

Після перевищення порогу анаеробного обміну в енергозабезпеченні фізичної роботи відмічається прогресуюче збільшення внеску анаеробних гліколітичних процесів в енергозабезпеченні [2, 5, 10]. За цих умов досягнення максимального рівня легеневої вентиляції ($V_E 159,81 \pm 1,33 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$) відбувається переважно за рахунок збільшення частоти дихання, що набуває своєї максимальної величини ($f_T 52,44 \pm 0,50 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$). Так, як видно з рис. 2. від порогу анаеробного обміну до моменту досягнення максимального рівня споживання кисню відмічається найменший приріст дихального об'єму (на $32,95\% \pm 1,38\%$) за цей період виконання фізичної роботи, що поєднується з найбільшим ступенем збільшення частоти дихання (на $86,05\% \pm 2,98\%$). Слід відмітити, що за умов переважання в енергозабезпеченні фізичної роботи анаеробних гліколітичних процесів (60-секундна робота максимальної інтенсивності) максимальний рівень легеневої вентиляції ($V_E 160,08 \pm 2,52 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$) досягається при подальшому збільшенні частоти дихання ($f_T 55,29 \pm 0,95 \text{ хв}^{-1}$) в поєднанні зі зниженням дихального об'єму ($V_T 2930,81 \pm 40,36 \text{ мл}$). Таким чином, виконання м'язового навантаження в аеробному режимі супроводжується за рахунок поглиблення дихання, а в подальшому приєднується його почастішання, здебільшого за рахунок скорочення дихального циклу.

Виявлені закономірності підтверджують результати кореляційного аналізу взаємозв'язку рівня легеневої вентиляції з величиною дихального об'єму та частотою дихання за різних умов виконання фізичної роботи. Так, при виконанні фізичної роботи в аеробній зоні відмічається більша залежність величини V_E від дихального об'єму (значення коефіцієнтів кореляції змінюється в межах 0,468 та 0,530, $p < 0,05$), ніж від частоти дихання ($r 0,372 - 0,450$, $p < 0,05$). З підвищенням інтенсивності фізичного навантаження (вже від рівня порогу аеробного обміну) відмічається поступове зменшення впливу на рівень легеневої вентиляції дихального об'єму та підвищення впливу частоти дихання.

Висновок. За умов виконання фізичної роботи в аеробному режимі до рівня порогу анаеробного обміну (включно) відмічається збільшення рівня легеневої вентиляції в основному за рахунок більшого збільшення величини дихального об'єму, ніж за рахунок збільшення частоти дихання. Після перевищення порогу анаеробного обміну досягнення максимального рівня легеневої вентиляції відбувається переважно за рахунок збільшення частоти дихання. Так, від порогу анаеробного обміну до моменту досягнення максимального рівня споживання кисню відмічається найменший приріст дихального об'єму (на $32,95\% \pm 1,38\%$) за цей період виконання фізичної роботи, що поєднується з найбільшим збільшенням частоти дихання (на $86,05\% \pm 2,98\%$).

Таким чином, виконання м'язового навантаження в аеробному режимі супроводжується за рахунок поглиблення дихання, а в подальшому приєднується його почастішання, здебільшого за рахунок скорочення дихального циклу. В аеробному режимі фізичної роботи при відсутності значимих гуморальних зрушень в організмі людини, легенева вентиляція збільшується переважно за рахунок сигналів від пропріорецепторів працюючих м'язів, а також діафрагми, що і приводить до збільшення в основному дихального об'єму. При збільшенні в енергозабезпеченні фізичної роботи анаеробних гліколітичних процесів – більший вклад в формування легеневої вентиляції має гуморальний стимул за рахунок збільшення частоти дихання. При цьому з'являється при напруженому фізичному навантаженні (вище порогу анаеробного обміну) не лінійність вентиляторної реакції по відношенню до приросту продукції CO_2 , що пов'язана з розвитком лактат-ацидозу, з артеріальною гіпоксемією і лімітуючими факторами біомеханіки дихання.

Виявлені вище закономірності в зміні структури дихальної реакції спортсменів за умов фізичних навантажень з різним співвідношенням аеробних і анаеробних процесів в енергозабезпеченні не залежать від виду спорту. Відмінності серед спортсменів, представників різних видів спорту та спортивних спеціалізацій, відмічаються лише за тривалістю (об'ємом) фізичної роботи, що виконана в аеробному режимі чи після рівня анаеробного порогу. Наприклад, у спортсменів-спринтерів поріг анаеробного обміну настає раніше, ніж у спортсменів-стаєрів (витривалість) за стандартних умов виконання фізичного навантаження і, як результат, в формуванні легеневої вентиляції раніше відмічається збільшення вкладу частоти дихання при зменшенні дихального об'єму.

1. Исаев Г.Г. Регуляция дыхания при мышечной работе. – Л.: Наука, 1990. – 120 с.
2. Гайлюке А.В. Гуморальные факторы развития утомления у представителей разного возраста при напряженной мышечной деятельности // Кислородные режимы организма, работоспособность, утомление при напряженной мышечной деятельности. – Вильнюс, 1989. – Ч.1. – С.27-35.
3. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов. – Киев: Здоровья, 1990. – 200 с.
4. Мищенко В.С., Лисенко Е.Н., Виноградов В.Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте. – К., 2007.
5. Филиппов М.М. Условия образования и переноса углекислого газа в процессе мышечной деятельности // Наука в олимпийском спорте. – 1994. – №1. – С.73-78.
6. Mac Dougal J.D., Wander H.A., Green N.J. Physiological testing of the high-performance athlete // Champaign, 1991.
7. Maud P.J., Foster C. Physiological assessment of Human Fitness. – Human Kinetic Publishers, 1995. – 304 p.
8. Morrow J.R., Jackson A.W., Disch J.G., Mood D.P. Measurement and evaluation in Human Performance // Human Kinetics Publishers, 1995.
9. Wasserman K., Hansen J., Sue D. Principles of Exercise testing and interpretation. – Lea and Feliger, Philadelphia, 1987. – 274 p.
10. Wilmore J.H., Davies J.A., Norton A.C. An automated system for assessing metabolic and respiratory function during exercise. // J. Appl. Physiol. – 1976. – Vol.40, №4. – P.619-624.
11. Wilmore J.H., Costill D.L. Physiology of Sport and Exercise. – Champaign: Human Kinetics, 1994. – 549 p.

Надійшла до редколегії 15.12.11

УДК 612.82/83; 612.821

А. Лозовська, студ., Т. Куценко, канд. біол. наук, доц.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ПРЯМОГО І ЗВОРОТНОГО ТЕСТІВ СТРУПА ЛІВШАМИ

Досліджено статеві відмінності ефективності виконання прямого і зворотного тестів Струпа лівшами. Виявлено, що комбінований ефект Струпа у чоловіків-лівшів виражений слабше, ніж у жінок-лівшів. Можливим поясненням можуть бути гендерні відмінності ділянок мозку, що відповідають за селективну увагу, а також більший вплив вербальної компоненти стимулу при виконанні тестів Струпа жінками.

There were investigated gender differences of performing Stroop and reverse Stroop tests by left-handed participants. It was found that male left-handers have smaller Stroop interference effect, than female left-handers. The supposed explanation is in gender differences in brain areas, critical for selective attention; and greater meaning of verbal component in performing Stroop task by women.

Вступ. На сьогодні загальновідомим є те, що мозок людини не симетричний. Виразені міжпівкульні відмінності в організації мозку є основою для диференційова-

ної ролі півкуль у виконанні когнітивних стратегій [2]. Міжпівкульна взаємодія включає в себе обмін інформацією між півкулями мозку, який може бути опосередко-

ваний трьома основними шляхами: мозолистим тілом, передньою комісурою, або субкортикально [6]. Відомо, що чоловіки мають більший рівень міжпівкульної асиметрії, ніж жінки [9]. Для мозку лівшів характерний менший рівень асиметрії та менший діаметр мозолистого тіла, проте більше число волокон, які сполучають різні відділи кори [2].

Тест інтерференції кольорів Струпа є однією з найдетальніших досліджених парадигм когнітивної психології [10]. Проте його механізми залишаються досі невідомими. Експеримент Рідлі Струпа [11] полягав у тому, що обстежуваним одночасно надавалися пари конфліктуючих стимулів: назва одного кольору була надрукована чорнилами іншого кольору – стимулом виступало як слово, так і колір (наприклад слово "червоне", надруковане зеленим кольором – неконгруентний стимул, слово "червоне", надруковане червоним – конгруентний стимул). У разі збігу семантичного значення слова і кольору реакції здійснюються найшвидше (явище полегшення), а у випадку розбіжності – найповільніше (явище інтерференції). При реагуванні на нейтральні подразники (назви кольорів, написані білим кольором) латентний період реакції (ЛП) займає проміжне значення. Відмінність ЛП реакції між конгруентними та неконгруентними стимулами називається комбінованим ефектом Струпа (КЕС) [7]. При прямому тесті Струпа обстежуваний має реагувати на колір, яким написане слово, нехтуючи його семантичним значенням (слово втручається в оброблення інформації про колір), при зворотному тесті Струпа (який використовують рідше і при якому ефект інтерференції менший, проте, це залежить від умов тестування [8]) релевантним є значення слова, а колір має ігноруватись (колір втручається в оброблення інформації про слово). За даними літератури, ефект Струпа у лівшів виражений слабше, ніж у правшів, і на підставі цього вважається, що лівші краще справляються із завданням [5].

Тест Струпа є методом виміру виконавчого контролю, він застосовується в широкому спектрі когнітивних досліджень, включаючи дослідження міжпівкульної асиметрії. Більш специфічно ефект Струпа застосовували для дослідження явища вербального гальмування, яке спостерігається, коли автоматична відповідь (автоматичне читання) має бути пригнічена та замінена на неавтоматичну. Гальмування вважається вирішальним в багатьох когнітивних функціях. Також за допомогою тесту Струпа досліджують селективну увагу, тобто вибір кольору та ігнорування семантичного значення слова. Дані нейровізуалізації, поєднані з проходженням тесту Струпа, показали збільшення активності в передній частині поясної звивини, ділянки, що відповідає за селективну увагу [5]. Також відомо, що фронтальна та парієтальна кора є вищими відділами системи уваги, та права фронтальна область кори має більше значення для функції селективної уваги, ніж ліва. Є дані, які свідчать про статеві відмінності в фронтально-окципітальній функціональній організації півкуль мозку [1].

Деякі автори вважають, що неконгруентні стимули в тесті Струпа можна розглядати, як нові моделі – нові знання, якими індивідууму треба керувати, поки не загальмуються вже сформовані моделі [5]. Той факт, що ці функції пов'язані з підвищенням активності в правій півкулі, може бути поясненням того, що лівші показують кращі результати під час проходження тесту Струпа. Деякі автори пов'язують це також з тим, що у лівшів краще розвинене вербальне мислення.

За даними літератури, права півкуля більше задіяна в процесах обробки кольору. Про це свідчить той факт, що, незалежно від того, був стимул конгруентним, чи неконгруентним, учасники швидше і точніше впізнавали колір, коли об'єкт подавався в ліве візуальне поле/праву півкулю. З іншого боку, називання кольору було швидшим у разі подавання стимулу в праве візуальне поле/ліву півкулю, можливо, тому, що мовні зони знаходяться в лівій півкулі. У лівшів часто спостерігається атипичний патерн мовної латералізації – домінує права півкуля, що може пояснити переважання її ролі в називанні кольору. Таким чином, коли називання кольору та інші процеси обробки інформації про колір знаходяться в правій півкулі, можна вважати, що така організація мозку пояснює переваги виконання тесту Струпа лівшами [5].

У попередніх дослідженнях нами було показано, що у жінок-правшів у порівнянні із чоловіками прямий і зворотний ефекти Струпа проявляються сильніше, ніж у чоловіків-правшів [4]. Виявлено, що ліворукість веде до меншого прямого ефекту Струпа, і у жінок цей ефект проявляється сильніше [5]. Проте, ми не зустрічали повідомлень про дослідження зворотного ефекту Струпа у лівшів. Тому наше дослідження спрямоване на виявлення особливостей міжпівкульної асиметрії та прояву прямого і зворотного ефектів Струпа у лівшів.

Об'єкт та методи досліджень. У дослідженні взяли участь 22 студенти обох статей (13 жінок, 9 чоловіків) навчально-наукового центру "Інститут біології" Київського національного університету імені Тараса Шевченка, віком 20 ± 2 роки, лівші. Обстеження проводили за допомогою комп'ютерної методики тестування прямого і зворотного ефектів Струпа. Програма заснована на пред'явленні серії з 120 подразників, котрі являють собою поодинокі слова ("ЗЕЛЕНИЙ" або "КРАСНИЙ"), яке може бути висвітлено червоним або зеленим кольором у центрі екрану комп'ютерного монітора. Враховувались латентні періоди (ЛП) реакцій та кількість помилок (КП). Послідовність виконання була такою: тест 1 (зворотний ефект Струпа): на слово "ЗЕЛЕНИЙ" потрібно було реагувати лівою рукою, на слово "КРАСНИЙ" – правою; тест 2 (зворотний ефект Струпа): на слово "ЗЕЛЕНИЙ" потрібно було реагувати правою рукою, на слово "КРАСНИЙ" – лівою; тест 3 (прямий ефект Струпа): на зелений колір треба було реагувати правою рукою, на червоний колір – лівою; тест 4 (прямий ефект Струпа): на зелений колір потрібно було реагувати лівою рукою, на червоний колір – правою [3].

Статистичний аналіз даних проводився за допомогою пакету STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA, 2001). Оскільки розподіл більшості параметрів за критерієм Шапіро-Вілка був відмінний від нормального ($p < 0,05$), для порівняння двох залежних вибірок було застосовано критерій Вілкоксона, а для порівняння двох незалежних вибірок – критерій Мана-Уїтні. Для опису вибіркового розподілу вказували Me [25; 75] (Me – медіана; 25 и 75 – нижній і верхній квартилі). Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p = 0,05$ і на графіках позначався " * ".

Результати та їх обговорення. Обстежувані проходили тест Струпа чотири рази підряд. Жінки у порівнянні із чоловіками мали меншу КП при виконанні тесту 4 (друге проходження прямого тесту Струпа, КП на конгруентні подразники лівою рукою). Отже, в більшості випадків за КП жінки і чоловіки не відрізнялись. За абсолютними значеннями ЛП реакцій між жінками і чоловіками

віками відмінностей не виявлено. Тобто, вони однаково ефективно справлялися з завданням.

КЕС у чоловіків (рис. 1) виявився тільки під час першого проходження зворотного тесту і тільки для лівої руки. Міжпівкульну асиметрію було виявлено під час повторного проходження зворотного тесту для конгруе-

нтних подразників. Послаблення інтерференційного впливу іррелевантного стимулу у чоловіків може бути пов'язане з процесами, що протікають на рівні просторової селекції зорових стимулів, які забезпечує система уваги, пов'язана з виділенням окремих складових отриманої інформації для подальшої обробки [1].

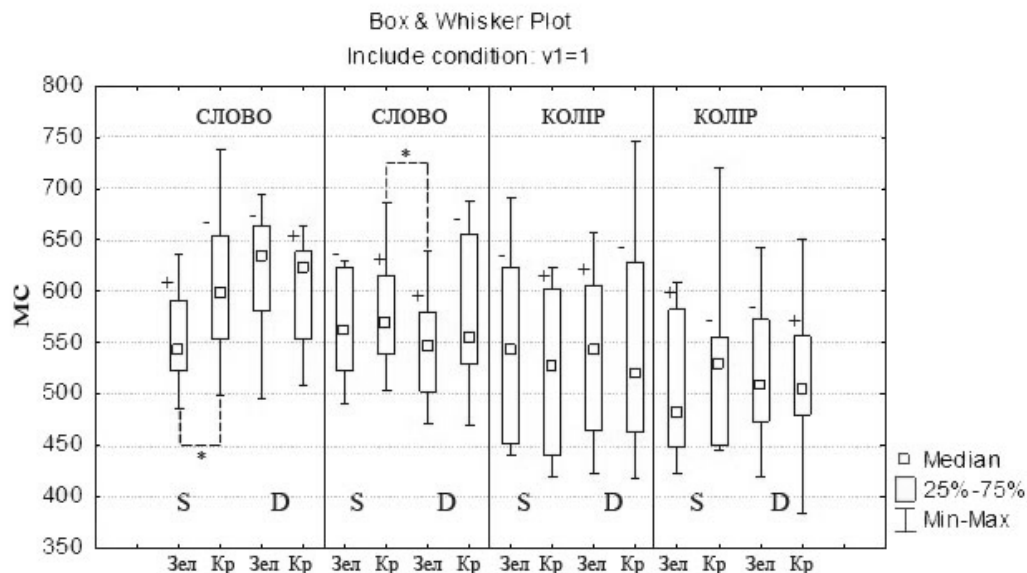


Рис. 1. Латентні періоди реакцій на зворотний та прямий тести Струпа у чоловіків

Примітка: на осі ординат Зел – слово "зеленый" або зелений колір, Кр – слово "красный" або червоний колір, S – ліва рука, D – права рука, "+" – конгруентний подразник, "-" – неконгруентний подразник, СЛОВО, КОЛІР – тип релевантного подразника

Дані, отримані для жінок (рис. 2), дещо відрізняються від даних, отриманих під час тестування чоловіків: КЕС у жінок виражений при першому проходженні зворотного тесту (для лівої руки) та першому проходженні прямого тесту (для обох рук). Певною мірою можна стверджувати,

що КЕС у жінок краще виражений при проходженні прямого тесту Струпа, незважаючи на те, що зазвичай при повторному проходженні тесту ефект зменшується. Міжпівкульна асиметрія у жінок не виражена в жодному з тестів, що узгоджується з даними літератури.

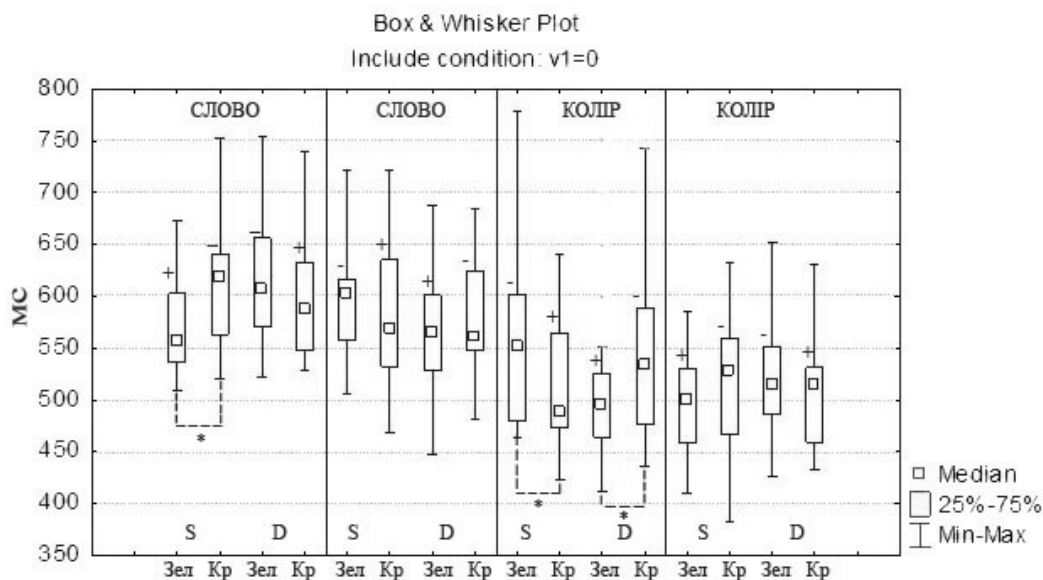


Рис. 2. Латентні періоди реакцій на зворотний та прямий тести Струпа у жінок

Примітка: на осі ординат Зел – слово "зеленый" або зелений колір, Кр – слово "красный" або червоний колір, S – ліва рука, D – права рука, "+" – конгруентний подразник, "-" – неконгруентний подразник, СЛОВО, КОЛІР – тип релевантного подразника

Таким чином, КЕС у жінок-лівшів виражений сильніше, ніж у чоловіків-лівшів. За даними ЕЕГ досліджень [1] було знайдено статеві відмінності, пов'язані з пред'явленням неконгруентних стимулів. Ці відмінності були пов'язані з лівою півкулею мозку (яка відповідає за аналіз вербальної інформації), що дозволяє припустити більший вплив вербальної компоненти стимулу при виконанні тесту Струпа жінками навіть в умовах виключення селективних процесів, спрямованих на її ігнорування. Ймовірно, це пояснює більш виражений КЕС у жінок. Відповідно, як і у правшів [4], у жінок-лівшів комбінований ефект Струпа виражений сильніше, ніж у чоловіків. В цілому, комбінований ефект Струпа у лівшів виражений слабше, ніж у правшів.

Висновки. У жінок-лівшів комбінований ефект Струпа проявляється під час проходження як прямого, так і зворотного тестів, але при проходженні зворотного тесту – тільки для лівої руки. У чоловіків-лівшів комбінований ефект Струпа отримано лише під час проходження зворотного тесту, і лише для лівої руки. При повторному проходженні тесту, як у жінок, так і у чоловіків, комбінований ефект Струпа не проявляється.

1. Брызгалов А.О., Вольф Н.В. Половые различия ЭЭГ-когерентности при решении задачи Струпа // Физиология высшей нервной деятельности человека. – 2006, том 56, №4. – с. 464-471. 2. Жаворонкова Л.А. Правши и левши: особенности межполушарной асимметрии мозга и параметров когерентности ЭЭГ // Журнал высшей нервной деятельности. – 2007. – Т. 57. – №5. – С. 645-662. 3. Костенко С.С., Куценко Т.В. Розробка комп'ютерної методики тестування прямого і зворотного ефектів Струпа // Фізика живого – 2009 – Т.17. – № 2. – С. 123 – 126. 4. Куценко Т., Костенко С. Інтерференція між подразниками першої та другої сигнальних систем у жінок і чоловіків // Вісник Київського університету (серія Біологія). – 2011. – Вип. 57. – С.30-33. 5. Beratis I.N., Rabavilas A., Papadimitriou G.N., Papageorgiou C. Effect of handedness on the Stroop colour word task // Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition. – 2010. – 15(6). – P. 597-609. 6. Cherbuin N. Hemispheric interaction: when and why is yours better than mine // Australian National University. – 2005. – 141 p. 7. David A. Stroop effects within and between the cerebral hemispheres: Studies in normal and aphasics. // Neuropsychologia. – 1992. – 30. – P. 161-175. 8. Durgin F.H. The reverse Stroop effect // Psychon. Bull. Rev. – 2000. – 7(1). – P. 121-125. 9. Herman A., Grabovska A., Dulko S. Transsexualism and sex-related differences in hemispheric asymmetry // Acta Neurobiol. Exp. – 1993. – №53. – P. 269-274. 10. Liotti M., Woldorff M.G., Perez III R., Mayberg H.S. An ERP study of the temporal course of Stroop color-word interference effect // Neuropsychologia. – 38 (2000). – P. 701-711. 11. Stroop J.R. Studies of interference in serial verbal reactions // Journal of Experimental Psychology. – 18 (1935). – P. 643-662.

Надійшла до редколегії 16.12.11