

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ НЕВІЗУАЛЬНИХ РУХІВ ОЧЕЙ ЛЮДИНИ ПІД ЧАС ВЕРБАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Досліджено і проаналізовано значення наряду невізуальних рухів очей обстежуваних при виконанні вербальних завдань. Невізуальні рухи очей розглянуті як явище зміщеної активності та як механізм зменшення розумового навантаження при обробці візуальної інформації. Виявлено взаємозв'язок між невізуальними рухами очей і особистісною тривожністю.

Ключові слова: невізуальні рухи очей, ай-трекінг, семантична обробка, вербальні завдання, тривожність

Постановка проблеми. На сьогоднішній день накопичено велику кількість даних з приводу існування анатомічно різних нейронних систем для лексичної обробки іменників та дієслів. Одним із методів дослідження семантичної обробки є методика реєстрації наряду руху очей обстежуваних під час виконання вербальних завдань, адже рухи очей є відображенням багатьох пізнавальних та емоційних психічних процесів, які відбуваються в мозку людини. Такий рух очей Bakan (1969) назвав спряженим латеральним рухом очей [5,6].

Проте, Ehrlichman (2012) пропонує використовувати термін *невізуальні рухи очей*, включаючи сюди окрім латеральних ще й вертикальні рухи очей. Такі рухи очей спостерігаються під час виконання індивідом когнітивних завдань і не пов'язані безпосередньо зі сприйняттям зорової інформації [7]. Необхідно зауважити, що на сьогодні все ще залишається багато питань з приводу значення цих рухів очей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Те, що ліва півкуля є домінуючою для процесів обробки мови є добре відомим фактом, але на сьогодні існують докази значного внеску правої півкулі в лексичну обробку. Багато досліджень вказують на те, що лексичний потенціал правої півкулі може бути різним в залежності від граматичного класу. Слід зазначити, що існує не лише міжпівкульна різниця в обробці іменників, дієслів і т.д. а й у межах однієї півкулі.

Різниця в обробці різних граматичних класів була неодноразово продемонстрована на пацієнтах з ураженням деяких частин мозку. Загалом, дефіцит дієслів у мові пов'язаний з ушкодженням лівої лобної частки, в той час як дефіцит у мові іменників виникає за рахунок ушкодження лівої скроневої частки. Функціональна нейровізуалізація виявляє більшу активацію для дієслів по відношенню до іменників у задній частині лівої середньої скроневої звивини і/або у лівій нижній лобній звивині. На рис. 1 зображений ескіз ймовірних кіркових представництв іменників, пов'язаних з візуальними асоціаціями, та дієслів, пов'язаних з асоціаціями рухів тіла.

Важливо зазначити, що іменники і дієслова відрізняються також і в їх поняттєво-семантичних, синтаксичних і морфологічних характеристиках. Дієслова грають різні синтаксичні ролі на відміну від іменників. Нещодавно експериментально було доведено, що при запам'ятовуванні незнайомих іменників та дієслів активуються різні ділянки головного мозку. Як виявилось, при знайомстві з новими іменниками реєструється підвищення активності лівої веретеноподібної звивини, тоді як в запам'ятовуванні дієслів брали участь частина лівої скроневої середньої звивини і нижня звивина лівої лобної частки. Крім того, надійному запам'ятовуванню іменників

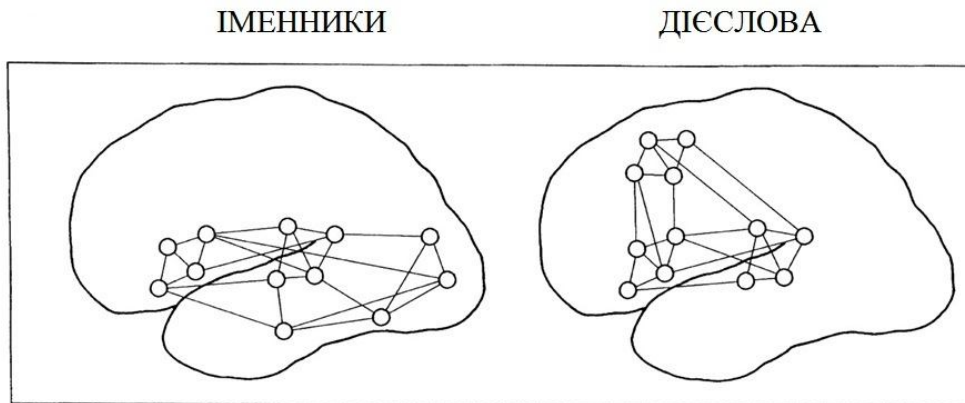


Рис. 1. Ескіз можливих кіркових представництв іменників та дієслів (Рисунок адаптовано з [1])

(але не дієслів) сприяли гіпокамп і лущина. Результати такого дослідження свідчать і про те, що ділянки мозку, які раніше пов'язували з уявленням значень іменників і дієслів, також встановлюють відповідності між значеннями і невідомими словами, тобто допомагають людині у вивченні іноземних мов [2].

У термінах нейронних систем основне припущення полягає в тому, що обробкою слів різних граматичних класів будуть займатися частково відокремлені мережі: лобно-тім'яна, пов'язана зі знанням дій; нижньо-скронева, пов'язана зі знанням об'єктів; ліва префронтальна, в тому числі нижня лобна звивина, пов'язана з достовірністю розподілу інформації [3,4].

Мета статті: дослідження взаємозв'язку невізуальних рухів очей людини та функціональної асиметрії мозку людини під час виконання вербальних завдань.

Матеріал та методи

В дослідженні брали участь 84 студенти, віком від 18 до 21 року. Для кожного обстежуваного оцінювали рівень тривожності за допомогою шкали самооцінки за Ч. Д. Спілбергером. За допомогою відеокамери реєструвався напрям руху очей під час виконання вербального завдання. Вербальне завдання включало в себе усний підбір синонімів до іменників та дієслів, адже передбачалося, що використання цих граматичних категорій повинне відображати особливості семантичної обробки, що знаходить підтвердження в численних нейропсихологічних та клінічних дослідженнях [4, 5]. Оцінка напрямку руху очей проводилася за критерієм: рух очей вгору, вниз, вліво, вправо. Комбіновані напрями руху очей – вгору вправо, вгору вліво, вниз вправо, вниз вліво – відносили окремо (латеральні або вертикальні) до відповідної групи за зазначеним вище критерієм. Критерій оцінки напрямку руху очей зображено на Рис. 2.

Статистичний аналіз даних здійснювався за допомогою пакета статистичних програм STATISTICA 7.0 (Stat-Soft, США). Перевірку на нормальність здійснювали за допомогою критерію Лілієфора. За критерієм Лілієфора було виявлено, що показники ненормально розподілені ($p \leq 0,05$). Для порівняння двох груп незалежних даних



Рис. 2. Критерій оцінки напрямку руху очей під час виконання вербального завдання

використовували критерій Мана-Вітні, залежних – критерій Вілкоксона. Кореляційний аналіз здійснювався за допомогою критерію Спірмена. Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався як $p \leq 0,05$. Для опису вибіркового розподілу вказували $Me [25; 75]$ (Me – медіана; 25 і 75 – нижній і верхній квартилі).

Результати та обговорення

В результаті проведеного дослідження виявлена статистично значуща позитивна кореляційна залежність між особистісною тривожністю та рухами очей вниз ($r=0,23$ для іменників, $r=0,25$ для дієслів, $p \leq 0,05$) у загальній ($n=84$) групі обстежуваних під час підбору синонімів до іменників та дієслів. Ми припускаємо, що рухи очей вниз в даному випадку пов'язані з такими відчуттями як сором, зніяковілість, дискомфорт чи невпевненість під час труднощів з виконанням завдання і оцінкою своєї поведінки в даній ситуації [11]. Загалом, в контексті даної роботи, рухи очей, які ми спостерігаємо, скоріш є відображенням комунікаційної компоненти, яка передбачає соціальні взаємодії і пов'язані з ними стереотипні форми реагування, ніж конкретний взаємозв'язок між характером завдання та активацією відомих ділянок мозку.

Також, виявлена позитивна кореляційна залежність між особистісною тривожністю та рухами очей вліво під час підбору синонімів до іменників ($r=0,47$; $p \leq 0,05$) та дієслів ($r=0,51$; $p \leq 0,05$).

Окрім цього виявлена статистично значуща позитивна кореляційна залежність між особистісною тривожністю та рухами очей вліво під час підбору синонімів до іменників ($r=0,47$; $p \leq 0,05$) та дієслів ($r=0,51$; $p \leq 0,05$) у групі обстежуваних, які частіше спрямовують погляд вліво під час виконання вербального завдання (у порівнянні з групами, в яких обстежуваних частіше спрямовують погляд вправо, або взагалі без переваги зміщення рухів очей вліво чи вправо.) Спираючись на те, що рух очей вліво деякою мірою відображає активацію правої півкулі, якій належить домінуюча роль у сфері емоцій (більшою мірою негативних), отримані результати є досить очікуваними. З літературних джерел відомо, що індивіди, у яких спостерігається більше рухів очей вліво, внутрішньо орієнтовані, більш сприйнятливі до гіпнозу та більше страждають від психосоматичних симптомів у порівнянні з тими індивідами, у яких спостерігається більше рухів очей вправо. Більш того, повідомляється, що індивіди, у яких спостерігається більше рухів очей вліво, мають істеричний тип особистості і характеризуються більш високою тривожністю [12, 13]. Слід зауважити, що рух очей вліво пов'язаний з емоційною компонентою, оскільки деякі дослідження виявили більше рухів очей вліво (відповідно за участі правої півкулі) при пред'явленні обстежуваним емоціональних подразників, в той час як при пред'явленні неемоціональних подразників закономірностей у спрямуванні погляду не спостерігалось [10]. Більша кількість рухів очей вліво пов'язана з підвищеною емоціональною активацією правої лобної долі, що проявляється у значущій кореляційній залежності між особистісною тривожністю і рухами очей. Виявлено значущо більшу кількість рухів очей під час підбору синонімів до іменників, ніж до дієслів (Таблиця 1, Рис. 3).

Таблиця 1

Дані по кількості рухів очей під час виконання вербального завдання

Загальна група ($n=84$)	H_i	B_i	L_i	P_i
		3,6[0;16]к.р.о.	10,9[0;53]к.р.о.	10,44[0;25]к.р.о.
	H_d	B_d	L_d	P_d
	3,8[0;14] к.р.о.	8,1[0;57] к.р.о.	8[0;24] к.р.о.	7,3[1;34] к.р.о.

Примітка: к.р.о. – кількість рухів очей; i – іменники; d – дієслова; H – рух очей вниз, B – рух очей вгору, L – рух очей вліво, P – рух очей вправо

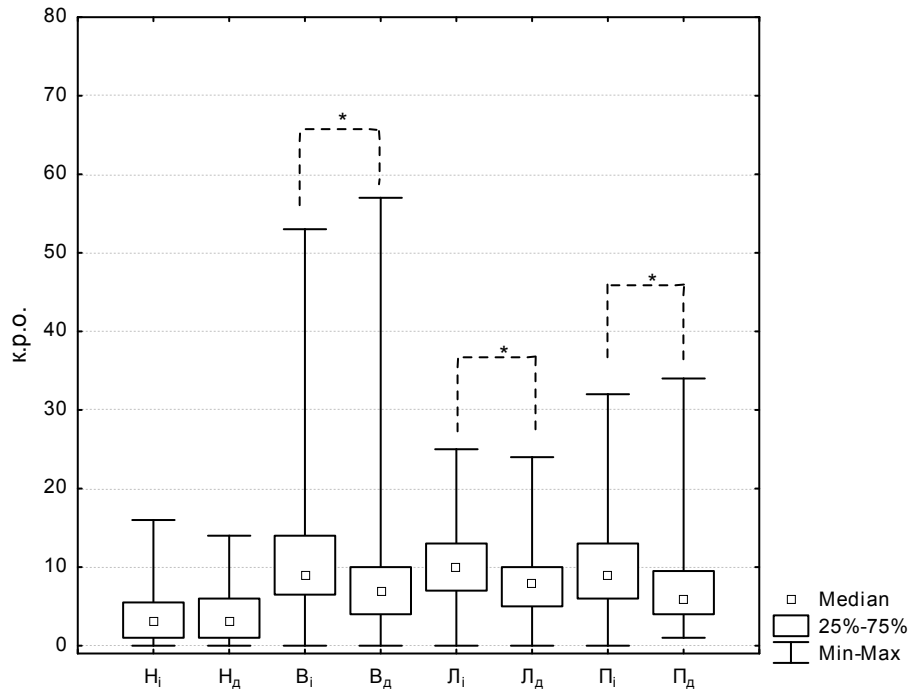


Рис. 3. Дані по кількості рухів очей під час виконання вербального завдання

Примітка: к.р.о. – кількість рухів очей; _i – іменники; _д – дієслова; Н – рух очей вниз, В – рух очей вгору, Л – рух очей вліво, П – рух очей вправо

* - $p < 0,05$

Поясненням до цього може бути той факт, що обстежуваним суб'єктивно простіше підбирати синоніми до іменників, ніж до дієслів. Оскільки ми враховуємо не тривалість, а кількість рухів очей, то кожен рух може бути відображенням переходу від одного рішення до іншого, тобто під час пошуку потрібного слова. Окрім того, слід зауважити, що обстежувані при підборі синонімів до іменників часто збивалися з підбору синонімів на асоціації. Оскільки не тільки синоніми, а й асоціації підібрати до іменників суб'єктивно простіше, ніж до дієслів, це також може свідчити на користь зазначеного вище тлумачення.

Окрім цього, в ході дослідження було виявлено, що під час підбору синонімів до слів, незалежно від їх граматичної категорії (іменники чи дієслова), спостерігається значущо більша кількість рухів очей за напрямом вгору, ніж вниз (Рис. 4), що, вірогідно, є відображенням доступу та активації інформації, релевантної завданню. Поясненням до цього може бути двобічний зв'язок лобної кори і таламічних ядер. Серед них – інтраламінальні ядра та дорзомедіальні ядра (також залучені до процесів пам'яті) у функціональному відношенні відіграють важливу роль в активаційній системі мозку. До того ж, згідно клінічних даних, при ураженні зазначених ядер, спостерігається порушення спряжених рухів очних яблук вгору [14, 15].

Загалом, в роботі ми розглядали невізуальні рухи очей з одного боку, як явище зміщеної активності, зауважуючи, що такі рухи можуть бути ритуалізованими чи стереотипними для кожної людини, а, з іншого боку – як механізм зменшення розумового навантаження при обробці візуальної інформації. Якщо ці рухи ритуалізовані, то буде спостерігатися видоспецифічна реакція, а якщо стереотипні, то буде спостерігатися індивідуальний профіль. Якщо це механізм зменшення розумового навантаження, то повинна спостерігатись залежність між складністю завдання і частотою рухів очей. Аргументом до першої гіпотези є виявлений взаємозв'язок між тривожністю та рухами очей вниз, про що свідчить отримана кореляційна залежність

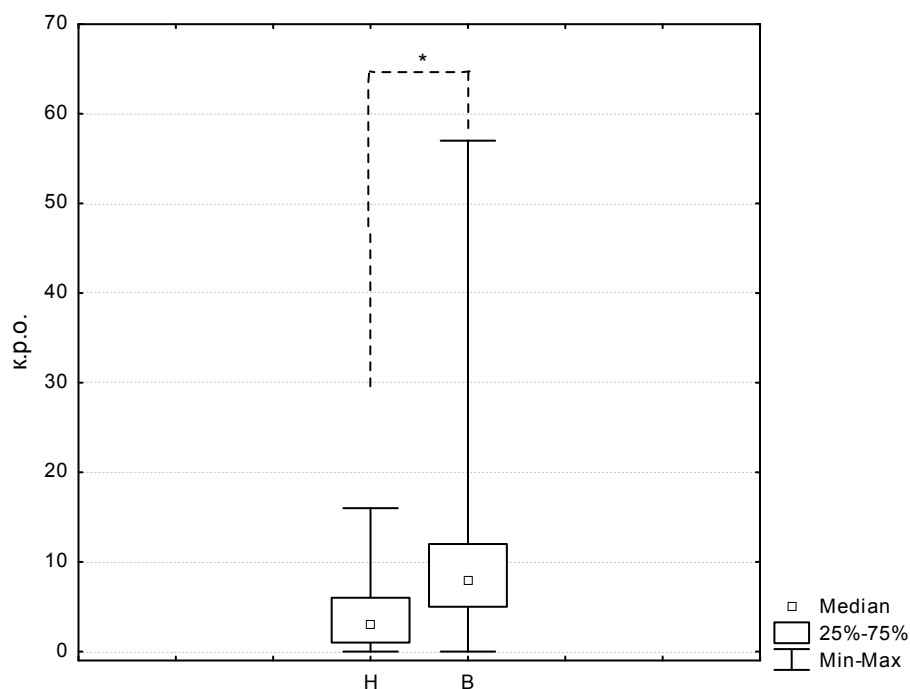


Рис. 4. Дані по кількості рухів очей під час виконання вербального завдання
Примітка: к.р.о. – кількість рухів очей; Н – рух очей вниз, В – рух очей вгору; * - $p \leq 0,05$

між цими параметрами, і, також, це знаходить підтвердження в літературних джерелах [11]. Опускання очей вниз є видоспецифічною реакцією, яка свідчить про відчуття сорому, зняковілості і т.п. Подібний зв'язок спостерігається між тривожністю та рухами очей вліво, що може бути пов'язано з особливостями обробки емоційної інформації правою півкулею головного мозку. Таким чином, вірогідно, рухи очей можуть бути відображенням емоційної активації. Показано переважання рухів очей вгору над рухами очей вниз під час виконання вербального завдання, що, ймовірно, відображає активаційні процеси в мозку та перехід від одного рішення до іншого, що є підтвердженням на користь другої гіпотези. Підґрунтям до цього твердження можуть бути дані про зв'язок лобних ділянок мозку з деякими таламічними ядрами, які у функціональному відношенні відіграють важливу роль в активаційній системі мозку. Взаємозв'язку між рухами очей вправо та досліджуваними факторами в результаті роботи не виявлено. Це може бути пов'язано з тим, що або не було пред'явлено адекватних завдань, які б викликали рухи очей вправо, або ж ці рухи не мають чіткого функціонального значення у порівнянні з іншими рухами очей. Надалі, це питання потребує більш детального вивчення. Отже, причини виникнення невізуальних рухів очей можуть бути пов'язані з різними механізмами, тому викликають інтерес питання щодо комунікаційного значення цих рухів очей.

Висновки. Знайдено взаємозв'язок рухів очей вниз та вліво з особистісною тривожністю під час виконання вербальних завдань. Виявлено переважання рухів очей вгору при виконанні вербальних завдань, а, також, значущо більшу кількість рухів очей, незалежно від їх напрямку, при підборі синонімів до іменників, ніж до дієслів.

Література

1. Pulvermüller F. Nouns and verbs in the intact brain: Evidence from event-related potentials and high-frequency cortical responses / Pulvermüller F., Lutzenberger W., Preissl H. – Cerebral Cortex. – 1999. – Vol.9. – №5. – P.497-506.
2. Mestres-Missé A. Neural differences in the mapping of verb and noun concepts onto novel words / Mestres-Missé A., Rodriguez-Fornells A. – NeuroImage. – 2010. – Vol.49. – P.2826–2835.

3. Vigliocco G. Nouns and verbs in the brain: a review of behavioural, electrophysiological, neuropsychological and imaging studies / Vigliocco G., Vinson P. D. – *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. – 2011. – Vol.35. – P.407-426.
4. Huth A. G. A continuous semantic space describes the representation of thousands of object and action categories across the human brain / Huth A.G., Nishimoto S., Vu A.T. – *Neuron*. – 2012. – Vol.76. – №6. – P.1210-1224.
5. Misra I. Revisiting the relationship between hand preference and lateral eye movement / Misra I., Suar D., Mandal K.M. – *Psychological Test and Assessment Modeling*. – 2010. – Vol.52. – P.261-271.
6. Bakan P. Hypnotizability, laterality of eye-movements and functional brain asymmetry / Bakan P. – *Perceptual and Motor Skills*. – 1969. Vol.28. – P. 927-932.
7. Ehrlichman H. Why do people move their eyes when they think? / Ehrlichman H., Micic D. – *Current Directions in Psychological Science*. – 2012. – Vol.21. – №2. – P.96-100.
8. Tyler L. K. Neural processing of nouns and verbs: the role of inflectional morphology / Tyler L. K., Bright P., Fletcher P. – *Neuropsychologia*. – 2004. – Vol.42. – P.512–523.
9. Perani D. The neural correlates of verb and noun processing: a PET study / Perani D., Cappa S. F., Schnur T. – *Brain*. – 1999. – Vol.122. – №12. – P.337-2344.
10. Borod J. C. The effects of emotion and ocular dominance on lateral eye movement / Borod J. C., Vingiano W., Cytryn F. – *Neuropsychologia*. – 1988. – Vol.26. – №2. – P.213-220.
11. Weisfeld E. Applying the dominance hierarchy model to pride and shame, and related behaviors / Weisfeld E., Dillon L. M. – *Journal of Evolutionary Psychology*. – 2012. – Vol.10. – №1. – P.15-41.
12. Merckelbach H. Conjugate lateral eye movements, cerebral dominance, and anxiety / Merckelbach H., Jong P., Muris P. – *European perspectives in psychology*. – 1990. – Vol.2. – P.369-379.
13. Alves N. T. Models of brain asymmetry in emotional processing / Alves N. T., Fukusima S. S., Aznar-Casanova J. A. – *Psychology & Neuroscience*. – 2008. – Vol.1. – №1. – P.63-66.
14. С. М. Виничук Изолированный инфаркт таламуса: клинические синдромы, диагностика, лечение и исход / С. М. Виничук, М. М. Прокопий, Л. Н. Трепет - *Медицинский часопис*. – 2012. – №2. – С.87-93.
15. Clark J. M. Vertical gaze palsies from medial thalamic infarctions without midbrain involvement / Clark J. M., Gregory W. A. – *Stroke*. – 1995. – Vol.26. – №8. – P.1467-1470.

References

1. Pulvermüller F., Lutzenberger W., Preissl H. (1999). Nouns and verbs in the intact brain: Evidence from event-related potentials and high-frequency cortical responses. *Cerebral Cortex*, 9 (5), 497-506.
2. Mestres-Missé A., Rodriguez-Fornells A. (2010). Neural differences in the mapping of verb and noun concepts onto novel words. *NeuroImage*, 49, 2826–2835.
3. Vigliocco G., Vinson P. D. (2011). Nouns and verbs in the brain: a review of behavioural, electrophysiological, neuropsychological and imaging studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35, 407-426.
4. Huth A. G., Nishimoto S., Vu A. T. (2012). A continuous semantic space describes the representation of thousands of object and action categories across the human brain. *Neuron*, 76(6), 1210-1224.
5. Misra I., Suar D., Mandal K. M. (2010). Revisiting the relationship between hand preference and lateral eye movement. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 52, P.261-271.
6. Bakan P. (1969). Hypnotizability, laterality of eye-movements and functional brain asymmetry. *Perceptual and Motor Skills*, 28, 927-932.
7. Ehrlichman H., Micic D. Why do people move their eyes when they think? (2012). *Current Directions in Psychological Science*, 21(2), 96-100.
8. Tyler L. K., Bright P., Fletcher P. (2004). Neural processing of nouns and verbs: the role of inflectional morphology. *Neuropsychologia*, 42, 512–523.
9. Perani D., Cappa S. F., Schnur T. (1999). The neural correlates of verb and noun processing: a PET study. *Brain*, 122(12), 337-2344.
10. Borod J. C., Vingiano W., Cytryn F. (1988). The effects of emotion and ocular dominance on lateral eye movement. *Neuropsychologia*, 26(2), 213-220.
11. Weisfeld E., Dillon L. M. (2012). Applying the dominance hierarchy model to pride and shame, and related behaviors. *Journal of Evolutionary Psychology*, 10(1), 15-41.
12. Merckelbach H., Jong P., Muris P. (1990). Conjugate lateral eye movements, cerebral dominance, and anxiety. *European perspectives in psychology*, 2, 369-379.
13. Alves N. T., Fukusima S. S., Aznar-Casanova J. A. (2008). Models of brain asymmetry in emotional processing. *Psychology & Neuroscience*, 1(1), 63-66.
14. Vynychuk S., Prokopiv M., Trepet L. (2012). Isolated thalamus infarction: clinical syndromes, diagnosis, treatment and outcome. *Medichnij Casopis*, 2, 87-93. (In Russ.)
15. Clark J. M., Gregory W. A. (1995). Vertical gaze palsies from medial thalamic infarctions without midbrain involvement. *Stroke*, 26(8), 1467-1470.

Summary. Tatarenko M., Danylov S., Makarchuk M. Functional meaning of non-visual eye movements during verbal task fulfillment

Introduction. Today we have a large amount of data about the existence of anatomically different neural systems in lexical processing of nouns and verbs. Eye movements' detection during the verbal execution of tasks is one of the methods of studying the semantic processing, since eye activity represents many cognitive and emotional mental processes that occur in the human brain. Such movements of the eye Bacon (1969) called conjugate lateral eye movements [5,6]. However, Ehrlichman (2012) suggests using the term "non-visual" movements of the eyes, including lateral and vertical eye movements. These eye movements are not related to the perception of visual information and are observed in thinking or trying to recollect something [7]. It should be noted that today there are many questions about the importance of non-visual movements of the eyes.

Purpose. Investigate the relationship between non-visual movements of the human eye and functional brain asymmetry during the verbal task execution.

Methods. Eye movement direction tracking was conducted for 84 students during the verbal task execution via eye-tracker. The level of anxiety was assessed using the The State-Trait Anxiety Inventory self-assessment scale.

Results. The investigation revealed a statistically significant positive correlation between personal anxiety and eye movements ($r = 0.23$ for nouns, $r = 0.25$ for verbs, $p \leq 0.05$) in general group ($n = 84$) while selecting synonyms for nouns and verbs. A positive correlation was also found between personal anxiety and the movement of the eyes to the left while selecting synonyms for nouns ($r = 0.47$; $p \leq 0.05$) and verbs ($r = 0.51$; $p \leq 0.05$). A significant greater number of eye movements was found in selecting synonyms for nouns than for verbs ($p \leq 0.05$). In addition, the study has shown, there is a much larger amount of eye movements upward than down ($p \leq 0.05$) while selecting synonyms for words, regardless of the grammatical categories (noun or verb).

Originality. We investigated and analyzed the functional significance of non-visual eye movements during the verbal execution of tasks. Non-visual eye movements are considered as a phenomenon of biased activity and as a mechanism for reducing mental stress while processing visual information. The relationship between non-visual eye movements and personal anxiety is revealed.

Conclusion. The relationship of eye movements down and left is established with personal anxiety during the verbal execution of tasks. We have also found the predominance of up eyes movements while executing verbal tasks regardless of their direction in the selection of synonyms for nouns, rather than verbs.

Key words: non-visual eye movements, eye tracking, semantic processing, verbal tasks, anxiety.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

Одержано редакцією 19.10.2017

Прийнято до публікації 23.11.2017