілізації стаатокінетичної стійкості людини. З'ясування механізмів утримання вертикального положення тіла при різних порушеннях на сьогодні не повністю зрозумілі і не з'ясовані механізми взаємодії сенсорних та моторних систем у цьому процесі [19, 20]. Тим менше, що ЦНС у більшості випадків успішно вирішує завдання утримання статокінетичної стійкості, координує активність постуральних м'язів, узгоджує їх з інформацією, що поступає від вестибулярної, пропріорецептивної, слухової та зорової систем [21, 22, 23, 24]. У той же час проблеми, що викликають порушення функції хребта та опорної функції нижніх кінцівок тісно пов'язані з вестибулярною, пропріорецептивною, слуховою та зоровою системою і можуть привести до розладів статокінетичної стійкості [25, 26]. Зазначене дозволяє зробити узагальнення щодо обумовленості скарг хворих з патологією хребта та нижніх кінцівок не лише порушеннями функції опорно-рухової функції, а і розладами та дисфункцією рівноваги.

Як бачимо, результати оцінки статокінетичної функції у осіб з патологією хребта та кісток нижніх кінцівок різними інструментальними методами є досить суперечливими, на що вказувалося й у нещодавньому систематичному огляді [16], а дослідження засобів фізичної реабілітації практично відсутні.

Враховуючи зазначене вище та простоту й відтворюваність результатів статичної стабілометрії у виявленні ефективності засобів фізичної реабілітації пацієнтів з патологією хребта та кісток нижніх кінцівок було сформульовано мету нашого дослідження.

**Мета дослідження** – з'ясувати особливості динаміки статокінетичної стійкості у хворих з травмами поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок за умови проведення курсу фізичної реабілітації з використанням комп'ютерного тренувального комплексу БПК MFT Challenge Disc 2.0.

**Матеріали й методи дослідження.** Дослідження проводили на базі комунального закладу Реабілітаційний центр "Астра". Дослідження проводили на особах чоловічої статі віком 17–47 років. Реєстрацію стабілограм здійснювали з використанням стабілометричної платформи. Були створені 3 групи. До першої групи були віднесені обстежувані з переломами кісток нижніх кінцівок (13 осіб), до другої - особи з пошкодженнями поперекового відділу хребта (9 осіб) та здорові особи, що склали третю, контрольну групу (12 осіб).

Дослідження проводились відповідно до Гельсінської декларації. Обстежувані були поінформовані і дали згоду на участь у дослідженні. Експертиза була схвалена Комітетом з біоетики Черкаського національного університету. Випробування проводили в рамках дослідження № 0122U001744.

Статокінетичну стійкість обстежуваних визначали з допомогою стабілографа («МПФІ стабілограф-1») і пакету програмного забезпечення StabiliS на платформі (40x40 см). Надійність стабілометричної оцінки доведена [13, 25, 26, 27, 28]. Найбільш відомими позами

є три наступні пози: 1) коли обстежуваний стоїть прямо, руки розведені горизонтально в сторони (“Т-поза”); 2) - стоїть прямо з руками, які тримає горизонтальне поперед себе (так звана “Зомбі-поза”); 3) - стоїть прямо, руки опущені вниз вздовж тулуба (“Поза солдата”). У нашому дослідженні обстежувані після інструктажу вставали на платформу стабілографа, у положення “Основна стійка”: руки — прижаті, п'ятки — на відстані 3 см, стопи — под кутом  $30^\circ$ , очі відкриті.

Реєстрацію стабілограмів проводили за умови виконання 2 тестів. Спочатку виконували тест на стабільній опорі та – на нестабільній опорі. Реєстрацію стабілограм виконували з використанням стабілометричної платформи. Під час стояння досліджуваного на платформі через коливання його центра маси (ЦМ) у проекції на опорну платформу виникають зміни у моменти сил, які реєструються цифровими датчиками платформи. За допомогою дисплея та візуального контролю випробовуваний отримує інформацію про положення свого тіла на платформі. На стабільній платформі стабілографа обстежувані довільно утримували вертикальне положення тіла. Пальці стопи були розгорнуті на кут  $30^\circ$ , а між п'ятами була відстань у 3 см. Обстежувані візуально контролювали положенням тіла. Досліджуваному пропонувалося стати на платформу й регулювати свою позу так, щоб на розміщеному перед ним екрані дисплея коло, що рухається у залежності від переміщення власного положення тіла та центру тиску, була в місці перетину двох взаємно перпендикулярних ліній фігури, що розміщена на екрані.

Другий тест обстежувані виконували на нестабільній платформі стабілографа. Стопи обстежуваних знаходились на нестабільній платформі стабілографа розміром  $40 \times 40$ , яка розташовувалась на поролоні такого ж розміру і товщиною 100 мм з наклейками пластиковими мітками для стопи. Стопи за цих умов не торкались платформи стабілографа. Стопи спереду розведені под кутом  $30^\circ$ , відстань між п'ятами - 30 мм. У всіх випадках експерименту обидві стопи знаходились на одному горизонтальному рівні. Досліджуваній самостійно довільно розподіляв навантаження для утримання вертикальної пози.

З кожним обстежуваним проводили три проби, обирали найкращий результат. Досліджувані самостійно довільно розподіляли навантаження для вертикального положення. Тривалість кожного тесту становила 60 с.

При виконанні тестових завдань у цифровому режимі здійснювали запис тривалістю 60 с. з дискретністю в  $25 \text{ l } \Delta t = \text{с}$  і обробляли сигнали стабілограмів. Показники функціонального стану системи та регуляції статокінетичної стійкості оцінювали за коефіцієнтом якості функції рівноваги (KFR,%), довжини траєкторії коливань центру тиску (Length, мм), середньої швидкості переміщення центру тиску (AvgSpeed, мм/с) та визначали спектральну щільності початкового сигналу у ряду Фур'є для антеріопостеріорної і медіолатеральної площини (середню частоту корсс-спектру коливання центру тиску,  $w_{\text{AvgFMA}}$ , Гц).

На першому етапі здійснювали дослідження та аналіз показників стабілографії на початку реабілітаційного процесу. Повторні дослідження були проведені після завершення курсу реабілітації.

Статистичну обробку даних проводився за допомогою пакетів для медичних та біологічних досліджень (SPSS, версія 22, IBM, США). Аналіз показників, що одержані в результаті обробки стабілограмів, показав, що їх розподіл відрізняється від нормального. Відповідно до цього, при проведенні подальшого статистичного аналізу застосовувалися непараметричні критерії і використовували описову статистику (медіана, похибка медіани, I та III квартилі) та критерій Вілкоксона. Використовували тест Т'юкі з поправкою Бонферроні для визначення значущих відмінностей ( $p < 0.05$ ) між середніми значеннями.

**Результати дослідження та їх обговорення.** У осіб з пошкодженнями поперекового відділу хребта та травмами кісток нижньої кінцівки провели дослідження постуральної стійкості на стабільній та нестабільній платформі стабілографа до та після проведення курсу

фізичної реабілітації з використанням багатофункціонального програмного комплексу MFT Challenge Disc 2.0. Пошкодження поперекового відділу хребта та травми кісток нижніх кінцівок призводять до прихованої дисфункції, яка виявляється у порушенні статокінетичної стійкості на стабільній та нестабільній опорі.

*Дослідження постуральної стійкості на стабільній та нестабільній опорі перед початком проведення курсу фізичної реабілітації.* Всі обстежувані контрольної та груп втручання проходили дослідження постуральної стійкості на стабільній платформі стабілографа. Необхідно було утримувати поставу на стабільній опорі стабілографа без зайвого психоемоційного напруження. Результати дослідження поступальної стійкості оцінювали за показниками: Length, мм, AvgSpeed, мм/с, KFR,%, та wAvgFMA, Гц у здорових обстежуваних контрольної групи, з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок на стабільній платформі до початку проведення курсу фізичної реабілітації представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Показники постуральної стійкості ( $X \pm SD$ ) та статистична значущість різниці ( $P$ ) у групах обстежуваних на стабільній платформі стабілографа до початку курсу реабілітації

Групи втручання, №		Досліджувані показники			
		Length, мм	AvgSpeed, мм/с	KFR, %	wAvgFMA, Гц
Контрольна	1	431,6±50,9	7,0±0,87	81,1±4,3	0,238±0,02
Пошкодження хребта	2	703,2±61,3	11,6±1,04	59,7±4,8	0,309±0,02
Травми нижніх кінцівок	3	613,4±74,2	10,0±1,9	67,0±5,7	0,293±0,01
Статистична значущість різниць, P	P <sub>1-2</sub>	= 0,034	= 0,037	= 0,033	= 0,041
	P <sub>1-3</sub>	= 0,021	= 0,041	= 0,031	= 0,047
	P <sub>2-3</sub>	= 0,043	= 0,063	= 0,053	= 0,053

З результатів, що представлені у таблиці видно, що досліджувані характеристики статокінетичної стійкості у осіб з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок на стабільній платформі стабілографа перед початком курсу реабілітації відрізнялись від показників контрольної групи. Так, у обстежуваних груп втручання, з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок статистично значуще збільшилися показники стабілограми Length та AvgSpeed, а KFR знизився у порівнянні зі значеннями контрольної групи ( $p < 0,05$  –  $p < 0,001$ ). Показники середньозваженої частоти спектру коливань центру тиску у фронтальній та сагітальній площинах та крос-спектру (wAvgFMA) у контрольній групі знаходилася у низькочастотному діапазоні (0,238±0,02 Гц) і була статистично значуще нижча, ніж у осіб з патологією поперекового відділу хребта та нижніх кінцівок ( $p \leq 0,05$ ). Зазначена частота відображає процес утримання рівноваги в межах проекції площі його опори та компенсаторне відновлення втраченої рівноваги тіла як результат установчих позних рефлексів (??). Це свідчить про домінування механізмів саморегуляції основної стійки у обстежуваних контрольної групи (?). Показники wAvgFMA у групах втручання статистично значущих змін не мали ( $p > 0,05$ ), але були вищими, ніж у контрольній групі та знаходились у межах (0,293±0,01 - 0,309±0,02 Гц). Отже, вищі значення стабілограми Length, AvgSpeed, wAvgFMA та нижчі KFR у групах втручання, з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок можуть бути ознакою статокінетичної дисфункції механізмів саморегуляції порівняно з контролем.

У стані дослідження стабілограми на нестабільній опорі стабілографа у осіб з пошкодженнями поперекового відділу хребта та травмами кісток нижньої кінцівки до проведення курсу фізичної реабілітації значно знизилися показники статокінетичної стійкості у всіх групах порівняно з характеристиками, що були отримані на стабільній опорі (табл. 2).

Таблиця 2

Показники поструральної стійкості ( $X \pm SD$ ) та статистична значущість різниці ( $P$ ) у обстежуваних на нестабільній платформі стабілографа до початку курсу фізичної реабілітації

Групи втручання, №		Досліджувані показники			
		Length, мм	AvgSpeed, мм/с	КФР, %	wAvgFMA, Гц
Контрольна	1	804,6±73,1	13,1±1,26	63,0±3,71	0,336±0,03
Пошкодження хребта	2	1047,6±84,3	17,6±1,4	39,7±3,4	0,406±0,04
Травми нижніх кінцівок	3	850±68,4	14,1±1,1	49,8 ±4,04	0,385±0,01
Статистична значущість різниць, P	P <sub>1-2</sub>	= 0,023	= 0,017	= 0,023	= 0,027
	P <sub>1-3</sub>	= 0,041	= 0,045	= 0,032	= 0,041
	P <sub>2-3</sub>	= 0,073	= 0,076	= 0,083	= 0,063

З результатів табл. 2 видно, що на нестабільній, так як і на стабільній опорі стабілографа показники Length, AvgSpeed були статистично значуще більшими, а KFR та wAvgFMA нижчим у групах з травмами хребта та нижніх кінцівок, ніж у контрольній групі здорових осіб ( $p < 0,05 - 0,001$ ). До проведення курсу реабілітації у обстежуваних з патологією поперекового відділу хребта були виявлені дещо вищі показники Length та AvgSpeed і wAvgFMA та нижчі значення KFR, ніж у обстежуваних з травмами кісток нижніх кінцівок. Але статистичної значущості ці показники не досягли ( $p > 0,05$ ). Це вказує на те, що за умови стояння на нестабільній опорі значно погіршується статокінетична стійкість і, особливо, у осіб віднесених до групи з патологією поперекового відділу хребта. Спільним для обстежуваних усіх груп було те, що за умови нестабільної опори, у порівнянні зі стабільною, статокінетична стійкість знижувалась. На це вказували показники Length, AvgSpeed і wAvgFMA, що підвищилися, а також зниження KFR. Зазначене може вказувати на значно більше напруження механізмів регуляції статокінетичної стійкості та більш вираженої дисфункції аферентної інтеграції з боку трьох ключових систем: зорової, вестибулярної та сомтосенсорної, особливо, у групах втручання. Необхідно звернути увагу на те, що всіх обстежуваних як у групі здорових так і з травмами хребта та нижніх кінцівок середньозважена частота спектру коливань центру тиску у фронтальній та сагітальній площинах та крос-спектру (wAvgFMA) статистично значуще підвищилась і знаходилась у діапазоні вищих частот (0,336±0,03 - 0,406±0,04 Гц), ніж за умови утримання постави на стабільній опорі ( $p \leq 0,05$ ). У осіб з патологією хребта середньозважена частота спектру коливань центру тиску (wAvgFMA) досягла величини 0,406±0,04 Гц, що може бути інтерпретоване, як домінування у механізмах регуляції та компенсації постави вищих регуляторних центрів [16].

Отже, з вищевикладеного матеріалу можна зробити узагальнення стосовно того, що до початку проведення курсу реабілітації у випробовуваних з патології функції поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок на стабільній, так і нестабільній опорі статокінетична стійкість статистично значуще нижча, ніж у групах здорових обстежуваних контрольної групи. Нестабільна опора значно знижувала функцію статокінетичної стійкості у всіх групах обстежуваних. Статистично значущих різниць у групах з патологією

поперекового відділу хребта та травмами кісток нижніх кінцівок, як на стабільній, так і на нестабільній опорі не виявлено.

*Реабілітаційна програма для осіб з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок.* Обстежувані з патологією нижніх кінцівок та хребта упродовж години під керівництвом фізичного терапевта медичного центру тричі на тиждень проходили заняття з реабілітації по програмі, що закладена у комп'ютерному комплексі Challenge Disc 2.0. Обстежувані упродовж години послідовно виконували тренувальні завдання на балансувальному диску. Реабілітація складалася з 4 програм: розминки і навчання активного управління рухами (5 хв); тести на перевірку координації (10 хв); навчання координаційним і терапевтичним програмам (15 хв.) та 6 ігрових програм тренування координації (по 5 хв кожна). Під час стояння пацієнта на диску через коливання його центра маси у проекції на опорну платформу виникають зміни у моменті сил, які реєструються цифровими датчиками комп'ютерного комплексу. За допомогою монітора, випробовуваний візуально контролює положення свого центра маси на платформі та здійснює його корекцію. Досліджуваному пропонувалося стати на платформу й регулювати свою позу так, щоб на розміщеному перед ним екрані дисплея фігура, що рухається у залежності від переміщення власного положення тіла, була у точці, що постійно змінювала своє положення в заданих програмою напрямках на екрані. Для всіх обстежуваних з травмами поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок програма реабілітації була однаковою. Для кожного пацієнта проведено по 10 занять.

*Дослідження постуральної стійкості на стабільній та нестабільній опорі після проведення курсу фізичної реабілітації.* Всі обстежувані групи втручання, що проходили терапевтичну реабілітацію у медичному центрі і після закінчення курсу відновлення пройшли повторну перевірку статокінетичної стійкості за показниками стабілограми Length, AvgSpeed, KFR та wAvgFMA.

Необхідно було з'ясувати особливості динаміки статокінетичної стійкості у хворих з травмами поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок за фізичної реабілітації з використанням комп'ютерного комплексу та програми Challenge Disc 2.0. Результати дослідження постуральної стійкості у здорових обстежуваних контрольної групи і з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок на стабільній платформі після курсу фізичної реабілітації оцінювали за показниками Length, мм, AvgSpeed, мм/с, KFR, %, wAvgFMA, Гц (табл. 3).

Таблиця 3  
Показники постуральної стійкості ( $X \pm SD$ ) у обстежуваних на стабільній платформі стабілографа після проведення курсу фізичної реабілітації

Групи втручання, №		Досліджувані показники			
		Length, мм	AvgSpeed, мм/с	KFR, %	wAvgFMA, Гц
Контрольна	1	425,0±83,9	6,8±1,35	82,0±5,5	0,292±0,05
Пошкодження хребта	2	627,8±63,7	10,2±1,2	64,4±5,2	0,360±0,03
Травми нижніх кінцівок	3	586,0±64,9	10,1±1,09	67,0±5,04	0,316±0,02
Статистична значущість різниць, P	P <sub>1-2</sub>	= 0,023	= 0,017	= 0,023	= 0,027
	P <sub>1-3</sub>	= 0,041	= 0,045	= 0,032	= 0,061
	P <sub>2-3</sub>	= 0,073	= 0,076	= 0,083	= 0,043

У контрольній групі статокінетичні характеристики на стабільній опорі стабілографа через два тижні не змінилися у порівнянні з показниками, що були отримані до початку експерименту ( $p > 0,05$ ).

З результатів, що представлені у таблиці видно, що досліджувані характеристики статокінетичної стійкості у осіб з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок на стабільній платформі стіблогографа після курсу реабілітації відрізнялись від показників контрольної групи та між собою. Так, у обстежуваних груп втручання, з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок після проведення курсу реабілітації з допомогою диску і програми Challenge Disc 2.0. відмічались статистично значущі покращання показників стабілограми Length, AvgSpeed та KFR. У обстежуваних з пошкодженнями хребта та нижніх кінцівок на стабільній опорі показники стабілограми (KFR) були статистично значуще нижчими, а Length та AvgSpeed вищими, ніж у контрольній групі ( $p < 0,05 - 0,001$ ). Наведені результати вказують на те, що статокінетична стійкість на стабільній опорі обстежуваних з пошкодженнями поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок і після проведення курсу фізичної реабілітації по програмі Challenge поступається постуральним характеристикам здорових осіб.

Результати дослідження стабілограми на нестабільній опорі стабілографа у осіб з пошкодженнями поперекового відділу хребта та травмами кісток нижньої кінцівки після проведення курсу фізичної реабілітації з використанням диску та програми Challenge представлені у табл. 4.

Таблиця 4

Показники постуральної стійкості ( $X \pm SD$ ) у обстежуваних на нестабільній платформі стабілографа після проведення курсу реабілітації

Групи втручання, №		Досліджувані показники			
		Length, мм	AvgSpeed, мм/с	KFR, %	wAvgFMA, Гц
Контрольна	1	795,5±75,4	12,7±1,23	62,7±4,36	0,338±0,03
Пошкодження хребта	2	912,7±62,8	15,0±2,7	48,2±7,7	0,350±0,06
Травми нижніх кінцівок	3	797,2±54,9	13,0±0,98	55,6±3,5	0,297±0,02
Статистична значущість різниць, P	P <sub>1-2</sub>	= 0,023	= 0,017	= 0,023	= 0,027
	P <sub>1-3</sub>	= 0,041	= 0,045	= 0,032	= 0,061
	P <sub>2-3</sub>	= 0,073	= 0,076	= 0,083	= 0,043

Представлені у таблиці 4 дані демонструють, що досліджувані характеристики статокінетичної стійкості у осіб з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок на нестабільній платформі стіблогографа після проведення курсу реабілітації по програмі Challenge стали кращими, ніж у до початку курсу реабілітації. Втім, у обстежуваних з пошкодженнями поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок на нестабільній опорі показники стабілограми KFR були статистично значуще нижчими, а Length та AvgSpeed вищими, ніж у контрольній групі ( $p < 0,05 - 0,001$ ). Наведені результати вказують на те, що статокінетична стійкість на нестабільній опорі пацієнтів з пошкодженнями хребта та нижніх кінцівок і після проведення курсу фізичної реабілітації по програмі Challenge поступається характеристикам здорових осіб. Статистично значущих різниць у групах з патологією поперекового відділу хребта та травмами кісток нижніх кінцівок, як на стабільній, так і на нестабільній опорі після проведення курсу фізичної реабілітації не виявлено. У контрольній групі статокінетичні характеристики на нестабільній опорі стабілографа через два тижні не змінилися у порівнянні з показниками, що були отримані на початку експерименту ( $p > 0,05$ ). Особи з патологією поперекового відділу хребта та травмами кісток нижніх кінцівок виявились



більш чутливими до постурального контролю на нестабільній опорі, ніж їх здорові обстежувані.

Результати показали, що у контролі для всіх обстежуваних груп на нестабільній опорі спостерігали збільшення розхитування тіла. За цих умов спостерігали зниження якості підтримання рівноваги (зниження KFR) за рахунок підвищення девіації постуральних коливань, що підтверджують показники зростання середньої швидкості переміщення центру тиску (AvgSpeed, мм/с), так і шляхом меншої кількості великих коливань та і підвищення спектральної щільності площини (середня частота корсс-спектру коливання центру тиску, wAvgFMA, Гц), ніж у контролі на стабільній опорі ( $p < 0,05 - 0,001$ ). Імовірно, що нестабільна опора зменшує кількість регулярних та передбачуваних коливань і посилення низькочастотного діапазону (близько 0,3 Гц) порівняно з контролем на стабільній опорі. За значене свідчить про те, що стабілізуючі коливання стають більш раптовими та випадковими та пов'язаними з залученням вищих рівнів централізації у регуляції постурального контролю (???). Останнє узгоджується з виявленою вищою середньою довжиною траєкторії коливань центру тиску (Length, мм), у порівнянні з контролем.

Беручи до уваги, що ми виявили загальну динаміку та механізми статокінетичної стійкості обстежуваних та можна зробити узагальнення стосовно того, що після проведення курсу фізичної реабілітації з використанням програми Challenge у випробовуваних з патології функції поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок на стабільній, так і нестабільній опорі статокінетична стійкість покращилась, але залишалась статистично значуще нижчою у порівнянні з здоровими обстежуваними контрольною групи. Статистично значущих різниць у групах з патологією поперекового відділу хребта та травмами кісток нижніх кінцівок, як на стабільній, так і на нестабільній опорі не виявлено.

Для з'ясування особливостей фізичної реабілітації по програмі Challenge у пацієнтів з патологією поперекового відділу хребта та травмами кісток нижніх кінцівок ми провели розрахунки зміни показників стабілографії на стабільній та нестабільній опорі у %. За вихідні значення були взяті показники, що отримані перед початком занять з реабілітації, а кінцевими результатами служили характеристики стабілографії після проведення 10 занять на тренажері Challenge Disc 2.0 (табл. 5).

Таблиця 5

Зміна показників стабілограми у % після проведення курсу реабілітації на стабільній та нестабільній опорі у осіб з патологією поперекового відділу хребта та травмами кісок нижніх кінцівок у порівнянні з вихідним станом

Групи обстежуваних, умови дослідження, показники	Контрольна Група		Пошкодження хребта		Травми нижніх кінцівок	
	Стабільна опора	Нестабільна опора	Стабільна опора	Нестабільна опора	Стабільна опора	Нестабільна опора
Length, мм	+ 1,4	+ 1,9	+ 11,0	+13,0	+4,5	+ 7,1
AvgSpeed, мм/с	+1,9	+2,4	+12,1	+14,8	+1,2	+8,2
KFR, %	+1,2	+1,8	+6,6	+20,1	+1,6	+12,0

Результати показали, що реакція досліджуваних показників стабілографії на фізичні навантаження, що відбувалися на тренажері по програмі Challenge Disc 2.0 знаходилась у залежності від стану здоров'я, виду патології та умов утримання рівноваги на стабільній, чи нестабільній опорі. Найменші зміни показників статокінетичної стійкості були у здорових обстежуваних контрольною групи. Відносні показники статокінетичної стійкості у випробовуваних змінювались у незначних межах. На стабільній і нестабільній опорі зміни

стабілографічних характеристик у контрольній групі не перевищували 2,4%. Необхідно звернути увагу на те, що найбільші зміни відносних показників стабілограми Length, AvgSpeed та KFR після проведення курсу реабілітації по програмі та на диску Challenge Disc 2.0 були виявлені у пацієнтів з пошкодженнями поперекового відділу хребта. На стабільній опорі такі зміни після проведення курсу фізичної реабілітації становили від 6,6 до 12,1%, на нестабільній опорі вони були більшими 13,0 - 20,1%. У пацієнтів з травмами кісток нижніх кінцівок на нестабільній опорі показники статокінетичної стійкості після проведення курсу фізичної реабілітації покращилися на 7,1-12,0%, на стабільній опорі на 1,2-4,5%. Наведені результати вказують на те, що процес фізичної реабілітації з використанням програмного комплексу Challenge здійснює помітний вплив на відновлення функції кісток нижніх кінцівок і, особливо, функції поперекового відділу хребта, що підтверджують результати дослідження статокінетичної стійкості на стабільній та нестабільній опорі.

Отже, у стані на стабільній та нестабільній опорі обстежувані з патологією поперекового відділу хребта та травмами кісток нижніх кінцівок відрізняють від здорових обстежуваних за усіма досліджуваними стабілометричними показниками. У тому числі за довжиною стабілограми, швидкістю коливань, коефіцієнтом функції рівноваги та спектральною щільністю площі коливання центру тиску, поступаючись їм у стійкості рівноваги. Залучення у процес фізичної реабілітації програмного комплексу Challenge істотно покращує статокінетичну стійкість у осіб з патологією поперекового відділу хребта та травмами кісток нижніх кінцівок за рахунок зменшення девіацій, постуральних коливань, що знаходить відображення у вірогідних змінах стабілометричних параметрів порівняно з контролем та показниками, що отримані на початку експерименту. Результатами роботи доведено, що статокінетична стійкість у осіб з патологією поперекового відділу хребта та травми кісток нижніх кінцівок компенсується за рахунок зорово-вестибуло-пропріоцептивної інтеграції у процесі реабілітації постурального контролю з використанням програмного комплексу Challenge. Особи з патологією поперекового відділу хребта виявились більш чутливими до реабілітації по програмі постурального контролю на нестабільній опорі, ніж випробовувані з травми кісток нижніх кінцівок. Пояснити результати більш ефективного впливу фізичної реабілітації з постійним постуральним контролем на нестабільній опорі MFT Challenge Disc 2.0. на відновлення функції поперекового відділу хребта, ніж на статокінетичну стійкість випробовуваних з травмами кісток нижніх кінцівок поки що рано. Необхідно продовжувати дослідження та накопичувати результати.

#### **Висновки:**

1. Встановлено, що фізична реабілітація з допомогою тренувального багатофункціонального комплексу MFT Challenge Disc 2.0. здійснює позитивний вплив на підвищення статокінетичної стійкості пацієнтів з патологією поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок.

2. Результати демонструють, що за умови використання тренувального комплексу Challenge Disc 2.0 стабілографічні характеристики змінювались непропорційно. Виявлені особливості зміни стабілографічних показників обумовлені різною патологією хворих та умовами утримання вертикального положення на стабільній та нестабільній опорі.

3. Процес фізичної реабілітації з використанням постурального контролю за програмою Challenge істотно покращує статокінетичну стійкість у осіб з патологією поперекового відділу хребта та травмами кісток нижніх кінцівок. Зменшується девіація, постуральних коливань, що знаходить відображення у вірогідних змінах стабілометричних параметрів порівняно з контролем та показниками, що отримані на початку експерименту.

4. Після курсу реабілітації по програмі Challenge на нестабільній опорі стабілографа у пацієнтів з пошкодженнями поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок спостерігали статистично значуще підвищення KFR і зниження Length, AvgSpeed, wAvgFMA.

5. Особи з пошкодженнями поперекового відділу хребта виявились більш чутливими до реабілітації по програмі постурального контролю на нестабільній опорі пограмного комплексу Challenge Disc 2.0, ніж випробовувані з травми кісток нижніх кінцівок.

6. Доведено, що нестабільна опора, що використовується для реабілітації, тренування координації та дослідження статокінетичної стійкості дозволяє об'єктивно оцінити функціональний стан пацієнтів з травмами поперекового відділу хребта та кісток нижніх кінцівок.

### Список використаної літератури

1. Cohen HS, Mulavara AP, Stitz J, Sangi-Haghepeykar H, Williams SP, Peters BT, Bloomberg JJ. Screening for vestibular disorders using the modified clinical test of sensory interaction and balance and tandem walking with eyes closed. *Otol neurotol.* 2019. № 40(5). P. 658–665. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002173>
2. Zimmermann M, Toni I, de Lange FP. Body posture modulates action perception. *J. Neurosci.* 2013. Vol. 33, no 14. P. 5930.
3. Halmágyi GM, Curthoys IS. Vestibular contributions to the Romberg test: Testing semicircular canal and otolith function. *European journal of neurology.* 2021. Vol. 28 (9). P.3211–3219. <https://doi.org/10.1111/ene.14942>
4. Nishino LK, Rocha GD, Souza T, Ribeiro F, Cóser PL. Protocolo para posturografia estática com provas dinâmicas em indivíduos sem queixas vestibulares utilizando o sistema Horus. *CoDAS.* 2021/ Vol. 33 (3): e20190270. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019270>.
5. Sliva SS. Domestic computer stabilography: engineering standards, functional capabilities, and fields of application. *Biomed Eng.* 2005. Vol. 39(1). P. 31-4. <https://doi.org/10.1007/s10527-005-0037-8>
6. Mochizuki L, Duarte M, Amadio AC, Zatsiorsky VM, Latash ML. Changes in postural sway and its fractions in conditions of postural instability different postural control mechanisms. *J Appl Biomech.* 2006. Vol. 22(1). P. 51-60. PMID: 16760-567. <https://doi.org/10.1123/jab.22.1.51>
7. Shephard NT. Functional operation of the balance system in daily lives. *Otolaryngology Clinics of North America.*2000. Vol. 33(3). P. 455-69. [https://doi.org/10.1016/S0030-6665\(05\)70220-6](https://doi.org/10.1016/S0030-6665(05)70220-6)
8. Sologubov EG, Yavorskii AB, Kobrin VI, Nemkova SA, Sinel'nikova AN. Use of Computer Stabilography and computer- assisted biomechanical examination of gait for diagnosis of posture and movement disorders in patients with various forms of infantile cerebral paralysis. *Biomed Eng.* 2000. Vol. 34(3): 138-43. <https://doi.org/10.1007/BF02389845>
9. Dias et al. Validity of a new stabilometric force platform for postural balance evaluation. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano.* 2011. Vol. 5, no. 13. P. 367—372.
10. Платонов В.М. Сучасна система спортивного тренування. Київ. Перша друкарня. 2021. 672 с.
11. Коваленко Я., Болобан В., Жирнов О. Сенсомоторна координація спортсменів, які займаються художньою гімнастикою на етапі спеціалізованої базової підготовки. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту.* 2017. №4. С. 27-34.
12. Приймаков А. А., Ейдер Є., Омельчук Є. В. Стійкість рівноваги у вертикальній стійці та управління довільним рухом у спортсменів-стрільців у процесі виготовлення та стрільби по мішені. *Фізичне виховання студентів.* 2015. № 1. С. 36—42.
13. Лизогуб В.С., Салівончик І.І., Коваль Ю.В., Дудник І.О. Формування статокінетичної стійкості в онтогенезі. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки.* 2023. № 2. С. 11–22. Doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2-64-77
14. Іванова Г. Є., Скворцов Д. В., Клімов Л. В. Оцінка постуральної функції у клінічній практиці. *Вісник відновлювальної медицини.* 2014. № 1. С. 19—25.
15. Кубряк О. В, Гроховський С. С. Практична стабілометрія. Статичні рухово-когнітивні тести з біологічним зворотним зв'язком по опорній реакції. 2012. С. 88 с. ISBN 978-5-91146-686-2.
16. Da Costa Monsanto R, Kasemodel A, Tomaz A, Paparella MM, Penido NO. Current evidence of peripheral vestibular symptoms secondary to otitis media. *Annalsofmedicine.* 2018. Vol. 50 (5). P. 391–401. <https://doi.org/10.1080/07853890.2018.1470665>
17. Gorski LP, Silva A, Cusin FS, Cesaroni S, Ganança MM, Caovilla HH. Body balance at static posturography in vestibular migraine. *Brazilian journal of otorhinolaryngology.* 2019. Vol. 85 (2). P. 183–192. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.12.001>

18. Лозова ЮВ. Визначення вестибулярної функції у дітей хворих на гнійний середній отит. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Медицина»*. 2022. №44. С. 49-64. doi:10.26565/2313-6693-2022-44-04
19. Asslander L.I., Peterka R.J. Sensory reweighting dynamics in human postural control. *J. Neurophysiol.* 2014. Vol. 111. No. 9. P. 1852.
20. Sousa A.S., Silva A., Tavares J. M. Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review. *Somatosen. Mot. Res.* 2012. Vol. 29. No. 4. P. 131.
21. Faraldo-Garcia A.I., Santos-Perez S., Crujeiras-Casais R. et al. Influence of age and gender in the sensory analysis of balance control. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2012. Vol. 269. No. 2. P. 673
22. Polastri P.F., Barela J.A., Kiemel T. et al. Dynamics of inter-modality re-weighting during human postural control. *Exp. Brain Res.* 2012. Vol. 223. No. 1. P. 99
23. Minino R, Lopez E T, Sorrentino P, Rucco R, Lardone A, Pesoli M, Tafuri D, Mandolesi L, Sorrentino G, Liparoti M. The effects of different frequencies of rhythmic acoustic stimulation on gait kinematics and trunk sway in healthy elderly population. *Scientific Reports*. 2021. doi:10.1038/s41598-021-98953-2] [PMid:34593924
24. Karageorghis CI, Lyne LP, Bigliassi M, Vuust P. Effects of auditory rhythm on movement accuracy in dance performance. *Human Movement Science*. 2019. Vol. (67):102511. doi:10.1016/j.humov.2019.102511 PMid:31450067
25. Коваль Ю.В., Юхименко Л.І., Чистовська Ю.Ю., Палійчук О.В. Вікові особливості формування статокінетичної стійкості у осіб з депривацією слухової функції *Вісник Черкаського університету. Серія: Біол. науки*, 2023, № 1. С. 11–22. Doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-46-57.
26. Bezkopulna S. V. Age dynamics of the persons with the stature disorders' mental workability. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*. 2020. № (2). С. 11-19.
27. Barozzi S, Socci M, Soi D, Di Berardino F, Fabio G, Forti S, Gasbarre AM, Brambilla D, Cesarani A. Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology*. 2014. Vol. 271 (7). P. 2069–2077. <https://doi.org/10.1007/s00405-014-2930-9>.
28. Безкопильна С.В., Мінаєв Б.П., Безкопильний О.О., Каленіченко О.В., Гречуха С.В. Вікові особливості статокінетичної стійкості у спортсменів та не спортсменів. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біол. науки*, 2023, № 1. С. 11–22. doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-27-34.

### References

1. Cohen, H. S., Mulavara, A. P., Stitz, J., Sangi-Haghpeykar, H., Williams, S. P., Peters, B. T., & Bloomberg, J. J. (2019). Screening for Vestibular Disorders Using the Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance and Tandem Walking With Eyes Closed. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 40(5), 658–665. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002173>
2. Zimmermann, M., Toni, I., & de Lange, F. P. (2013). Body posture modulates action perception. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 33(14), 5930–5938. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5570-12.2013>
3. Halmágyi, G. M., & Curthoys, I. S. (2021). Vestibular contributions to the Romberg test: Testing semicircular canal and otolith function. *European journal of neurology*, 28(9), 3211–3219. <https://doi.org/10.1111/ene.14942>
4. Nishino, Lucia Rocha, Guilherme Dias Souza, Thiago Ribeiro, Fernando Cóser, Pedro. (2021). Protocolo para posturografia estática com provas dinâmicas em indivíduos sem queixas vestibulares utilizando o sistema Horus. *CoDAS*. 33. 10.1590/2317-1782/20202019270.
5. Sliva SS. (2005). Domestic computer stabilography: engineering standards, functional capabilities, and fields of application. *Biomed Eng.* Vol. 39(1). P. 31-4. <https://doi.org/10.1007/s10527-005-0037-8>
6. Mochizuki, L., Duarte, M., Amadio, A. C., Zatsiorsky, V. M., & Latash, M. L. (2006). Changes in postural sway and its fractions in conditions of postural instability. *Journal of applied biomechanics*, 22(1), 51–60. <https://doi.org/10.1123/jab.22.1.51>

7. Shepard, N. T., & Solomon, D. (2000). Functional operation of the balance system in daily activities. *Otolaryngologic clinics of North America*, 33(3), 455–469. [https://doi.org/10.1016/s0030-6665\(05\)70220-6](https://doi.org/10.1016/s0030-6665(05)70220-6)
8. Sologubov, E. G., Iavorskiĭ, A. B., Kobrin, V. I., Nemkova, S. A., & Sinel'nikova, A. N. (2000). Primenenie komp'uternoĭ stabilografii i metoda komp'uternogo biomekhanicheskogo issledovaniia pokhodki dlia diagnostiki poznykh i dvigatel'nykh narusheniĭ u bol'nykh s razlichnymi formami detskogo tserebral'nogo paralicha [Use of computer-assisted stabilography and the method of computer-assisted biomechanical study of gait in the diagnosis of posture and motor disorders in patients with different forms of infantile cerebral paralysis]. *Meditinskaiia tekhnika*, (3), 24–28.
9. Dias et al. (2011). Validity of a new stabilometric force platform for postural balance evaluation. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. Vol. 5, no. 13. P. 367–372.
10. Platonov V.M. (2021). A modern system of sports training. Kyiv. The first printing house. 672 p.
11. Kovalenko, Ya., Boloban, V., & Zhirnov, O. (2017). Sensorimotor coordination of athletes engaged in artistic gymnastics at the stage of specialized basic training. *Theory and methods of physical education and sports*, (4), 27-34.
- A. A. Priymakov, E. Eider, & E. V. Omelchuk (2015). Stability of balance in a vertical stance and control of voluntary movement in sports shooters in the process of making and shooting at a target. *Physical education of students*. No. 1. P. 36-42.
12. Lyzogub, V., Salivonchuk, I., Koval, Y., & Dudnyk, I. (2023). Formation of statokinetic stability in ontogenesis. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*, (2), 64-75. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2-64-77>
13. Ivanova G. E., Skvortsov D. V., & Klimov L. V. Assessment of postural function in clinical practice. *Journal of restorative medicine*. 2014. No. 1. P. 19–25.
14. Kubryak O. V. & Grohovskiy S. S. (2012). Practical stabilometry. Static motor-cognitive tests with biological feedback on the reference reaction. P. 88 p. ISBN 978-5-91146-686-2.
15. Da Costa Monsanto R, Kasemodel A, Tomaz A, Paparella MM, & Penido NO. (2018). Current evidence of peripheral vestibular symptoms secondary to otitis media. *Annals of medicine*. Vol. 50 (5). P. 391–401. <https://doi.org/10.1080/07853890.2018.1470665>
16. Gorski, L. P., Silva, A. M. D., Cusin, F. S., Cesaroni, S., Ganança, M. M., & Caovilla, H. H. (2019). Body balance at static posturography in vestibular migraine. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*, 85(2), 183–192. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.12.001>
17. Lozova Y. V. (2022). Determination of vestibular function in children with purulous otitis. *Herald of Kharkiv National University named after V. N. Karazin. Series "Medicine"*, (44), 49-64. <https://doi.org/10.26565/2313-6693-2022-44-04>
18. Assländer, L., & Peterka, R. J. (2014). Sensory reweighting dynamics in human postural control. *Journal of neurophysiology*, 111(9), 1852–1864. <https://doi.org/10.1152/jn.00669.2013>
19. Sousa, A. S., Silva, A., & Tavares, J. M. (2012). Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review. *Somatosensory & motor research*, 29(4), 131–143. <https://doi.org/10.3109/08990220.2012.725680>
20. Faraldo-García, A., Santos-Pérez, S., Crujeiras-Casais, R., Labella-Caballero, T., & Soto-Varela, A. (2012). Influence of age and gender in the sensory analysis of balance control. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 269(2), 673–677. <https://doi.org/10.1007/s00405-011-1707-7>
21. Polastri, P. F., Barela, J. A., Kiemel, T., & Jeka, J. J. (2012). Dynamics of inter-modality re-weighting during human postural control. *Experimental brain research*, 223(1), 99–108. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3244-z>
22. Minino, R., Troisi Lopez, E., Sorrentino, P. et al. (2021) The effects of different frequencies of rhythmic acoustic stimulation on gait stability in healthy elderly individuals: a pilot study. *Sci Rep* 11, 19530. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98953-2>
23. Karageorghis, C. I., Lyne, L. P., Bigliassi, M., & Vuust, P. (2019). Effects of auditory rhythm on movement accuracy in dance performance. *Human movement science*, 67, 102511. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.102511>
24. Koval, Y., Yukhymenko, L., Chistovska, Y., & Paliychuk, O. (2023). Age-specific features of the formation of statokinetic stability in persons with hearing loss. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*, (1), 46-57. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-46-57>

25. Bezkopulna, S. V. (2020). Age dynamics of the persons with the stature disorders' mental workability. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*, (2), 11-19..
26. Barozzi, S., Socci, M., Soi, D., Di Bernardino, F., Fabio, G., Forti, S., Gasbarre, A. M., Brambilla, D., & Cesarani, A. (2014). Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 271(7), 2069–2077. <https://doi.org/10.1007/s00405-014-2930-9>
27. Bezcopylna, S. V., Minaev, B. P., Bezcopylnyi, O. O., Kalenichenko, O. V. , & Grechukha, S. V. (2023) Age characteristics of statokinetic stability in athletes and non-athletes. *Journal of Cherkasy University. Series Biological sciences*, (1), 27-34. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-27-34>

### **Lyzohub V.S., Kravets A.O., Putilin I.A., Chistovska Y.Yu. POSTURAL STABILITY ON STABLE AND UNSTABLE SUPPORT IN DIFFERENT PATHOLOGIES**

**Introduction.** Assessment of the statokinetic function of individuals with spine and lower extremity bone pathology by various instrumental methods is quite controversial, and studies of the effect of physical rehabilitation are practically absent. Given the above, it was necessary to determine the effectiveness of physical rehabilitation of patients with spine and lower extremity bone pathology in terms of statokinetic stability.

**The aim of the research-** to determine the peculiarities of the dynamics of statokinetic stability in patients with lumbar spine and lower extremity bone injuries during physical rehabilitation using the MFT Challenge Disc 2.0 computer training complex.

**Material and methods.** Postural stability on the stable and unstable platform of the MPFI Stabilograph-1 stabilograph after a course of physical rehabilitation using the MFT Challenge Disc 2.0 multifunctional software package (MFP) was studied in patients with spinal cord injuries (n=12), lower limb injuries (n=12) and healthy subjects (n=14).

**Results.** It has been established that physical rehabilitation with the help of BOD MFT Challenge Disc 2.0 has a positive effect on increasing the statokinetic stability of patients with pathology of the lumbar spine and lower extremity bones. After a rehabilitation course under the BPC MFT Challenge Disc 2.0 on an unstable stabilizer support in patients with lumbar spine pathology and lower extremity bone injuries, a statistically significant increase in the quality factor of the balance control function (QFR,%) was observed, and a decrease in the length of the pressure center oscillation trajectory (Length, mm), the average speed of the pressure center movement (AvgSpeed, mm/s) and the average frequency of the pressure center oscillation spectrum in the mediolateral and anteroposterior planes (wAvgFMA, Hz) than on a stable support. In patients with lumbar spine pathology, the implementation of physical rehabilitation tasks according to the BPC MFT Challenge Disc 2.0 program can significantly improve statokinetic stability and reduce the stress of postural regulation mechanisms on an unstable stabilizer support compared to patients with lower extremity pathology.

**Conclusions.** The results demonstrate that when using the BPC MFT Challenge Disc 2.0 training complex, stabilography indicators changed disproportionately. The revealed peculiarities of changes in stabilographic indicators are due to the different pathology of patients and the conditions of maintaining a vertical position on a stable and unstable support. It has been proved that unstable support has a more pronounced effect on the rehabilitation process of patients with lower extremity bone pathology than lumbar spine and stable support. Unstable support used for coordination training and rehabilitation, as well as for the study of quantitative characteristics of statokinetic stability provides an objective assessment of the functional state of the system that maintains balance. Such an assessment is based on the quantitative measurement of a person's ability to control posture in stabilometric tests based on biofeedback techniques.

**Key words:** statokinetic stability; stabilography; unstable support; rehabilitation; lumbar spine pathology; lower extremity bone injury; multifunctional software system MFT Challenge Disc 2.0.

Одержано редакцією: 02.04.2024

Прийнято до публікації: 01.05.2024