

УДК. 612.821

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2020-1-11-22

Безкопильна Світлана Вікторівна

аспірант, Науково-дослідний інститут фізіології
ім. М.Босого Черкаського національного університету
ім. Б.Хмельницького
bezcopylnaya86@ukr.net,

ORCID 0000-0003-2603-2820

Лизогуб Володимир Сергійович

д.б.н., професор, директор Науково-дослідного інституту фізіології
ім. М.Босого Черкаського національного університету
ім. Б.Хмельницького
v_lizogub@ukr.net,

ORCID 0000-0002-3001-138X

Безкопильний Олександр Петрович

к.п.н., доцент, Науково-дослідний інститут фізіології
ім. М.Босого Черкаського національного університету
ім. Б.Хмельницького

ORCID 0000-0003-4549-0069

Хоменко Сергій Миколайович

к.б.н., доцент, Науково-дослідний інститут фізіології
ім. М.Босого Черкаського національного університету
ім. Б.Хмельницького
skhomenko@ukr.net,

ORCID 0000-0002-2105-0432

ІНТЕГРАТИВНІ ФУНКЦІЇ МОЗКУ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КОГНІТИВНИХ ТА МОТОРНИХ ЗАВДАНЬ

У роботі намагалися з'ясувати особливості інтегративних функцій мозку за умови одночасного виконання когнітивних та моторних завдань. У когнітивному завданні ми використовували образні та вербальні сигнали, які обстежувані повинні були максимально швидко диференціювати і реагувати натисканням на кнопку лівою чи правою рукою і не натискати на гальмівний сигнали. Моторне завдання включало довільний контроль вертикального положення тіла стоячи на стабілографічній стійкій та нестійкій платформі. Співставлення стабілографічних досліджень, коефіцієнту функції рівноваги (KFR) та швидкості (час реакції) диференціювання РВ2-3 і якісних (кількість помилок) характеристик виконання когнітивних та моторних завдань дозволило виявити різні варіанти інтегративних функцій мозку у вигляді покращення або погіршення успішності виконання однієї, чи обох завдань у порівнянні з ізольованою їх реалізацією. Встановили, що інтегративні функції мозку за умови одночасного виконання двох завдань залежать від стабілографічних умов утримання рівноваги на стійкій та нестійкій платформі, а також від модальності сигналів. Доведено, що виконання моторного статокінетичного завдання знаходиться у залежності від умов утримання рівноваги на стійкій та нестійкій платформі, і не залежить від модальності сигналів. Встановлено, що швидкісні характеристики когнітивних завдань знаходяться у залежності від модальності сигналів та статокінетичних умов утримання рівноваги.

Ключові слова: переробка інформації; когнітивні та моторні завдання; образні та вербальні сигнали; стабілографія; функція рівноваги.

Постановку проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

В останні десятиліття в зв'язку зі збагаченням інформаційного середовища людини і комп'ютеризацією вивчення проблеми інтегративних функцій мозку під час виконання різних завдань стало актуальним для розуміння механізмів здійснення складної діяльності. Відомо, що у житті здорові люди легко справляються з одночасним виконанням декількох завдань. Стояння, сидіння, ходьба для здорової людини є звичним фоном для розмови, запам'ятовування інформації, рахунок подумки та інших дій. Однак, не дивлячись на легкість одночасного виконання рухової і когнітивної задачі, деякі дослідники показали, що якість пози або ходьби змінюється в залежності від складності когнітивної діяльності і установок людини [1]. Показано, що якість когнітивної діяльності змінюється, якщо підтримка пози або ходьби порушується і перестає виконуватися автоматично [1].

Успішне функціонування центральної нервової системи за умови одночасного виконання декількох інформаційних завдань традиційно важливо для деяких видів праці, спортивної діяльності де пред'являються високі вимоги до розумових операцій, сприйняття та переробки інформації, швидкого прийняття рішення і здійснення рухових дій [2;3]. Гра на музичному інструменті в оркестрі вимагає уваги до звуків свого та інструментів своїх партнерів.

Циркове мистецтво вимагає від артиста одночасне виконання рухових і когнітивних задач на нестійкій платформі [4]. Використання одночасного виконання декількох інформаційних завдань стало корисним і у діагностиці пацієнтів з депресією та хворобою Паркінсона, Альцгеймера, а також оцінки ризиків для людей, які працюють в екстремальних умовах [5]. Кожне з цих видів діяльності має свою специфіку, однак вимоги до здатності розподіляти увагу, одночасно контролювати рухові дії і когнітивні процеси, залишаються спільним.

В якості моделей функціонування в умовах високих інформаційних навантажень, що вимагають обробки сигналів, які надходять з різних аферентних каналів, в тому числі і поєднання моторного завдання з когнітивним, використовуються подвійні завдання [6]. У літературі описані різні варіанти виконання подвійних задач [7;8;9]. В якості когнітивного компонента подвійної задачі пропонують використовувати рахунок, промовляння слів, спів [10;11] визначення кольору, виду, форми предметів або значення слова [12;13;14].

Моторне завдання складається з ходьби, цілеспрямованої рухової функції рукою чи ногою, підтримання певної пози [15;16], а також дослідження швидкості простих та складних сенсомоторних реакцій [14;17].

Якість довільного контролю вертикальної пози як при спокійному стоянні, так і при виконанні подвійних завдань може бути оцінено за допомогою стабілографії, яка в останні роки широко використовується як в клінічній практиці, так і наукових дослідженнях [18;19;20;21;22].

В нашій роботі ми намагалися з'ясувати, чи залежить швидкість та якість переробки інформації різної модальності від умов утримання рівноваги під час стояння на стійкій та нестійкій платформі.

Мета роботи - з'ясувати особливості інтегративних функцій мозку за умови одночасного виконання когнітивних та моторних завдань.

Матеріали та методи

В дослідженні взяли участь 20 учнів 13 – 14 років, що дали інформаційну згоду у відповідності до Хельсінкської декларації Всесвітньої медичної асоціації 1964 р. В ході тестування досліджуванні підтримували зручну вертикальну позу, стоячи на платформі

(40x40 см) стабілографа («МПФИ стабілограф-1»), за допомогою якого реєстрували зміни коливання тіла.

Статокінетичну стійкість оцінювали за KFR. 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. один від одного. Для дослідження змін коливань тіла людини на нестійкій платформі ми використовували паралон (40x40 см., товщиною 10 см.). На платформу стабілографа клали паралон, а на нього дощечку товщиною 1 см, на яку наклеювали мітки для стопи.

Під час утримання вертикальної пози стоячи на стабілографі досліджувані спочатку виконували роботу по переробці образних, а потім вербальних сигналів на комп'ютерному пристрої «Діагност1М» [14;23] у режимі «зворотного зв'язку». Визначали швидкість (час реакції) та якість (кількість помилок) диференціювання складної сенсомоторної образної та вербальної інформації (PB2-3).

Перед початком роботи обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності з якою йому необхідно було при появі на екрані фігури “квадрат” або “назви тварин” швидко натискати правою рукою на праву кнопку, “коло” чи “назви рослин” – лівою рукою на ліву кнопку, а при пред'явленні “трикутника” та “предметів” - гальмівний подразник – не натискати на жодну з кнопок.

Починали дослідження з визначення утримання вертикальної пози стоячи на стабілографі на стійкій та нестійкій платформі. Потім переходили до виконанням роботи з переробки образної інформації, а потім вербальних сигналів стоячи на стійкій опорі. Далі досліди з образними та вербальними подразниками повторювали на нестійкій опорі. Реєстрували зміни кількісних (час реакції) і якісних (кількість помилок) показників переробки інформації та KFR.

Результати дослідження були оброблені з використанням статистичних програм Statgraphics, Microsoft Excel.

Результати та обговорення

Ми намагалися з'ясувати, чи зберігається успішність диференціювання і переробки інформації різної модальності від статокінетичних умов утримання рівноваги під час стояння на стійкій та нестійкій платформі.

Досліджували і аналізували показники статокінетичної стійкості у фоні, перед виконанням роботи з переробки інформації стоячи на стійкій і нестійкій платформі та під час виконання когнітивних задач за умови переробки образної та вербальної інформації.

Оцінку статокінетичної стійкості проводили за показником KFR. Статокінетична стійкість у фоні та під час переробки образної і вербальної інформації в умовах стояння на стійкій платформі була однаковою і не залежала від модальності сигналів. KFR у фоні, під час переробки образної та вербальної інформації був однаковий і знаходився в межах 77,2% - 76,0% (рис.1).

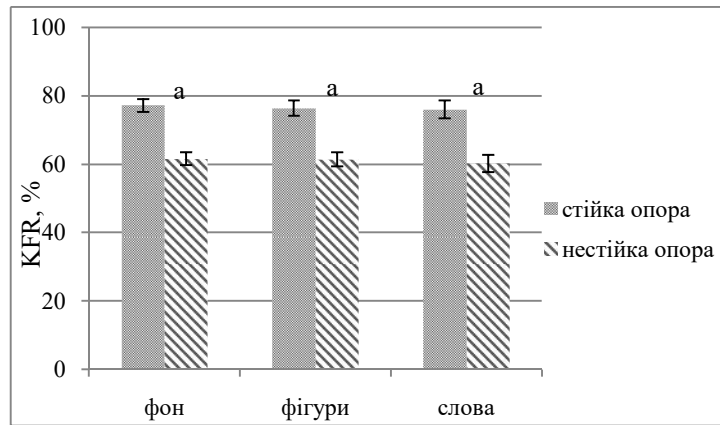


Рис. 1. Статокінетична стійкість на стійкій і нестійкій платформі у фоні та під час переробки образних і вербальних сигналів. *Примітка:* a - статистично значимі відмінності - $p < 0,05$ за показниками KFR стоячи на стійкій і нестійкій платформі.

Показники KFR стоячи на нестійкій платформі під час дослідження статокінетичної стійкості у фоні та за умови переробки образної і вербальної інформації були статистично значуще нижчими, ніж на стійкій платформі. Так, у фоні, та під час переробки образної і вербальної інформації показник KFR дорівнював, відповідно $58,1 \pm 1,9\%$, $59,9 \pm 2,3\%$ та $61,3 \pm 2,5\%$.

Таким чином, виявили, що утримувати вертикальну позу на стійкій платформі легше, ніж на нестійкій платформі. Результати, які наведені на рис.1 показали, що статокінетична стійкість не зв'язана з модальністю когнітивної інформації, а знаходиться у залежності від умов утримання рівноваги на стійкій чи нестійкій платформі.

Отже, наведені результати свідчать про те, що здатність утримувати рівновагу залежить від умов стояння на стійкій чи нестійкій платформі і не залежить від модальності когнітивного завдання.

Ми передбачали, що кількісні і якісні показники успішності виконання переробки інформації в умовах нестійкої опори будуть дещо іншими, ніж на стійкій платформі. Результати дослідження кількісних та якісних характеристик переробки образної та вербальної інформації на стійкій і нестійкій платформі представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Кількісні (час реакції, мс) та якісні (кількість помилок/сигнали) показники (Mean \pm SD) переробки різномодальної інформації на стійкій і нестійкій платформі (n=20)

Сигнали різної модальності							
образні (геометричні фігури)				вербальні (слова)			
стійка платформа		нестійка платформа		стійка платформа		нестійка платформа	
РВ 2-3, мс	помилки, (сигнали)	РВ 2-3, мс	помилки, (сигнали)	РВ 2-3, мс	помилки, (сигнали)	РВ 2-3, мс	помилки, (сигнали)
334,7 \pm 9,1	44,6 \pm 0,5	321,3 \pm 9,5	45,1 \pm 0,6	483,7 \pm 7,1	50,7 \pm 0,6	451,7 \pm 13,2	49,4 \pm 0,7

Аналіз часу сенсомоторної реакції на РВ2-3 показав, що швидкість переробки інформації знаходиться у залежності від модальності сигналів та умов статокінетичної стійкості. Так, час реакції диференціювання РВ2-3 на вербальні сигнали був більший, а швидкість нижча, ніж для образних сигналів ($p < 0,019$).

Окрім того, швидкість переробки образних сигналів за умови стояння на стійкій і нестійкій платформі була однаковою (рис. 2).

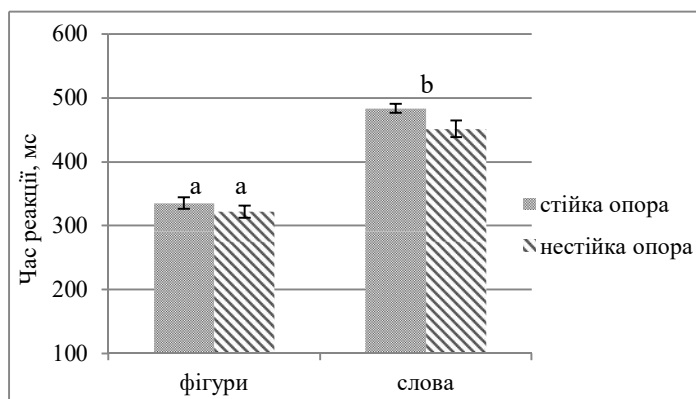


Рис.2. Час реакції (мс) за умови переробки інформації різної модальності на стійкій і нестійкій платформі. Примітка: *a* - статистично значимі відмінності на рівні $p < 0,05$ показників швидкості переробки інформації на пред'явлення образних та вербальних сигналів, *a b* - між значеннями на стійкій та нестійкій платформі.

Слід звернути увагу на той факт, що за умови виконання завдання з переробки вербальної інформації стоячи на нестійкій платформі швидкість реакції на РВ2-3 була статистично вища (час сенсомоторних реакцій менший), ніж на стійкій опорі ($p < 0,043$).

Отже, швидкість переробки складної сенсомоторної інформації знаходилась у залежності від модальності сигналів. Що стосується залежності швидкості переробки образної інформації то вона не залежала від умовами статокінетичної стійкості. Час реакції на образні сигнали в умовах підтримання рівноваги на нестійкій платформі був однаковий. Тоді, як на вербальні подразники швидкість диференціювання складної сенсомоторної реакції за умови утримання рівноваги на нестійкій виявилась кращою, ніж на стійкій платформі ($p < 0,032$).

Якість переробки інформації знаходилась у залежності від модальності сигналів і не залежала від умови утримання рівноваги на стійкій та нестійкій платформі (рис.2).

Наведені результати показують, що кількість помилок, які допускали обстежувані під час диференціювання РВ2-3 на вербальні сигнали була завжди більша, ніж на образні сигнали ($p < 0,022$). Підвищення складності моторного завдання шляхом утримання рівноваги на нестійкій платформі, не виявило зміни у якості виконання когнітивного завдання. Виконання когнітивного завдання на стійкій та нестійкій платформі не викликало суттєвих зміни у якості переробки образної інформації. Кількість помилок, що на стійкій, що на нестійкій платформі за умови переробки та диференціювання образної інформації була однаковою. На стійкій опорі кількість помилок для образних сигналів дорівнювала $44,6 \pm 0,5$, а на нестійкій платформі $45,1 \pm 0,6$ ($p > 0,054$).

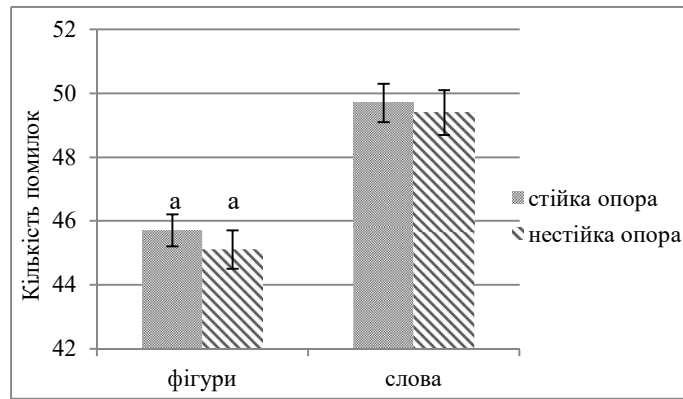


Рис.3. Кількість помилок під час переробки інформації різної модальності на стійкій і нестійкій платформі. Примітка: *a* - статистично значимі відмінності між фігурами і словами на рівні $p < 0,05$.

Виконання когнітивного завдання з переробки інформації з вербальними сигналами, хоча і збільшило кількість помилок по відношенню до завдання з образними подразниками, але не залежало від складності моторного завдання з утримання статокінетичної стійкості на стійкій і нестійкій платформі. На стійкій платформі кількість помилок, яку допускали обстежувані за умови переробки вербальної інформації дорівнювала $50,7 \pm 0,6$, а на нестійкій - $49,4 \pm 0,7$ ($p > 0,061$). Отже, додатковий вплив нестійкої опори на якість переробки когнітивного завдання з образними, так і вербальними сигналами був відсутній.

Під час одночасного виконання подвійних моторних та когнітивних завданнях, які ми використовували обстежувані повинні були максимально швидко диференціювати і реагувати, відповідно до інструкції, натисканням на кнопку лівою чи правою рукою на появу образних та вербальних сигналів, виду фігури або значення слова. Моторне завдання включало довільний контроль вертикального положення тіла стоячи на підлозі, на стабілографічній стійкій та нестійкій платформі. Співставлення результатів стабілографічних досліджень та кількісних (швидкість реакції диференціювання RB2-3) і якісних (кількість помилок) характеристик виконання когнітивних та моторних завдань дозволило виявити різні варіанти інтегративних функцій мозку у вигляді покращання або погіршення успішності виконання однієї, чи обох завдань у порівнянні з ізольованою їх реалізацією. Встановили, що інтегративні функції мозку за умови одночасного виконання моторних і когнітивних завдань знаходилися у залежності від модальності когнітивної інформації та умов контролю за рівновагою на стійкій і нестійкій платформі.

Аналіз результатів статокінетичної стійкості показав, що виконання моторного завдання знаходиться у залежності від умов утримання рівноваги на стійкій і нестійкій платформі, і не залежить від модальності когнітивних сигналів. Якщо взяти до уваги, що у процесі виконання подвійних задач моторної (регуляції рівноваги) долучається когнітивна складова (переробка образної чи вербальної інформації) то можуть бути змінені як моторні, так і когнітивні показники.

Перш за все, необхідно відмітити, що в разі приєднання когнітивної, як образної, так і вербальної інформації моторна компонента стоячи на стійкій платформі не змінилась. Показник статокінетичної стійкості KFR у фоні, стоячи на стійкій платформі, що за умови переробки образної, що вербальної інформації був однаковий і становив 77,2% і 76,0%. Пояснити це можна по-перше коли розглядати факт участі різних ділянок і модулів мозку, їх просторово і часове рознесення для окремого

моторного і когнітивного компонентів пропонованого завдання [24]. По-друге відсутність зміни показника КФР на стійкій платформі за умови приєднання когнітивної складової обумовлене тим, що статокінетичний автоматизм утримання рівноваги в еволюційному плані є більш старшою і надійною функцією, ніж переробка когнітивної образної чи вербальної інформації.

Чисельні дослідження показали, що утримання рівноваги і вертикальної пози забезпечується великою кількістю кіркових і підкіркових структур, які певною мірою дублюють один одного, що підвищує надійність моторного автоматизму [15;10].

Варто відмітити, що підтримка статокінетичної стійкості залежить від участі зорової, пропріорецептивної та вестибулярної сенсорних систем [25;26;27]. Тому, за умови виконання ізольованого моторного завдання, утримання рівноваги на нестійкій платформі показник KFR суттєво знизився до $58,1 \pm 1,9\%$, проти $77,2\%$ стоячи на стійкій платформі. Пояснити цей факт можна тим, що на зорову, пропріорецептивну та вестибулярну системи нестійка платформа створює додаткове суглобово-мязове навантаження. Тому, у корі мозку та найближчих до нього підкіркових структур виникала інтерференція (Muller, 1900) яка у разі приєднання до моторного когнітивного компоненту (завдання з переробки образної чи вербальної інформації) знижувала KFR до $59,9 \pm 2,3\%$ та $61,3 \pm 2,5\%$ у порівнянні з ізольованим виконанням моторного завдання стоячи на стійкій платформі.

Отже, наведені результати демонструють, що одночасне виконання простого моторного у фоні і приєднання до нього когнітивного образного чи вербального завдання не впливало негативно на статокінетичну стійкість. Тоді, як порівняння KFR в різних експериментальних умовах показало на зниження якості виконання моторного завдання на нестійкій платформі. Беручи до уваги результати наших досліджень можна зробити узагальнення про те, що здатність утримувати рівновагу не залежить від когнітивної складової, а знаходиться у залежності від складності виконання моторного завдання. Ці результати можна пояснити тим, що підтримка рівноваги в еволюційному плані є більш старшою і надійною функцією, ніж переробка когнітивної образної чи вербальної інформації. Чисельні дослідження показали, що утримання рівноваги і вертикальної пози забезпечується великою кількістю кіркових і підкіркових структур, які певною мірою дублюють один одного, що підвищує надійність моторного автоматизму [15;10]. Саме тому приєднання когнітивної задачі з образними чи вербальними сигналами у більшості випадків не змінювало успішність виконання моторного завдання з утримання рівноваги.

Значно складніше було пояснити зниження функції рівноваги за умов переробки образної і вербальної інформації стоячи на нестійкій платформі. Пояснити те, що KFR в умовах стоячи на стійкій вища, а на нестійкій платформі нижча можна виходячи з того факту, що погіршення виконання моторного завдання може бути декілька. Один з них слід розглядати з позицій інтерференції (Muller, 1900), яка виявилась більш вираженою під час стояння на нестійкій платформі. За цих умов виконання роботи з переробки вербальної чи образної інформації мало менший вплив на здатність утримувати рівновагу, ніж фактор нестійкої платформи. Інший механізм може бути зв'язаний з тим, що одночасне виконання моторного завдання на нестійкій платформі з когнітивними тестами на вербальні і образні подразники якість виконання одного або двох погіршується, що обумовлена зниженням об'єму моторного і, особливо, когнітивного ресурсів, перш за все, уваги та пам'яті [28; 29;24;17].

Для часових характеристик швидкості переробки образної і вербальної інформації приєднання моторної задачі у вигляді контролю за рівновагою на нестійкій платформі не змінювало швидкість виконання когнітивного завдання з образними сигналами. Значно менше досліджені випадки коли погіршення виконання однієї задачі

покрощує, або не змінює результати іншої. На нашу думку це може бути пояснене відсутністю впливу моторної складової на зміну когнітивної функції, що мало місце під час переробки образної інформації, час реакції не стійкій і нестійкій платформі був однаковий, що пояснюється процесами інтеграції [29].

Але значно складніше пояснити підвищення швидкості реакції на вербальні сигнали на нестійкій платформі у порівнянні з умовами переробки інформації на стійкій платформі. Час реакції для вербальних сигналів на нестійкій платформі був значуще менший, а швидкість реакції вища, ніж стоячи на стійкій платформі. Пояснення цього може бути наступним. У якості можливого нейрофізіологічного механізму процесів інтеграції когнітивних і моторних функцій може розглядатися факт участі різних ділянок і модулів мозку, їх просторово – часове рознесення для виконання кожного з компонентів комбінованого когнітивного і моторного завдання [24]. Виявлений факт вказує на те, що моторний автоматизм при виконанні роботи на утримання пози співпадає з високими когнітивними ресурсами. Це може бути сприятливим прогностичним показником для видів діяльності з високим рівнем інформаційного навантаження.

В умовах утримання вертикальної пози на нестійкій платформі значно підвищилась амплітуда коливання тіла, але це негативно не вплинуло на показники швидкості переробки образної та вербальної інформації. Кількісні та якісні показники переробки вербальної інформації знизилися в умовах приєднання до когнітивного компоненту моторного компоненту утримання пози на нестійкій платформі. Можливо, що зниження кількісних та якісних показників переробки інформації на вербальні сигнали на нестійкій платформі зв'язані з частковим ігноруванням зорової інформації про сигнали, які надходили у вищі відділи КГМ у зв'язку з надходженням додаткової інформації про положення тіла від інших сенсорних систем (вестибулярної та м'язово–суглобової сенсорної сигнальної системи). Тобто мали ситуацію коли у корі головного мозку виникала інтерференція, яка зв'язана з конкуренцією інформаційних систем [9]. Вона була більш виражена на вербальні і меншою на образні сигнали. Конкуренція сигналів викликала інтерференцію, яка більше позначалась і на утриманні рівноваги і на кількісних і якісних характеристиках переробки інформації. У більший мірі це спостерігалось під час переробки когнітивної інформації з вербальними подразниками, які є більш еволюційно молодими, відносяться до другої сигнальної системи, мають менший нейрофізіологічний ресурс, ніж образні [17] еволюційно старші, надійніші, відносяться до першої сигнальної системи [17].

Таким чином, статокінетична стійкість під час виконання моторного завдання знаходиться в залежності від умов утримання рівноваги на стійкій і нестійкій платформі, та не залежить від модальності когнітивних сигналів. Інтегративні функції мозку під час виконання когнітивних та моторних завдань залежать від модальності пред'явлених сигналів та умов утримання рівноваги.

Висновки

1. З'ясували, що інтегративні функції мозку за умови одночасного виконання моторних і когнітивних завдань залежать від статокінетичних умов утримання рівноваги на стійкій і нестійкій платформі та модальності пред'явленої для диференціювання інформації.

2. Встановлено, що швидкісні характеристики переробки інформації знаходяться у залежності від модальності сигналів та статокінетичних умов утримання рівноваги. Виявили, що швидкість переробки вербальних сигналів була нижча, ніж для образних і вища на нестійкій, ніж на стійкій платформі. Швидкість переробки образних

сигналів не залежала від статокінетичних умов утримання рівноваги на стійкій чи нестійкій платформі.

3. Встановили, що додатковий вплив моторного завдання на нестійкій платформі на якість переробки когнітивного завдання як з образними, так і вербальними сигналами був відсутній. Якість виконання когнітивного завдання з переробки інформації з вербальними та образними сигналами не залежала від складності моторного завдання, утримання рівноваги на стійкій і нестійкій платформі. Кількість помилок у обстежуваних за умови переробки вербальної, так і образної інформації на стійкій та нестійкій платформі була однаковою.

4. Доведено, що виконання моторного статокінетичного завдання знаходиться у залежності від умов утримання рівноваги на стійкій та нестійкій платформі, і не залежить від модальності когнітивних сигналів.

Список використаної літератури

- Zavoronkova L. A., Kuptsova S. B., Zharikova A. V., Kushnir E. M., Mikhalkova A. Characteristics of EEG reactivity changes during the performance of dual tasks in healthy subjects (*Физиология человека*, 2011. 37(6), 688–699 с. doi: 10.1134/S0362119711060168
- Бердичевская Е. М. Применение стабилотрии для анализа функции равновесия у спортсменов. *Журн. мед.-биол. исследований*, 2017. Т. 5, № 1. 93–95 с. doi : 10.17238/issn2542-1298.2017.5.1.9
- Шестаков М. П. Использование стабилотрии в спорте: монография. М.: ТВТ «Дивизион», 2007. 112 с.
- Слива С.С. Отечественная компьютерная стабилография: технический уровень, функциональные возможности и области применения. *Мед. Техника*, 2005. №1. 32–36 с.
- Dempsey, J.A., Morgan, B. J. Humans in Hypoxia: A Conspiracy of Maladaptation?! *Physiology*, 2015. 30(4). 304–316 p. doi:10.1152/physiol.00007.2015
- Verbruggen F, Logan G. D. Automatic and controlled response inhibition: associative learning in the go/nogo and stop-signal paradigms. *Journal of Experimental Psychology*, 2008. General, 137(4): 649–672 p. <https://doi: 10.1037/a0013170>
- Luria, A. R. *Osnovy neyropsihologii*. Prosveshcheniye. Moscow, 2004
- Hiraga, C. Y., Garry, M. I., Carson, R. G., Summers, J. J. Dual-task interference: attentional and neuropsychological influences. *Behavioural Brain Research*, 2009. 205(1). 291–345 p. doi: 10.1016/j.bbr.2009.07.019
- Lyzohub V. S., Chernenko N. P., Palabiyik A. A., Bezkopulna S. V. Method of definitions mental performance during processing of information with different speed of presentation of stimuli. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*, 2018. 1: 70–80 с. <https://doi: 0.31651/20765835-2018-1-1-70-79>
- Horak, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, 2006. 35(2). 7–11 p. doi: 10.1093/ageing/af1077
- Schulz, K., Mueller, A., Koelsch, S. Neural correlates of strategy use during auditory working memory in musicians and non-musicians. *The European Journal of Neuroscience*, 2011. 33(1). 189–196 p. doi: 10.1111/j.1460-9568.2010.07470.x
- Haggard, P., Cockburn, J. Dividing attention between cognitive and motor tasks in neurological rehabilitation. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1998. 8. 155–170 p.
- Low, K. A., Leaver, E. E., Kramer, A. F. Fabiani M., Gratton G. Share or complete? Load-dependent recruitment of prefrontal cortex during dual-task performance. *Psychophysiology*, 2009. 46(5). 1069–1079 p. doi:10.1111/j.1469-8986.2009.00854.x
- Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Кожемяко Т. В. Переробка інформації різної складності та модальності особами з різними індивідуально-типологічними властивостями ВНД. *Вісник Черкаського університету*. Вип. 71. Черкаси, 2005. 60–67 с.
- Maurer, C., Mergner, R., Peterka, R. Multisensory control of human upright stance. *Experimental Brain Research*, 2000. 171. 231–250 p. doi: 10.1007/s00221-005-0256-y
- Furley, F., Memmert, D. Differences in spatial working - memory as a function of team sports expertise: the Corsi block-tapping task in sport psychological assessment. *Perceptual and Motor Skills*, 2010. 110(3). 801–808 p. doi:10.2466/PMS.110.3.801-808
- Lyzohub V. S., Chernenko N. P., Kozhemiako T. V., Palabiyik A. A., Bezkopulna S. V. Age peculiarities of interaction of motor and cognitive brain systems while processing information of different modality and complexity. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2019. 10(3). 288–294 с. <https://doi:10.15421/021944>

18. Устинова К. И., Иофре М. Е., Черникова Л. А. Особенности нарушенной вертикальной позы у больных с постинсультными гемипарезами. *Физиология человека*, 2003. 29. 14 – 147 с.
19. Жарикова А. В., Жаворонкова Л. А., Максакова О. А, Купцова С.В. Особенности выполнения двойных задач (позний контроль и счет) пациентами с последствиями черепно-мозговой травмы. *Физиология человека*, 2012. (4): 41–50 с.
20. Al-Yahya E., Dawes H., Collett J., Nowells K., Izadi H., Wade D., Cockburn J. Gait adaptations to simultaneous cognitive and mechanical constraints. *Exp Brain Res.*, 2009. 199. 39 – 48 p.
21. Mohammadirad S., Salavati M., Takamjani I.E., Akhbari B., Sherafat S., Mazaheri M., Negahban H. Intra and intersession reliability of a postural control protocol in athletes with and without anterior cruciate ligament reconstruction: dual – task paradigm. *Intern. J. of sports physical therapy*, 2012. 7: 627 – 636 p.
22. Laufer Y., Ashkenazi T., Josman N. The effects of a concurrent task cognitive task on the postural control of young children with and without developmental coordination disorder. *Gait and Posture*, 2008. 27: 347 – 351 p.
23. Лизогуб В. С., Хоменко С. М., Безкопильний О. П. Нейродинамічні властивості людини та методика їх дослідження : монографія. Черкаси : ФОП Гордієнко Є.І., 2019. 136 с.
24. Жарикова А. В., Жаворонкова Л. А., Купцов С. Б., Кушнир Е. М., Куликов М. А., Михалкова А.А. Психологические и стабилграфические особенности выполнения двойных задач. *Физиология человека*, 2013. № 4. 33 – 40 с.
25. Assländer L. 1., Peterka R. J. Sensory reweighting dynamics in human postural control, *J. Neurophysiol.*, 2014. V. 111. № 9. 18 – 52 p.
26. Sousa A. S., Silva A., Tavares J. M. Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review, *Somatosens. Mot. Res.*, 2012. V. 29. № 4. 131 p.
27. Polastri P. F., Barela J. A., Kiemel T. et al. Dynamics of inter-modality re-weighting during human postural control, *Exp. Brain Res.*, 2012. V. 223. № 1. 99 p.
28. Doumas, M., Rapp, M. A., Krampe, R. T. Working memory and postural control: adult age differences in potential for improvement, task priority, and dual tasking. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 2009. 64. 193–201 p. doi:10.1093/geronb/gbp009
29. Scherder E.J.A. Basic science of the interaction in gait and mental dysfunction. *Abstr. of the 2nd Congress on Gait and Mental Functions. Amsterdam*, 2008. 15 p.

References

1. Zhavoronkova, L. A., Kuptsova, S. B., Zharikova, A. V., Kushnir, E. M., Mikhalkova, A. (2011). Characteristics of EEG reactivity changes during the performance of dual tasks in healthy subjects (voluntary postural control and calculation). *Fyzyolohiya cheloveka [Human physiology]*. 37(6). 688–699 (in Rus). doi: 10.1134/S0362119711060168
2. Berdichevskaya, E. M. (2017). The use of stabilometry for the analysis of the equilibrium function in athletes, *Zh. medical biol. research*. Vol. 5, №1. 93–95 (in Rus). doi: 10.17238 / issn2542-1298.2017.5.1.9
3. Shestakov, M.P. (2007) Use of stabilometry in sports: monograph. M.: TVT “Division”. 112 (in Rus).
4. Sliva, S.S. (2005) Domestic computer stabilography: technical level, functionality and applications. *Honey. equipment*. № 1. 32–36 (in Rus).
5. Dempsey, J.A., Morgan, B. J. (2015). Humans in Hypoxia: A Conspiracy of Maladaptation?! *Physiology*, 30(4), 304–316 doi:10.1152/physiol.00007.2015
6. Verbraggen, F., Logan, G. D. (2008). Automatic and controlled response inhibition: associative learning in the go/nogo and stop-signal paradigms. *Zhurnal Eksperimental'noy Psikhologii [Journal of Experimental Psychology]*. General, 137(4): 649–672 [https://doi: 10.1037/a0013170](https://doi.org/10.1037/a0013170)
7. Luria, A. R. *Osnovyi neyropsihologii [Basics of Neuropsychology]*. Prosveshcheniye, 2004. Moscow.
8. Hiraga, C. Y., Garry, M. I., Carson, R. G., Summers, J. J. (2009). Dual-task interference: attentional and neuropsychological influences. *Behavioural Brain Research*. 205(1), 291–345 doi: 10.1016/j.bbr.2009.07.019
9. Lyzohub, V. S., Chernenko, N. P., Palabiyik, A. A., Bezkopulna, S. V. Method of definitions mental performance during processing of information with different speed of presentation of stimuli. *Visnyk Cherkaskoho universytetu.[Cherkasy university bulletin: biological sciences series]*. 2018; 1: 70–80 (in Ukr). [https://doi: 0.31651/20765835-2018-1-1-70-79](https://doi.org/10.31651/20765835-2018-1-1-70-79)
10. Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, 35(2), 7–11 doi: 10.1093/ageing/af1077
11. Schulz, K., Mueller, A., Koelsch, S. (2011). Neural correlates of strategy use during auditory working memory in musicians and non-misicians. *Yevropeyskiy zhurnal neurologii [The European Journal of Neuroscience]*. 33(1), 189–196 doi: 10.1111/j.1460-9568.2010.07470.x
12. Haggard, P., Cockburn, J. (1998). Dividing attention between cognitive and motor tasks in neurological rehabilitation. *Neuropsychological Rehabilitation*. 8, 155–170

13. Low, K. A., Leaver, E. E., Kramer, A. F., Fabiani, M., Gratton, G. (2009). Share or complete? Load-dependent recruitment of prefrontal cortex during dual-task performance. *Psychophysiology*. 46(5), 1069–1079 doi:10.1111/j.1469-8986.2009.00854.x
14. Lyzohub, V.S., Chernenko, N.P., Kozhemiako, T.V. (2005). Processing information of varying complexity and modality by individuals with different individual-typological properties of HNP. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. [Cherkasy university bulletin: biological sciences series]*. 71, 60–67 (in Ukr)
15. Maurer, C., Mergner, R., Peterka, R. (2000). Multisensory control of human upright stance. *Experimental Brain Research*. 171, 231–250 doi: 10.1007/s00221-005-0256-y
16. Furley, F., Memmert, D. (2010). Differences in spatial working - memory as a function of team sports expertise: the Corsi block-tapping task in sport psychological assessment. *Perceptual and Motor Skills*. 110(3), 801–808 c. doi:10.2466/PMS.110.3.801-808
17. Lyzohub, V. S., Chernenko, N. P., Kozhemiako, T. V., Palabiyik, A. A., Bezokopylna, S. V. (2019). Age peculiarities of interaction of motor and cognitive brain systems while processing information of different modality and complexity. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 10(3): 288–294 (in Ukr). <https://doi:10.15421/021944>
18. Ustinova, K.I., Iofre, M.E., Chernikova, L.A. (2003). Features of vertical posture disorders in patients with post-stroke hemiparesis. *Fyzyolohiya cheloveka [Human physiology]*. 29. From 14 – 147 (in Rus).
19. Zharikova, A.V., Zhavoronkova, L.A., Maksakova, O.A., Kuptsova, S.V. (2012). Features of performing dual tasks (late control and counting) by patients with the consequences of a traumatic brain injury. *Fyzyolohiya cheloveka [Human physiology]*. (4): 41-50 (in Rus).
20. Al-Yahya, E., Dawes, H., Collett J., Nowells K., Izadi H., Wade D., Cockburn J. (2009) Gait adaptations to simultaneous cognitive and mechanical constraints. *Exp Brain Res*. 199. 39 – 48
21. Mohammadirad, S., Salavati, M., Takamjani, I.E., Akhbari, B., Sherafat, S., Mazaheri, M., Negahban, H. (2012) Intra and intersession reliability of a postural control protocol in athletes with and without anterior cruciate ligament reconstruction: dual – task paradigm. *Intern. J. of sports physical therapy*. 7: 627 – 636
22. Laufer, Y., Ashkenazi, T., Josman, N. (2008). The effects of a concurrent task cognitive task on the postural control of young children with and without developmental coordination disorder. *Gait and Posture*. 27: 347 – 351
23. Lyzohub, V.S., Khomenko, S.M., Bezokopilny, O.P. (2019). Neurodynamic power of people and the methodology of their advancement: monograph. - Cherkasy: FOP Gordinko Є.І. 136 (in Ukr).
24. Zharikova, A.V., Zhavoronkova, L.A., Kuptsov, S. B., Kushnir, E.M., Kulikov, M.A., Mikhalkova, A.A. (2013). Psychological and stabilographic features of the performance of dual tasks. *Fyzyolohiya cheloveka [Human physiology]*. №4. 33 - 40 (in Rus).
25. Aszländer, L.I., Peterka, R.J. (2014). Sensory reweighting dynamics in human postural control, *J. Neurophysiol*. V. 111. № 9. 18 – 52
26. Sousa, A.S., Silva, A., Tavares, J.M. (2012). Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review, *Somatosens. Mot. Res*. V. 29. № 4. 131
27. Polastri, P.F., Barela, J.A., Kiemel, T. et al. (2012). Dynamics of inter-modality re-weighting during human postural control, *Exp. Brain Res*. V. 223. № 1. 99
28. Doumas, M., Rapp, M. A., & Krampe, R. T. (2009). Working memory and postural control: adult age differences in potential for improvement, task priority, and dual tasking. *Zhurnaly gerontologii. [The Journals of Gerontology]*. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences. 64, 193–201 doi:10.1093/geronb/gbp009
29. Scherder, E.J.A. Basic science of the interaction in gait and mental dysfunction. Abstr. of the 2nd Congress on Gait and Mental Functions. Amsterdam, 2008. 15

Bezokopylna S. V., Lyzohub V. S., Bezokopylnuy A. P., Khomenko S. M. Integrative functions of the brain in doing cognitive and motor tasks

Introduction. In the work we tried to find out the peculiarities of integrative functions of the brain under the condition of simultaneous performance of cognitive and motor tasks. In the cognitive task we used image and verbal signals, which the persons examined had to differentiate as quick as possible and react by pressing the button with the left or the right hand and not to press the braking signal.

Purpose. The motor task contained a random control of the vertical body position standing on the floor, on the stabilographic stable and unstable platforms.

Methods. Opposing stabilographic investigations of the balance function coefficient (KFR) on the stabilograph and the speed (reaction time) PB2-3 differentiation and the qualitative (the quantity

of mistakes) characteristics of doing cognitive and motor tasks allowed to find different variants of the integrative brain functions materialized as improvement or worsening of the successfulness of doing one, or both tasks compared to their isolated realization.

Result. We have established that on condition of a simultaneous doing two tasks the integrative brain functions depend on the stabilographic conditions of holding balance on the stable and unstable platforms as well as on the signals modality.

Originality. To determine whether the speed and quality of information processing of different modalities depend on the conditions of equilibrium while standing on a stable and unstable platform.

Conclusion. We have proved that doing a motor statokinetic task is dependent on the conditions of holding balance on the stable and unstable platforms, and is not dependent on the signals modality. We have also established that speed-characteristics of the information recycling are dependent on the signals modality and the statokinetic conditions of holding balance.

Key words: the information recycling; image and verbal signals; cognitive and motor tasks; stabilography; balance function.

Одержано редакцією	10.01.2020
Прийнято до публікації	11.06.2020