

УДК 612.821

DOI 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-46-57

**Коваль Юлія Віталіївна**

викладач, НДІ фізіології імені М. Босого,  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького,  
uyla0077@ukr.net,  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7160-5240>

**Юхименко Лілія Іванівна**

докторка біологічних наук, доцентка, кафедра анатомії, фізіології та фізичної реабілітації,  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького,  
liyukhimenko@ukr.net,  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4455-6233>

**Чистовська Юлія Юріївна**

доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри психології,  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького,  
j.chystovska@ukr.net,  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7817-1967>

**Палійчук Ольга Володимирівна**

доктор медичних наук, професор кафедри фундаментальної медицини,  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького,  
oncology@2upost.com,  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8782-7956>

## **ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТАТОКІНЕТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ У ОСІБ З ДЕПРИВАЦІЄЮ СЛУХОВОЇ ФУНКЦІЇ**

*Методикою стабілографії у осіб 8-17 років з депривацією слухової функції та нормальним слухом проведено дослідження динаміки статокінетичної стійкості та встановлено особливості її формування. За показниками коефіцієнту функції рівноваги, довжини траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси виявлено, що статокінетична стійкість у дітей, підлітків та юнаків з депривацією слухової функції, а також з нормальним слухом поступово розвивається та досягає максимальних значень у 16-17 років. У групах 14-15 та 16-17 років обстежувані з нормальною слуховою функцією характеризувались вищим рівнем та випереджаючим розвитком статокінетичної стійкості, порівняно їх однолітків з депривацією слухової функції.*

***Ключові слова:** стабілографія; статокінетична стійкість; коефіцієнт функції рівноваги; депривація слухової функції; онтогенез.*

### **Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Роботами нобелівських лауреатів Д. Хьюбела та Т.Н. Візела на моделях зорової депривації з участю тварин вперше було доведено високу пластичність структурно-функціональної реорганізації функціональних систем до змінених сенсорних умов існування на ранніх етапах постнатального розвитку [1]. З того часу накопичено багато даних щодо структурно-функціональної реорганізації деаферентованої сенсорної системи як у тварин, так і людей [2; 3; 4]. Разом з тим, не дивлячись на результати досліджень, що свідчать про високу структурно-функціональну інтеграцію та пластичність сенсорних систем, їх механізми на різних рівнях організації живої матерії все ще залишаються не повністю розкритими.

Відомо, що сенсорні системи організму відповідальні за психофізичний статус людини. Одною з провідних адаптаційних властивостей є здатність до зберігання рівноваги (вестибулярна стійкість). Почуття рівноваги і координації визначають

можливість людини до найбільш раціональної побудови цілісних рухових актів та перетворення вироблених форм рухів відповідно до умов і специфіки виду діяльності, що змінюються. Виключення будь-якого з аферентаційних каналів призводить до аномального розвитку [5].

Встановлено, що втрата слуху затримує не тільки формування словесної мови, пізнавальної діяльності, але й призводить до затримки розвитку основних рухових якостей, порушує координацію рухів, уповільнює швидкість їх виконання, спричинює просторову дезорієнтацію, нерівномірність розподілу зусиль, а також труднощі у збереженні статичної та динамічної рівноваги [6; 7].

Фізичний розвиток дітей, підлітків та юнаків зі слуховою депривацією має деяку своєрідність, причинами якої є перенесені захворювання, соматичне ослаблення. У них відзначаються більш низькі в порівнянні з особами, що нормально чують, показники росту, маси тіла, окружності грудної клітки, м'язова слабкість, зниження тону м'язів [8; 9].

Оскільки слабкочуючі та глухі особи відстають у темпах біологічного дозрівання, у них спостерігаються порушення в діяльності серцево-судинної і дихальної систем, мають місце відхилення у функціях опорно-рухового апарату [10; 11].

Обмежений обсяг інформації при порушенні одного або декількох аналізаторів створює специфічні умови розвитку психіки дитини. Виключення або зниження функції органів слуху як результат уродженої або набутої у ранньому дитинстві глухоти чи приглухуватості позбавляє дитину одного з найважливіших джерел інформації, видозмінюючи її пізнавальну діяльність [12]. Порушення в руховій сфері осіб з депривацією слухової функції можуть бути обумовлені загальними причинами: структурою слухового дефекту, недостатністю мовної функції, скороченим об'ємом інформації, станом рухового аналізатора, ступенем функціональної активності вестибулярного аналізатора. У осіб з рано придбаними чи уродженими недоліками слуху статичні і локомоторні функції відстають у своєму розвитку. Вони часто не володіють тим руховим досвідом, що є у здорових однолітків: не вміють швидко бігати, стрибати, повзати, робити найпростіші рухи. [13]. Водночас, сформовані рухи характеризуються порушенням координації, орієнтування в просторі, острахом висоти, сповільненістю і скутістю. Найбільша своєрідність у розвитку рухових якостей у осіб з порушеннями слуху відзначається в рівнях швидкісних якостей та рівноваги [14].

Для осіб з депривацією слухової функції притаманними є порушення дрібної моторики, що негативно проявляються в оволодінні різними видами діяльності. Виконання багатьох рухів створює зайвий шум. Депривація слухової функції проявляється у руховій сфері уповільненням та неритмічністю рухів, хиткою ходою, човганням ніг, не координованістю та незграбністю, підвищеною різкістю рухів, асиметрією кроків, похитуванням корпусу. Особливо страждають через втрату слуху координаційні здібності: швидкість реакції, точність, темп, диференціювання часу і простору [15].

Попередні дослідження свідчать про те, що особи із залишковим слухом можуть мати високий ризик розвитку порушень рівноваги [16]. Разом з тим, на тепер в літературі недостатньо даних про особливості статокінетичної стійкості у осіб з депривацією слухової функції. Це робить проблему актуальною з огляду на те, що відомості про формування статокінетичної стійкості у осіб з вадами слуху можуть дозволити скорегувати вже існуючі лікувальні практики, розробити спеціальні методи і прийоми адаптивного фізичного виховання, як важливих корекційних засобів.

У той же час залишається незрозумілим, чи можливим є формування структурно-функціональної сенсорно-моторної інтеграції за умов обмеженої слухової аферентації? Як співвідносяться процеси удосконалення статокінетичної стійкості за умов депривації

слухової функції з загальними механізмами нейроонтогенезу? Чи мають процеси структурно-функціональної інтеграції статокінетичної стійкості у осіб з депривацією слухової функції вікові особливості? У зв'язку з цим, **метою нашої роботи** було виявити особливості формування статокінетичної стійкості у осіб різного віку з депривацією слухової функції.

### **Матеріали та методи дослідження**

У дослідженні прийняли участь 62 особи 8-17 років з депривацією слухової функції (слабкочуючі та з повною глухотою) та 82 практично здорових їх однолітків. Дослідження за участю осіб з слуховою депривацією проводились на базі Черкаського навчально-реабілітаційного центру «Країна добра». Практично здорові школярі були учнями загальноосвітніх шкіл м. Черкаси. Для дослідження вікової динаміки порівнювали групи дітей, підлітків та юнаків обох статей. Участь в експерименті була добровільною і відповідала нормам біоетики Хельсінської декларації (1964 р та всіх її редакцій включно з останньою 2000 р.). Обстежувані були поінформовані, а вони самі та їх батьки дали згоду на участь у дослідженні.

Статокінетичну стійкість визначали на стабільній платформі (40x40 см) стабілографа («МПФИ стабілограф-1»), і пакета програмного забезпечення StabiliS. Під час тестування обстежувані упродовж 1 хвилини повинні були підтримували зручну вертикальну позу, проводили три проби, обирали найкращий результат. За цих умов стопи обстежуваних знаходилися в зручному положенні і були розгорнуті по відношенню одна до одної на кут  $20^{\circ}$ , а між п'ятками зберігалась відстань у 6 см. При обстеженні кожної особи проводили три проби та обирали найкращий результат.

Статокінетичну стійкість, як показник функціонального стану систем регуляції рухових функцій та протистояння до коливань, оцінювали за показником коефіцієнту функції рівноваги (КФР, %), довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкості переміщення центру маси тіла (AvgSpeed, мм/с.), що вираховувались приладом автоматично.

Результати дослідження опрацьовані з використанням програми Microsoft Excel. Достовірність різниць між вибірками оцінювали за критерієм Стьюдента. Значимість вірогідних значень приймалась  $p < 0.05$ .

### **Результати та їх обговорення**

Відповідно до теорії функціональних систем, організм людини є складною ієрархією організації різноманітних систем, що взаємодіють між собою. В основі цієї взаємодії лежить принцип домінанти, за яким у певний момент життєдіяльності організму переважає одна провідна функціональна система, а інші системи співвідносяться у певному порядку для отримання загального кінцевого корисного результату. У всіх випадках при переміщеннях тіла в просторі відбувається подразнення комплексу аналізаторів, що створюють статокінетичну функціональну систему. Отже, чим вище сенсомоторна інтеграція, тим менше ступінь коливання тіла і вищі показники статокінетичної стійкості.

В ході наших досліджень статокінетичної стійкості на стабілографі у дітей, підлітків та юнаків з депривацією та нормальною слуховою функцією виявлено значну індивідуальну варіацію показників КФР у діапазоні від 46% до 87%. Так, низький показник КФР був встановлений у обстежуваного 8-ми років з депривацією слухової функції, який сягав 46%. Високим цей показник виявився у обстежуваного юнака 17-ти років з нормальною слуховою функцією та дорівнював 87%.

Оскільки індивідуальні варіації показника статокінетичної стійкості знаходились у зазначених межах, було цікаво зробити диференційовану оцінку кількісних і якісних характеристик розподілу КФР у досліджуваних вікових групах дітей, підлітків та юнаків з нормальною та депривацією слухової функції. Для цього ми використали технологію

диференційних шкал. Відносні значення розподілу показників КФР на групи були отримані на основі їх характеристик з урахуванням величини середньоквадратичного відхилення ( $\sigma$ ) від середнього статистичного. Також ми вираховували градації значення  $X_i$  показників для кожного функціонального класу. На основі результатів дослідження вбуло визначено межі для розподілу обстежуваних на групи, які включають три рівні функціонального стану статокінетичної стійкості. Високий рівень, який вираховувався –  $X_i \leq X - \sigma$ , середній –  $X - 0,25\sigma \leq X_i \leq X \pm 0,25\sigma$  та низький –  $X + \sigma \leq X_i$ .

Така діагностика та оцінка за показником КФР дозволила виявити і представити кількісну і якісну характеристику статокінетичної стійкості обстежуваних у різних вікових групах. Так, за запропонованими нами шкалами до групи з високим рівнем сенсомоторної стійкості були віднесені обстежувані, які мали показники КФР на рівні 87%-74%. Групу із середнім рівнем статокінетичної стійкості склали особи, у яких показники КФР перебували у межах 73%-60%. А до групи з низьким рівнем статокінетичної стійкості були включені особи з показниками КФР нижче за 59%.

Шкали оцінок та розподіл обстежуваних по кожному функціональному класу статокінетичної стійкості у обстежуваних з нормальним слухом та депривацією слухової функції різного віку представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Розподіл обстежуваних за показниками різного рівня статокінетичної стійкості у вікових групах дітей, підлітків та юнаків з депривацією та нормальним слухом.

Рівні статокінетичної стійкості	Групи обстежуваних	Вікові групи, роки				
		8-9	10-11	12-13	14-15	16-17
Високий	Нормальний слух	17	20	23	25	27
	Депривація слухової функції	10	12	14	16	18
Середній	Нормальний слух	56	55	54	53	52
	Депривація слухової функції	55	54	54	54	53
Низький	Нормальний слух	27	25	23	22	21
	Депривація слухової функції	35	34	32	30	29

Необхідно підкреслити, що результати таблиці демонструють особливості становлення статокінетичної стійкості за результатами розподілу у різних вікових групах дітей, підлітків та юнаків. З неї видно, що найбільша кількість обстежуваних була віднесена до групи з середнім рівнем статокінетичної стійкості. Більшість обстежуваних різного віку як з нормальним слухом, так і з депривацією слухової функції склали групу з середнім рівнем КФР. У різних вікових групах цей показник був у межах 52-56%. Тоді як серед осіб з високими і низькими значеннями КФР відзначалась їх значно менша кількість, спостерігалась залежність від віку та стану слухової функції. Так, серед обстежуваних з депривацією слухової функції кількість осіб з низьким рівнем КФР з віком поступово зменшувалась від 35% у 8-9 років до 29% у віковій групі юнаків 16-17 років. А серед обстежуваних з нормальним слухом від 27% у дітей 8-9 років до 21% у групі юнаків 16-17 років. Необхідно підкреслити, що в кожній віковій групі осіб з низькою градацією статокінетичної стійкості було більше серед обстежуваних з депривацією слухової функції, ніж їх однолітків з нормальним слухом.

Разом з тим, представництво обстежуваних з високим рівнем статокінетичної стійкості у досліджуваних вікових групах була інша. Так, серед обстежуваних з

депривацією слухової функції питома вага осіб з високим рівнем КФР з віком поступово зростала від 10% у 8-9 років до 18% у віковій групі юнаків 16-17 років. Кількість обстежуваних з нормальним слухом, які мали високий рівень статокінетичної стійкості також з віком поступово зростала від 17% у дітей 8-9 років до 27% у групі юнаків 16-17 років. Необхідно відмітити і той факт, що серед осіб з високою градацією статокінетичної стійкості обстежуваних саме з нормальною слуховою функцією було більше, ніж серед осіб з депривацією слухової функції.

Наведені результати демонструють залежність статокінетичної стійкості від вікових особливостей та стану слухової функції обстежуваних. У той же час, з результатів розподілу обстежуваних за рівнем статокінетичної стійкості, що наведені вище залишається незрозумілим, чи виникає структурно-функціональна сенсорно-моторна інтеграція за умов обмеженої слухової аферентації і чи знаходиться вона у залежності від віку обстежуваних та стану слухової функції, і які її вікові особливості.

Для уточнення виявлених особливостей утримання рівноваги ми провели аналіз середніх значень коефіцієнту функції рівноваги, довжини траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси. В табл. 2 представлено результати виконання моторного завдання, яке полягало в утриманні вертикального положення тіла стоячи на стабільній платформі стабілографа у здорових дітей, підлітків та юнаків і у їх однолітків з депривацією слухової функції.

Таблиця 2

Результати виконання моторного завдання з утримання рівноваги на стабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з депривацією слухової функції.

Вік, роки	Групи обстежуваних	Показники стабілографії		
		KFR, %	Length, мм	AvgSpeed, мм/с
8-9	Нормальний слух	64,9	652	10
	Депривація слухової функції	63,5	677,2	11,3
10-11	Нормальний слух	74,3	604,3	9,4
	Депривація слухової функції	73,9	646,2	10,4
12-13	Нормальний слух	77,2	534,1	8,9
	Депривація слухової функції	74,6	605,8	9,8
14-15	Нормальний слух	81,1	491,2	8,2
	Депривація слухової функції	76,6*	582,7*	9,2
16-17	Нормальний слух	84,4	426,4	5,5
	Депривація слухової функції	79,1*	468	7,1*

Примітка. \* - достовірність різниць  $p < 0,05$  між показниками здорових та осіб з депривацією слухової функції в межах своєї вікової групи.

За середніми показниками статокінетичної стійкості було виявлено особливості динаміки статокінетичної стійкості у дітей, підлітків та юнаків з різним статусом слухової функції.

Проведений статистичний аналіз та співставлення КФР, довжини траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси між групами здорових та осіб з депривацією слухової функції виявило, що завдання на рівновагу на стабільній платформі стабілографа характеризується високим моторним автоматизмом. Встановлено поступове підвищення з віком показників статокінетичної стійкості та характеристик функції рівноваги, як у здорових, так і осіб з депривацією слухової функції.

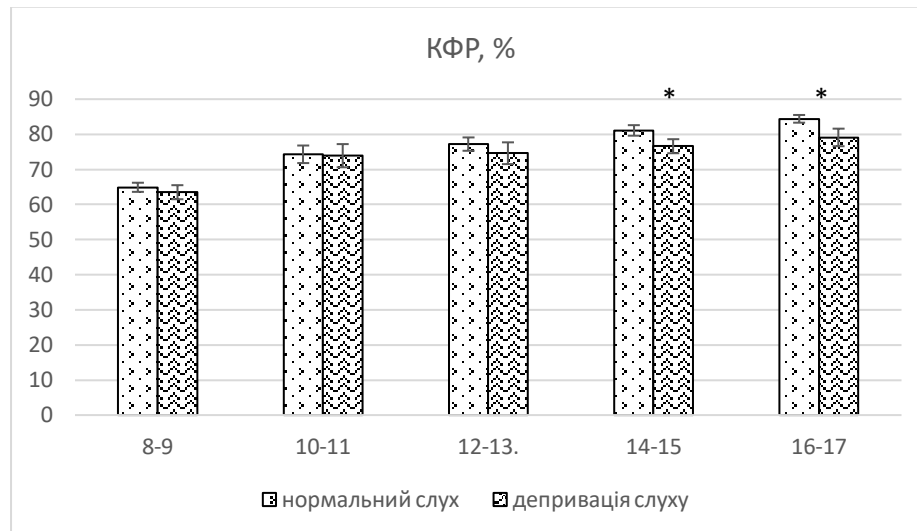
Ми виявили, що здатність утримувати рівновагу як у здорових осіб так і у осіб з порушеннями слуху на стабільній платформі стабілографа з віком поступово зростає, про що свідчать результати поступового підвищення КФР, зменшення значень довжини траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси. Крім того, у здорових осіб показники КФР у всіх обстежуваних вікових групах були вищими, а довжина траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси нижчими, ніж у однолітків з слуховою депривацією. Разом з тим, результати дослідження утримання рівноваги за показником КФР показали відсутність достовірних відмінностей поміж груп обстежуваних з нормальним слухом у віці 8-9, 10-11, 12-13 років та їх однолітків з депривацією слухової функції. Також встановлено відсутність достовірних відмінностей значення довжини траєкторії коливання центру тиску між групами обстежуваних у віці 8-9, 10-11, 12-13 та 16-17 років. Співставлення швидкості переміщення центру маси у здорових осіб та у осіб з депривацією слухової функції виявило відсутність достовірних відмінностей у вікових групах 8-9, 10-11, 12-13 та 14-15 років ( $p > 0,05$ ).

Для подальшого аналізу вікових особливостей статокінетичної стійкості ми використали стабілометричний показник - коефіцієнт функції рівноваги (КФР), як такий, що найбільш якісно та інформативно характеризує закладену генетично індивідуальну якість.

Внутрішньогрупові порівняння у дітей, підлітків та юнаків з нормальним слухом та слуховою депривацією виявили схожу вікову динаміку показників КФР у дітей 8-9, підлітків 10-11 та 12-13 років, а також нижчий рівень статокінетичної стійкості порівняно з контролем у підлітків 14-15 та юнаків 16-17 років ( $p < 0,05$ ). Результати дослідження статокінетичної стійкості дітей, підлітків та юнаків у осіб з депривацією та нормальним слухом за умов виконання завдання з утримання вертикального положення тіла стоячи на стабільній платформі стабілографа представлені на рисунку 1.

Отже, у дітей підлітків та юнаків з депривацією слухової функції спостерігали однаковий з особами контрольної групи рівень статокінетичної стійкості у групах обстежуваних 8-13 років. Статистично значущі відмінності показників КФР були виявлені тільки у вікових групах підлітків 14-15 та юнаків 16-17 років. Наведені результати дають нам підстави вважати, що удосконалення статокінетичної стійкості знаходиться під контролем генорегуляторних механізмів онтогенезу. А нижчий рівень та відтермінований характер удосконалення статокінетичної стійкості у групі підлітків 14-15 та юнаків 16-17 років з депривацією слухової функції, можливо вказує на те, що слухова дисфункція не чинить істотного впливу і лише вносить корективи у генетичну програму розвитку та удосконалення цієї властивості.

Враховуючи те, що показники статокінетичної стійкості у вікових групах дітей 8-13 років були аналогічними, як для нормальнослухових обстежуваних, так і з слуховою депривацією, а також те, що вони поступово з віком підвищувались, можна припустити, що статокінетична стійкість обумовлена посиленням інтеграційних процесів у сенсорних системах (зоровій, вестибулярній, моторній), що беруть участь в обробці різномодальної інформації.



**Рис.1.** Вікові особливості статокінетичної стійкості на стабільній платформі стабілографа у осіб з депривацією та нормальною слуховою функцією; \* – статистична вірогідність різниць між обстежуваними з депривацією та нормальною слуховою функцією,  $p < 0,05$ .

Наведені дані дають підстави вважати, що слухова депривація відображається на координаційних здібностях, оскільки вони реалізуються на аномальній основі сенсорних систем, які беруть участь у керуванні рухами. Тому специфічні координаційні здібності у осіб із порушеннями слуху, такі як: здатність орієнтуватися в просторі, диференціювати параметри рухів, підтримувати рівновагу, ритм і вестибулярну стійкість, проходять процес формування та становлення більш складно і тривало, ніж це відбувається у осіб із нормальним слухом [17].

Встановлено, що слухова депривація призводить до функціональної реорганізації статокінетичної стійкості дітей, підлітків та юнаків. Для підлітків та юнаків із депривацією слухової функції притаманний стан напруження механізмів статокінетичної стійкості та постійний перебіг мультисенсорних інформаційних процесів. Депривація слухової функції у підлітків та юнаків викликала значні зміни у сенсорно-моторній інтеграції систем, що беруть участь у підтриманні рівноваги, тоді як серед нормальнослухуючих осіб вікова динаміка формування статокінетичної стійкості відповідала віковим стандартам.

За умов сенсорно-моторної інтеграції у юнаків з депривацією слухової функції поряд з адекватними віковими змінами статокінетичної стійкості, спрямованими на покращення функції рівноваги, ми спостерігали недостатність контролюючо-виконавчих систем. Депривація слухової функції ускладнювала процес сенсорно-моторної інтеграції, спрямованого на утримання рівноваги на стабілографічній платформі у порівнянні з однолітками, що мали нормальну слухову функцію.

Показано, що у юнаків з депривацією слухової функції в процесі онтогенезу сенсорно-моторної інтеграції слухова система не може приймати повноцінну участь у сенсомоторній інтеграції та дискримінації просторо-часових сигналів, викликаних відхиленням тіла у просторі.

Зазначене дозволяє припустити наявність різних механізмів крос-модальної взаємодії у осіб з депривацією слухової функції та осіб з нормальним слухом. У дітей з депривацією слухової функції 8-9 та підлітків 10-11 років ми спостерігали, що сенсомоторна інтеграція дозволяла обробляти немодальні сигнали, а саме неспецифічну інформацію про статокінетичну стійкість. У більш старшому підлітковому 14-15 та

юнацькому віці 16-17 років таке взаємодоповнення було відсутнє і механізми сенсомоторної інтеграції були не в змозі компенсувати деаферентовану слухову систему, що знижувало статокінетичну стійкість у осіб з депривацією слухової функції. Водночас, у нормальночуючих обстежуваних на всіх етапах онтогенезу спостерігалась узгоджена сенсомоторна інтеграція в обробці неспецифічних сигналів, у томі числі і статокінетичної стійкості.

Отже, результати проведених досліджень дозволяють зробити висновок, що вікова динаміка статокінетичної стійкості осіб з депривацією слухової функції і осіб з нормальним слухом має загальну тенденцію до удосконалення. Ймовірно, що у формуванні статокінетичної стійкості віковим характеристикам та стану дисфункції слухового аналізатора належить вирішальна роль. Також очевидним є те, що у осіб з депривацією слухової функції статокінетична стійкість є нижчою, ніж у осіб з нормальним слухом. Наші результати співзвучні з даними, отриманими і в інших дослідженнях, які характеризують здатність дітей із порушенням слуху до збереження стійкості статичної пози як гірші, ніж у їх однолітків з нормальним слухом [18].

Слід підкреслити, що слухова система спеціалізується на часових параметрах стимуляції, а зорова – на просторових. Ми переконані, що статокінетична стійкість має просторово-часові координати, тому утримання постави на стійкій платформі стабілографа є результатом взаємодії часових і просторових характеристик сигналу. Тому отримані нами кращі результати сенсомоторної інтеграції у чуючих, ймовірно, є результатом узгодженої крос-модальної діяльності слухової і зорової систем. І навпаки, у осіб з депривацією слухової функції така крос-модальна взаємодія зорової, слухової та інших систем ускладнена, отже проявлялась нижчими показниками коефіцієнту функції рівноваги, довжини траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси тіла. Значуща закономірність в нашому дослідженні мала місце у вікових групах 14-15 та 16-17 років.

Таким чином, особливості розвитку сенсомоторних функцій, які були нами виявлені під час дослідження вказують на те, що статокінетична стійкість забезпечується різними структурами та механізмами, які змінюються в онтогенезі. На нашу думку, удосконалення статокінетичної стійкості в онтогенезі являє собою узгоджену генетично детерміновану програму, що її забезпечує. Депривація слухової функції чинить негативний вплив на віковий розвиток та удосконалення статокінетичної стійкості.

Проведені на сьогоднішній день дослідження виявили, що обстежувані з депривацією слухової функції гірше вправляються з утриманням рівноваги, ніж обстежувані з нормальним слухом. Тому особливості розвитку осіб з слуховою депривацією вказують на необхідність розроблення та застосування спеціальних програм, методів і прийомів адаптивного фізичного виховання, що є важливим корекційно-виховним засобом подолання дефектів розвитку, формування особистості та головною умовою повноцінної підготовки до суспільного життя.

### **Висновки**

1. Встановлені для осіб з депривацією слухової функції і нормальним слухом закономірності вікової динаміки статокінетичної стійкості вказують на користь генетично детермінованої програми їх розвитку. У осіб з депривацією та нормальним слухом виявлено поступове удосконалення статокінетичної стійкості від мінімальних значень КФР у віці 8-9 років до максимальних у 16-17 років та зменшення значень довжини траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси від максимальних значень у віці 8-9 років до мінімальних у 16-17 років.
2. У дітей, підлітків та юнаків з депривацією слухової функції показники статокінетичної стійкості були значуще нижчими, ніж у групах обстежуваних з нормальним слухом та поступово підвищувались і досягали максимального розвитку



- у 16-17 років. У вікових групах 14-15 та 16-17 років спостерігався вищий рівень та випереджаючий характер КФР у осіб з нормальним слухом. Встановлені статистично значущі відмінності показників довжини траєкторії коливання центру тиску у групі здорових підлітків 14-15 років та швидкості переміщення центру маси у здорових юнаків 16-17 років, які характеризувались кращими показниками в порівнянні з однолітками з депривацією слухової функції.
3. Виявлені особливості вікової динаміки статокінетичної стійкості у осіб з депривацією слухової функції відносно дітей, підлітків та юнаків з нормальним слухом слід вважати як пригнічене розгортання спадкової програми удосконалення функцій рівноваги.
  4. За умов поступового удосконалення статокінетичної стійкості у дітей підлітків та юнаків зі слуховою депривацією сенсорно-моторної інтеграції поряд з адекватними змінами, спрямованими на покращення статокінетичної стійкості, встановлено її функціональну недостатність, що ускладнювала процес утримання рівноваги на жорсткій платформі стабілографа.
  5. Отримані результати підтверджують крос-модальну пластичність сенсо-моторної інтеграції за умови слухової депривації та демонструють її наявність при обмеженій слуховій аферентації, починаючи з ранніх етапів постнатального онтогенезу. У дітей, підлітків та юнаків з депривацією слуху сенсорна система бере участь у сенсомоторній інтеграції і забезпечує статокінетичну стійкість та підтримує необхідну рівновагу тіла.

### Список використаної літератури

1. Brown T. C., McGee A. W. Monocular deprivation during the critical period alters neuronal tuning and the composition of visual circuitry. *PLoS biology*. 2023. 21(4). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002096>
2. Korver A. M., Smith R. J., Van Camp G., Schleiss M. R., Bitner-Glindzicz M. A., Lustig L. R., Usami S. I., Boudewyns A. N. Congenital hearing loss. *Nature reviews. Disease primers*. 2017. 3, 16094. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.94>
3. Тертична, Н., Криль, О. Характеристики нейродинамічних функцій головного мозку дитини в умовах сенсорної депривації. *Молодий вчений*. 2022. 7 (107)., 39-43. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-7-107-9>
4. Zhou Y., Qi J. Effectiveness of Interventions on Improving Balance in Children and Adolescents With Hearing Impairment: A Systematic Review. *Frontiers in physiology*. 2022. 13, 876974. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.876974>
5. Альошина А., Іваніцький Р., Бичук О. Розвиток та корекція рухової сфери дітей із вадами слуху в процесі фізичного виховання. *Сучасний етап. Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. Луцьк, 2017. Вип. 27. С. 98–103.
6. Байкіна Н., Поддубева О. Особливості функціонального стану аналізаторів, які беруть участь у руховій діяльності дитини. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві*. Луцьк, 2012. № 3 (19). С. 126–130.
7. Доцюк Л. Г., Гауряк О. Д. Використання адаптивної фізичної культури для корекції фізичного розвитку школярів з порушенням слуху. *Молодий вчений*. 2017. (1). С. 132-135.
8. Демчук С. П. Особливості розвитку фізичних якостей у школярів із депривацією слуху. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві*. Луцьк, 2015. № 3 (31). С. 134–140.
9. Джевага В. В. Корекція порушень координаційних здібностей дітей молодшого шкільного віку з вадами слуху в процесі фізичного виховання: дис. канд. наук з фіз. виховання і спорту: 24.00.02 «Фізична культура, фізичне виховання різних груп населення». К. 2017. 20 с.
10. Hamzeshpour F., Absalan A., Pirasteh E., Sharafi Z., Arbabsarjoo H. Investigating the Effect of Hearing Aid Use on the Balance Status of Children with Severe to Profound Congenital Hearing Loss Using the Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2021. 32(5), 303–307. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1728754>
11. Гуринович Х. Є. Фізичний стан глухих дітей молодшого шкільного віку та його корекція засобами фізичного виховання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. наук із фіз. вих. і спорту: спец. 24.00.02. «Фізична культура, фізичне виховання різних груп населення». Львів: ЛДУФК. 2017. 18 с.

12. Sorgini F, Caliò R, Carrozza MC, Oddo CM. Haptic-assistive technologies for audition and vision sensory disabilities. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2018 May; 13(4): 394-421. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2017.1385100>
13. Melo R. S., Lemos A., Paiva G. S., Ithamar L., Lima M. C., Eickmann S. H., Ferraz K. M., Belian R. B. Vestibular rehabilitation exercises programs to improve the postural control, balance and gait of children with sensorineural hearing loss: A systematic review. *International journal of pediatric otorhinolaryngology.* 2019. 127, 109650. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109650>
14. Афанасьев С. Уявлення про хід розвитку рухової сфери та фізичного розвитку дітей із порушенням слуху. *Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.* Луцьк, 2014. Вип. 14. С. 55–59.
15. Demirel N. The Impact of Therapeutic Recreational Gymnastic Exercise on Basic Motor Skills of Hearing-Impaired Children Aged Between 6 and 9 Years. *Journal of Education and Training Studies.* 2019. 6 (3), 147–151. DOI: <https://doi.org/10.11114/jets.v6i3.3048>
16. Melo R.deS., Lemos A., Macky C. F., Raposo M. C., Ferraz K. M. Postural control assessment in students with normal hearing and sensorineural hearing loss. *Brazilian journal of otorhinolaryngology.* 2015. 81(4), 431–438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.08.014>
17. Лях Ю., Усова О., Романюк А., Мельничук В., Лях М., Антипов А. Комп'ютерна стабілометрия в оцінці функціонального стану людини. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві.* 2019. № 2. С. 66-72. DOI: <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2019-02-66-72>
18. Лісенчук, Г. А., Хмельницька, І. В., Крупеня, С. В., Литвиненко, О. М., Борецька Н. О. Комп'ютерні системи контролю моторики у фізичному вихованні школярів із депривацією слуху. *Фізичне виховання та спорт.* 2021.(2), 54-62. DOI: <https://doi.org/10.26661/2663-5925-2020-2-08>

### References

1. Brown, T. C., & McGee, A. W. (2023). Monocular deprivation during the critical period alters neuronal tuning and the composition of visual circuitry. *PLoS biology*, 21(4), e3002096. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002096>
2. Korver, A. M., Smith, R. J., Van Camp, G., Schleiss, M. R., Bitner-Glindzicz, M. A., Lustig, L. R., Usami, S. I., & Boudewyns, A. N. (2017). Congenital hearing loss. *Nature reviews. Disease primers*, 3, 16094. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.94>
3. Tertychna, N., & Kryl, O. (2022). Characteristics of the neurodynamic functions of a child's brain in conditions of sensory deprivation. *Molodyj vchenyj. [Young scientist]*, 7 (107), 39-43. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-7-107-9> (in Ukr.)
4. Zhou, Y., & Qi, J. (2022). Effectiveness of Interventions on Improving Balance in Children and Adolescents With Hearing Impairment: A Systematic Review. *Frontiers in physiology*, 13, 876974. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.876974>
5. Alyoshina, A., Ivanitskiy, R., Bychuk O. (2017). Development and correction of the motor sphere of children with hearing impairments in the process of physical education. *Suchasnyj etap. Molodizhnyj naukovyj visnyk Skhidnojevropejskogo nacionaljnogho universytetu imeni Lesi Ukrainky. [Modern stage. Youth scientific bulletin of Lesya Ukrainka East European National University]*, 27, 98–103. (in Ukr.)
6. Bajkina N. & Poddujeva O. (2012). Peculiaritas status functionis analysium quae in actione motoris pueri. *Fizyczne vykhovannja, sport i kuljtura zdorov'ja u suchasnomu suspiljstvi [Educationis physicae, lusus et culturae sanitatis in hodierna societate sunt, implicantur]*, 3 (19), 126-130. (in Ukr.)
7. Dotsyuk, L. G., & Hauryak, O. D. (2017). Usus adaptivae culturae physicae ad corrigendum physicam evolutionem puerorum cum auditu incom. *Molodyj vchenyj. [Young scientist]*, (1), 132-135. (in Ukr.)
8. Demchuk S. P. (2015). Peculiarities of the development of physical qualities in schoolchildren with hearing loss. *Fizyczne vykhovannja, sport i kuljtura zdorov'ja u suchasnomu suspiljstvi [Physical education, sports and health culture in modern society]*, 3 (31). С. 134–140. (in Ukr.)
9. Dzhevagha V. V. (2017). Correction of violations of the coordination abilities of children of primary school age with hearing impairments in the process of physical education. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv (in Ukr.).
10. Hamzehpour, F., Absalan, A., Pirasteh, E., Sharafi, Z., & Arbabsarjoo, H. (2021). Investigating the Effect of Hearing Aid Use on the Balance Status of Children with Severe to Profound Congenital Hearing Loss Using the Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance. *Journal of the American Academy of Audiology*, 32(5), 303–307. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1728754>
11. Ghurynovych Kh. Je. (2017). Physical condition of deaf children of primary school age and its correction by means of physical education. Extended abstract of candidate's thesis. Lviv: LDUFK (in Ukr.).
12. Sorgini, F., Caliò, R., Carrozza, M. C., & Oddo, C. M. (2018). Haptic-assistive technologies for audition and vision sensory disabilities. *Disability and rehabilitation. Assistive technology*, 13(4), 394–421. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2017.1385100>

13. Melo, R. S., Lemos, A., Paiva, G. S., Ithamar, L., Lima, M. C., Eickmann, S. H., Ferraz, K. M., & Belian, R. B. (2019). Vestibular rehabilitation exercises programs to improve the postural control, balance and gait of children with sensorineural hearing loss: A systematic review. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 127, 109650. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109650>
14. Afanasjjev S. (2014). An idea of the development of the motor sphere and physical development of children with hearing impairment. *Molodizhnyj naukovyj visnyk Skhidnojevropejskogo nacionaljnogho universytetu imeni Lesi Ukrajinke*. [Youth scientific bulletin of Lesya Ukrainka East European National University], 14, 55–59. (in Ukr.)
15. Demirel, N. (2018). The Impact of Therapeutic Recreational Gymnastic Exercise on Basic Motor Skills of Hearing-Impaired Children Aged Between 6 and 9 Years. *Journal of Education and Training Studies*, 6(3), 147-151. DOI: <https://doi.org/10.11114/jets.v6i3.3048>
16. Melo, R.deS., Lemos, A., Macky, C. F., Raposo, M. C., & Ferraz, K. M. (2015). Postural control assessment in students with normal hearing and sensorineural hearing loss. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*, 81(4), 431–438. . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.08.014>
17. Lyakh, Y., Usova, O., Romaniuk, A., Melnychuk, V., Lyakh, M., & Antipov, A. (2019). Computer stabilometry in assessing the functional state of a person. *Fizyczne vykhovannja, sport i kultura zdorov'ja v suchasnomu suspiljstvi*. [Physical education, sport and health culture in modern society], (2 (46)), 66-72. (in Ukr.)
18. Lisenchuk, Gh. A., Khmeljnycja, I. V., Krupenja, S. V., Lytvynenko, O. M., & Borecja, N. O. (2021). Computer systems of motility control in physical education of schoolchildren with hearing deprivation. *Fizyczne vykhovannja ta sport*. [Physical education and sports], (2), 54-62. DOI: <https://doi.org/10.26661/2663-5925-2020-2-08>. (in Ukr.)

***Koval Y.V., Yukhymenko L.I., Chystovska J.J., Paliychuk O.V. Age-specific features of the formation of statokinetic stability in persons with hearing loss***

***Introduction.*** A study of the dynamics of statokinetic stability conducted and the peculiarities of its formation established using the technique of stabilography in persons aged 8-17 years with hearing loss and normal hearing. According to the indicators of the coefficient of the balance function, the length of the trajectory of the center of pressure and the speed of movement of the center of mass. It was found that the statokinetic stability in children, adolescents and young men with derivation of the auditory function, as well as with normal hearing, gradually develops and reaches maximum values at the age of 16-17. In the groups of 14-15 and 16-17 years old, subjects with normal auditory function characterized by a higher level and earlier development of statokinetic stability, compared to their peers with auditory function deprivation.

***Purpose.*** To find the peculiarities of the formation of statokinetic stability in persons of different ages with hearing loss.

***Methods.*** The age-related dynamics of statokinetic balance in persons with auditory function deprivation and normal hearing on a stable platform studied. Statokinetic stability was evaluated by the index of the equilibrium function coefficient (KFR, %), the length of the trajectory of the centre of pressure oscillation (Length, mm) and the speed of movement of the centre of mass of the body (AvgSpeed, mm/s).

***Results.*** It has been established that the ability to maintain balance on a stable platform of the stabilograph increases with age, as evidenced by the results of an improved increase in KFR, a decrease in the value of the duration of the trajectory of the center of pressure oscillation and the speed of movement of the center of mass. In addition, in healthy individuals, CFR indicators in all examined age groups were higher, and the length of the trajectory of the center of pressure oscillation and the speed of movement of the center of mass were lower than in peers with hearing deprivation. The results of the study of maintaining balance according to the KFR indicator showed the absence of significant differences between the groups of subjects with normal hearing aged 8-9, 10-11, 12-13 years and their peers with hearing loss. It was also established that there were no significant differences in the value of the length of the trajectory of the center of pressure oscillation between the groups of subjects aged 8-9, 10-11, 12-13 and 16-17 years. A comparison of the speed of movement of the center of mass in healthy persons and in persons with hearing loss revealed no significant differences in the age groups of 8-9, 10-11, 12-13 and 14-15 years.

***Originality.*** Peculiarities of the development of sensorimotor functions, which revealed during the study, indicate that statokinetic stability provided entirely by structures and mechanisms that change during ontogenesis. In our opinion, the improvement of statokinetic stability in ontogenesis represents

*a coordinated genetically determined program that ensures it. Deprivation of auditory function causes a negative impact on age-related development and improvement of statokinetic stability.*

**Conclusion.** *It has established for persons with deprivation of auditory functions and normal hearing that the patterns of age-related dynamics of statokinetic stability testify to this genetically determined program of their development. In persons with deprivation and normal hearing, a gradual improvement of statokinetic stability has established from the minimum values of KFR at the age of 8-9 years to the maximum at the age of 16-17 years. As well as a decrease in the values of the duration of the trajectory of the centre of pressure oscillation and the speed of movement of the centre of mass from the maximum value at the age of 8-9 years to the minimum at the age of 16-17 years. The revealed peculiarities of the age-related dynamics of statokinetic stability in persons with deprivation of auditory function relative to children, adolescents and young men with normal hearing should be considered as a suppressed deployment of the hereditary program of improving balance functions.*

**Key words:** *stabilography, static equilibrium, coefficient of the equilibrium function, deprivation of auditory function, ontogenesis.*

Одержано редакцією: 15.05.2023

Прийнято до публікації: 29.05.2023