

Кожемяко Тетяна Володимирівна
Черкаський національний університет
імені Б. Хмельницького
kozhemako@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-4197>

ІНДИВІДУАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ СТАТОКІНЕТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ З ТИПОЛОГІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ В ОНТОГЕНЕЗІ ОСІБ З РІЗНОЮ РУХОВОЮ АКТИВНІСТЮ

Мета дослідження – з'ясувати особливості взаємодії регуляторних характеристик статокінетичної стійкості з індивідуально типологічними властивостями нервових процесів в онтогенезі осіб з різною руховою активністю.

Матеріали та методи. У дітей, підлітків, юнаків та осіб зрілого віку від 7 до 22 років, які систематично займались спортом ($n=187$) та їх однолітків не спортсменів ($n=148$) проводили дослідження статокінетичної стійкості за показником довжини траєкторії коливання центру тиску стопи (Length) на стійкій і нестійкій платформі стабілографа «МПФІ стабілограф-1». Комп'ютерною системою «Діагност-1» у обстежуваних визначали індивідуальні типологічні властивості зрівноваженості нервових процесів (ЗНП).

Результати дослідження. Доведено, що ЗНП відіграє важливу регуляторну роль у формуванні індивідуальних реакцій статокінетичної стійкості в онтогенезі. Функціональна взаємодія статокінетичної стійкості з типологічними властивостями нервових процесів в онтогенезі дітей, підлітків, юнаків та осіб зрілого віку поступово посилювалась та знаходилась у залежності від складності виконання завдання утримання рівноваги та рухової активності обстежуваних. У юнаків 19-20 та осіб зрілого віку 21-22 років досліджувані показники типологічних властивостей нервових процесів та статокінетичної функції були вищі та виявлено більш тісний прояв функціональної взаємодії, ніж у дітей 7-8 та підлітків 11-12 років. У спортсменів з нижче за середній рівень ЗНП показники Length були статистично значуще вищі (статокінетична стійкість нижча), ніж у обстежуваних з середнім та вище за середній рівень досліджуваної типологічної властивості. Коефіцієнти кореляції підтвердили наявність інтегративних процесів типологічних властивостей ЗНП з регуляторними функціями статокінетичної стійкості Length обстежуваних на нестійкій платформі стабілографа. Взаємодія ЗНП та Length на стабільній платформі стабілографа була відсутня.

Висновки. Результати свідчать, що інтегративні процеси ЗНП у взаємодії з регуляторними механізмами статокінетичної стійкості в онтогенезі дітей, підлітків, юнаків та осіб зрілого віку знаходяться у залежності від рівня рухової активності обстежуваних та складності виконання завдання утримання рівноваги.

Ключові слова: онтогенез, статокінетична стійкість, зрівноваженість нервових процесів, фізична активність.

Передумови дослідження. З'ясували, що під час спортивної діяльності регуляторні процеси у мозку та індивідуально-типологічні властивості основних нервових процесів можуть встановлювати функціональний зв'язок з регуляторними характеристиками статокінетичної стійкості. У літературі відмічається як посилення, так і послаблення взаємодії регуляторних процесів статокінетичної стійкості з індивідуально-типологічними властивостями ЗНП. Припустили, що індивідуальні особливості формування статокінетичної стійкості в онтогенезі можуть бути обумовлені генетично детермінованими типологічними властивостями нервових процесів та рівнем рухової активності.

Актуальність. В літературі показано, що процес багаторічної фізичної підготовки у спорті відбувається паралельно із онтогенетичним розвитком спортсмена. У роботах

багатьох дослідників описано різні сторони процесу підготовки організму до спеціальних фізичних навантажень [1-4]. Особливої уваги заслуговують питання формування статокінетичної стійкості у спортсменів [5, 6]. Але багато питань цієї проблематики ще не розкриті та потребують подальших досліджень. Зокрема, надзвичайно важливим є дослідження особливостей формування статокінетичної стійкості та їх механізмів в онтогенезі. Не завершеними залишаються питання формування статокінетичної стійкості у осіб різного віку упродовж довготривалої напруженої тренувальної та змагальної роботи. Відсутні знання про роль індивідуально-типологічних властивостей нервових процесів у реалізації статокінетичної стійкості осіб з різною руховою активністю. Потребують дослідження та пояснення питання взаємодії статокінетичної стійкості з індивідуально-типологічними властивостями нервових процесів осіб з різною руховою активністю.

Припустили, що у дітей, підлітків, юнаків та осіб зрілого віку, що займаються у спортивних секціях статокінетична стійкість може бути вища, ніж у їх однолітків, що спортом не займаються. Також намагались надати докази того, що генетично детерміновані типологічні властивості нервових процесів такі як функціональна рухливість, сила та зрівноваженість зв'язані, а рухова активність може вносити корективи у формування статокінетичної функції в онтогенезі.

Тому **метою** дослідження було визначити особливості взаємодії індивідуальних типологічних властивостей основних нервових процесів з регуляторними характеристиками статокінетичної стійкості дітей, підлітків, юнаків та осіб зрілого віку з різною руховою активністю.

Необхідно було встановити закономірності та особливості зв'язку інтегративних функцій індивідуально-типологічними властивостями нервових процесів з регуляторними характеристиками статокінетичної стійкості дітей, підлітків, юнаків та осіб зрілого віку з різною руховою активністю.

Методи та організація дослідження. Для вирішення поставленої задачі використовували комп'ютерний стабілоаналізатор з біологічним зворотнім зв'язком «МПФІ стабілограф-1» та комп'ютерний нейродинамічний комплекс «Діагност-1М» для дослідження типологічних властивостей нервових процесів.

В ході дослідження статокінетичної стійкості обстежуваний підтримував зручну вертикальну позу, стоячи на платформі (40×40 см). Статокінетичну стійкість оцінювали за показником довжини траєкторії коливання центру тиску стопи (Length, мм). Стопи досліджуваних знаходилися в зручному положенні, при цьому вони були розгорнуті по відношенню один до одного на кут 20°, а п'ятки віддалені на відстань 6 см. одна від одної. Для дослідження змін коливань тіла людини проводили дослідження на нестабільній платформі стабілографа. Для цього на платформу клали поролон товщиною 100 мм, а на нього дощечку (40×40 см), з наклеєними мітками для стопи. Дослідження статокінетичної стійкості проводили у дітей, підлітків, юнаків та дорослих 7-22 років спортсменах (n=187), що систематично займалися футболом та їх однолітків, які спортом не займалися (n=148).

Починали дослідження з визначення утримання вертикальної пози стоячи на стабільній платформі стабілографа. Потім переходили до нестабільної платформи. Реєстрували переміщення загального центру маси (ЗЦМ) у системі координати у різні моменти часу, що відбиває особливості статокінетичної стійкості як основи коливальних процесів тіла досліджуваних. Виконували два тести на рівновагу: 1 – вертикальна стійка на стійкій платформі стабілографа і 2 – вертикальна стійка на нестійкій платформі стабілографа. Тести фіксувались по 60 с. Аналіз здійснювали за показниками зміщення ЗЦМ стоп на опору у секторах просторової оцінки схеми тіла відносно вертикального положення. Визначали довжину траєкторії коливання центру тиску (Length, мм).

Визначення зрівноваженості нервових процесів (ЗНП) передбачало реєстрацію точності реакцій на рухомий об'єкт, що рухається з рівномірною швидкістю. Момент руху

об'єкту задається програмою на комп'ютері. Інтервал між пусками об'єкту змінюється у діапазоні 0,5-2,5 с за законом випадкових чисел. Реакцію вважали точною коли обстежуваний зупиняв рухомий об'єкт зупиняв від маркера в межах ± 10 мс, або точне співпадіння об'єкту з маркером. Якщо фіксація рухомого об'єкту проведена передчасно, тобто перевищує величину $- 10$ мс, то відмічається переважання гальмівного процесу, і, навпаки, якщо фіксація рухомого об'єкту проведена із запізненням і перевищує $+10$ мс, то відмічається переважання процесу збудження. В цілому про ЗНП судили по загальній кількості правильних відповідей і співвідношення передчасних та реакцій з запізненням з урахуванням середніх величин всіх відхилень у мс [7, 8]. Оцінку ЗНП робили по сумарній величині реакцій, що випереджали чи запізнювались. Чим менша сума відхилень рухових реакцій (в мс), тим вище рівень ЗНП.

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою таблиць Excel-2003 та програми Statistica for Windows 12 (Statsoft Inc., Tulsa, USA). Перевірку нормальності розподілу досліджуваних показників проводили за критерієм χ^2 . Розраховували: середнє значення показників (M), величину середньої арифметичної похибки ($\pm m$), середнє квадратичне відхилення (σ), коефіцієнт варіації (CV), а також медіану та 1 і 3 квартилі ($Me [25\%; 75\%]$). Для вибірок з ненормальним розподілом, критерії достовірності Вілкоксона (парні порівняння) або Мана-Уїтні (порівняння незалежних вибірок). Вірогідність відмінностей оцінювали за F-критерієм Fisher та критерієм Вілкоксона. Кореляційний аналіз проводили з допомогою коефіцієнту Пірсона (r) та Спірмена (Spearman rank correlation coefficient) і визначали довірчий рівень кореляції на рівні $p \leq 0,05$ [9].

Результати дослідження. Завдання включало довільний контроль вертикального положення тіла стоячи на стабільній та нестійкій платформі стабілографа. Визначали Length у дітей, підлітків, юнаків та осіб зрілого віку та з'ясовували участь індивідуально-типологічних властивостей ЦНС у механізмах регуляції статокінетичної стійкості осіб різного віку за умови різного рівня ЗНП та фізичної активності.

Оскільки раніше нами було доведено, що нейродинамічні індивідуально-типологічні властивості функціональної рухливості, сили та зрівноваженості нервових процесів є генетично детермінованими властивостями то це дало нам підстави припустити, що індивідуальні варіації досліджуваних показників стабілографії Length мали значний статистичний розкид та могли бути обумовлені саме індивідуальними типологічними властивостями нервової системи [10, 11]. Найбільші коефіцієнти варіації CV (%) були встановлені за показником довжини траєкторії коливання центру тиску Length (у діапазоні від 46 % до 88 %).

Експериментально ми намагались встановити зв'язок індивідуально-типологічних властивостей ЗНП обстежуваних з характеристиками статокінетичної стійкості Length обстежуваних різного віку та рухової активності. Тому у групах спортсменів та не спортсменів провели розрахунки коефіцієнту кореляції та визначили довірчий рівень значущості статистичної гіпотези між показниками ЗНП та Length для кожної вікової групи окремо, що були отримані на стабільній платформі стабілографа.

Результати аналізу кореляції, що були визначені між показниками ЗНП та Length у групах спортсменів та не спортсменів різного віку на стійкій платформі стабілографа представлені у таблиці 1.

Результати кореляційного аналізу, що наведені у табл. 1 не виявили статистично значущого зв'язку між перемінними ЗНП та показниками довжини траєкторії коливання центру тиску в жодній віковій групі, як у обстежуваних спортсменів, так і не спортсменів. З показниками Length та ЗНП у не спортсменів різних вікових груп не виявили статистично значущої кореляції. Коефіцієнти кореляції були надзвичайно низькі ($r = -0,04 - 0,32$) та вказували на відсутність зв'язку між цими перемінними. Аналогічні результати кореляції отримані для ЗНП і Length у вікових групах спортсменів де $r = -0,31 - 0,33$. Наведені коефіцієнти кореляції між ЗНП та Length та довірчий рівень статистичної значущості вказують на відсутність зв'язку між перемінними рядами досліджуваних ознак.

Таблиця 1.

Коефіцієнти кореляції (r) та довірчий рівень статистичної значущості (p) між показниками Length та ЗНП у спортсменів та не спортсменів різного віку на стійкій платформі стабілографа

Групи Обстежуваних	Вікові групи, роки								
	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	
Не спортсмени	r	-0,09	0,18	-0,04	-0,28	0,32	0,17	-0,14	0,13
	p	0,072	0,088	0,093	0,075	0,065	0,073	0,083	0,092
Спортсмени	r	0,06	-0,31	0,11	0,33	0,32	0,22	-0,21	0,31
	p	0,074	0,067	0,085	0,056	0,053	0,071	0,073	0,059

Уже ці результати, на нашу думку, є експериментальним доказом того, що регуляторні функції статокінетичної стійкості не зв'язані з властивостями основних нервових процесів, якими є ЗНП.

Для підтвердження наявності зв'язків нейродинамічних, індивідуально-типологічних властивостей основних нервових процесів з показниками статокінетичної стійкості у вікових групах на стійкій платформі стабілографа, ми провели аналіз вірогідності різниць середніх величин Length у обстежуваних з різним рівнем ЗНП. Для цього юнаків спортсменів ($n=43$) та їх однолітки не спортсменів ($n=47$) 15-16 років методом сигмальних відхилень поділили на три групи: з високим, середнім і низьким рівнем ЗНП. Для кожної групи ми вираховували M_e значення показників стабілографії Length та встановлювали статистично значущі різниці між групами обстежуваних з різними градаціями типологічних властивостей нервової системи. Між цими групами провели порівняння середніх значень довжини Length. Цифрові значення стабілографії за показником довжини траєкторії коливання центру тиску Length, мм порівнювали для кожної групи ЗНП окремо (табл.2).

Таблиця 2.

Довжина траєкторії коливання центру тиску (мм) на стійкій платформі у обстежуваних юнаків спортсменів ($n=43$) та не спортсменів ($n=47$) з різними рівнями ЗНП

Досліджувані групи	Рівні зрівноваженості нервових процесів			Вірогідність різниці, P н-с, н-в, с-в
	Н	С	В	
Не спортсмени	548,7 [498,5; 572,2]	523,1 [473,6; 563,2]	529,3 [491,4; 543,5]	0,078; 0,065; 0,056
Спортсмени	533,6 [484,6; 558,5]	514,6 [476,1; 533,8]	511,4 [487,2; 538,5]	0,068; 0,057; 0,076

Примітка: В – високий, С – середній, Н – низький рівень типологічної властивості

Так, в кожній із виділених груп за рівнями ЗНП порівняння показників довжини траєкторії коливання центру тиску, які отримані на стійкій платформі стабілографа у не спортсменів не виявило статистично значущих різниць ($p>0,05$). Це вказує на відсутність статистично значущих відмінностей Length між групами з низькою, середньою та високою ЗНП.

У групах з низькою, середньою та високою зрівноваженістю нервових процесів показник Length у спортсменів на стабільній платформі стабілографа також не мав статистично значущих відмінностей ($p>0,05$).

Отже, наведені результати можуть бути доказом про відсутність зв'язку між показниками стабілографії, що характеризують статокінетичну стійкість на стабільній

платформі з типологічними властивостями нервових процесів. Показники стабілографії, Length на стійкій платформі стабілографа не мали статистично значущих різниць або були відсутні у групах осіб з різною ЗНП та руховою активністю.

Для дослідження ролі зрівноваженості нервових процесів у постуральному контролі за умови зміни м'язово-суглобової аферентації та уточнення зв'язків властивостей основних нервових процесів з показниками статокінетичної стійкості ми провели кореляційний аналіз результатів дослідження ЗНП і Length на нестабільній платформі стабілографа обстежуваних різного віку та рухової активності (табл. 3).

Таблиця 3.

Коефіцієнти кореляції (r) та довірчий рівень статистичної значущості (p) між показниками Length та ЗНП у спортсменів та не спортсменів різного віку на нестійкій платформі стабілографа

Групи обстежуваних		Вікові групи, роки							
		7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22
Не спортсмени	r	0,14	-0,21	0,29	0,28	0,31	0,29	0,33	0,31
	p	0,087	0,067	0,055	0,058	0,045	0,053	0,045	0,042
Спортсмени	r	0,26	0,18	0,37	0,34	0,32	0,36	0,41	0,43
	p	0,084	0,063	0,036	0,041	0,043	0,041	0,033	0,035

Примітка: жирним виділені значущі кореляції

Результати, що наведені у табл. 3 виявили статистично значущі коефіцієнти кореляції між перемінними ЗНП та Length у не спортсменів старших вікових груп 15-16, 19-20 та 21-22 роки ($r = 0,31 - 0,33$). Виходить, що наведені коефіцієнти кореляції між цими ознаками та статистичної значущості довірчий рівень доводить наявність зв'язку між перемінними рядами досліджуваних ознак. З показником Length та ЗНП у не спортсменів вікових груп дітей 7-8, 9-10, підлітків 11-12, 13-14, та юнаків 17-18 років статистично значущої кореляції на нестійкій платформі стабілографа не виявили. Коефіцієнти кореляції були низькими ($r = -0,21 - 0,29$). Це вказувало на відсутність зв'язку між досліджуваними показниками у цих вікових групах обстежуваних.

У групі спортсменів встановили наявність більш щільного кореляційного зв'язку у більшості вікових груп. Між досліджуваними властивостями нервових процесів ЗНП та стабілографічними показниками Length у спортсменів встановлені довірчі коефіцієнти кореляції. У спортсменів був встановлений зв'язок ЗНП та Length у групах підлітків 11-12, 13-14, юнаків 15-16, 17-18, та осіб зрілого віку 19-20 і 21-22 років ($r = 0,32 - 0,43$). Це вказувало на наявність зв'язку між досліджуваними властивостями стабілографії та зрівноваженістю нервових процесів. Але між показниками довжини траєкторії коливання центру тиску та силою нервових процесів у вікових групах дітей 7-8 та 9-10 років статистично значущої кореляції у спортсменів на нестійкій платформі стабілографа не встановили. Коефіцієнти кореляції були низькими ($r = 0,18 - 0,26$). Це вказувало на відсутність зв'язку між цими ознаками у дітей, що відвідували спортивні секції.

Статистично значущі відмінності показників Length ми виявили, як правило, на нестійкій платформі стабілографа у крайніх групах з високим та низьким рівнем ЗНП. Показники стабілографії Length у групі з високим ЗНП були статистично значуще нижчі, ніж у групі з низькими значеннями досліджуваної типологічної властивості (табл. 4).

Таблиця 4.

Довжина траєкторії коливання центру тиску (мм) на нестійкій платформі у обстежуваних юнаків спортсменів (n=43) та не спортсменів (n=47) з різними рівнем зрівноваженості нервових процесів

Досліджувані групи	Рівні зрівноваженості нервових процесів			Статистична значущість різниці, p
	Н	С	В	
Не спортсмени	762,1 [743,5; 783,1]	741,6 [694,2; 768,1]	717,3 [683,2; 756,2]	0,083; 0,034 ; 0,066
Спортсмени	653,1 [484,6; 558,5]	628,4 [476,1; 533,8]	601,5 [487,2; 538,5]	0,048 ; 0,037 ; 0,056

Примітка: жирним виділені статистично значущі різниці між В – високим, С – середнім та Н – низьким рівнем типологічних властивостей

Порівняння показників довжини траєкторії коливання центру тиску, які отримані на нестійкій платформі стабілографа у не спортсменів з різною ЗНП, вказують на відсутність відмінностей поміж груп з низькою та середньою ЗНП, а також і між значеннями у групах обстежуваних з середньою та високою ЗНП (табл. 4). Так, якщо у групі осіб з низькою ЗНП Length становила 762,1 [743,5; 783,1], а в групі з середнім рівнем ЗНП цей показник у середньому дорівнював 741,6 [694,2; 768,1] то між ними статистично значущої різниці не виявили ($p = 0,083$). Схожі результати отримали і під час зіставлення результатів Length у не спортсменів для групи з середньою та високою ЗНП. Виконання аналогічного завдання з утримання постави на нестійкій опорі стабілографа показало, що середній показник Length у групі з високою градацією ЗНП дорівнював 717,3 [683,2; 756,2] і статистично значущих відмінностей між ними не було встановлено ($p = 0,066$). Статистично значущі відмінності між середніми значеннями у двох групах обстежених з низькою та високою градацією ЗНП були статистично значущі ($p = 0,034$). Отримані результати вказують на наявність зв'язку між досліджуваними властивостями стабілографії та зрівноваженістю нервових процесів.

У групі спортсменів на нестійкій платформі стабілографа між стабілографічними показниками Length та типологічними властивостями нервових процесі ЗНП отримали дещо інші результати. Статистичний аналіз різниць значень Length у групах обстежуваних з низьким та середнім рівнем ЗНП показав наявність значущих різниць між цими групами обстежуваних ($p = 0,048$), а також між групами з низькою та високою досліджуваною типологічною властивістю нервових процесів ($p = 0,037$). Ці результати є доказом наявності зв'язку між досліджуваними перемінними стабілографії та зрівноваженістю нервових процесів.

Обговорення результатів. У дослідженні встановлено, що в онтогенезі взаємодія типологічних властивостей ЗНП та статокінетичної стійкості як у групах дітей, підлітків, юнаків та осіб зрілого віку з різною руховою активністю поступово підвищується. У юнаків 19-20 та осіб зрілого віку 21-22 років досліджувані показники типологічних властивостей нервових процесів та регуляторних характеристик статокінетичної функції були вищими і характеризувались високим рівнем функціональної взаємодії ЗНП та Length, ніж у дітей 7-8 та підлітків 11-12 років. Імовірно, у дітей та підлітків ще не завершений морфо-функціональний розвиток досліджуваних типологічних властивостей ЗНП та недосконала взаємодія властивостями статокінетичної функції з моторними і сенсорними системами, що залучаються до підтримання рівноваги [12, 13].

Вікова динаміка функціональної взаємодії статокінетичної стійкості з типологічними властивостями нервових процесів в онтогенезі знаходилась у залежності від рухової активності обстежуваних. У вікових групах підлітків, юнаків та осіб зрілого віку спортсменів показники статокінетичної стійкості і кореляції з ЗНП була вища, ніж у їх однолітків не

спортсменів. За свідченнями дослідників показники статокінетичної стійкості залежали від обсягу рухової активності, кількості та характеру фізичних вправ спрямованих на розвиток та удосконалення різних систем, що підтримують функції утримання постави [14, 15].

Наші результати показали, що вікова динаміка функціональної взаємодії статокінетичної стійкості з типологічними властивостями нервових процесів в онтогенезі знаходилась у залежності від складності виконання завдання. Встановлено різну взаємодію типологічних властивостей ЗНП з індивідуальними характеристиками статокінетичної стійкості Length. За умови виконання завдання утримання рівноваги на нестійкій платформі стабілографа у групах підлітків, юнаків та осіб зрілого віку спортсменів та не спортсменів встановили статистично значущі кореляції досліджуваної властивості ЗНП з показниками статокінетичної стійкості Length. Крім того, у групах спортсменів з нижче за середній рівень ЗНП показники Length були статистично значуще вищими (статокінетична стійкість нижча), ніж у обстежуваних з середнім та вище за середній рівень досліджуваної типологічної властивості. Виходячи з наведених вище результатів та літературних даних відзначаємо, що тест на нестійкій опорі стабілографа є більш складним для сенсомоторної інтеграції і реалізується за умови складної сенсомоторної інтеграції [14, 16]. На нашу думку для зорової, пропріорецептивної та вестибулярної систем не стабільна платформа створює додаткове аферентне суглобово-м'язові навантаження, що знижує інтегративну активність базових та залучає вищі генно-регуляторні властивості ЗНП до механізмів регуляції статокінетичної стійкості. Підкреслимо, що з точки зору системно-еволюційної теорії [17] нейрофізіологічні властивості ЗНП мають менший нейрофізіологічний ресурс, ніж базові регуляторні механізми статокінетичної стійкості, що є еволюційно старші та мають більший нейрофізіологічний резерв [18]. Крім того, наведені результати можуть свідчити, що за цих умов в роботі моторних, сенсорних систем та генорегуляторних механізмів вищих відділів ЦНС, які залучені до формування функціональної системи статокінетичної стійкості має місце асоціативна інтерференція [19, 20]. Маємо ситуацію, коли накладання на систему регуляції рівноваги додаткового фактору, нестабільної платформи, приводить до зниження успішності виконання завдання.

Отже, отримані результати можуть слугувати доказом існування зв'язку стабілографічних показників за умови виконання завдання утримання рівноваги на нестійкій платформі з індивідуально-типологічними властивостями ЦНС. Такий зв'язок підтверджується кореляційним аналізом між досліджуваними перемінними (коефіцієнт кореляції Length з ЗНП на нестабільній платформі стабілографа у юнаків спортсменів дорівнював 0,32 ($p=0,043$), а у групі не спортсменів – 0,031, ($p=0,045$)), а також наявністю статистично значуще нижчих показників Length (статокінетична стійкість вища) у обстежуваних з високим та вище за середній рівень досліджуваної типологічної властивості ЗНП на нестійкій платформі стабілографа. Взаємодія ЗНП та Length на стабільній платформі стабілографа була відсутня.

Отже, результати стабілографічних досліджень та ЗНП виявили різні варіанти інтеграції у взаємодії регуляторних характеристик статокінетичної функції утримання рівноваги з нейродинамічної системи мозку. Інтегративні процеси мозку за умови виконання моторних завдань знаходилися у залежності від віку обстежуваних, умов утримання рівноваги на стабільній та нестабільній платформі та участі регуляторних індивідуально-типологічних властивостей нервової системи.

Таким чином, важливим результатом цього дослідження є те, що ми встановили різні варіанти інтеграції функціональної взаємодії регуляторних характеристик статокінетичної стійкості з нейродинамічними індивідуально-типологічними властивостями нейромереж мозку. Виявили, як підвищення, так і зниження успішності виконання завдання утримання рівноваги як на стабільній, так і нестабільній платформі стабілографа. Підвищення результативності завдання, утримання рівноваги та статокінетичної стійкості на стабільній платформі відбувалось без додаткового залучення механізмів регуляції, що належать до індивідуально типологічних властивостей нервової системи. Тоді як виконання завдання на нестійкій опорі супроводжувалось активним залученням регуляторних механізмів якими є

генетично детерміновані індивідуально типологічних властивостей нервової системи, що підвищувало успішність виконання завдання утримання рівноваги.

Висновки

1. Обґрунтовано та експериментально доведено положення про роль індивідуально-типологічних, нейродинамічних властивостей основних нервових процесів у формуванні статокінетичної стійкості в онтогенезі.

2. Зрівноваженість нервових процесів відіграє важливу регуляторну роль у формуванні індивідуальних реакцій статокінетичної стійкості в онтогенезі, що знаходяться у залежності від типологічних властивостей основних нервових процесів, віку обстежуваних, рівня рухової активності та складності виконання завдання утримання рівноваги.

3. Функціональна взаємодія статокінетичної стійкості з типологічними властивостями нервових процесів в онтогенезі дітей, підлітків, юнаків та осіб зрілого віку від 7 до 22 років поступово підвищувалась і знаходилась у залежності від складності виконання завдання утримання рівноваги та рухової активності обстежуваних. У юнаків 19-20 та осіб зрілого віку 21-22 років досліджувані показники типологічних властивостей основних нервових процесів та статокінетичної функції були вищі та виявлено більш тісний прояв функціонально взаємодії, ніж у дітей 7-8 та підлітків 11-12 років.

3. У всіх досліджуваних вікових групах спортсменів утримання вертикального положення тіла за умови нестабільної платформи стабілографа характеризувалося нижчими значеннями Length (статокінетична стійкість вища), ніж у їх однолітків не спортсменів.

4. Виконання завдання на рівновагу на нестабільній платформі стабілографа характеризується більш низьким моторним автоматизмом та вимагало залучення до регуляторних механізмів генетично детермінованих властивостей основних нервових процесів ЗНП, ніж завдання на стабільній платформі.

5. Результати статті можуть бути використані для прогностичної оцінки спортивної діяльності та реабілітації осіб з дефіцитом рівноваги, ортопедичних та нейродегенеративних захворювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шамардін, В.М., Віноградов, В.М., & Дяченко, А.Ю. (2025) Фізична підготовка елітних спортсменів: монографія. Київ: Київський столичний університет імені Б. Грінченка. 180 с.
2. Шльонська, О., Борисова, О., & Федорчук, С. (2025). Сенсомоторні реакції та особливості їх прояву у висококваліфікованих волейболістів. Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія, (1), 43–49. DOI: [10.32782/spmed.2025.1.6](https://doi.org/10.32782/spmed.2025.1.6)
3. Коробейникова, Л.Г., Макарчук, М.Ю., Коробейников, Г.В., Міщенко, В.С., & Заповітряна, О.Б. (2016). Стани психофізіологічних функцій елітних спортсменів різних вікових груп. Фізіологічний журнал. 61(6). 81-87. DOI: <https://doi.org/10.15407/fz62.06.081>
4. Лизогуб, В.С., Хоменко, С.М., Пустовалов, В.О., & Кожемяко, Т.В. (2025) Нейродинамічні основи програмування спорту: монографія. Черкаси: ФОП Гордієнко Є.І., 2025. – 197 с. <https://eprints.cdu.edu.ua/id/eprint/7271>
5. Коробейников, Г.В., Коробейникова, Л.Г., Вольський Д., & Шенпен Г. (2019). Оцінка психофізіологічного стану кваліфікованих кікбоксерів із різною поступальною стійкістю. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 94-97. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2019.4.94-97>
6. Коваленко, Я., Болобан, В., & Жирнов, О. (2017). Сенсомоторна координація спортсменів, які займаються художньою гімнастикою на етапі спеціалізованої базової підготовки. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. (4). 27-34. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2017.4.27-34>
7. Макаренко, М.В., & Лизогуб, В.С. (2011). Онтогенез психофізіологічних функцій людини: монографія. Черкаси: Вертикаль. 256 с.
8. Лях, Ю., Усова, О., Романюк, А., Мельничук, В., Лях, М., & Антіпов, А. (2019). Комп'ютерна стабілізоетрія в оцінці функціонального стану людини. Лікувальна фізична культура, спортивна медицина та фізична реабілітація. 2(46), 66–72 <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2019-02-66-72>
9. Хоменко, С.М. (2007). Аналіз баз даних за допомогою Excel. Методичний посібник. Черкаси: Гордієнко Є.І. 99 с.
10. Кожемяко, Т.В. (2018). Нейрофізіологічні та вегетативні механізми обробки інформації у підлітків з різними індивідуально-типологічними особливостями нервової системи: автореф. канд. дис. Черкаси. 20 с.

11. Безкопильна, С. (2020). Вікові особливості реактивності вегетативної нервової системи під час обробки інформації різної модальності та інтенсивності пред'явлення сигналу. Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки. 1(389). 94-102. DOI: <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2020-1-389-94-101>
12. Коваленко, Я., & Болобан, В. (2018). Статокінетична стійкість тіла спортсменок, що займаються художньою гімнастикою на етапі спеціалізованої базової підготовки. Наука в олімпійському спорті. No. 4. 70- 78. DOI: [10.32652/OLYMPIC2018.4_9](https://doi.org/10.32652/OLYMPIC2018.4_9)
13. Bezkoptylna, S.V., Minaev, B.P., Bezkoptylnyi, O.O., Kalenichenko, O.V., & Grechukha, S.V. (2023). Age characteristics of statokinetic stability in athletes and non-athletes. Bulletin of Cherkasy University. Series: Biological Sciences. No. 1. 11–22. DOI: <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-27-34>
14. Лизогуб, В., Саливончик, І., Коваль, Ю., & Палійчук, О. (2024). Роль візуальної інформації у підтримці статокінетичної стабільності на стаціонарній та нестаціонарній платформі. Вісник Черкаського університету: Серія біологічних наук. No. 1. 35-45. DOI: <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-35-45>
15. Коваль, Ю.В., Юхименко, Л.І., Чистовська, Ю.Ю., Палійчук, О.В. (2023). Вікові особливості формування статокінетичної стійкості у осіб з депривацією слухової функції. Вісник Черкаського університету: Серія біологічних наук. No. 1. 46-57. DOI 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-46-57
16. Pau, M., Ibbi, G., Leban, B., & Scorcu, M. (2014) Characterization of static balance abilities in elite soccer players by playing position and age. Res Sports Med. 22(4). 355–367. DOI: [10.1080/15438627.2014.944302](https://doi.org/10.1080/15438627.2014.944302)
17. 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. DOI: [10.1371/journal.pbio.3002096](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002096)
18. Adkin, A.L., Campbell, A.D., Chua, R., & Carpenter, M.G. (2018). The influence of postural threat on the cortical response to unpredictable and predictable postural perturbations. Neurosci Lett 435. 120–5. DOI: [10.1016/j.neulet.2008.02.018](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.02.018)
19. Міщенко, В.С., Лисенко, Е.Н., & Віноградов, В.Е. (2007). Реактивні властивості кардіореспіраторної системи як відображення адаптації до інтенсивних фізичних тренувань у спорті. Київ: Науковий світ. 351 с.
20. Vaillant J., Vuillerme N., & Janvey A. et al. (2008) Effect of manipulation of the feet and ankles on postural control in elderly adults. Brain Res. Bull. Jan, 31; 75(1):18-22. DOI: [10.1016/j.brainresbull.2007.07.009](https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.07.009)

REFERENCES

1. Shamardin, V.M., Vinogradov, V.E., & Dyachenko, A.Y. (2025) Physical training for elite soccer players: Monograph. Kyiv: B. Hrinchenko capital university. 180 p. (in Ukr.)
2. Shlyonska, O., Borysova, O., & Fedorchuk, S. (2025). Sensorimotor reactions and features of their manifestation in highly skilled volleyball players. Sports medicine, physical therapy and occupational therapy. (1). 43–49. <https://doi.org/10.32782/spmed.2025.1.6> (in Ukr.)
3. Korobeynikova, L.G., Makarchuk, M.Yu., Korobeynikov, G.V. Mischenko, V.S., & Zapovityryana, O.B. (2016) States of psychophysiological functions of elite athletes in different aging groups. Fiziol Zh. 61(6). 81-87. DOI: <https://doi.org/10.15407/fz62.06.081> (in Ukr.)
4. Lyzohub, V., Khomenko, S., Pustovalov, V., & Kozhemiako, T. (2025) Neurodynamic foundations of programming in sports: Monograph. Cherkasy: Gordienko. 197 p. (in Ukr.)
5. Korobeynikov, G., Korobeinikova, L., Volsky, D. & Shenpen, G. (2019) Assessment of the psychophysiological state of skilled kickboxers with different translational resistance. Theory and Methods of Physical Education and Sports. 94-97. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2019.4.94-97>
6. Kovalenko, Ya, Boloban, V., & Zhyrnov, O. (2017). Sensorimotor coordination of sportsmen engaged in artistic gymnastics at the stage of specialized basic training. Theory and methods of physical education and sports. (4). 27-34. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2017.4.27-34>
7. Makarenko, M.V., & Lyzogub, V.S. (2011) The ontogenesis of human psychophysiological functions: Monograph. Cherkasy: Vertikal. 256 p. (in Ukr.)
8. Lyakh, Yu., Usova, O., Romanyuk, A., Melnychuk, V., Lyakh, M., & Antipov, A. (2019) Computer stabilometry in assessing the functional state of a person. Physical education, sports and health culture in modern society. No. 2(46), 2019, 66–72 <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2019-02-66-72> (in Ukr.)
9. Khomenko, S.M. (2007) Analysis of subdivisions of data using Excel. Basic methodological textbook. Cherkassy: Gordienko E.I. 99 p. (in Ukr.)
10. Kozhemiako, T.V. (2018) Neurophysiological and autonomic mechanisms of information processing in adolescents with different individual-typological characteristics of the nervous system: Abstract of the Ph.D. Cherkasy. 20 p. (in Ukr.)
11. Bezkoptylna, S. (2020). Age-related features of reactivity of the autonomic nervous system while processing information of different modality and intensity of signal presentation. Lesia Ukrayinka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences. 1(389). 94-102. <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2020-1-389-94-101>
12. Kovalenko, Ya., Baloban, V. (2018) Statodynamic stability of the body of female athletes engaged in rhythmic gymnastics is in the stage of specialized basic training. Science in Olympic sports. No. 4. 70-78. [10.32652/OLYMPIC2018.4_9](https://doi.org/10.32652/OLYMPIC2018.4_9) (in Ukr.)

13. 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. *Bulletin of Cherkasy University. Series: Biological Sciences*. No. 1. 11–22. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-27-34>
14. Lyzohub, V.S., Salivonchuk, I.I., Koval, Y.V., & Dudnyk, I.O. (2024) Formation of statokinetic stability in ontogenesis. *Bulletin of Cherkasy University. Series: Biological Sciences*. No. 2. 11–22. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-35-45>
15. Koval, Yu.V., Yukhymenko, L.I., Chystovska, Yu.Yu., & Paliychuk, O.V. (2023) Age-specific features of the formation of statokinetic stability in persons with hearing loss. *Bulletin of the Cherkasy University. Series: Biological Sciences*. No. 1. 11–22. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-46-57> (in Ukr.)
16. Pau, M., Ibba, G., Leban, B., & Scorcu, M. (2014) Characterization of static balance abilities in elite soccer players by playing position and age. *Res Sports Med.* 22(4). 355–367. <https://doi.org/10.1080/15438627.2014.944302>
17. 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>
18. Adkin, A.L., Campbell, A.D., Chua, R., & Carpenter, M.G. (2018). The influence of postural threat on the cortical response to unpredictable and predictable postural perturbations. *Neurosci Lett* 435. 120–5. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.02.018>
19. Mishchenko, V.S., Lysenko, E.N., & Vynogradov, V.E. (2007) Reactive properties of the cardiorespiratory system as a reflection of adaptation to intense physical training in sports. Kyiv: Naukovy svit. 351 p. (in Ukr.)
20. Vaillant J., Vuillerme N., & Janvey A. et al. (2008) Effect of manipulation of the feet and ankles on postural control in elderly adults. *Brain Res. Bull.* Jan, 31; 75(1):18-22. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.07.009>

Kozhemiako T.V.

INDIVIDUAL CHARACTERISTICS OF THE INTERACTION BETWEEN STATOKINETIC STABILITY AND THE TYPOLOGICAL PROPERTIES OF NERVOUS PROCESSES IN THE ONTOGENESIS OF INDIVIDUALS WITH DIFFERENT LEVELS OF MOTOR ACTIVITY

The aim of the study is to investigate the interaction between the regulatory characteristics of statokinetic stability and the individual typological properties of neural processes during the ontogenesis of individuals with varying levels of physical activity.

Materials and methods. *In children, adolescents, young adults, and adults aged 7 to 22 years who regularly engaged in sports (n=187) and their non-athlete peers (n=148), a study of statokinetic stability was conducted using the indicator of the length of the trajectory of the foot pressure center's oscillation (Length) on a stable and unstable platform of the "MPFI Stabilograph-1" stabilograph. The "Diagnost-1" computer system was used to determine the individual typological characteristics of the balance of nervous processes (BNP) in the subjects.*

Research findings. *It has been demonstrated that BNP plays an important regulatory role in the formation of individual statokinetic stability responses during ontogenesis. The functional interaction between statokinetic stability and the typological properties of neural processes during the ontogenesis of children, adolescents, young adults, and adults gradually intensified and depended on the complexity of the balance maintenance task and the motor activity of the subjects. In young adults aged 19–20 and adults aged 21–22, the examined indicators of the typological properties of neural processes and statokinetic function were higher, and a closer manifestation of functional interaction was observed than in children aged 7–8 and adolescents aged 11–12. In athletes with below-average levels of BNP, Length indicators were statistically significantly higher (statokinetic stability was lower) than in subjects with average and above-average levels of the studied typological property. Correlation coefficients confirmed the presence of integrative processes between the typological properties of BNP and the regulatory functions of statokinetic stability (Length) in subjects on the unstable platform of the stabilograph. There was no interaction between BNP and Length on the stable platform of the stabilograph.*

Conclusions. *The results indicate that the integrative processes of the central nervous system, in interaction with the regulatory mechanisms of statokinetic stability during the ontogenesis of children, adolescents, young adults, and adults, depend on the level of physical activity of the subjects and the complexity of the balance task.*

Keywords: *ontogenesis, statokinetic stability, balance of nervous processes, physical activity.*

Надійшла до редакції / Received: 22.04.2026

Схвалено до друку / Accepted: 11.05.2026