

А. Заремба, студ.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
М. Платонов, канд. біол. наук
Інститут молекулярної біології та генетики НАН України, Київ, Україна

ПОИСК САЙТА СВЯЗЫВАНИЯ КАЛИКС [4] АРЕНОВ С КИНАЗОЙ ЛЕГКИХ ЦЕПЕЙ МИОЗИНА МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Нарушение функциональной активности гладких мышц человека связывают с большим количеством патологических состояний человеческого организма. Киназа легких цепей миозина является ключевым ферментом сигнального каскада передачи нейрогуморальных сигналов в гладкомышечных клетках. Особенно важна ее роль в длительном тоническом сокращении. Нарушение её киназной активности способно привести к ослаблению межклеточного взаимодействия эпителиальных и эндотелиальных клеток, нарушению работы гладких мышц кишечника и сосудов, осложнению родовой деятельности.

На данный момент проводится поиск эффекторов данного фермента. Проблема в том, что большинство лекарств отсеивается на общеорганизменном уровне в связи с токсическим влиянием на другие ткани (органы) или неблагоприятными химическими и физическими свойствами. Такие вещества требуют адаптеров (переносчиков), лишенных этих недостатков и инертных *in vivo*. Наиболее перспективными являются каликсарены.

В данном исследовании был использован метод молекулярной динамики для определения стабильности комплекса калликса [4] арентетразульфата и каталитического домена киназы легких цепей миозина. Сначала путем докинга было определено наиболее благоприятное положение каликсарена, им оказался каталитический карман киназы. После этого был проведен собственно молекулярно-динамический эксперимент для определения энергии взаимодействия. Оказалось, что общая энергия взаимодействия составляет около -300 кДж/моль. Этот показатель свидетельствует о достаточно высокой стабильности комплекса. Учитывая размещение лиганда, можно предположить его влияние на ферментативную активность киназы, поэтому использование, как минимум, этого каликсарена в качестве системы доставки лекарств представляется нецелесообразным.

Ключевые слова: киназа легких цепей миозина, КЛЦМ, каликсарены, калликс [4] арентетразульфат, молекулярная динамика, докинг, Gromacs.

A. Zarembo, stud.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
M. Platonov, Ph.D
Institute of Molecular Biology and Genetics, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

SEARCH OF THE BINDING SITE OF THE CALIX [4] ARENE WITH THE MYOSIN LIGHT-CHAIN KINASE BY MOLECULAR DYNAMICS METHOD

Disruptions of the functional activity of human smooth muscle are associated with a significant number of pathological conditions of the human body. The myosin light-chain kinase is the key enzyme of the signaling cascade of neurohumoral signals in smooth muscle cells. Especially it is important in the long-term tonic contraction. Disruption of its kinase activity can lead to a weakening of the intercellular interaction of the epithelial and endothelial cells, disruption of functioning of the intestinal smooth muscles and vessels, complication of labor activity.

At the moment the search for effectors of this enzyme is being carried out. The problem is that most drugs are removed at the general body level due to toxic effects on other tissues (organs) or adverse chemical and physical properties. Such substances require adapters (carriers) devoid of these defects and inert *in vivo*. The most promising are calixarenes.

In this study, the molecular dynamics method was used to determine the stability of the calix [4] arenetetrazulphate complex and the myosin light-chain kinase catalytic domain. Initially, by means of docking, the most favorable position of calixarene was determined; it turned out to be a catalytic kinase pocket. After that, the molecular-dynamic experiment was conducted to determine the energy of interaction. It turned out that the total energy of the interaction is about -300 kJ/mol. This indicates the high stability of the complex. Due to the location of the ligand, its effect on the enzymatic activity of the kinase can be assumed, therefore, the use of this calixarene as a drug delivery system seems inappropriate.

Key words: myosin light-chain kinase, MLCK, calixarene, calix [4] arenetetrazulphate, molecular dynamics, docking, Gromacs.

УДК 612,35:616.36

В. Андрусак, студ.,
В. Кравченко, канд. біол. наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСВОЄННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНДИВІДУАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО СТИЛЮ

У роботі вивчали особливості засвоєння інформації людьми з різними індивідуальними навчальними стилями згідно з популярною в освітній сфері класифікацією VARK (Visual, Auditory, Reading, Kinesthetic) шляхом проведення порівняльного аналізу запам'ятовування змісту художнього та наукового текстів, а також електричної активності мозку при читанні чи прослуховуванні тексту у 103 студентів. Виявлено, що спосіб подачі тексту, який відповідає індивідуальному навчальному стилю, не підвищує ефективності його запам'ятовування. Аудіали краще засвоювали зміст художнього тексту, презентованого візуально, ніж візуали. Аудіали та кінестетики виявили гіршу доготривалу пам'ять щодо деталей художнього тексту як після читання, так і прослуховування. Установлено, що, незалежно від домінуючого навчального стилю, прослуховування текстів супроводжується більшим мозковим когнітивним навантаженням порівняно з читанням, що відображувалось генералізованим збільшенням спектральної потужності в тета-діапазоні ЕЕГ. Читання супроводжувалось більшою спектральною потужністю в дельта-діапазоні порівняно із прослуховуванням для представників усіх навчальних стилів, окрім візуалів. У кінестетиків під час читання художнього уривка збільшувалась спектральна потужність високочастотного бета-діапазону ЕЕГ у лівих скроневопотилічних ділянках, що вказує на їх високий рівень емоційної напруги при читанні порівняно із прослуховуванням. Мозкові механізми забезпечення уваги та робочої пам'яті під час сприйняття інформації мали специфічні ЕЕГ кореляції в обстежуваних із різним індивідуальним стилем навчання, що однак не позначалося на відмінностях в ефективності засвоєння інформації представниками зазначених груп.

Ключові слова: ЕЕГ, засвоєння інформації, пам'ять, текстовий формат, аудіоформат, індивідуальний навчальний стиль.

Вступ. У сучасному освітньому середовищі здобувачі освіти стикаються із прогресивно зростаючими обсягами інформації, потрібної для засвоєння. При цьому завдяки розвитку освітніх технологій форма по-

дачі інформації з кожним роком стає все більш різноманітною. Процес навчання давно вийшов за межі класичної аудиторії і відбувається фактично всюди, де є доступ до інтернету та використання цифрових носіїв

інформації. У цьому "океані" різних навчальних додатків і пристроїв викладачі весь час вирішують завдання, як зробити подачу матеріалу ефективнішою, використовуючи усі доступні нині способи, і при цьому не перевантажити учнів. Великою популярністю в сучасній педагогіці користується індивідуальний підхід до навчання, докладаються зусилля для створення навчальних матеріалів з урахуванням типологічних особливостей учнів. Наші дослідження показали, що ефективність засвоєння інформації не залежить від способу її презентації [Андрусак В., 2017]; більше значення для опанування матеріалу мали характер електричної активності під час читання та деякі особистісні риси студентів. Важливим є питання, які саме індивідуальні особливості мають ключове значення для навчання, оскільки часто освітяни підхоплюють науково недоведені типологічні концепції і впроваджують їх в освітній процес. Зокрема, чи не найпопулярнішою в освіті є концепція про індивідуальні навчальні стилі (ІНС), згідно з якою кожній людині притаманні найбільш типові способи сприйняття інформації – через візуальний, аудіальний, текстовий чи кінестетичний канал, використання яких у навчанні покращує засвоєння інформації [Fleming N. 2013]. Та попри широке використання педагогами цього підходу, існує дуже невелика кількість наукових досліджень, які б підтвердили доцільність його застосування в освітньому процесі.

Завданням цього дослідження було проаналізувати ефективність засвоєння тексту особами з різними індивідуальними навчальними стилями залежно від способу його подачі (візуального чи слухового). Для цього проведено порівняння точності засвоєння, амплітудно-частотних показників ЕЕГ під час читання відносно прослуховування у представників різних домінуючих навчальних стилів; кореляційний аналіз амплітудно-частотних показників ЕЕГ із точністю короткочасної та довготривалої пам'яті у групах із різними індивідуальними стилями навчання.

Матеріали та методи. У дослідженні брали участь 103 студенти, серед яких було 52 дівчат і 51 хлопець, віком 17–21 рік. Обстежуваних поділено на дві групи: учасники, які читали тексти з екрана або паперу ($n=53$), та учасники, які прослуховували тексти в аудіоформаті ($n=50$). Було підібрано два уривки тексту (із художньої та науково-популярної літератури), що були презентовані в PDF-файлі електронної книги/друкованому примірнику та в MP3-форматі, які мали прочитати/прослухати обстежувані. Оскільки раніше нами не виявлено різниці в електричній активності мозку та ефективності засвоєння текстів при читанні в паперовому та електронному форматах [Андрусак В., 2017], для подальшого аналізу ми об'єднали ці дві групи в одну, яка отримувала інформацію шляхом візуальної презентації матеріалу (читання). Після сприйняття інформації зазначеними способами обстежуваним одразу ж давали тестові запитання до змісту тексту, чим перевіряли розуміння та рівень короткочасного засвоєння прочитаної інформації. Через два тижні проводились повторні тести, що містили інші запитання до прочитаних текстів для оцінювання ефективності довготривалого запам'ятовування матеріалу. У всіх обстежуваних визначали тип індивідуального навчального стилю VARK (візуальний, слуховий, читання/нотатки, кінестетичний) за допомогою опитувальника [Fleming N., 2009]. За ре-

зультатами визначення домінуючого навчального стилю VARK студентів поділено на чотири групи:

V – обстежувані з домінуючим "візуальним" навчальним стилем ($n=24$),

A – обстежувані з домінуючим "аудіальним" навчальним стилем ($n=27$),

R – обстежувані з домінуючим навчальним стилем типу "читання/запис", або "рідери" ($n=25$),

K – обстежувані з домінуючим кінестетичним навчальним стилем ($n=27$).

Далі в межах кожної групи були сформовані підгрупи обстежуваних, які читали (ч) або слухали (сл) тексти. Таким чином отримано 8 підгруп із наступною кількістю обстежуваних: Vч ($n=12$), Vсл ($n=12$), Aч ($n=13$), Aсл ($n=14$), Rч ($n=12$), Rсл ($n=13$), Kч ($n=12$), Kсл ($n=15$).

Обладнання та частотні діапазони аналізу ЕЕГ.

Під час дослідження відбувалась реєстрація ЕЕГ за такою схемою: у стані спокою (закриті очі) – 1 хв, читання або слухання художнього тексту – 3 хв, стан спокою (закриті очі) – 1 хв, пригадування (тестування) – індивідуально. Така ж схема використовувалась для наукового тексту. Для роботи застосовували діагностичний комплект "Нейрон-Спектр" (ООО "Нейрософт", Росія). Реєстрацію ЕЕГ проводили монополярно у 16 симетричних відведеннях. Як референтний електрод використовували іпсілатеральний вушний електрод. Електроди розміщувались за міжнародною системою 10–20 % у 16 симетричних точках поверхні голови: префронтальних (Fp1/Fp2), середньо-фронтальних (F3/F4), латерально-фронтальних (F7/F8), центральних (C3/C4), передніх (T3/T4) та задніх скроневих (T5/T6), тім'яних (P3/P4) та потиличних (O1/O2). Для аналізу ЕЕГ-показників використовувались лише безартефактні фрагменти запису. Обчислювали амплітудно-частотні характеристики ЕЕГ у таких діапазонах: дельта (0,5–3 Гц), тета (4–7 Гц), альфа (8–12 Гц), бета низькочастотний (13–9 Гц), бета високочастотний (20–35 Гц). Порівнювали спектральну потужність (СП) у зазначених вище діапазонах ЕЕГ у стані спокою, під час читання/прослуховування з різних носіїв та під час відповідей на запитання загалом по групах та між представниками різних домінуючих навчальних стилів. Також порівнювали СП при читанні художнього та наукового текстів.

Статистичний аналіз проводився за допомогою пакету STATISTICA 10.0 (Statsoft, USA, 2011). Для опису вибіркового розподілу вказували медіани та міжквартильний розкид (Me [25 %; 75 %]). При порівнянні залежних вибірок застосовували непараметричний Т-критерій знакових рангів Вілкоксона, при порівнянні незалежних – критерій Манна-Вітні. Критичний рівень значущості міжгрупових відмінностей при перевірці статистичної гіпотези приймався рівним $p=0,05$.

Результати та їх обговорення. Згідно з уявленням теорії про індивідуальні навчальні стилі, ефективність навчання підвищується за умови, якщо людині подавати інформацію способом, що відповідає її навчальному стилю. На сьогодні існує до 70 класифікацій ІНС, але найпоширенішим серед освітян є поділ згідно з домінуючим сенсорним каналом, що позначається аббревіатурою VARK (від перших літер назв сенсорних каналів англ. – visual, audial, reading, kinesthetic). Людина може визначити свій індивідуальний тип навчання, відповівши на ряд питань про те, в який спосіб вона зазвичай отримує інформацію. З точки зору фізіології виявляється сумнівною ідея із приводу того, що інформація в мозку зберігалася окремо у вигляді зорових,

слухових чи м'язових енгам, які мають пріоритет у повторній активації залежно від ІНС людини. Для того, щоб підтвердити цю концепцію, потрібно порівняти ефективність засвоєння інформації, поданої різними сенсорними каналами, у людей, що належать до різних типів VARK. У нашому дослідженні ми обрали два найбільш поширені способи представлення інформації – у текстовому форматі та звуковому. Підтвердженням доцільності застосування поділу студентів за ІНС було б краще запам'ятовування текстової версії групами рідерів та візуалів порівняно аудіалами та кінестетиками. Тоді як прослуховування аудіоверсії текстів мало б дати перевагу у засвоєнні аудіалам над іншими групами обстежуваних.

Для оцінювання ефективності засвоєння інформації спочатку розглянемо результати засвоєння обраних текстів обстежуваними різними групами. Загалом усім учасникам дослідження, незалежно від ІНС та способу подачі тексту, було притаманно краще зберігання деталей наукового тексту порівняно з художнім, оскільки через два тижні результати тестування не відрізнялись від отриманих одразу після тестування (рис. 1). Для обстежуваних візуалів та аудіалів запам'ятовування наукового тексту порівняно з художнім було дещо гіршим одразу після сприйняття (у середньому давалося на дві менше правильні відповіді), що можна пояснити більшою складністю структури наукового тексту.

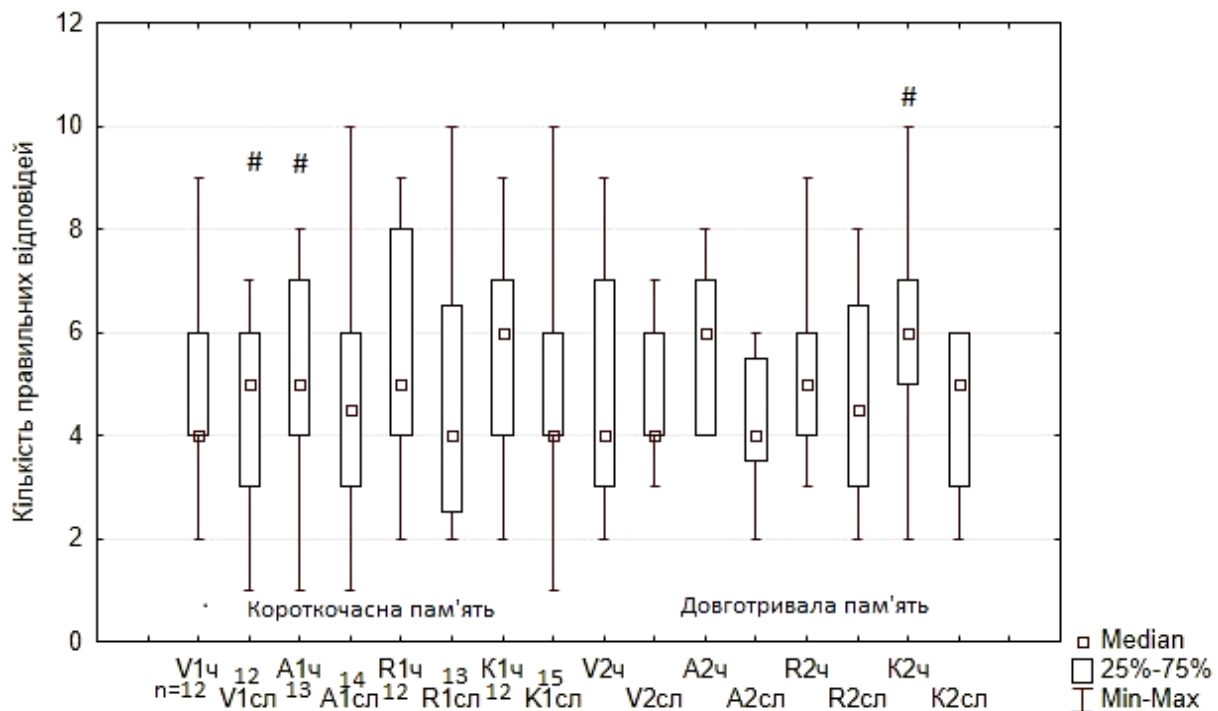


Рис. 1. Результати тестування короткочасного (1) та довготривалого (2) засвоєння інформації з наукового тексту в осіб з різним індивідуальним навчальним стилем залежно від способу його презентації

Примітки.

V – обстежувані з домінуючим "візуальним" навчальним стилем,

A – обстежувані з домінуючим "аудіальним" навчальним стилем,

R – обстежувані з домінуючим навчальним стилем типу "читання/запис", або "рідери",

K – обстежувані з домінуючим кінестетичним навчальним стилем,

1 – тестування одразу після читання/слухання текстів; 2 – тестування через два тижні після читання/слухання текстів;

ч – читання тексту, сл – прослуховування тексту; цифрами внизу позначена кількість обстежуваних у кожній групі.

#- $p < 0,05$ – значуща різниця порівняно з аналогічними результатами тестування художнього тексту (рис. 2) під час того ж періоду опитування.

Деталі художнього тексту гірше зберігалися в довготривалій пам'яті обстежуваних. Як видно з рис. 2, прослуховування художнього тексту було менш ефективним, ніж читання, оскільки у всіх групах відтворення за два тижні погіршилось. Для аудіалів та кінестетиків згадання пам'ятного сліду щодо деталей художнього текс-

ту було характерне незалежно від способу подачі тексту. Щодо основного питання цієї роботи, чи впливає спосіб подачі інформації на ефективність її засвоєння представниками різних індивідуальних навчальних стилів, то наше дослідження вказує на неправомірність таких тверджень.

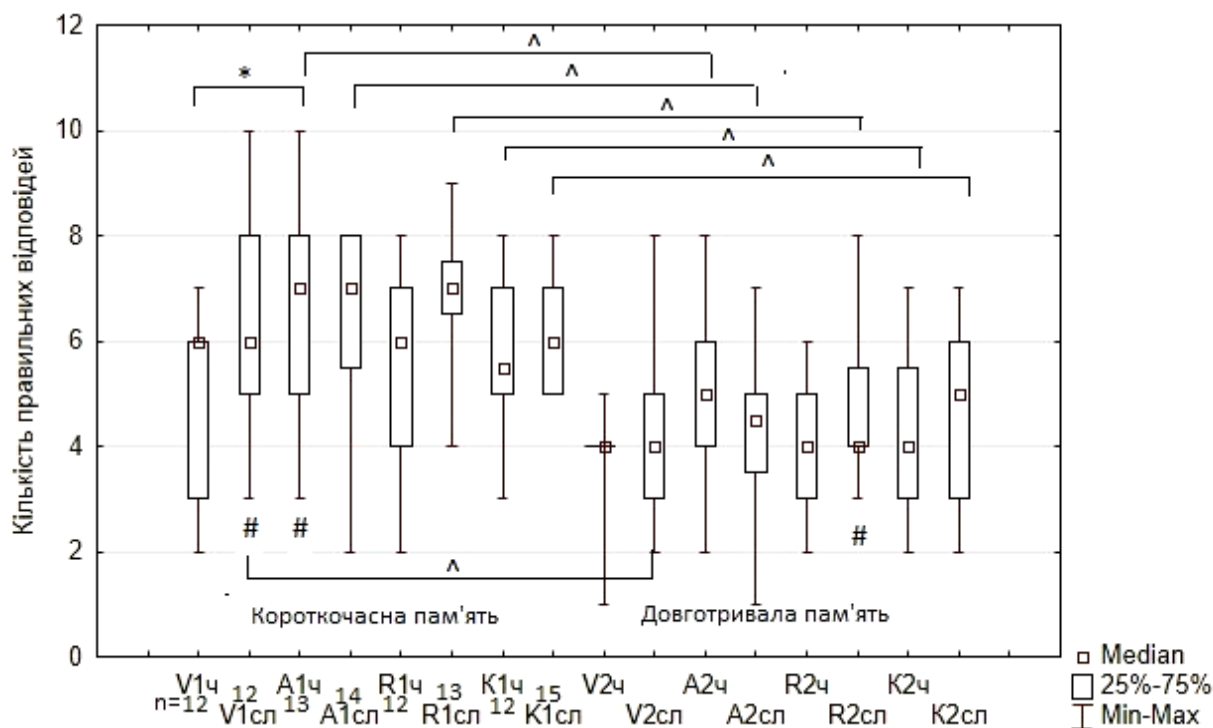


Рис. 2. Результати тестування короткочасного (1) та довготривалого (2) засвоєння інформації з художнього тексту в осіб із різним індивідуальним навчальним стилем залежно від способу його презентації

Примітки.

V – обстежувані з домінуючим "візуальним" навчальним стилем,

A – обстежувані з домінуючим "аудіальним" навчальним стилем,

R – обстежувані з домінуючим навчальним стилем типу "читання/запис", або "рідери",

K – обстежувані з домінуючим кінестетичним навчальним стилем,

ч – читання тексту, сл – прослуховування тексту;

1 – тестування одразу після читання/слухання текстів; 2 – тестування через два тижні після читання/слухання текстів;

цифрами внизу позначена кількість обстежуваних у кожній групі.

* – $p < 0,05$ – значуща різниця відтворення в "аудіалів" порівняно з "візуалами" одразу після читання тексту;

Λ – $p < 0,05$ – значуща різниця порівняно з результатами тестів через два тижні в тієї ж групи тим самим способом;

– $p < 0,05$ – значуща різниця порівняно з аналогічними результатами тестування наукового тексту (рис. 1) під час того ж періоду опитування.

Як видно з рис. 2, ми отримали значущу різницю в точності засвоєння інформації під час читання художнього тексту тільки між групами з домінуючим візуальним та аудіальним навчальним стилями. І ця відмінність не відповідала ІНС обстежуваних: аудіали, які читали уривки текстів, тобто сприймали інформацію у візуальній модальності, відтворили інформацію по художньому тексту одразу після читання/слухання значуще краще, ніж обстежувані візуали, а не навпаки, як передбачає концепція домінуючих навчальних стилів. Рідери, для яких, згідно з концепцією VARK, текст мав бути найбільш прийнятним способом сприйняття, не виявили жодних переваг у запам'ятовуванні ні художнього, ні наукового тексту порівняно із представниками інших домінуючих навчальних стилів. Неефективність цього підходу була підтверджена й іншими дослідженнями [Newton P., 2017], про що останнім часом наголошується у відповідній літературі. Та попри це, за даними опитувань, все ще 58 % педагогів продовжують вірити у потребу доносити інформацію у відповідному стилі і 33 % застосовує спеціальні методичні підходи під час занять [Dekker et al., 2012].

Наступним завданням було з'ясувати, чи існують якісь відмінності в роботі мозку під час сприйняття інформації різними способами у представників різних індиві-

дуальних навчальних стилів. Для цього ми порівняли амплітудно-частотні характеристики ЕЕГ у представників різних груп під час сприйняття текстів. Сумарні результати такого порівняння зображено на рис. 3, де фігури відображають значущі відмінності спектральної потужності під час читання відносно прослуховування обраних текстів у різних зонах мозку.

Як видно з рис. 3, спільною відмінністю у всіх чотирьох групах була знижена СП в тета-діапазоні під час читання відносно прослуховування тексту по всьому скальпу. Відомо, що високий рівень тета-активності характерний для активних операцій у корі, зокрема когнітивних процесах високого рівня на кшталт кодування пам'яті та відтворення, процесів обробки в робочій пам'яті, виявлення нових стимулів та низхідному top-down контролю [Amin H., 2013, Cavanagh J.F., 2014]. Відповідно, більш висока СП у тета-діапазоні при прослуховуванні текстів відображає більше когнітивне навантаження на системи робочої пам'яті при слуханні, ніж при читанні, імовірно через те, що читання залишається більш звичним типом сприйняття вербальної інформації.

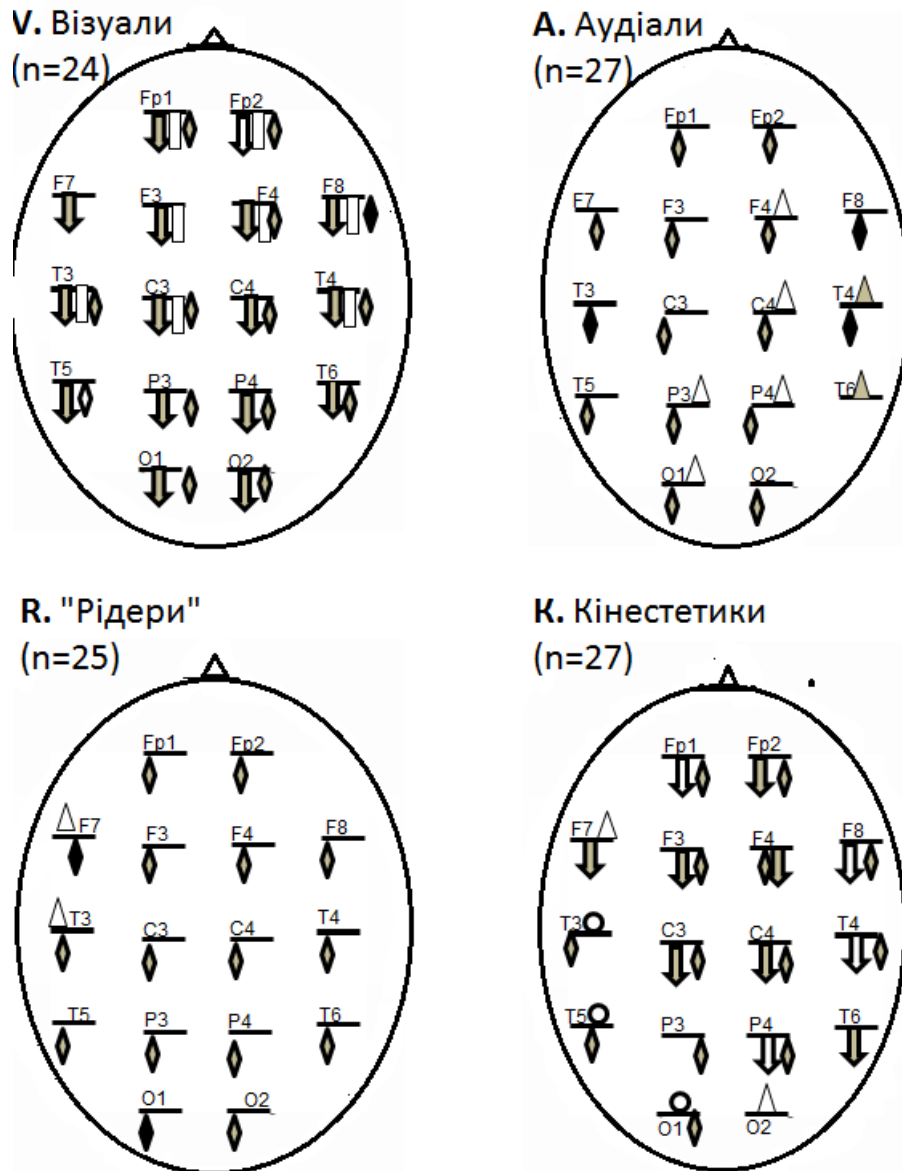


Рис. 3. Топокарти значущих відмінностей спектральної потужності ЕЕГ під час читання відносно прослуховування художнього (біла фігура), наукового (чорна фігура) та спільні для обох текстів (сіра фігура) у групах із різними домінуючими навчальними стилями

Примітки. Горизонтальною лінією вказана відсутність вірогідної різниці між значеннями СП у відповідних відведеннях. Знак над рисочкою – зростання показника, знак під рисочкою – зниження показника.

- ↑ – відмінності СП альфа-діапазону;
- – відмінності СП низькочастотного бета-діапазону;
- – відмінності СП високочастотного бета-діапазону;
- ◇ – відмінності СП тета-діапазону;
- ▲ – відмінності СП дельта-діапазону.

Для осіб із різним індивідуальним стилем навчання читання порівняно із прослуховуванням, окрім нижчої потужності тета-ритму, мало такі зональні особливості. У групі візуалів при читанні була знижена СП в альфа-, тета- і бета-1 (тільки для художнього тексту) діапазонах. Такі зміни можна трактувати як загальну неспецифічну активацію при меншому когнітивному навантаженні. Прослуховування текстів візуалами залучає різні зони мозку на різних частотах, що можна інтерпретувати як збільшення конективності між ділянками слухової, зорової та асоціативної кори.

Для рідерів відмінності під час читання зареєстровані тільки в нижчій потужності тета-коливань. Рівень активації і когнітивного навантаження ідентичний при обох способах подачі тексту. При читанні художнього

тексту спостерігається додатковий фокус дельта-активності в лівих лобно-скроневих ділянках, що може бути маркером селективної уваги у зонах семантичного аналізу. Підвищення дельта-ритму під час розумової діяльності інтерпретують як прояв активності гальмівних кортикальних мереж, що намагаються зменшити аферентні входи від незначущих у даний момент каналів [Knyazev G., 2007].

У групі аудіалів читання, окрім генералізованого зниження тета-ритму, характеризувалось локальними спалахами СП дельта-діапазону в центрально-тім'яних зонах мозку, що може свідчити про необхідність більш активного фокусування, ніж під час прослуховування. Це узгоджується з їх індивідуальним навчальним сти-

лем, оскільки особи цього типу більш звичні отримувати інформацію шляхом прослуховування.

Для кінестетиків під час читання обох текстів, окрім зниженої СП в тета-діапазоні, додавалась депресія альфа-ритму в центральних ділянках. Читання ж художнього тексту супроводжувалось локальним збільшенням СП в дельта- і бета-2 діапазонах у лівих скроневих та потиличній зонах при зниженні альфа-ритму в правих скроневих зонах. Такі зміни на ЕЕГ свідчать про залучення додаткових ресурсів довільної уваги при читанні художнього тексту порівняно з прослуховуванням [Scharinger C. et. al., 2015]. Відомо, що вираженість бета-ритму зростає при пред'явленні нового несподіваного стимулу, при розумовій напрузі та емоційному збудженні. І якщо частоти бета-1 пов'язані з пізнавальними процесами, такими як вирішення проблем, прийняття рішень, розумова зібраність та активна робота, то високочастотний бета-ритм домінує в ЕЕГ людей, що перебувають у стані тривоги або занепокоєння [Angelidis A., 2018]. Тому можемо припустити, що для осіб із кінестетичним навчальним стилем читання викликало більше психоемоційне напруження, ніж для решти типів ІНС.

Зростання СП в альфа-діапазоні під час прослуховування текстів у візуалів та кінестетиків указує на їх більш глибоке абстрагування від візуального сенсорного потоку, згідно із сучасними уявленнями про значення альфа-ритму як механізму пригнічення відволікаючих сигналів у межах окремих сенсорних потоків [Toscani et al., 2010]. Для рідерів та аудіалів характерним ЕЕГ-маркером прослуховування текстів було тільки збільшення СП тета-коливань.

Як видно із поданих даних, представникам різних ІНС були притаманні специфічні патерни електричної активності мозку під час різної презентації текстів, проте це не відобразилося на ефективності засвоєння матеріалів. В літературі дуже мало робіт, які б порівнювали прояви роботи мозку у людей з ІНС. Лише в одній із доступних нам робіт щодо оцінювання ефективності застосування ІНС проведено порівняльний аналіз викликаних потенціалів мозку у представників візуалів і рідерів під час презентації їм стимульного матеріалу у вигляді картинок та тексту [Thepsatitporn S., 2016]. Автори отримали подібні до наших результати: вони виявили більшу амплітуду компонент P200 викликаних потенціалів у потиличних зонах візуалів порівняно з рідерами при пред'явленні зображень, але це не позначилось на засвоєнні інформації відповідно до ІНС. У цій роботі обидві групи продемонстрували краще утримання деталей матеріалу за умови, коли він був презентований у вигляді зображень, і гірше в текстовому форматі. Більшість досліджень фокусується на специфіці розподілу ІНС між студентами, ефективності засвоєння і показниках академічної успішності [Newton P. M., Miah, M., 2017, Husmann and O'Loughlin, 2019], і вердикт науковців збігається з результатами нашого дослідження, за якими застосування в освітній практиці презентації матеріалу у відповідному до індивідуального навчального стилю форматі не виправдовує себе, оскільки це не починається на кращій ефективності засвоєння інформації.

Висновки.

1. Спосіб подачі тексту, що відповідає індивідуальному навчальному стилю, не підвищував ефективності ні короточасного, ні довготривалого запам'ятовування. Аудіали краще засвоювали зміст художнього тексту, презентованого візуально, ніж візуали. Аудіали та кінестетики виявили гіршу довготривалу пам'ять щодо деталей художнього тексту незалежно від способу його обробки.

2. Незалежно від типу індивідуального стилю навчання прослуховування текстів супроводжувалось генералізованим збільшенням потужності тета-ритму порівняно з читанням, що відображає більший рівень когнітивного навантаження при слуханні, імовірно, через менш звичний тип сприйняття вербальної інформації.

3. Читання супроводжувалось більшою потужністю в дельта-діапазоні порівняно із прослуховуванням для представників всіх навчальних стилів, окрім візуалів. У кінестетиків під час читання художнього тексту збільшувалась потужність високочастотного бета-діапазону в лівих скронево-потиличних ділянках, що вказує на високий рівень емоційної напруги при читанні порівняно із прослуховуванням.

4. Мозкові механізми забезпечення уваги та робочої пам'яті під час сприйняття інформації мали специфічні ЕЕГ кореляти в обстежуваних із різним індивідуальним стилем навчання, що, однак, не позначалося на ефективності засвоєння інформації представниками зазначених груп.

Список використаних джерел:

1. Андрусак В. Порівняльний ЕЕГ аналіз ефективності навчання при читанні тексту з паперових, електронних та аудіо книжок. / В. Андрусак, В. Кравченко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Біологія. – 2017. – 2(74). – С. 39–46.
2. Fleming N. How Do I Learn Best? A student's guide to improved learning / N. Fleming, C. Bonwell. – 2013. – P. 2–20.
3. Fleming N.D. VARK. A Guide to Learning Styles 2009 / N.D. Fleming // Available from: <http://www.vark-learn.com/english/page.asp?p=questionnaire>
4. Newton P. Evidence-Based Higher Education – Is the Learning Styles 'Myth' Important? / P. Newton, M. Miah // Frontiers in Psychology. – 2017. – Vol. 8. – P. 444.
5. Thepsatitporn S. Visual event-related potential studies supporting the validity of VARK learning styles' visual and read/write learners / S. Thepsatitporn, C. Pichitpornchai // Advances in Physiology Education. – 2016. – Vol. 40. – Issue 2. – P. 206–212.
6. Knyazev G. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations / G. Knyazev // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. – 2007. – Vol. 31. – P. 377–395.
7. Scharinger C. Pupil Dilation and EEG Alpha Frequency Band Power Reveal Load on Executive Functions for Link-Selection Processes during Text Reading / C. Scharinger, Y. Kammerer, P. Gerjets // Academic Journal PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10. – Issue 6. – P. 1.
8. Amin H. Human memory retention and recall processes: a review of EEG and fMRI studies / H. Amin, A.S. Malik // Neurosciences. – 2013. – Vol. 18. – Issue 4. – P. 330–344.
9. Cavanagh J.F. Frontal theta as a mechanism for cognitive control / J.F. Cavanagh, M.J. Frank // Trends Cogn. Sci. – 2014. – Vol. 18. – Issue 8. – P. 414–421.
10. Dekker S. Neuromyths in Education: Prevalence and Predictors of Misconceptions among Teachers / S. Dekker, N.C. Lee, P. Howard-Jones, J. Jolles // Frontiers in Psychology. – 2012. – Vol. 3.
11. Husmann P.R. Another Nail in the Coffin for Learning Styles? Disparities among Undergraduate Anatomy Students' Study Strategies, Class Performance, and Reported VARK Learning Styles' / P.R. Husmann, V.D. O'Loughlin // Anatomical Sciences Education. – 2019. – Vol. 12. – Issue 1. – P. 6–19.
12. Do not look away! Spontaneous frontal EEG theta/beta ratio as a marker for cognitive control over attention to mild and high threat / A. Angelidis, M. Hagenaars, D. van Son et al. // Biological Psychology. – 2018. – Vol. 135. – P. 8–17.
13. Alpha waves: a neural signature of visual suppression / M. Toscani, T. Marzi, S. Righi et al. // Experimental Brain Research. 2010. – Vol. 207. – Issue 3–4. – P. 213–219.

Reference

1. Andrusiak V. Comparative EEG analyses of learning effectiveness using paper books, e-books and audio books Andrusiak V., Kravchenko V. // Visnik of Taras Shevchenko National University of Kyiv. – 2017. – Vol. 2. – P. 39–46.
2. Fleming N. How Do I Learn Best? A student's guide to improved learning / N. Fleming, C. Bonwell. – 2013. – P. 2–20.
3. Fleming N.D. VARK. A Guide to Learning Styles 2009; Available from: <http://www.vark-learn.com/english/page.asp?p=questionnaire>
4. Newton, P. Evidence-Based Higher Education – Is the Learning Styles 'Myth' Important? / Newton, P. M., Miah, M. // Frontiers in Psychology. – 2017. V.8, P.444.
5. Thepsatitporn, S. Visual event-related potential studies supporting the validity of VARK learning styles' visual and read/write learners / Thepsatitporn, S., Pichitpornchai, C. // Advances in Physiology Education. – 2016. V.40. Issue 2, P.206–212.

6. Knyazev G. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations / Gennady G. Knyazev // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. - 2007. - Vol. 31. - P. 377-395.
7. Scharinger C. Pupil Dilation and EEG Alpha Frequency Band Power Reveal Load on Executive Functions for Link-Selection Processes during Text Reading / Scharinger C., Kammerer Y., Gerjets P. // Academic Journal PLoS ONE. - 2015. - Vol. 10. - Issue 6. - P. 1.
8. Amin H. Human memory retention and recall processes: a review of EEG and fMRI studies / Amin H., Malik A.S. // Neurosciences. 2013. - Vol. 18. - Issue 4. - P. 330-344.
9. Cavanagh J.F. Frontal theta as a mechanism for cognitive control / Cavanagh J.F., Frank M.J. // Trends Cogn. Sci. - 2014. - Vol. 18. - Issue 8. - P. 414-421.
10. Dekker, S. Neuromyths in Education: Prevalence and Predictors of Misconceptions among Teachers / Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., Jolles, J. // Frontiers in Psychology. - 2012. - Vol. 3.
11. Husmann P. R. Another Nail in the Coffin for Learning Styles? Disparities among Undergraduate Anatomy Students' Study Strategies, Class Performance, and Reported VARK Learning Styles' / Husmann P. R.,

O'Loughlin V. D. ', Anatomical Sciences Education. - 2019. - Vol. 12. - Issue 1. - P. 6-19.

12. Angelidis, A. Do not look away! Spontaneous frontal EEG theta/beta ratio as a marker for cognitive control over attention to mild and high threat / Angelidis, A., Hagenars, M., van Son, D., van der Does, W., Putman, P. // Biological Psychology. - 2018. - Vol. 135. - P. 8-17.

13. Toscani, M. Alpha waves: a neural signature of visual suppression / Toscani, M., Marzi, T., Righi, S., Viggiano, M. P., & Baldassi, S. // Experimental Brain Research, 2010. - Vol. 207. - Issue 3-4, P. 213-219.

Надійшла до редколегії 13.05.19
Отримано виправлений варіант 14.06.19
Підписано до друку 14.06.19

Received in the editorial 13.05.19
Received a revised version on 14.06.19
Signed in the press on 14.06.19

В. Андрусяк, студ.,
В. Кравченко, канд. биол. наук
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСВОЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТИЛЯ ОБУЧЕНИЯ

В работе исследовали особенности усвоения информации людьми с разными индивидуальными стилями обучения в соответствии с популярной в образовательной сфере классификации VARK (Visual, Auditory, Reading, Kinesthetic) при помощи сравнительного анализа запоминания деталей художественного и научного текстов, а также электрической активности мозга во время их чтения и прослушивания. Выявлено, что способ подачи текста соответствующий индивидуальному стилю обучения, не повышает эффективности запоминания его деталей. Аудиалы лучше, чем визуалы, усваивали содержание художественного текста при его визуальном восприятии. У аудиалов и кинестетиков отмечено сниженное запоминание деталей художественного текста как после чтения, так и после прослушивания. Показано, что независимо от доминирующего стиля обучения прослушивание текста сопровождается большей когнитивной нагрузкой в сравнении с чтением, что отображалось в генерализованном увеличении спектральной мощности в тета-диапазоне ЭЭГ. Чтение сопровождалось большей спектральной мощностью в дельта-диапазоне в сравнении с прослушиванием текстов для представителей всех стилей обучения, кроме визуалов. У кинестетиков во время чтения художественного отрывка росла спектральная мощность высокочастотного бета-диапазона ЭЭГ в левых височно-затылочных зонах, что указывает на более высокий уровень психоэмоционального напряжения в сравнении с прослушиванием.

Мозговые механизмы обеспечения внимания и рабочей памяти во время восприятия информации имели специфические корреляты в ЭЭГ испытуемых с разными индивидуальными стилями обучения, что однако не сказывалось на отличиях в эффективности усвоения информации представителями этих групп.

Ключевые слова: ЭЭГ, усвоение информации, память, текстовый формат, аудиоформат, индивидуальный стиль обучения.

V. Andrusiak, stud.,
V. Kravchenko, Ph.D
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF PERCEPTION OF INFORMATION DEPENDING ON THE INDIVIDUAL LEARNING STYLE

The paper explored the features of information acquisition by people with different individual learning styles in accordance with the VARK classification (Visual, Auditory, Reading, Kinesthetic), which is popular in the educational field, using a comparative analysis of memorizing the details of fiction and scientific texts, as well as the brain's electrical activity during reading and listening. It is revealed that the way of presenting the text corresponding to the individual learning style does not increase the efficiency of memorizing its details. Audials, better than visuals, learned the content of a fiction text, when it is visually presented. Audials and kinesthetics demonstrated the worst long-term memorization of the details of a fiction text, regardless of how it was processed.

It is shown that, regardless of the dominant learning style, listening to the text is accompanied by a greater cognitive load compared to reading, which was reflected in a generalized increase in spectral power in the theta EEG range. Reading was accompanied by a greater spectral power in the delta range in comparison with listening to texts for representatives of all learning styles, except visuals. In the kinesthetics, the spectral power of the high-frequency beta range of the EEG increased in the left temporo-occipital zones, while reading a fiction fragment, which indicates higher level of psycho-emotional tension in comparison with listening.

The brain mechanism for maintaining attention and working memory during perception of information had specific EEG correlates in subjects with different individual learning styles, which, however, did not affect the differences in the efficiency of information assimilation by representatives of these groups.

Key words: EEG, information acquisition, memory, text format, audio format, individual learning style.