

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

ISSN 2076-5835

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1

Index Copernicus ICV 2017:74.16



Ulrichsweb

**ВІСНИК
ЧЕРКАСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія
БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

**CHERKASY UNIVERSITY BULLETIN:
BIOLOGICAL SCIENCES SERIES**

Науковий журнал
Виходить 2 рази на рік
Заснований у березні 1997 року

№1. 2019

Черкаси – 2019

**Засновник, редакція, видавець і виготовлювач –
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького.**
Свідоцтво про державну перереєстрацію КВ № 21393-11193Р від 25.06.2015.

Науковий збірник містить статті, в яких розглядаються актуальні проблеми сучасної біологічної науки. Авторами робіт є доктори, кандидати наук, аспіранти та студенти вищих навчальних закладів та наукових установ різних регіонів України.

Для широкого кола науковців, викладачів, аспірантів та студентів.

Наказом Міністерства освіти і науки України від 13.07.2015 р. № 747 журнал включено до переліку наукових фахових видань з біологічних наук.

Випуск №1 наукового журналу Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки» рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (протокол №8 від 25 червня 2019).

*Журнал індексується у наукометричних базах даних **Index Copernicus (ICV 2017:74.16)** **Cite Factor**, **Google Scholar**, та реферується Українським реферативним журналом «Джерело», журнал зареєстровано в базі даних **Ulrichsweb**.*

Редакційна колегія серії:

Лизогуб В.С., д.б.н., проф. (відповідальний редактор); Черненко Н.П., к.б.н. (відповідальний секретар); Абуладзе А.В., к.б.н. (Грузія); Анна Радохонська, д.б.н., проф. (Польща); Башенко М.І., академік НААН, д.с.-г.н., проф.; Білоножка В.Я., д.с.-г.н., проф.; Боєчко Ф.Ф., член-кор. НАПН України, д.б.н., проф.; Гаврилюк М.Н., к.б.н., доц.; Коваленко С.О., д.б.н., проф.; Ковтун М.Ф., д.б.н., проф.; Конограй В.А., к.б.н., доц.; Макаруч М.Ю., д.б.н., проф.; Мельник Т.О., к.б.н., доц.; Міщенко В.С., д.б.н., проф. (Польща); Освальд Руксенас, д.б.н., проф. (Литва); Спрягайло О.В., к.б.н., доц.; Харченко Д.М., д.психол.н., к.б.н., проф.

За дотримання права інтелектуальної власності, достовірність матеріалів та обґрунтування висновків відповідають автори.

Адреса редакційної колегії:

18031, Черкаси, бульвар Шевченка, 81, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, кафедра анатомії, фізіології та фізичної реабілітації.

Тел. (0472) 45-44-23

<http://bio-ejournal.cdu.edu.ua/index>
nataliya-cherненко2005@ukr.net

**ЖИТТЄВИЙ І ТВОРЧИЙ ШЛЯХ
ФЕДОРА ФЕДОРОВИЧА БОЄЧКА,
доктора біологічних наук, професора,
заслуженого працівника вищої школи України,
члена-кореспондента АПН України,
завідувача кафедри біології та біохімії
Черкаського національного університету
імені Богдана Хмельницького**

У статті висвітлено основні періоди життя, наукової та педагогічної діяльності доктора біологічних наук, професора, заслуженого працівника вищої школи України, члена-кореспондента АПН України, завідувача кафедри біології та біохімії Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького – Боєчка Федора Федоровича.

Ключові слова: *Боєчко Федір Федорович, біологічна хімія, наукові праці, життєвий та професійний шлях.*



Ф. Ф. Боєчко народився 13 травня 1934 р. у с. Семаківці Коломийського району Івано-Франківської області. Батьки – Федір Іванович та Олена Михайлівна – працювали в колгоспі. Дитинство проходило в непростий період – у 1939 р. Східну Галичину було приєднано до УРСР, невдовзі почалася Друга Світова війна. Батько Ф. Ф. Боєчка був мобілізований на фронт і воював у частинах радянської армії до перемоги. У післявоєнний період Федір Боєчко став свідком утвердження радянської влади на Прикарпатті.

Середню школу Ф. Ф. Боєчко закінчив у сусідньому селі Корнич, після чого, протягом 1952-1957 рр., навчався на біологічному факультеті Чернівецького державного університету, спеціалізацію набував на кафедрі біохімії. Після закінчення навчання в університеті працював учителем хімії й біології та виконував обов'язки завуча Козирянської середньої школи на Буковині. У 1957 р. вступив до аспірантури при кафедрі біохімії Чернівецького державного університету. Його науковим керівником був відомий біохімік, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біохімії, ректор університету К. М. Леутський. Аспірантуру закінчив у 1960 р. і отримав направлення на роботу до Уманського педагогічного інституту на посаду асистента кафедри хімії.

У 1961 р. Ф. Ф. Боєчко захистив кандидатську дисертацію в Київському державному університеті ім. Т. Г. Шевченка. Її тематика була пов'язана з дослідженням впливу вітамінів і мікроелементів на обмінні процеси в організмі людини і тварин.

У 1962 р. за його ініціативи на природничому факультеті Уманського педінституту було створено кафедру хімії, очільником якої був упродовж 15 років. Завдяки Ф. Ф. Боєчку на кафедрі облаштували біохімічну науково-дослідницьку лабораторію. Науковці отримали змогу досліджувати механізм дії біологічно активних речовин (вітамінів і мікроелементів) на жировий обмін і розвиток атеросклеротичних змін в організмі людини і тварин. Упродовж 1964–1969 рр. обіймав посаду проректора з навчально-виховної й наукової роботи. У 1966 р. отримав вчене звання доцента кафедри хімії.

У 1974 р. Ф. Ф. Боєчко захистив докторську дисертацію в Інституті біохімії імені О. В. Палладіна НАН України на тему: «Вивчення ролі мікроелементів (кобальту, марганцю і олова) в ліпідному обміні». У 1976 р. отримав учене звання професора.

З 1975 р. Ф. Ф. Боєчко очолював Уманський педагогічний інститут. Молодого керівника, який дбав про розвиток науково-педагогічних кадрів і матеріальної бази інституту, перевели у 1979 р. на посаду ректора Черкаського педагогічного інституту. Федір Федорович успішно керував ВНЗ упродовж 21 року (1979–2000 рр.). За його керівництва було зміцнено навчально-матеріальну базу навчального закладу. Збудовано два сучасних комфортабельних гуртожитки поліпшеного планування, один з яких пізніше було реконструйовано в житловий будинок для викладачів і співробітників університету, введено в експлуатацію новий навчальний корпус на 2000 місць, розпочато будівництво кооперативного будинку для викладачів та співробітників інституту та гуртожитку сімейного типу. За цей час в університеті відкрито понад 10 нових спеціальностей і створено ряд факультетів і кафедр. Федір Федорович проявив себе як вимогливий, але водночас чуйний керівник. Боєчко Ф.Ф. сприяв зміцненню кадрового потенціалу ВНЗ: за час роботи на посаді ректора суттєво збільшилась чисельність аспірантів при кафедрах університету, десятки викладачів направлено на навчання до аспірантури і докторантури вищих навчальних закладів і науково-дослідних інститутів України й Росії. За його ініціативи до університету було запрошено на роботу ряд професорів, доцентів з інших міст. Ректор подбав про надання їм державного житла. Багато працівників університету добрим словом згадують підтримку й допомогу ректора. У 1994 р. Черкаський державний педагогічний інститут вперше було акредитовано за найвищим – четвертим рівнем. Завдяки Ф.Ф. Боєчку та Черкаській обласній раді педінститут у 1995 р. на колегії Міністерства освіти і науки України отримав статус державного університету з присвоєнням імені Богдана Хмельницького.

Зайнятість на адміністративній посаді не завадила Ф. Ф. Боєчку активно займатися науковою роботою. Він досліджує вплив вітамінів, мікроелементів і їх комплексів на обмінні процеси в організмі та його імуннозахисні функції в нормальних умовах та за умов дії малих доз іонізуючої радіації. Разом із групою викладачів професором Ф. Ф. Боєчком розроблено, апробовано й запатентовано спосіб реабілітації функцій імунної системи в осіб, що зазнали впливу факторів аварії на Чорнобильській АЕС.

З 1998 р. Ф. Ф. Боєчко очолює кафедру біохімії (згодом її об'єднали з кафедрою біології). Під його керівництвом ефективно розробляється методика викладання біохімії та хімії полімерів у системі вищої й середньої освіти. Організовано викладання ряду дисциплін у межах спеціалізації «Біохімія» для студентів-біологів. У 2008 р. за участю Федора Федоровича в університеті був створений Науково-дослідний інститут фізіології імені Михайла Босого, де він очолює відділ біохімії і до сьогодні.

Федір Федорович належить до покоління, на плечі якого лягли труднощі, притаманні українському народу: голодомор, Велика Вітчизняна війна, а потім вибір життєвого шляху. Він повністю віддався царині біохімічної науки. Теоретична позиція Ф. Ф. Боєчка – це позиція вітчизняної біохімічної школи. Стратегія – комплексний підхід до аналізу біохімічних процесів.

Життєва позиція Ф. Ф. Боєчка – самовіддане служіння справі, науці, демократичність, прямота, динамізм, рішучість, чесність, участь у долях людей, надзвичайно висока громадянська позиція. Усі ці риси надають особі Федора Федоровича привабливості, викликають повагу і характеризують його як яскраву особистість.

Ф. Ф. Боєчко – автор близько 200 наукових праць, у тому числі понад 20 підручників і посібників для студентів ВНЗ, училищ, учителів та учнів шкіл. Ним

написано й видано перший в Україні навчальний посібник з хімії полімерів для студентів природничих факультетів ВНЗ («Хімія полімерів», 1965). Серед опублікованих праць Ф. Ф. Боєчка слід відзначити навчальні посібники для студентів: «Основи хімії полімерів» (1976, 1988, 2008), «Хімічна сировина та способи її переробки» (1980), «Основи органічної і біологічної хімії» (1983), «Органічна хімія» (1986), «Біологічна хімія» (1989, 1995, 2011), «Основні біохімічні поняття, визначення і терміни» (1993); «Біохімія» (1997, 1998), «Збірник задач і вправ з біологічної хімії» (2000), «Основи молекулярної біології» (2010), «Основи молекулярної біології (курс лекцій)» (2013); практикуми: «Лабораторно-практичні заняття з органічної хімії» (1984), «Біохімічні методи досліджень» (2005), «Біохімія. Практикум. Статика» (2006), «Біохімія. Практикум. Динаміка» (2007), Лабораторний практикум з біохімії (2012).

Підручник «Органічна хімія» (2002), підготовлений і виданий у співавторстві з викладачами кафедри органічної хімії В. М. Найданом та А. К. Грабовим, рекомендований Міністерством освіти і науки України для учнів 10-11-х класів з поглибленим вивченням хімії в загальноосвітніх школах. Для вчителів шкіл були написані та видані також посібники: «Вибрані розділи курсу неорганічної хімії середньої школи» (1973), «Білок і кормовиробництво» (1987), «Біохімія для вчителя» (1985).

З 1994 р. Ф. Ф. Боєчка було обрано членом-кореспондентом Академії педагогічних наук України.

Під його керівництвом створена наукова школа – захистили кандидатські дисертації Д. М. Захарик, Г. С. Сизоненко.

Він був і є організатором багатьох наукових конференцій і симпозіумів. Ф. Ф. Боєчко – активний член редакційних колегій наукових журналів і спеціалізованих рад із захисту дисертацій; член Українського біохімічного товариства.

Робота Ф. Ф. Боєчка у ВНЗ була тісно пов'язана також з громадською діяльністю. Він неодноразово обирався депутатом Уманської і Черкаської міських рад, депутатом Черкаської обласної ради. Понад 10 років очолював обласне товариство «Знання».

Активна громадська та наукова діяльність Ф. Ф. Боєчка була відзначена державою: він нагороджений Орденом Трудового Червоного Прапора (1978), медаллю «За доблесну працю. В ознаменування 100-річчя з дня народження В. І. Леніна» (1970), медаллю А. С. Макаренка (1988), медаллю К. Д. Ушинського, нагрудним знаком «Відмінник народної освіти України» (1975), нагрудним знаком «Заслужений працівник вищої школи УРСР» (1984), Почесною грамотою Президії Верховної Ради УРСР. Громадськість визнала його Почесним громадянином міста Черкаси, у 1999 р. нагороджений пам'ятним знаком «За заслуги перед містом Черкаси» I ступеня.

Професор Ф. Ф. Боєчко має велику інтелектуальну і моральну силу, яка в цей нелегкий для науки час зміцнює віру й надію в дієвість вищих ідеалів. Він слугує чудовим прикладом для молодих науковців у виборі життєвих орієнтирів, формуванні якостей справжніх дослідників.

Нарис про ювіляра буде неповним, якщо не згадати про його хобі – риболовлю, якій він віддає вільний від роботи час. При цьому для Федора Федоровича важливим є не кількість пійманої риби, а сам процес риболовлі, спілкування з природою.

З нагоди славного ювілею колектив Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького зичить Федорові Федоровичу Боєчку міцного здоров'я і творчого довголіття.

Література

1. Боєчко Федір Федорович. Вчені Черкащини. *Бібліографічний довідник*. / Упорядник та ред. М. І. Бушин, Н. М. Бушина. Черкаси: Відлуння, 1998. С. 20–21.

2. Боєчко Федір Федорович. Педагогічний словник. / За ред. М. Д. Ярмаченка. К: Педагогічна думка, 2001. С. 62–63.
3. Боєчко Федір Федорович. Академія педагогічних наук України. *Інформаційний довідник*. К.: Фенікс, 2002. С. 65.
4. Боєчко Федір Федорович. Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького. К.: Вид-во «Світ успіху», 2009. С. 36.

References

1. Bushin, M. I. & Bushina, N. M. (1998). Boyechko Fyodor Fedorovich. Scientists of Cherkasy region. Bibliographic guide. Cherkasy, Vidlunnya. 20–21. (in Ukr.).
2. Yarmachenko, M. D. (2001). Boyechko Fyodor Fedorovich. Pedagogical dictionary. 62–63. (in Ukr.).
3. Boyechko, Fyodor Fedorovich. (2002). Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine. Information directory. 65. (in Ukr.).
4. Boyechko, Fyodor Fedorovich. (2009). Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnytsky. 36. (in Ukr.).

Summary. Lyzohub V. S., Deriy S. I., Gavrilyuk M. N. Life and creative way of Boyechko Fyodor Fedorovich

The article highlights the main periods of life, scientific and pedagogical activity of the Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of Ukraine, Corresponding Member of the Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine, Head of the Department of Biology and Biochemistry of Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnytsky – Boyechko Fyodor Fedorovich.

В. С. Лизогуб, С. І. Дерій, М. Н. Гаврилюк

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 18. 05. 2019

Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК. 612.821

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-7-12

Безкопильна С. В.

Науково-дослідний інститут фізіології ім. М.Босого
Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ РЕЗЕРВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ РОЗУМОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ДІТЕЙ, ПІДЛІТКІВ ТА ЮНАКІВ

В завдання роботи входило запропонувати спосіб та дослідити рівень функціонального резерву розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків. В експериментальному дослідженні приймали участь 116 обстежуваних. Дослідження проводили з використанням комп'ютерного пристрою «ДіагностІМ» у «нав'язаному режимі».

Запропонований спосіб визначення індивідуального рівня функціонального резерву розумової працездатності людини забезпечує точність та достовірність прихованих можливостей людини по переробці інформації, які можуть бути реалізовані в умовах екстремальної розумової діяльності. Наш спосіб може використовуватися для психофізіологічної діагностики, визначення професійної орієнтації, професійного та спортивного відбору.

З'ясували, що формування резервних можливостей мозкової діяльності знаходиться в залежності від швидкості пред'явлення подразників, модальності сигналу та віку обстежуваних. Доведено, що з віком функціональний резерв розумової працездатності поступово у дітей, підлітків та юнаків підвищується. Встановлено більш високий рівень функціонального резерву розумової працездатності під час переробки образних, ніж вербальних сигналів.

***Ключові слова:** розумова працездатність, переробка інформації, функціональні резерви, реверс, сигнали різної модальності.*

Постановка проблеми

У сучасних умовах успішна розумова діяльність не можлива без максимального напруження психофізіологічних функцій організму. Функціональні резерви розумової працездатності (ФРРП) характеризують приховані можливості людини по переробці інформації, які можуть бути реалізовані в умовах екстремальної діяльності. На рівні нейромереж функціональний резерв розумової працездатності визначається кількістю активно функціонуючих нейронів у порівнянні до загальної їх кількості.

Найбільш високий рівень функціональних резервів проявляється у зниженні енергетичних витрат на одиницю роботи, підвищення інтенсивності та ефективності функціонування різних систем організму та мозку. На рівні цілісного організму функціональні резерви розумової працездатності проявляються у можливостях здійснення цілісних реакцій, які забезпечують вирішення розумових завдань різної складності в екстремальних умовах діяльності.

Функціональні резерви розумової працездатності – це можливості центральної нервової системи людини протистояти дії різного виду розумових навантажень, адаптуватися до них, забезпечуючи необхідний рівень ефективності розумової діяльності. Для оцінки функціонування центральної нервової системи та розумової працездатності людини широко використовують показники швидкості та якості обробки різних за складністю сенсомоторних реакцій. Кількісною характеристикою функціональних резервів розумової працездатності може бути відношення між максимально можливим результатом розумової працездатності і результатом на рівні стану відносного спокою.

Під час розумової діяльності відбуваються процеси прийому, збереження і переробки інформації, що вимагає напруження сенсорних систем, уваги, пам'яті, активації процесів мислення, емоційної сфери та вегетативних систем [1,2,3,4]. Тому, на сьогодні актуальним є питання дослідження психофізіологічних характеристик розумової діяльності під час переробки різномодальної інформації [5,6,7,8,9,10].

Мета – з'ясувати закономірності формування резервних можливостей організму в онтогенезі та особливості мобілізації розумової діяльності.

Матеріали та методи

Методика полягає в поетапному підвищенні та зниженні швидкості пред'явлення подразників для складних реакцій вибору, фіксації кількості помилок при поетапному підвищенні/зниженні швидкості пред'явлення подразників. При цьому достовірно визначається рівень функціонального резерву розумової працездатності людини.

На комп'ютерному пристрої «Діагност-1М» у «нав'язаному режимі» проводили дослідження ФРРП для образних і вербальних подразників у дітей, підлітків та юнаків обстежуваних шкільного віку. [11,12]. Починали дослідження з пред'явлення образних подразників на швидкості 30 подразників за хвилину. Далі швидкість ступенево підвищували і переходили до швидкості пред'явлення 60, 90 та 120 подразників за хвилину [5,11,13,14]. Потім швидкість у тій же послідовності знижувалась. Закінчували роботу на швидкості пред'явлення 30 подразників за хвилину.

Після короткого відпочинку розумова робота для обстежуваного повторювалась, але для переробки інформації пред'являлись вербальні подразники.

Результати дослідження оброблено з використанням статистичних програм Statgraphics, Microsoft Excel.

Результати та обговорення

За результатами тестування встановили залежність кількості помилок від швидкості пред'явлення подразників у обстежуваних кожної вікової групи на подразники різної модальності (табл.1).

Таблиця 1

Кількість помилок під час переробки інформації в тесті з реверсом на предметні та словесні подразники у обстежуваних різного віку

Показники	Кількість помилок (X±SD)							
	7 – 8 (n=25)		10 – 11(n=28)		13 – 14(30)		16 – 17(n=33)	
Швидкість подр/хв	Фігури	Слова	Фігури	Слова	Фігури	Слова	Фігури	Слова
30	1,3±0,3	5,2± 0,5	0,7±0,2	4,2±0,4	0,9±0,2	2,4± 0,4	0,6±0,2	2,2±0,3
60	5,3±0,6	20,5± 1,3	5,3±0,3	20,2± 1,5	4,8±0,4	18,9± 1,5	3,8±0,5	9,2±0,8
90	30,8±2,5	52,0± 2,0	27,9± 1,9	49,8± 2,2	24,6± 2,2	48,5± 1,2	16,6±2,2	39,7± 1,7
120	68,3±1,7	81,4± 1,5	67,6± 1,6	72,4± 1,9	66,9± 1,8	71,7± 2,4	50,8±3,9	65,1± 2,8
90	24,0±2,5	37,8± 2,0	20,1± 1,7	35,2± 2,1	16,6± 1,6	30,6± 1,0	11,3±1,6	26,8± 1,8
60	3,1±0,4	12,8± 0,8	2,5±0,3	11,9± 0,8	2,2±0,3	8,7±0,6	1,7±0,3	4,7±0,5
30	0,4±0,2	2,8±0,3	0,3±0,1	1,8±0,3	0,5±0,2	1,5±0,3	0,1±0,1	0,6±0,2

З таблиці видно, що кількість помилок зростала з підвищенням швидкості пред'явлення подразників та зменшувалась зі зниженням швидкості. найбільша кількість. Юнаки 16 – 17 років на всіх швидкостях робили менше помилок ніж обстежувані інших вікових періодів. Найбільшу кількість помилок обстежувані всіх вікових груп робили на швидкості пред'явлення 90 – 120 подразників за хвилину, найменшу на швидкості 30 – 60 подразників за хвилину. За умов переробки вербальних подразників кількість помилок у обстежуваних різного віку завжди була більшою ніж при переробці образних подразників.

Визначення рівня функціонального резерву розумової працездатності людини є надзвичайно важливим для виявлення її індивідуальних здібностей та спроможності виконувати певні види трудової діяльності в екстремальних умовах.

Рівень функціонального резерву розумової працездатності людини розраховували за формулою:

$$\text{ФРПП} = S_1 / S_2$$

де: S_1 – загальна кількість помилок при поетапному підвищенні швидкості пред'явлення подразників; S_2 – загальна кількість помилок при поетапному зниженні швидкості пред'явлення подразників (табл.2).

Таблиця 2

Резерви розумової працездатності ($X \pm SD$) на образні та вербальні подразники у обстежуваних різного віку

Вік, роки	Вид подразника	
	Образні подразники (трикутник ,квадрат, коло)	Вербальні подразники (предмети, рослини, тварини)
7 – 8 (n = 25)	3,84 ± 0,4	2,97 ± 0,2
10 – 11 (n=28)	4,43 ± 0,4	2,99 ± 0,2
13 – 14 (n=30)	5,03 ± 0,4	3,46 ± 0,2
16 – 17 (n=33)	5,48 ± 0,4	3,61 ± 0,2

Ми можемо бачити, що показник ФРПП з віком зростає. У дітей він становить 3,84 на образні подразники і 2,97 на вербальні сигнали, тоді як у юнаків 16 – 17 років 5,48 та 3,61 відповідно. На образні подразники показник ФРПП більший ніж на вербальні подразники, це проявляється у обстежуваних кожної вікової групи, тому що переробка образної інформації здійснюється переважно за участі першої сигнальної системи, вимагає значно меншого залучення енергетичних ресурсів [15,16] та характеризується високим рівнем функціональних резервів розумової працездатності. Вербальні подразники належать до другої сигнальної системи, вони менш стійкі та мають менший нейрофізіологічний ресурс [7,17].

Нами вирахована динаміка змін ФРПП для образних та вербальних подразників у різні вікові періоди (рис.1).

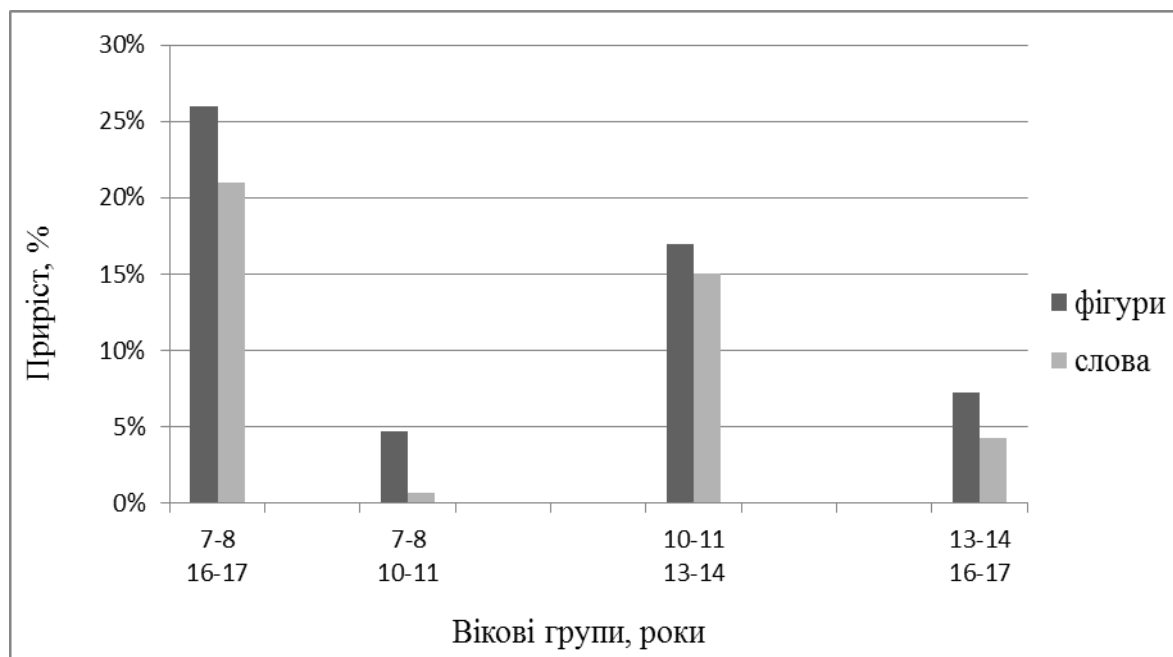


Рис. 1. Динаміка змін ФРРП для образних та вербальних подразників у різні вікові періоди.

З рисунка 1. видно, що за досліджуваний період онтогенезу у дітей 7 – 8 років та юнаків 16 – 17 років показник ФРРП підвищився на 26% для образних та 21% для вербальних сигналів. Виділяються періоди прискореного (10 – 11 років та 13 – 14 років.) та уповільненого (7 – 8 та 10 – 11 років та 13 – 14 та 16 – 17 років.) розвитку ФРРП.

Ці результати вказують на неперервність та гетерохронність розвитку ФРРП. З 10 – 11 років до 13 – 14 років проходить період статевого дозрівання, відбуваються зміни в ендокринній системі організму, на нашу думку, в цей період і відбувається прискорений розвиток функціонального резерву розумової працездатності.

Висновки

Визначення індивідуального рівня функціонального резерву розумової працездатності людини запропонованим способом забезпечує точність та достовірність показників прихованих можливостей людини по переробці інформації, які можуть бути реалізовані в умовах екстремальної розумової діяльності.

Доведено, що кількість помилок знаходилась в залежності від швидкості пред'явлення подразників, модальності сигналу та віку обстежуваних.

Встановлено більш високий рівень функціонального резерву розумової працездатності під час переробки образних подразників ніж вербальних сигналів.

Функціональний резерв розумової працездатності знаходиться в залежності від віку обстежуваних та модальності сигналів.

Доведено, що з віком функціональний резерв розумової працездатності поступово у дітей, підлітків та юнаків зростає.

Література

1. Иванецкий А. М., Портнова Г. В., Мартынова О. В.. Картирование мозга при вербальном и пространственном мышлении: журнал высшей нервной деятельности человека. 2013. Т. 63. № 6. С. 677 – 686
2. Fischler I., Bradley M. Event-related potential studies of language and emotion: Words, phrases, and task effects, progress in Brain Research. Science. 2005. Vol.156. P. 185–203.

3. Макачук М. Ю., Куценко Т. В., Кравченко В. І., Данилов С. А.. Психофізіологія: [навч. пос.] /– К: ООО «Інтерсервіс», 2011. – 329 с.
4. E. Basar, C. Basar-Eroglu, S. KaraJcas, M. Schurman. Brain oscillation in perception and memory. *International Journal of Psychophysiology*. 2000. Vol. 35. P. 95 - 124.
5. Давиденко Д. Н. Методика оценки мобилизации функциональных резервов организма по его реакции на дозированную нагрузку: научно-теоретический журнал «Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта». 2011. № 12 (70). С. 52 – 57.
6. Лизогуб В.С., Кожемяко Т.В., Юхименко Л.І., Хоменко С.М.. Електрофізіологічні характеристики P300 та функціональна організація складних слухомоторних реакцій у підлітків: вісник Черкаського університету. Серія «Біологічні науки». 2015. - №2 (335). С. 72-78.
7. Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Юхименко Л.І. [та ін.]. Зв'язок успішності психомоторної діяльності з викликаною активністю мозку людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи. *Фізіологічний журнал*. 2014. Т. 60. № 3. С. 65-66.
8. Коробейніков Г. В. Приступа Є., Коробейнікова Л., Бріскін Ю. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті: [Монографія] Львів: ЛДУФК, 2013. 312 с.
9. 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. С. 60 – 67.
10. Черненко-Курагіна Н.П. Фізіологічні характеристики розумової діяльності людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищої нервової діяльності при низькому темпі переробки інформації: вісник Черкаського університету. 2016. №1. С. 120 – 126.
11. Лизогуб В.С. Черненко Н.П., Палабійк А.А., Безкопильна С.В. Спосіб визначення розумової працездатності за умови переробки інформації з різною швидкістю пред'явлення подразників: вісник Черкаського університету. Серія «Біологічні науки». 2018. №1 (335). С. 74-84. doi. 0.31651/20765835-2018-1-1-70-79
12. Макаренко М. В. Методика проведення та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини: фізіологічний журнал. 1999. Т.45. №4. С. 123-131.
13. Топчій, М. С., Босенко, А. І., Дишель, Г. О. Факторна структура функціональних можливостей юнаків 17–21 років: вісник Черкаського університету, 2017, 2, С. 75–87.
14. Лизогуб, В. С., Черненко, Н. П., Палабійк, А. А., Безкопильна, С. В. Розумова працездатність дітей 8–9 років при пред'явленні подразників різної модальності та швидкості в режимі go/nogo/go. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*, VI(21), Issue; 179, 2018 С. 45–50. doi.org/10.31174/SEND-NT2018-179VI21-14
15. Kotsan, I. Ya., Kozachuk, N. A., Kuznetsov, I. P. EEG correlation dimension indicies, related to general and creative tasks performance productivity level. «*European Applied Sciences*»; 2014, С. 8–10.
16. Sperry, R. W. Mind-brain interaction: mentalism, yes; dualism, no/ R. W. Sperry. *Neuroscience*; 1980, 5, С. 195–206.
17. Лурия, А. Р. Основы нейропсихологии. Академия, Москва: 2004, 384 с.

References

1. Ivanitsky, A.M., Portnova, G.V., Martynova, O.V. (2013). Brain mapping in verbal and spatial thinking. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti cheloveka [Journal of Higher Nervous Activity of human]*. 63(6), 677 – 686. [in Rus].
2. Makarchuk, M.Yu., Kutsenko, T.V., Kravchenko, V.I., Danilov S.A. (2011). *Psychophysiology*. K: ООО «Interservice», 329 p. [in Ukr].
3. Davidenko, D.N (2011). Method for rate the mobilization of the body's functional reserves by its response to the dosed load. *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgaf'ta [Scientific notes of the University named after PF Lesgaf'ta]* 12 (70), 52 - 57.
4. Lizohub, V.S., Kozhemyako, T.V., Yuhimenko, L.I., Khomenko, S.M. (2015). Electrophysiological characteristics of P300 and functional organization of complex motor reactions in adolescents. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. [Cherkasy university bulletin: biological sciences series]*. 2(335), 72-78. [in Ukr].
5. Makarenko, M.V., Lizohub, V.S., Yuhimenko, L.I. [etc.]. (2014). Communication of the success of psychomotor activity with brain-induced activity of people with different individual-typological properties of the higher parts of the central nervous system. *Fiziologichnyi zhurnal [Physiological journal]*. 60(3), 65-66. (in Ukr).
6. Korobeinikov, H., Prystupa, Ye., Korobeinikova, L., Briskin, Yu. (2013). Assessment of psychophysiological states in sport. Lviv: LDUFK, P. 312. (in Ukr).
7. 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)
8. Chernenko-Kurahina, N.P. (2016). Physiological characteristics of mental activity of people with different individual typological properties of higher nervous activity at a low speed. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. [Cherkasy university bulletin: biological sciences series]*. 1, 120 – 126 [in Ukr].

9. Lyzohub, V.S., Chernenko, N. P., Palabijik, A. A., Bezkopylna, S. V. (2018). 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]* №1 (335), 74-84 (in Ukr) doi: 0.31651/20765835-2018-1-1-70-79
10. Makarenko, M. V. (1999). Method of estimation of individual neurodynamic characteristics of higher nervous activity in man. *Fiziologichnyi zhurnal [Physiological journal]*. 45 (4), 123-131 (in Ukr.)
11. Topchiy, M.S., Bosenko, A.I., Dichel, G.O. (2017). The factor structure of the functional abilities of boys 17-21 years old. *Visnyk Cherkaskoho universytetu.[Cherkasy university bulletin: biological sciences series]*. Cherkasy. 2, 75–87. (in Ukr).
12. Lizohub, V.S., Chernenko, N.P., Palabiyik, A.A., Bezkopulna, S.V. (2018). Mental working capacity of children 8-9 years old on the submission of irritants with different modulation and speed in the go / nogo / go. *Rezhym nauky i osvity Novyy vymir; pryrodni ta tekhnichni nauky [mode Science and Education a New Dimension; natural and Technical Sciences]*, VI(21), Issue; 179, 45–50. (in Ukr) doi.org/10.31174/SEND-NT2018-179VI21-14
13. Kotsan, I. Ya., Kozachuk, N. A., Kuznetsov, I. P. (2014). EEG correlation dimension indices, related to general and creative tasks performance productivity level. *Yevropeys'ki prykladni nauky [European Applied Sciences]* 8–10. (in Rus).
14. Luria, A. R. (2004). *Osnovy neyropsihologii [Basics of Neuropsychology]*. Prosveshcheniye, Moscow, 384 p. (in Rus).

Summary. *Bezkopylna S. V. Age features of the formation of reserve capabilities of mental activity for children, adolescents and young people.*

Introduction. *Functional reserves of mental performance characterize the hidden ability of a person to process information that can be implemented in extreme activities.*

In order to evaluate the functioning of the central nervous system and human mental performance, indicators of speed and quality of processing are variously used in terms of the complexity of sensorimotor reactions.

A quantitative characteristic of the functional reserves of mental performance can be the relation between the maximum possible result of mental performance and the result at the level of the state of relative rest.

Purpose. *The task was to propose a method and to investigate the level of functional reserve of mental performance of children, adolescents and young people by using the "reverse regime" of the presentation of stimuli.*

Methods. *In the pilot study, 116 subjects of school age took part. The research was conducted using the computer device "Diagnostic1M" in the "imposed mode".*

Result. *It was proved that the number of errors was based on the speed of presentation of stimuli, the signal modality and the age of the subjects.*

It is established that during processing of figurative stimuli the level of functional reserve of mental efficiency is higher than in the processing of verbal signals. The functional reserve of mental performance is dependent on the age of the subjects and the modalities of the signals.

Originality. *Can be used for psychophysiological diagnostics, determination of professional orientation, professional and sports selection.*

Conclusion. *Determination of the individual level of the functional reserve of mental performance of a person, this method, provides the accuracy and reliability of the indicators of the hidden possibilities of a person on the processing of information that can be implemented in extreme mental activity.*

Key words: *mental performance, processing of information, functional reserve, reverses, irritants of differen modalities.*

Одержано редакцією 27.02.2019

Прийнято до публікації 19.06.2019

УДК 612.015+612.398.145.2

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-13-23

Завгородня В. А., Коваленко С. О., Мінаєв Б. П.
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

ВЗАЄМОДІЯ МОДЕЛІ МІОГЛОБІНУ З ЛІГАНДАМИ ГАЗООБМІНУ

Газообмін для живих організмів – дуже важливий біохімічний процес. При дослідженні різних показників серцево-судинної та дихальної систем постало питання конкуренції різних газів за зв'язування з Fe^{2+} гема гемоглобіну.

До цього часу ніхто не розглядав можливість зв'язування CO_2 із залізом гемоглобіну. Вперше нами прийнята спроба розглянути цей зв'язок. Розрахунки проводилися методом ZINDO/1 та PM3 в програмі HyperChem.

Обговорено питання газообміну за участі гемоглобіну. Розраховані потенціальні криві зв'язування заліза гема з газами CO , CO_2 і O_2 . Вперше показана можливість утворення комплексу для моделі гема з карбон(IV) оксидом. Відмічена роль верхніх зайнятих МО залізопорфірину і ліганду в формуванні координаційних зв'язків і переносу заряду в комплексі гема з CO_2 . Розглянута роль поляризації зарядів в моделі гема при порівнянні CO_2 з іншими газами.

Наші квантово-хімічні розрахунки показали, що CO_2 може координуватися до йона заліза в гемоглобіні, хоча його енергія зв'язування значно менша, ніж для комплексу CO з гемоглобіном і становить близько 34,5 ккал/моль.

Ключові слова: гемоглобін, міоглобін, карбон(IV) оксид, CO , O_2 , молекулярні орбіталі, залізопорфірин.

Постановка проблеми та аналіз останніх публікацій. Споживання атмосферного кисню живими організмами – найважливіший біохімічний процес. Кисень транспортується гемоглобіном еритроцитів від альвеол легень до м'язів і утримується у м'язах міоглобіном. Відомо, що молекула гемоглобіну складається з чотирьох субодиниць (дві α - і дві β -субодиниці), які містять, відповідно, по 141 і 146 амінокислотних залишків, специфічно вкладених навколо плоского залізовмісного кільця гему – феропротопорфірину [1]. У центрі гему міститься йон заліза Fe^{2+} , який утворює два ковалентні і два донорно-акцепторні зв'язки з атомами азоту пірольних кілець. Але всі ці 4 зв'язки Fe-N майже рівноцінні, тому внесок резонансних структур приблизно однаковий.

Це підтверджує розрахунок молекулярних орбіталей (МО) залізопорфірину (Рис.1), проведений нами по методу ZINDO/1 [2]. Верхня зайнята молекулярна орбіталь (ВЗМО) має енергію -4.725 eV (Рис. 2) і змінює знак при відображенні в трьох площинах симетрії молекули. Як видно з рис. 1.б друга із зайнятих орбіталей (помічена червоним на Рис. 2) має величезний вклад від атома заліза, а верхня зайнята молекулярна орбіталь не має такого вкладу (Рис.1 а.)

Координаційне число атома заліза, який входить до складу гема, дорівнює 6, тому він може утворювати ще два координаційні зв'язки, які орієнтовані перпендикулярно до площини гема. Один з них зайнятий імідазольною групою гістидинового залишку, що входить до складу глобіну, інший – не заміщений, або заміщується лігандом O_2 , CO або NO .

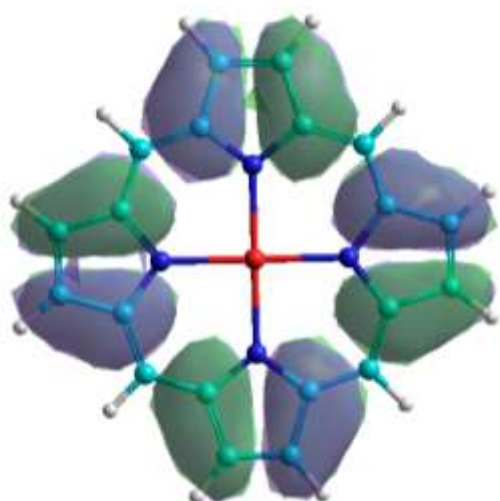


Рис. 1.а. ВЗМО залізорпорфірину.

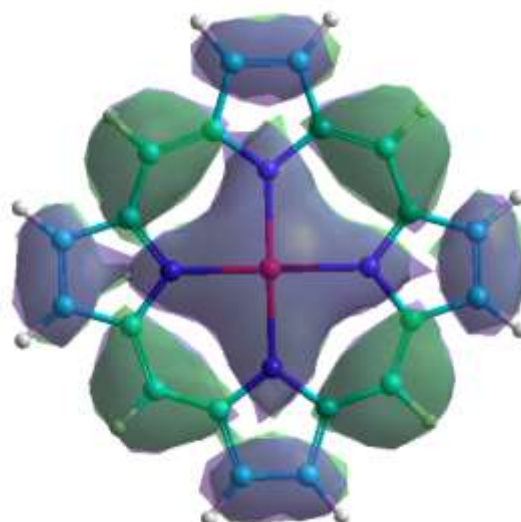


Рис. 1.б. ВЗМО-1 залізорпорфірину.

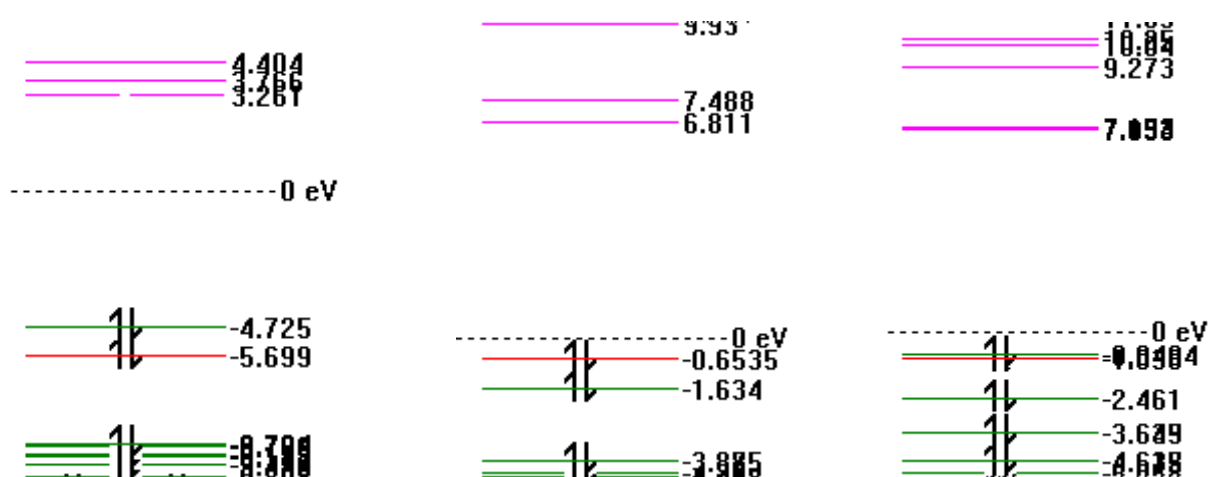


Рис. 2. Частина схеми рівнів енергії молекулярних орбіталей (МО) молекули залізорпорфірину (Fe-P) і комплексів Fe-P-Cl та Fe-P-Cl-CO₂ відповідно. Показано ряд верхніх зайнятих і нижніх вакантних МО.

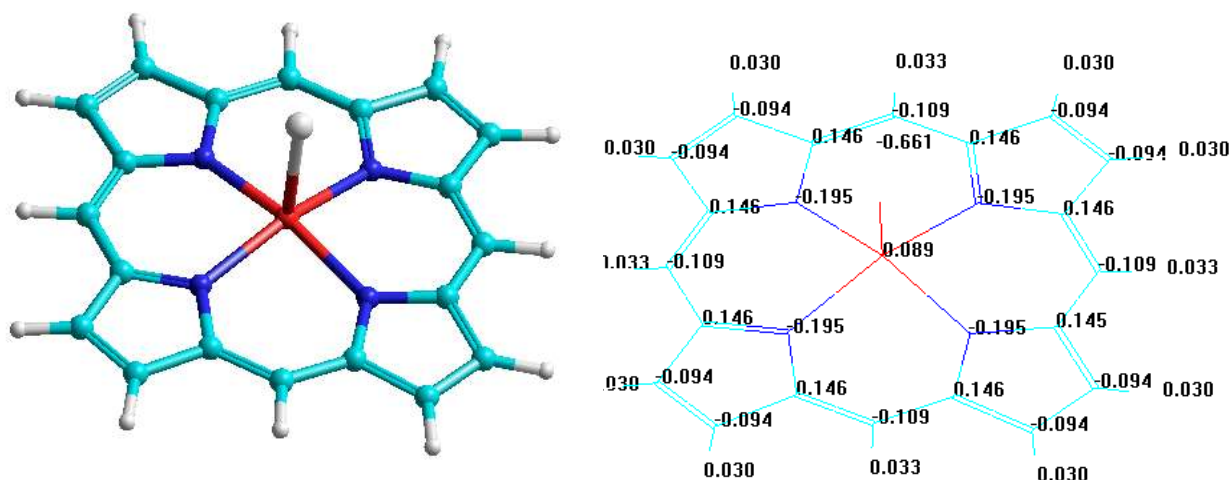


Рис. 3. Модель міоглобіну і розподіл зарядів на атомах. Замість амінокислотного залишка білка використано аніон хлору. Заряд всього комплексу дорівнює -1.

Сумарний спін моделі залізорпорфірину дорівнює нулю (синглетний основний стан), що співпадає з експериментальними дослідженнями кінетики зв'язування всіх лігандів з гемом [3]. Відомо, що залізо в гемоглобіні та міоглобіні має сумарний електронний спін, який дорівнює два ($S=2$). Але в процесі зв'язування CO і O₂ з гемом завжди виходить сумарний спін рівний нулю. Тому в розрахунках комплексів гема з дослідженими газами ми і застосовували сумарний спін синглетного стану ($S=0$). Замість імідазольної групи гістидинового залишку для моделювання гему використали спрощену модель, де ставили аніон Cl⁻, який має парне число електронів, спін рівний нулю і добре моделює діамангнітні молекули амінокислотних залишків [4].

Як видно з рис. 3 модель порфіринового кільця залишається плоскою і аніон хлору несе на собі заряд $-0.661 e$, тобто частина електронної густини з хлору переходить в кільце. Щодо заряду атома заліза, що входить до складу ферумпорфірину, Fe²⁺ – так прийнято вважати у фізіології згідно класичним уявленням. У нашій роботі, з точки зору квантової хімії, Fe має заряд 0,089 в молекулі залізорпорфірину, що визначили використовуючи емпіричні методи PM3 та ZINDO/1. Тобто за рахунок йона заліза іде сильний перерозподіл електронної густини в системі гемоглобіну; майже дві одиниці заряду переходять з органічної частини гему на атом заліза і він стає навіть нейтральним.

Вільну шосту координаційну позицію біля атома заліза в гемоглобіні зазвичай займають молекули газів, які беруть участь в газообміні крові. Залежно від типу молекули ліганду (O₂, CO, NO, H₂S) утворюються оксигемоглобін (HbO₂), карбоксигемоглобін (HbCO), нітрозогемоглобін (HbNO) та сульфгемоглобін (SHb). Зміна ліганду в молекулі гемоглобіну супроводжується зміною як магнітних властивостей, так і просторової будови молекули [5, 6].

Оксигемоглобін – це результат взаємодії гемоглобіну з молекулярним киснем, при якому перенесення електрона на кисень відбувається не від заліза, а від імідазольного кільця проксимального гістидину. Спираючись на значення сумарного заряду молекули, O₂ утворює з Fe²⁺ слабкі іон-дипольні зв'язки. У комплексах гема з киснем, орбіталі атомів ліганда дають невеликий внесок у верхню заповнену і нижню вакантну орбіталі [7]. При взаємодії O₂ з ферумпорфірином статистика спінових станів є очевидною: виділяють три абсолютно різних шкали часу для рекомбінації. Приблизно третина фотолізованого O₂ зв'язується за пікосекундною шкалою (3 пс), ще одна третина об'єднується в наносекунду і частина – це відносно повільний бімолекулярний процес. Бімолекулярна фаза має на увазі статистичний розподіл лігандів O₂, які виходять в розчинник. Вважають, що взаємодія гему як з O₂, так і з NO базується на дистальному підході, тобто двохатомний ліганд коливається в потенціальній ямі біля атома заліза з певною частотою. Обидва ці ліганди мають зв'язаний проміжний стан, на відміну від CO [3]. Ці проміжні стани можуть мати різні сумарні спіни ($S=1$, $S=2$, $S=3$ для O₂; $S=1/2$, $S=3/2$ для NO). Переходи з основного в проміжні стани, викликані спін-орбітальною взаємодією в йоні заліза, обумовлюють складну кінетику рекомбінації O₂ і NO лігандів з гемом [3, 4].

Взаємодія молекулярного кисню з вільним гемом призводить до необоротного окислення атома заліза (у фізіологічних умовах), при якому Fe²⁺ переходить в Fe³⁺, тобто утворюється метгемоглобін. Перехід з одного стану в інший вимагає певного часу, протягом якого система проходить через кілька нерівноважних станів, які помітно відрізняються за своїми фізичними і хімічними властивостями від рівноважних [8]. Однак розподіл заряду в комплексах гемоглобіну з O₂, CO, NO, CO₂ та іншими молекулярними газами ми обговоримо пізніше при аналізі результатів наших квантово-хімічних розрахунків.

У молекулі дезоксигемоглобіну залізо не знаходиться в площині порфіринового кільця, що підтверджується нашими квантово-хімічними розрахунками. З шести

3d-електронів окремого йона заліза Fe^{2+} два електрони спарені на одній з нижчих d-орбіталей, їх спінові моменти $S=2$. Схожа ситуація спостерігається в залізопорфірині. Магнітний момент гему в цьому стані дорівнює $\sim 5,5$ Борівського магнетона (БМ), а спектр поглинання в зеленій області має характерну смужку з довжиною хвилі в максимумі поглинання ~ 556 нм. Приєднання кисню веде до значних змін. Атом заліза в оксигемоглобіні лежить практично в площині порфіринового кільця. Всі шість d-електронів спарені на трьох нижчих рівнях d-орбіталей, $S=0$, тому оксигемоглобін діамангнітний [9].

Структурні зміни в активному центрі призводять до значних змін просторової структури всього білка. Перехід від T до R форми супроводжується поворотом однієї субодиниці щодо іншої на $12-15^\circ$, що призводить до збільшення «кишень», в яких знаходяться геми. Ці структурні зміни ініціюються приєднанням першої молекули O_2 до одного з вільних гемів і поширюються на всю глобулу. Саме тому в рівноважній суміші завжди присутні тільки T і R форми [5, 10, 11]. Доведено [12], існування каналів міграції двоатомних лігандів через ксенонові сайти в ізольованих α і β ланцюгах гемоглобіну. α ланцюг, на відміну від β ланцюга, має більш ніж один канал виходу з білка і, відповідно, більш складну структуру взаємопов'язаних порожнин.

У первинному доцінговому місці CO може перебувати в двох протилежних орієнтаціях, що характеризуються дублетом інфрачервоних смуг (V1- та V2-смуги). V1-смуга визначає орієнтацію монооксиду вуглецю, в якій вуглець спрямований в напрямку заліза гема [13]. Контроль зв'язування CO і O_2 в міоглобіні регулюється дистальним залишком гістидину через стеричні та H-зв'язуючі взаємодії [14].

НЬСО не здатен приєднувати кисень і брати участь в його транспортуванні, оскільки відповідна валентність Феруму є зайнята. Швидкість утворення карбоксигемоглобіну прямо пропорційна концентрації монооксиду вуглецю в повітрі. Спорідненість гемоглобіну до CO в 200-300 разів більша, ніж до O_2 , хоча приєднання чадного газу до Hb відбувається в 10 разів повільніше. Також CO зв'язується з атомом заліза повільніше ніж NO, це однофазний процес, кінетика рекомбінації – моноекспоненційна [3]. При зв'язуванні монооксиду вуглецю з одним із чотирьох атомів заліза гемоглобіну збільшується спорідненість до кисню інших трьох Fe^{2+} , в результаті чого кисень важче віддається тканинам [15].

Швидкість дисоціації $COHb$ залежить виключно від парціального тиску кисню у вдихуваному повітрі (ефект «витіснення»). Період напіврозпаду ($T_{1/2}$) карбоксигемоглобіну при нормальному диханні складає близько 5,3 години, при вдиханні 100% кисню під тиском 1 атм. – до 1,3 години, при 3 атм. – до 0,4 години, а при додатковому введенні CO_2 – до 12 хвилин за рахунок додаткової стимуляції дихального центру [16]. Зміцнення зв'язування CO з йоном Fe^{2+} пов'язане з вищою нуклеофільною здатністю атома вуглецю порівняно з атомом кисню.

Найважливіша роль транспорту CO_2 також належить дихальним пігментам, зокрема гемоглобіну. Відомо, що карбон(IV) оксид, який утворюється у тканинах, присутній у крові в таких формах: гідрату — H_2CO_3 (10%), бікарбонату — $NaHCO_3$ та $KHCO_3$ (70%), карбгемоглобіну — $HbCO_2$ (20%). В загальному балансі транспорту CO_2 пряма роль гемоглобіну, як переносника, відносно невелика. На відміну від кисню, що зв'язується залізом простетичної групи, CO_2 зв'язується білковою частиною молекули гемоглобіну – її вільними амінними групами, у вигляді карбамінових сполук:



Приєднання й відщеплення CO_2 відбувається надзвичайно швидко, без участі якого-небудь ферменту й проміжного утворення H_2CO_3 . Крім гемоглобіну, інші білки плазми крові, як буферні речовини, також беруть участь у транспорті вуглекислоти, однак роль гемоглобіну важлива насамперед тому, що його кількість у крові переважає.

Хоча гемоглобін бере участь у транспорті вуглекислоти не тільки прямим, але й непрямим шляхом. Частина CO_2 , реагуючи з водою, утворює нестійку, слабо дисоційовану вугільну кислоту: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ [17]. Ця реакція в крові протікає повільно. В еритроцитах її швидкість збільшується приблизно в 10 тисяч разів ферментом карбоангідразою. Це внутрішньоклітинний фермент. Тому реакція гідратації з високою швидкістю здійснюється в еритроцитах після того, як CO_2 дифундує туди з плазми крові [18].

Карбон (IV) оксид вступає у взаємодію із солями слабших за себе кислот, а саме, з натрієвими солями білків плазми та із калієвими солями гемоглобіну в еритроцитах. Як сильніша кислота він приєднує до себе лужні іони, а іон білка утворює із іоном водню малодисоціюючу кислоту: $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaNb} = \text{NaHCO}_3 + \text{HNb}$. Оскільки в капілярах оксигемоглобін, віддаючи кисень, перетворюється в гемоглобін, що є більш слабкою кислотою в порівнянні з оксигемоглобіном, і парціальний тиск CO_2 тут великий, концентрація HCO_3^- зростає і реакція йде зліва направо, тобто у бік зв'язування вуглекислоти. У легенях же, де гемоглобін, приєднуючи кисень, перетворюється в оксигемоглобін, тобто в кислоту приблизно у 70 разів сильнішу, ніж гемоглобін, відбувається зв'язування частини тих лужних металів, які перед тим були зв'язані з вуглекислотою. CO_2 , який таким шляхом витісняється, підвищує парціальний тиск розчиненої в крові вуглекислоти, що призводить до виділення її із крові в органи дихання. Саме цим пояснюється й більш низьке положення кривої дисоціації вуглекислоти в артеріальній крові в порівнянні з венозною. Таким чином, гемоглобін відіграє важливу роль у транспорті CO_2 , як одна з найважливіших буферних речовин, які зв'язують значні кількості карбон(IV) оксиду, утвореної в результаті окисних процесів, та охороняють рідини від закислення.

Відомо, що концентрація іонів хлору в плазмі приблизно вдвічі більша, ніж в еритроцитах, незважаючи на те, що іони хлору легко проникають через клітинну оболонку. Крім того, при проходженні крові через легеневі капіляри та видаленні при цьому із крові вуглекислоти частина іонів хлору переміщається з еритроцитів у плазму, тобто з місць із меншою концентрацією в місця з більшою концентрацією, всупереч звичайним законам дифузії. Це переміщення іонів хлору має безпосереднє відношення до транспорту CO_2 . Оскільки концентрація буферних солей вища в еритроцитах, ніж у плазмі, то при проходженні крові через капіляри вуглекислота проникає в еритроцити й реагує із солями гемоглобіну, утворюючи бікарбонати K та Na у більшій кількості, ніж у плазмі [19]. Внаслідок цього підвищення концентрації HCO_3^- в еритроцитах у порівнянні із плазмою, тобто порушення іонної рівноваги, частина HCO_3^- переходить із еритроцитів у плазму. Але однобічна дифузія аніонів бікарбонату порушила б умови електричної нейтральності, оскільки позитивно заряджені іони K і Na не здатні дифундувати з еритроцитів у плазму. У результаті такого обміну HCO_3^- і Cl^- , значна частина іонів бікарбонату, що утворилися усередині еритроцитів, дифундує в плазму, тобто тим самим підвищується роль плазми в транспорті вуглекислоти [18].

Останнім часом у теоретичній молекулярній біології все більшого значення набувають квантово-хімічні методи, оскільки саме електронні аспекти процесів, що протікають в біологічних системах, привертають увагу дослідників. Але, на жаль, розрахунки електронної структури комплексів гема з лігандами зустрічаються в літературі нечасто і автори, в більшості випадків, не роблять спроб пов'язати отримані результати з біологічними властивостями досліджуваних об'єктів. Вище був наведений аналіз кінетики рекомбінації O_2 , CO і NO проведений на основі квантово-хімічних розрахунків Франценом [3].

Мета. До цього часу ніхто не розглядав можливість зв'язування CO_2 із залізом гемоглобіну. Вперше нами прийнята спроба розглянути цей зв'язок.

Матеріали та методи

Розрахунки проводилися методом ZINDO/1 та PM3 в програмі HyperChem [20].

Результати та обговорення

Оптимізація геометрії комплексу дала структуру, яка показана на Рис. 4: ВЗМО молекули CO₂ має чітко виражену структуру (не залежно від методу розрахунку), яка визначається виключно молекулярною симетрією. В точковій групі D_{∞h} молекулярна орбіталь π_g є парною відносно інверсії в центрі молекули і змінює знак при відображенні у будь яких площинах, що проходять через ядро. Тому дана орбіталь двічі вироджена і не може мати вклад від центрального атома карбону (Рис. 5). Таким чином центральний атом CO₂ молекули не дає ніякого вкладу у ВЗМО. Самі ВЗМО приймають найбільшу участь в координаційній взаємодії з йонами Fe²⁺ гемоглобіну. Тому, що з ВЗМО електрони можуть лише переходити з молекули CO₂ на іон заліза, утворюючи координаційні зв'язки донорно-акцепторного типу.

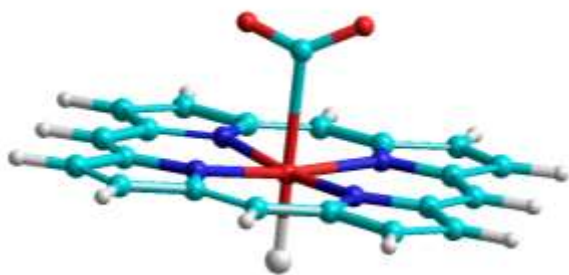


Рис. 4. Модель комплексу міоглобіну з CO₂.

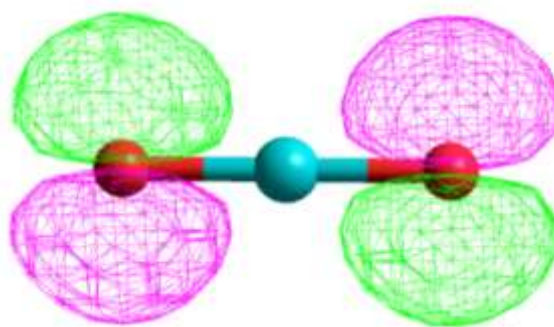


Рис. 5. Одна із двічі вироджених ВЗМО карбон (IV) оксиду π_g.

Оскільки йон Fe²⁺ в гемі практично компенсує свій позитивний заряд за рахунок притоку електронів з порфіринового кільця, а центральний атом CO₂ молекули являється сильним електрофілом (через позитивний заряд +0,52), то ми припускаємо координування Fe з карбон(IV) оксидом за рахунок атома Карбону. Це підтверджує вигляд ВЗМО π_g типу молекули CO₂ (Рис. 5). В силу своєї симетрії, орбіталь π_g не може мати ніякого вкладу від центрального атома Карбону. А оскільки на ній «знаходяться» 4 електрони, то це приводить до сильної нестачі електронної густини на центральному атомі. ВЗМО π_g бере участь в переносі електронів на Fe²⁺ і тому бере участь у формуванні координаційного зв'язку Fe-CO₂. Отже можна також припустити, що координація буде проходити по крайньому атомі Оксигену, а не по атомі Карбону.

Нами проведені також розрахунки молекули залізорпорфірину методом PM3 з повною оптимізацією геометрії. Розраховані також всі частоти ІК коливань, які виявилися реальними (позитивними), що свідчить про справжній мінімум на гіперповерхні потенційної енергії. Порфіриновий каркас дуже чутливий до самого йона Fe. Якщо цинкум порфірин або дианіон порфіринового кільця отримуємо плоскими в методі PM3, то при введенні йона Fe порфіринове кільце згинається у вигляді сідла, що являється артефактом метода PM3 (це один з рідкісних випадків, коли метод PM3 неправильно описує координаційний зв'язок з органічним лігандом, але енергія взаємодії Fe з CO, NO, O₂ та іншими молекулами в методі описується розумно), що добре збігається з результатами інших розрахунків, отриманих більш точним методом

DFT [3], а мінімум спостерігається в районі 2,1 А. Нами вперше припущено утворення комплексу між CO₂ і моделлю гема (Рис.4.) з досить міцним координаційним зв'язком. Але не таким міцним, як у випадку з CO. Глибина мінімуму для CO₂ є

меншою, ніж для CO і становить близько 34,5 ккал/моль, що однак є досить значною і може свідчити про можливість утворення комплексу гема з CO₂. Мінімум спостерігається на відстані 2,3 А.

Для визначення повної енергії ферумпорфірину з різними лігандами (O₂, CO₂, NO та CO) застосовували метод ZINDO/1. Для цього змінювали довжину зв'язку Fe-C (Fe-O) від 1 А до 3,5 А (Рис. 6).

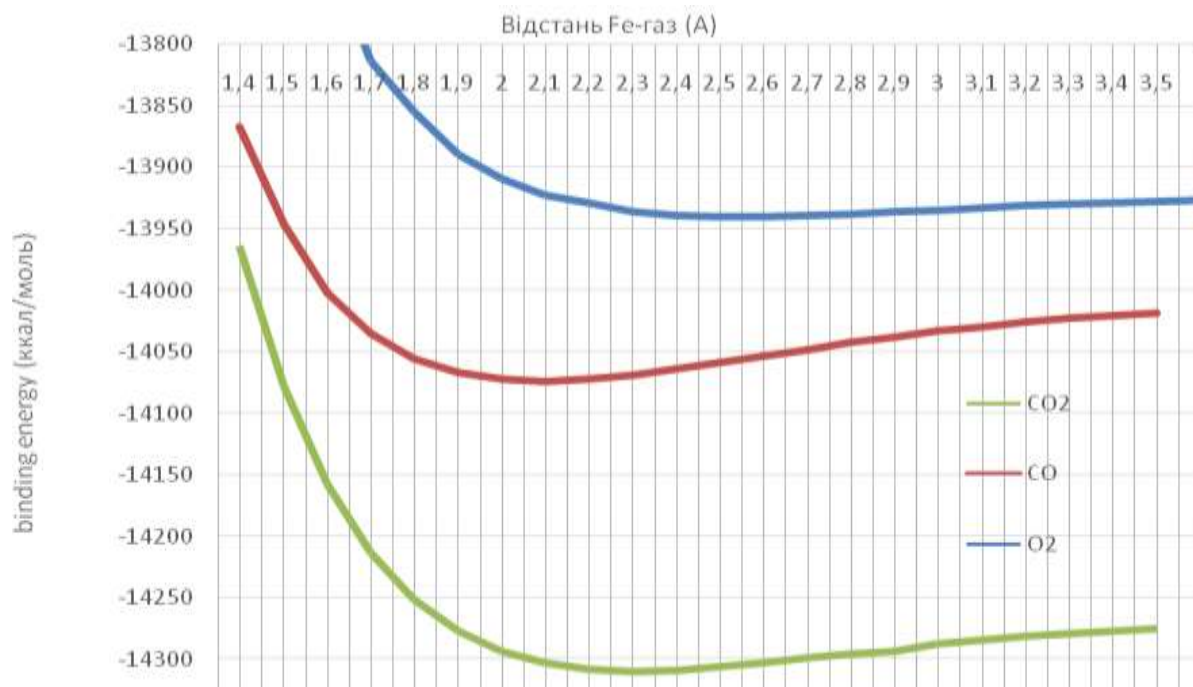
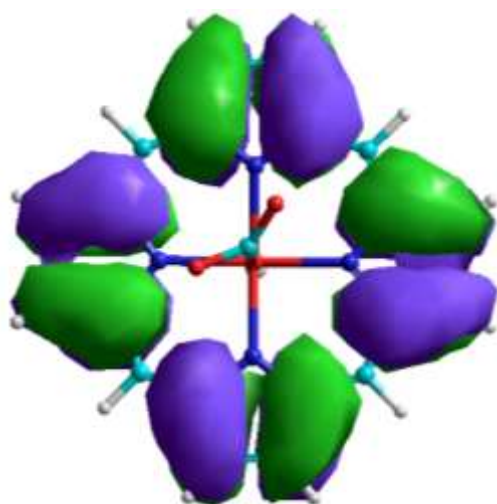
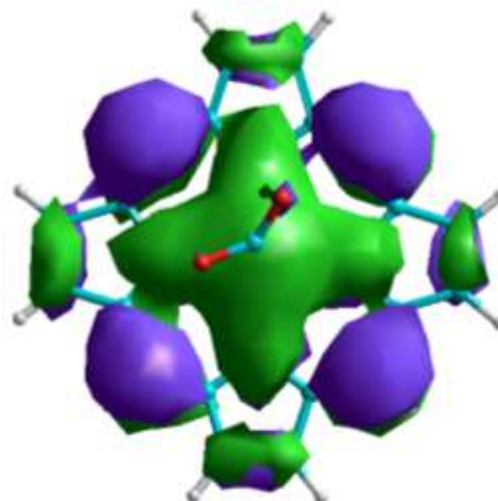


Рис. 6. Залежність повної енергії (ккал/моль) від відстані (А) між атомом заліза в моделі міоглобіну та лігандом (CO₂, CO, O₂).

На Рис.6. при малих відстанях між Fe та CO, O₂ і CO₂ (від 1 до 1,5 А) енергія зростає, що говорить про сильне відштовхування на короткій відстані. Із рисунків видно також, що на потенційній кривій спостерігається перший мінімум в районі 2,5 А для комплексу ферумпорфірину та O₂, що цілком розумно співпадає з іншими теоритичними та експериментальними даними і відповідає стійкому комплексу. Глибина мінімуму дорівнює 12,94 ккал/моль, що також відповідає розумним межах [3, 4]. При подальшому збільшенні відстані між лігандом і моделлю гема спостерігається спочатку ріст енергії, а потім вихід на дисоціативну межу. Це пов'язане з тим, що віддалення молекули, наприклад CO або O₂ від Fe гема, уже не впливає на зв'язування цих частин. Глибина мінімуму для CO значно більша ніж для кисню (55,24 ккал/моль),

Таким чином наші квантово-хімічні розрахунки показали, що CO₂ може координуватися до йона заліза в гемоглобіні, хоча його енергія зв'язування значно менша, ніж для комплексу CO з гемоглобіном.

Варто зазначити, що ВЗМО та ВЗМО-1 комплексу гема із карбон(IV) оксидом (Рис. 7.а. та 7.б.) майже не відрізняються від таких у залізорпорфірині (рис.1.а. та 1.б.). Структура орбіталей майже не змінилася, хоча спостерігається незначне зменшення електронної густини на ВЗМО-1 для пірольних кілець. З'являються невеликі електронні хмари на обох атомах Оксигену молекули CO₂. Позитивний заряд на атомі заліза в комплексі гема з CO₂ є найбільшим в порівнянні з іншими лігандами (Табл. 1), при цьому заряд на хлорі стає найменшим. Тобто при зв'язуванні гема з CO₂ змінюється зв'язок з білковим залишком. Відбувається також додаткова поляризація в порфіриновому кільці.

ВЗМО комплексу моделі міоглобіну з CO₂.Рис.
7.а.Рис. 7.б. ВЗМО-1 комплексу моделі міоглобіну з CO₂

Таблиця 1

Заряди певних атомів у заліпорфірині, моделі міоглобіну та його взаємодії з лігандами

КОМПЛЕКС йон	Fe-P	Fe-Cl-P	Fe-Cl-P-O ₂	Fe-Cl-P-CO	Fe-Cl-P-CO ₂
Fe	-0.01	0.089	0.131	0.139	0.172
Cl	-	-0.661	-0.525	-0.505	-0.457
O	-	-	0.015 -0.01	-0.052	-0.270 -0.275
C	-	-	-	0.071	0.549
N1	-0.22	-0.195	-0.197	-0.211	-0.208
N2	-0.19	-0.195	-0.204	-0.213	-0.154
N3	-0.22	-0.195	-0.201	-0.203	-0.216
N4	-0.19	-0.195	-0.196	-0.204	-0.15

З таблиці 1 видно, що ліганди O₂, CO та CO₂ в комплексі мають майже нульовий заряд (0,005; 0,019 та 0,004 відповідно). Вони впливають на модель міоглобіну таким чином, що заряд на йоні Cl зменшується, а на Fe – збільшується.

Важливо відмітити, що перший збуджений стан в комплексі CO₂ з гемом є триплетним, який має високу енергію, як і в молекулі CO. Тому можна припустити, що кінетика зв'язування і дисоціації CO₂ з гемом буде моноекспоненціальною, як і для чадного газу.

Висновки

Обговорено питання газообміну за участі гемоглобіну. Розраховані потенціальні криві зв'язування заліза гема з газами CO, CO₂ і O₂. Вперше показана можливість

утворення комплексу для моделі гема з карбон(IV) оксидом. Відмічена роль верхніх зайнятих МО залізорпорфірину і ліганду в формуванні координаційних зв'язків і переносу заряду в комплексі гема з CO₂. Розглянута роль поляризації зарядів в моделі гема при порівнянні CO₂ з іншими газами.

Література

1. Зинчук В.В., Степура Т.Л. NO-зависимые механизмы внутриэритроцитарной регуляции сродства гемоглобина к кислороду: монография. ГрГМУ: Гродно, 2016. 176 с.
2. Anderson W.P., Edwards W.D., Zerner M.C. Calculated spectra of hydrated ions of the first transition-metal series. *Inorganic chemistry*. 1986. №25. P. 2728-2732. doi: [10.1021/ic00236a015](https://doi.org/10.1021/ic00236a015)
3. Franzen S. Spin-dependent mechanism for diatomic ligand binding to heme. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2002. № 26. P.16754–16759. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.252590999
4. Мінаєв Б.П., Мінаєва В.О., Обушко О.М., Говорун Д.М. Дослідження моделей зв'язування кисню гемом за допомогою функціонала густини. *Біополімери і клітина*. 2009. №4. С. 298-330. <http://dx.doi.org/10.7124/bc.0007E9>
5. Дудок К., Білий Р., Федорович А. Дослідження лігандних форм гемоглобіну методом електронної оптичної спектроскопії. *Вісник Львівського університету*. 2002. №29. С. 32-38.
6. Пількевич Н.Б., Раздайбедін В.М., Боярчук О.Д. Гемоглобін: структура, біохімія та патологія: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Луганськ: Альма-матер, 2007. 90с.
7. Романова Т. А., Краснов П. О., Аврамов П. В. Электронная структура комплексов гема гемоглобина с лигандами и динамика их атомного остова при физиологической температуре. *Исследовано в России*. 2001. №70. С.781-791.
8. Takashi Yonetani, SungIck Park, Antonio Tsuneshige, Kiyohiro Imai, Kenji Kanaori. Global Allosteric Model of Hemoglobin. Modulation of O₂ affinity, cooperativity, and bohr effect by heterotropic allosteric effectors. *The American Society for Biochemistry and Molecular Biology*. 2002. P. 1-52. doi: 10.1074/jbc.M203135200
9. Минаєв Б.Ф. Спин-катализ в процессах фото- и биоактивации молекулярного кислорода. *Український біохімічний журнал*. 2009. №3. С.21-45.
10. Лепешкевич С.В., Позняк А.Л., Джагаров Б.М. Влияние ионов цинка на геминальные и бимолекулярные стадии реакции оксигенации миоглобина лошади. *Журнал прикладной спектроскопии*. 2005. №5. С. 670-677.
11. Сергунова В.А., Манченко Е.А., Гудкова О.Е. Гемоглобин: модификации, кристаллизация, полимеризация (обзор). *Общая реаниматология*. 2016. №12(6). С.49-63. Doi: 10.15360/1813-9779-2016-6-49-63
12. Лепешкевич С.В., Гилевич С.Н., Пархоц М.В., Джагаров Б.М. Миграция молекулярного кислорода и оксида углерода через ксеноновые сайты в изолированных цепях гемоглобина человека. *elib.bsu.by*. 2016. С.120-122.
13. Nienhaus K., John S. Olson, Stefan Franzen, G. Ulrich Nienhaus. The Origin of Stark Splitting in the Initial Photoproduct State of MbCO. *Journal of the American chemical society*, 2005. №127 (1). P. 40-41 DOI: 10.1021/ja0466917
14. De Angelis F., Andrzej A. Jarzęcki, Roberto Car, Thomas G. Spiro. Quantum chemical evaluation of protein control over heme ligation: CO/O₂ discrimination in myoglobin. *Journal Physical Chemistry B*. 2005. №109 (7). P. 3065–3070. DOI: 10.1021/jp0451851
15. Толкач П.Г., Башарин В.А., Гребенюк А.Н. Механизмы нейротоксического действия оксида углерода (обзор литературы). *Биомедицинский журнал*. 2014. №.15. С.142-154.
16. Фаткуллин К.В., Гильманов А.Ж, Костюков Д.В. Клиническое значение и современные методологические аспекты определения уровня карбоксии метгемоглобина в крови. *Практическая медицина*. 2014. №3(79). С.17-21.
17. Дроговоз С. М., Штрыголь С. Ю., Кононенко А. В., Зупанец М. В., Левинская Е. В. Физиологические свойства CO₂ – обоснование уникальности карбокситерапии. *Медицина та клінічна хімія*. 2016. №1. С. 112-116. DOI 10.11603/mcch.2410-681X.2016.v0.i1.6203
18. Дроговоз С. М., Штрыголь С. Ю., Кононенко А. В., Зупанец М. В., Штрыбля А. Л. Механизм действия карбокситерапии. *Фармакологія та лікарська токсикологія*. 2016. № 6 (51). С.12-20. DOI: <https://doi.org/10.24959/ubphj.18.192>
19. Артюхов В.Г., Путинцева О.В., Калаева Е.А., Савостин В.С. Гемоглобин человека в условиях воздействия различных физико-химических агентов (монография). *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. № 10. С.113-115.
20. http://test.kirensky.ru/books/book/Program%20HyperChem/chapter_01.htm

References

- Zinchuk V.V., Stepura T.L. (2016). NO-dependent mechanisms of intra-peritocitric regulation of the affinity of hemoglobin to oxygen: a monograph. GrGMU: Grodno. 176 (in Rus).
- Anderson W.P., Edwards W.D., Zerner M.C. (1986). Calculated spectra of hydrated ions of the first transition-metal series. *Inorganic chemistry*, 25, 2728-2732. DOI: [10.1021 / ic00236a015](https://doi.org/10.1021/ic00236a015)
- Franzen S. (2002). Spin-dependent mechanism for diatomic ligand binding to heme. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 26, 16754-16759. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.252590999
- Minaev B.P., Minaeva V.O., Obushko O.M., Govorun D.M. (2009). Investigation of models of oxygen binding by hemum using density functional. *Biopolimery i klityna [Biopolymers and cell]*, 4, 298-330 (in Ukr). <http://dx.doi.org/10.7124/bc.0007E9>
- Dudok K., Bilyi R., Fedorovich A. (2002). Research of ligand forms of hemoglobin by the method of electronic optical spectroscopy. *Visnyk Lvivskoho universytetu [News of Lviv University]*, 29, 32-38 (in Ukr).
- Pilkevich N. B., Razaybedin V.M., Boyarchuk O.D. (2007). Hemoglobin: structure, biochemistry and pathology: a manual for students in higher education. Lugansk: Alma mater, 90 (in Ukr).
- Romanova T. A., Krasnov P. O., Avramov P.V. (2001). The electronic structure of hemoglobin complexes with ligands and dynamics of their atomic core at physiological temperature. *Yssledovano v Rossyy [Investigated in Russia]*, 70, 781-791 (in Rus).
- Takashi Yonetani, SungIck Park, Antonio Tsuneshige, Kiyohiro Imai, Kenji Kanaori. (2002). Global Allosteric Model of Hemoglobin. Modulation of O₂ affinity, cooperativity, and bohr effect by heterotropic allosteric effectors. *The American Society for Biochemistry and Molecular Biology*. 2002. 1-52. doi: 10.1074/jbc.M203135200
- Minaev B.F. (2009). Spin-catalysis in photocatalysis and bioactivation processes of molecular oxygen. *Ukrainskyi biokhimichnyi zhurnal [Ukrainian biochemical journal]*, 3, 21-45 (in Rus).
- Lepeshkevich S.V., Poznyak A.L., Dzharagov B.M. (2005). Influence of zinc ions on the geminal and bimolecular stages of the oxygenation reaction of myoglobin horse. *Zhurnal prykladnoi spektroskopii [Journal of Applied Spectroscopy]*, 5, 670-677 (in Rus).
- Sergunova V.A., Manchenko E.A., Gudkova O.E. (2016). Hemoglobin: modifications, crystallization, polymerization (review). *Obshchaia reanimatohyia [General reanimatology]*, 12 (6), 49-63 (in Rus). doi: 10.15360/1813-9779-2016-6-49-63
- Lepeshkevich C.V., Gilevich S.N., Parhots M.V., Dzharagov B.M. (2016). Migration of molecular oxygen and carbon monoxide through xenon sites in isolated human hemoglobin chains. *Elektronna biblioteka derzhavnoho biloruskoho universytetu [Electronic Library of the State Belarusian University]*, 120-122 (in Rus).
- Nienhaus K., John S. Olson, Stefan Franzen, G. Ulrich Nienhaus. (2005). The Origin of Stark Splitting in the Initial Photoproduct State of MbCO. *Journal of the American chemical society*, 127 (1), 40-41 doi: 10.1021/ja0466917
- De Angelis F., Andrzej A. Jarzęcki, Roberto Car, Thomas G. Spiro. (2005) Quantum chemical evaluation of protein control over heme ligation: CO/O₂ discrimination in myoglobin. *Journal Physical Chemistry B*, 109 (7), 3065-3070. doi: 10.1021/jp0451851
- Tolkach P.G., Basharin V.A., Grebenyuk A.N. (2014). Mechanisms of neurotoxic action of carbon monoxide (review of literature). *Byomedysynskyi zhurnal [Biomedical Journal]*, 15, 142-154 (in Rus).
- Fatkulin K.V., Gilmanov A.Zh., Kostyukov D.V. (2014). Clinical significance and modern methodological aspects of determining the level of carboxy of methemoglobin in the blood. *Praktycheskaia medytsyna [Practical medicine]*, 3 (79), 17-21 (in Rus).
- Drogovoz S.M., Strigol S. Yu., Kononenko A.V., Zupanets M.V., Levinskaya Ye.V. (2016). Physiological properties of CO₂ - a rationale for the uniqueness of carboxytherapy. *Medychna ta klinichna khimiia [Medical and Clinical Chemistry]*, 1, 112-116 (in Rus). doi :10.11603 / mcch.2410-681X.2016.v0.i1.6203
- Drogovoz S. M., Strigol S. Yu., Kononenko A.V., Zupanets M.V., Shtroblya A.L. (2016). Mechanism of action of carboxytherapy. *Farmakolohiia ta likarska toksykolohiia [Pharmacology and drug toxicology]*, 6 (51), 12-20 (in Rus). doi: <https://doi.org/10.24959/ubphj.18.192>
- Artyukhov V.G., Putintseva O.V., Kalayeva E.A., Savostin V.C. (2015). Human hemoglobin under the influence of various physical and chemical agents (monograph). *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimentalnoho obrazovanyia [International Journal of Experimental Education]*, 10, 113-115 (in Rus).
- http://test.kirensky.ru/books/book/Program%20HyperChem/chapter_01.htm

Summary. *Zavhorodnia V.A., Kovalenko S.O., Minaiev B.P. Interaction of Myoglobin Model with Ligands of Gas Exchange*

Introduction. *Gas exchange for living organisms is a very important biochemical process. Hemoglobin blood – imioglobin plays a leading role in him, located in the muscle fibers. In the study*

of various indicators of the cardiovascular and respiratory systems, the question arose about the competition of different gases for binding to Fe^{2+} haem haemoglobin.

Purpose. Until this time, nobody considered the possibility of binding of CO_2 to iron of haemoglobin. For the first time, we have taken an attempt to consider this connection.

Methods. Calculations were made using ZINDO / 1 and PM3 methods in the HyperChem program.

Results. The issue of gas exchange with participation of haemoglobin is discussed. The potential curves of haem iron binding with CO , CO_2 and O_2 gases are calculated. The possibility of forming a complex for the haem model with carbon (IV) oxide is shown for the first time. The role of the upper occupied MO of iron-phosphorus and ligand in the formation of coordination bonds and charge transfer in the complex of haem with CO_2 is determined. The role of charge polarization in the haem model is considered comparing CO_2 with other gases.

Conclusion. Our quantum-chemical calculations show that CO_2 can be coordinated with the iron ion in haemoglobin, although its binding energy is significantly less than that for the CO complex with haemoglobin and is about 34.5 kcal / mol.

Key words: haemoglobin, myoglobin, carbon (IV) oxide, CO , O_2 , molecular orbitals, iron-porphyrin.

Одержано редакцією 17.05.2019
Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК 612.821 – 056.262/- 056.263

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-24-32

Загайкан Ю. В., Спринь О. Б.
Херсонський державний університет, м. Херсон

ВПЛИВ СЕНСОРНОЇ ДЕПРИВАЦІЇ НА ВЛАСТИВОСТІ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

У статті розглянуто вивчення впливу сенсорної депривації на сенсомоторне реагування, функціональну рухливість та динамічну м'язову витривалість руху кисті у дітей 10-12 років. Проаналізувавши дані латентних періодів різних за складністю сенсомоторних реакцій у дітей із сенсорною депривацією та контрольної групи було виявлено, що на подразники у вигляді фігур рівень виявився вищим у дітей з вадами слуху, а на звуки – в групі дітей із вадами зору. Під впливом різних факторів, які викликають ураження структур організму, запускаються компенсаторні реакції, спрямовані на компенсацію порушених функцій. Процеси, що забезпечують організму відновлення втрачених структур та порушених в умовах патології функцій, називаються «компенсаторно-приспосувальні процеси». Згідно отриманих даних нашого дослідження можемо припускати, що в групах дітей із сенсорною депривацією спостерігається процес компенсації втраченої функції певного аналізатора за рахунок іншого.

Рівень функціональної рухливості нервових процесів у дітей із слуховою сенсорною депривацією статистично майже не відрізняються від аналогічних показників у дітей контрольної групи. Проте у слабочуючих учнів показники рівня ФРНП та часу центральної обробки інформації децю коротші.

При проходженні тепінг-тесту не виявлено достовірні розбіжності показників м'язової витривалості. Хоча показники контрольної групи трошки вищі, що можна пояснити їх кращою фізичною підготовкою та відсутністю обмежень у занятті певним видом спорту, на відміну від сенсорнодепривованих дітей.

Ключові слова: сенсорна депривація, сенсомоторне реагування, латентний період, функціональна рухливість, м'язова витривалість.

Постановка проблеми. Стан здоров'я дітей та молоді в нашій країні не можна вважати задовільним. Серед багатьох негативних чинників, які впливають на здоров'я, виявляються порушення слуху та зору дітей дошкільного та шкільного віку, інфекції, травми та надмірне захоплення комп'ютерами, мобільними телефонами та гаджетами [1; 2].

У дітей сенсорна депривація викликає дискомфорт і проблеми у вивченні дійсності. Може впливати на зруження громадських контактів, а також істотно обмежувати орієнтування в навколишньому просторі [3].

У другій чверті ХХ століття активно почалися дослідження впливу сенсорної депривації на психофізіологічний стан дитини [4; 5; 6]. Проте в ході вивчення літератури було виявлено, що більшість даних з проблеми дослідження індивідуальних відмінностей сенсомоторного реагування та динамічної м'язової витривалості руху кисті у дітей із сенсорною депривацією вивчено недостатньо і не дають повного уявлення про вплив депривації на загальний функціональний стан.

Аналіз останніх публікацій. Роботи вчених (Бехтерева Н. П., 1988; Батуєв О. С., 2005) показують, що взаємозв'язок діяльності специфічних, неспецифічних та асоціативних структур мозку забезпечує формування адаптивної поведінки та обумовлює нормальний розвиток дитини. Діти з довготривалою сенсорною депривацією, яка обумовлює інформаційний дефіцит, може викликати не тільки порушення механізмів аналізуючої системи мозку, але і приводити до відхилень

у розвитку активуючої та регулюючої систем мозку і їх взаємодії (Новикова Л., 1986; Григор'єва Л. та ін., 1997;). Також обмежене надходження сенсорної інформації зумовлює формування емоційного стресу (Солнцева Л.И., 2000) та створює незвичайні умови розвитку психіки дитини.

Вчені активно почали вивчати вплив сенсорної депривації на психофізіологічний стан дітей [Ю. В. Кравченко, 2002; О. М. Гасюк, 2004; Т. І. Щербина, 2006; О. О. Тарасова, 2008; М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб, 2008; А. В. Шкуропат, 2011; І. В. Редька, 2014], але й дотепер не можливо створити цілісну картину особливостей фізичного та психічного стану сенсорнодепривованої дитини.

Метою даної роботи було вивчити властивості основних нервових процесів дітей із сенсорною депривацією.

Матеріал та методи

У дослідженні брали участь 78 осіб віком 10-12 років Херсонської школи-інтернат I-III ступенів Херсонської обласної ради, Херсонського навчально-виховного комплексу №11 та № 48 Херсонської міської ради та Херсонської спеціалізованої школи I-III ступенів №31 м. Херсона.

Учнів було поділено на 3 групи: 1-а група – контрольна (діти з нормальним зором та слухом) у кількості 26 осіб; 2-а група – учні із зоровою депривацією (25 осіб); 3-я група – учні із слуховою депривацією (27 осіб).

Під час виконання дослідження використовувалися наступні методи: аналіз та узагальнення наукової літератури з проблеми; методи дослідження властивостей основних нервових процесів (функціональної рухливості нервових процесів); вимірювання латентних періодів зорово/слухо-моторних реакцій на навантаження різного ступеня складності; методики визначення індивідуальних відмінностей за динамічною м'язовою витривалістю руху кисті; методи математичної статистики.

Враховуючи зміни коливання розумової працездатності впродовж робочого дня та тижня, всі обстеження проводились у дні високої розумової працездатності – у вівторок – четвер з 9.00 до 13.00 години. Загальний обсяг експериментального дослідження на кожного обстежуваного становив не більше 30 хвилин за одне обстеження [7; 8].

На початку обстеження з кожним учнем індивідуально проводилось ознайомлення з методиками дослідження властивостей основних нервових процесів. Порядок досліджень для всього контингенту обстежуваних здійснювався за однією і тією ж схемою і був наступним: спершу вивчали сенсомоторне реагування на подразники різної складності (фігури та звуки), функціональну рухливість нервових процесів та тепінг-тест за допомогою комп'ютерної методики «Діагност-1М», яка була розроблена професорами М. В. Макаренко та В. С. Лизогубом на сконструйованому ними приладі [7; 8; 9].

У цій статті ми зупинилися на методиці визначення оцінки здатності вищих відділів центральної нервової системи забезпечувати максимально можливий для кожного обстежуваного рівень швидкодії за безпомилковим диференціюванням позитивним і гальмівних подразників з врахування швидкості, якості та кількості їх переробки, які зумовлені високогенетично детермінованими типологічними властивостями ВНД.

Дослідження проведено з дотриманням основних біотичних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964-2008 рр.), а також наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р.

Результати та обговорення

Провівши статистичний аналіз отриманих даних латентних періодів різних за складністю сенсомоторних реакцій у дітей із сенсорною депривацією та контрольної групи видно, що на подразники у вигляді фігур рівень виявився вищим у дітей з вадами слуху, а на звуки – в групі дітей із вадами зору (табл. 1; 2) [10].

У групі дітей з слуховою сенсорною депривацією середньогруповий показник ЛППЗМР становить $271,7 \pm 4,9$ мс, а у контрольній групі порівняння дещо довші латентні періоди – $284,5 \pm 5,7$ мс. Тривалішим виявився показник групи дітей із зоровою депривацією і становив $363,7 \pm 6,6$ мс.

Середні значення ЛПРВ 1-3 у дітей із слуховою сенсорною депривацією були більш кращими і дорівнювали $407,5 \pm 6,3$, для дітей контрольної групи – $443,3 \pm 7,8$, а у групі дітей з вадами зору – $481,5 \pm 5,9$ мс (табл. 1; рис. 1).

Середні значення ЛПРВ 2-3 у дітей із зоровою сенсорною депривацією були тривалішими ($p < 0,01$) і дорівнювали $576,7 \pm 5,1$ мс, для дітей контрольної – $528,2 \pm 7,4$ мс, а школярів з вадами слуху середньогруповий показник виявився кращим – $479,4 \pm 7,5$ мс.

Таблиця 1

Середньостатистичні показники сенсомоторних реакцій у дітей на фігури

Показник	Контрольна група (n=26)	Група дітей з вадами зору (n=25)	Група дітей з вадами слуху (n=27)
ЛППЗМР	$284,5 \pm 5,6$	$363,7 \pm 6,6^{**}$	$271,7 \pm 4,9$
ЛПРВ1-3	$443,3 \pm 7,8$	$481,5 \pm 5,9^*$	$407,5 \pm 6,3^*$
ЛПРВ2-3	$528,2 \pm 7,4$	$576,7 \pm 5,1^*$	$479,4 \pm 7,5^*$

Примітка: ЛППЗМР (мс) – латентний період простої зорово-моторної реакції; ЛПРВ1-3 (мс) – латентний період реакції вибору одного з трьох подразників; ЛПРВ2-3 (мс) – латентний період реакції вибору двох з трьох подразників.

Вірогідність різниці між групами * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$ – різниця достовірна відносно показника дітей контрольної групи.

Таблиця 2

Середньостатистичні показники сенсомоторних реакцій у дітей на звуки

Показник	Контрольна група (n=26)	Група дітей з вадами зору (n=25)	Група дітей з вадами слуху (n=27)
ЛППСМР	$352,1 \pm 6,1$	$346,7 \pm 6,3$	$511,7 \pm 5,1^{***}$
ЛПРВ1-3	$381,2 \pm 5,8$	$375,3 \pm 6,9$	$579,3 \pm 5,6^{***}$
ЛПРВ2-3	$479,3 \pm 6,4$	$461,8 \pm 6,1^*$	$566,1 \pm 7,2^{**}$

Примітка: ЛППСМР (мс) – латентний період простої слухо-моторної реакції; ЛПРВ1-3 (мс) – латентний період реакції вибору одного з трьох подразників; ЛПРВ2-3 (мс) – латентний період реакції вибору двох з трьох подразників: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ – різниця достовірна відносно показника дітей контрольної групи

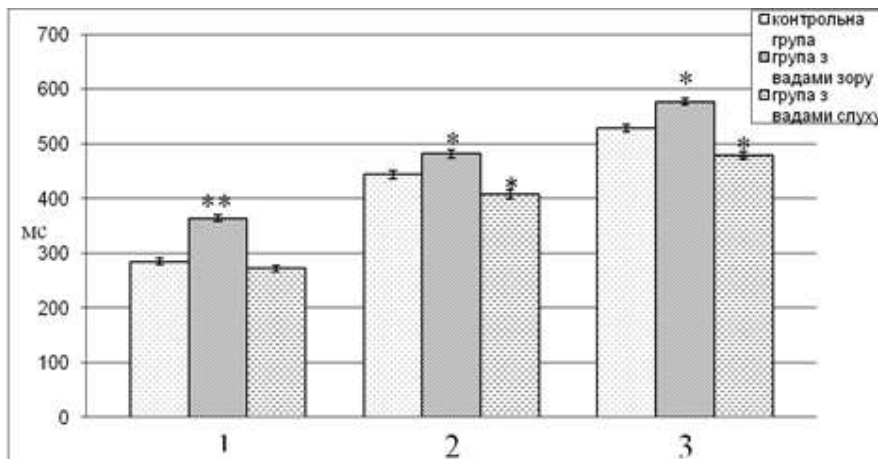


Рис. 1. Показники латентних періодів різних за складністю зорово-моторних реакцій у дітей на фігури: 1. – ЛП ПЗМР; 2. – ЛП РВ 1-3; 3. – ЛП РВ 2-3

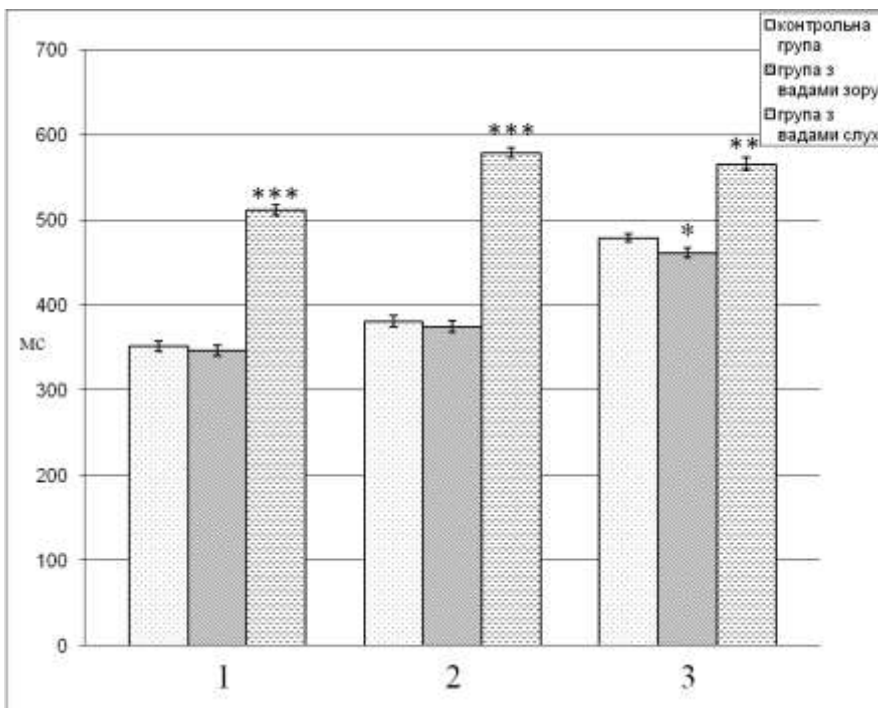


Рис. 2. Показники латентних періодів різних за складністю слухо-моторних реакцій у дітей на звуки: 1 – ЛП ПСМР; 2 – ЛП РВ 1-3; 3 – ЛП РВ 2-3

Нами було проведено і отримано результати обстежування сенсомоторних реакцій у дітей зі сенсорною депривацією та контрольної групи на звукові подразники (3 звука з різною тональністю: низький, середній та високий тон). Результати представлено у таблиці 2.

Провівши статистичний аналіз отриманих даних латентних періодів різних за складністю сенсомоторних реакцій на звуки у експериментальних та контрольній групах видно, що у групі учнів із зоровою депривацією рівень виявився вищим. Так, у групі дітей із зоровою сенсорною депривацією середньогруповий показник ЛП ПСМР становить $346,7 \pm 6,3$ мс, у контрольній групі дещо триваліші латентні періоди – $352,1 \pm 6,1$ мс. У групі школярів із вадами слуху показник ЛП ПСМР виявився гіршим і становив $511,7 \pm 5,1$. Це пояснюється наявними проблемами слухового аналізатора у дітей з вадами слуху та високим рівнем розвитку просторового слуху у осіб з порушенням зору.

Таблиця 3

Показники часу центральної обробки інформації та рівня функціональної рухливості нервових процесів в учнів у режимі «зворотного зв'язку»

Показник	Контрольна група (n=26)	Група дітей з вадами зору (n=25)	Група дітей з вадами слуху (n=27)
Мцой (мс)	116,7±1,7	125,2±2,0*	113,4±1,4
Рівень ФРНП (с)	60,2±1,8	73,7±1,6*	59,8±2,0

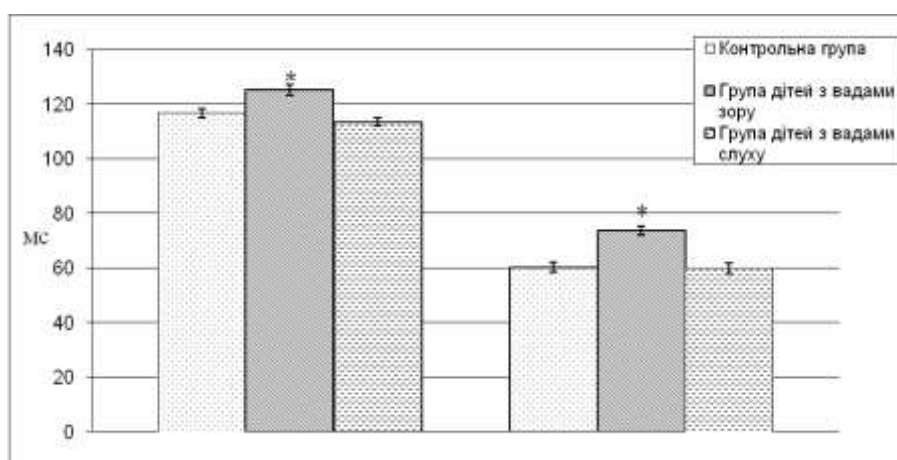
Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ – різниця достовірна відносно показника дітей контрольної групи

Рис. 3. Показники часу центральної обробки інформації та рівня функціональної рухливості нервових процесів в учнів у режимі «зворотного зв'язку»

Середні значення ЛПРВ 1-3 у дітей із слуховою сенсорною депривацією були більш тривалими і дорівнювали 579,6±5,6 мс, для дітей контрольної групи – 381,2±5,8, а у групі із вадами зору – 375,3±6,9. Надто велика різниця між показниками здорових та слабчущих школярів можна пояснити тим, що діти з проблемами слуху краще реагували на подразники низької тональності, ніж на подразники високої тональності (табл. 2; рис. 2).

Середні значення ЛПРВ 2-3 у дітей із слуховою сенсорною депривацією були тривалішими і дорівнювали 566,1±7,2 мс, для дітей контрольної групи – 479,3±6,4. Кращі показники зафіксовано в учнів з проблемами зору – 461,8±6,1 мс. Це пояснюється тим, що у слабкозорячих краще розвинена слухова пам'ять, вони швидше розуміють та визначають джерело звуку (табл. 2).

Опрацювавши цифровий масив отриманих результатів рівня функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП), які представлені у таблиці 3, можна сказати, що найнижчий показник рівня ФРНП при дослідженні в режимі «зворотного зв'язку» виявлено в слабобачачих учнів.

В ході роботи нами встановлено, що серед учнів контрольної групи та групи дітей з вадами слуху частіше спостерігаються особи з рівнем функціональної рухливості нервових процесів вищий від середнього. У групі учнів із зоровою депривацією частіше спостерігаються діти з низькими показниками функціональної рухливості нервових процесів (рівень нижче від середнього).

Таблиця 4

Показники м'язової витривалості за тепінг-тестом

Контрольна група (n=26)	Група дітей з вадами зору (n=25)	Група дітей з вадами слуху (n=27)
160,2±2,8	153,6±2,9	151,4±3,1

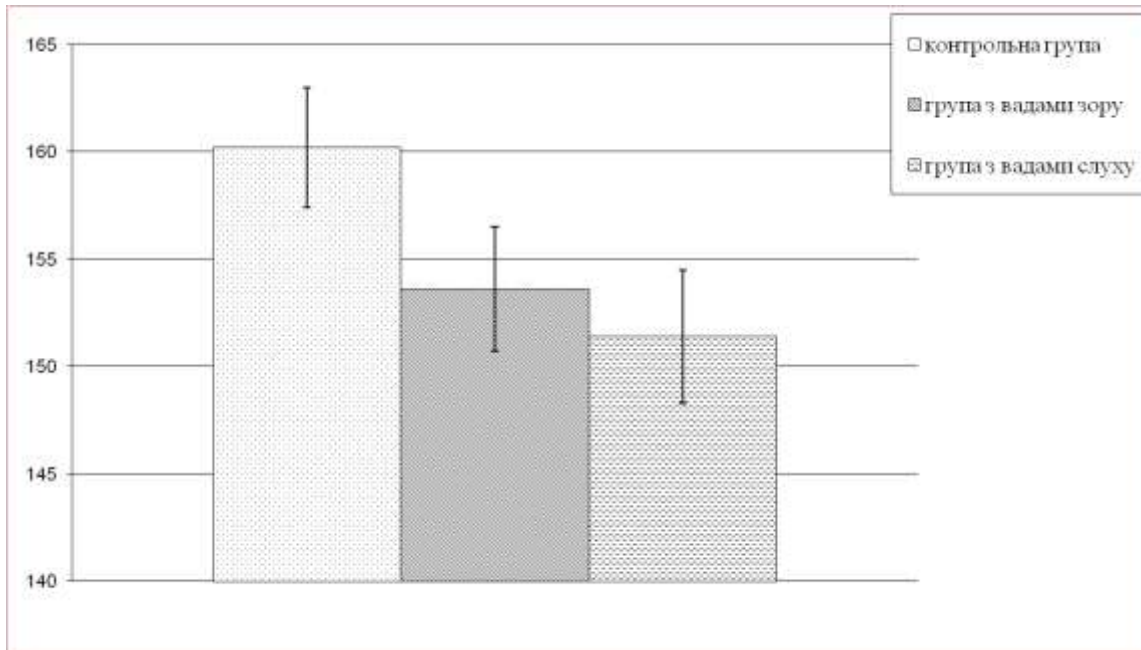


Рис. 4. Показники м'язової витривалості за тепінг-тестом

Опрацювавши отримані результати рівня функціональної рухливості нервових процесів, які представлені у таблиці 3, можна сказати, що показники у дітей із слуховою сенсорною депривацією статистично майже не відрізняються від аналогічних показників у дітей контрольної групи. Проте у слабчуючих учнів показники рівня ФРНП та часу центральної обробки інформації дещо коротші.

Показник рівня ФРНП при дослідженні в режимі «зворотного зв'язку» виявлено в групі з вадами слуху – $59,8 \pm 2,0$, що майже однаковий з показником контрольної групи – $60,2 \pm 1,8$. Низький рівень виявився у дітей із проблемами зору і становив $73,7 \pm 1,6$ (табл. 3; рис. 3).

Час центральної обробки інформації найкоротший виявлено в учнів із слуховою сенсорною депривацією, і становив $113,4 \pm 1,4$ мс, що достовірно відрізняється від показників часу центральної обробки інформації слабо зрячих школярів – $125,2 \pm 2,0$ мс. Показники контрольної групи майже не відрізняються від групи дітей з вадами слуху (табл. 3.).

За методикою тепінг-тест для виявлення м'язової витривалості з'ясувалося, що середній показник у контрольній групі становив $160,2 \pm 2,8$ ударів за 30 с, у групі учнів із слуховою депривацією – $151,4 \pm 3,1$ ударів, а у слабозорих – $153,6 \pm 2,9$ (табл. 4; рис. 4).

При проходженні тепінг-тесту у експериментальних групах не виявлено достовірні розбіжності показників м'язової витривалості в порівнянні зі здоровими школярами. Хоча показники контрольної групи трішки вищі, це можна пояснити їх кращою фізичною підготовкою та відсутністю обмежень у занятті певним видом спорту.

Висновки

1. Під час вивчення сенсомоторного реагування на навантаження різного ступеня складності виявлено:
 - латентні періоди різних за складністю зорово-моторних реакцій (РВ 1-3, РВ 2-3) у дітей із слуховою сенсорною депривацією на фігури значно кращі від аналогічних показників у дітей контрольної та групи дітей з вадами зору.
 - достовірно гірші показники латентних періодів різних за складністю реакцій на фігури у групі дітей із зоровою сенсорною депривацією. Це пояснюється наявними проблемами зорового аналізатора.
 - достовірно гірші показники латентних періодів різних за складністю реакцій на звуки у групі дітей з слуховою сенсорною депривацією. Це пояснюється наявними проблемами слухового аналізатора у дітей з вадами слуху.
 - у дітей експериментальної групи (з вадами слуху) кращі показники сенсомоторного реагування на звукові подразники низької тональності, ніж на подразники високої тональності;
 - достовірно кращі показники латентних періодів різних за складністю реакцій на звуки у групі дітей із зоровою сенсорною депривацією. Це пояснюється тим, що у слабкозорячих краще розвинена слухова пам'ять, вони швидше розуміють та визначають джерело звуку.
 - на основі аналізу отриманих результатів дослідження сенсомоторного реагування можна зробити припущення, що у групах учнів із сенсорною депривацією відбуваються компенсаторно-приспосувальні процеси (процес компенсації втраченої функції певного аналізатора за рахунок іншого).
2. Опрацювавши отримані результати рівня функціональної рухливості нервових процесів було виявлено:
 - показники у дітей із слуховою сенсорною депривацією статистично майже не відрізняються від аналогічних показників у дітей контрольної групи. Проте у слабкозорячих учнів показники рівня ФРНП та часу центральної обробки інформації в режимі «зворотного зв'язку» коротші в порівнянні з слабкобачачими.
 - серед учнів контрольної групи та групи дітей з вадами слуху частіше спостерігаються особи з рівнем функціональної рухливості нервових процесів вищий від середнього. У групі учнів із зоровою депривацією частіше спостерігаються діти з низькими показниками функціональної рухливості нервових процесів (рівень нижче від середнього).
3. Під час проходження тепінг-тесту в експериментальних групах не виявлено достовірні розбіжності показників м'язової витривалості в порівнянні зі здоровими школярами. Хоча показники контрольної групи трішки вищі, це можна пояснити їх кращою фізичною підготовкою та відсутністю обмежень у занятті певним видом спорту.

Література

1. Батуев А. С. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем. 3-е изд. Санкт-Петербург: Питер, 2010. 317 с.
2. Зайко М. Н., Биць Ю. В., Бутенко Г. М. Патологія. 2-ге вид. Київ: Медицина, 2008. 704 с.
3. Макачук М. Ю., Куценко Т. В., Кравченко В. І., Данилов С. А. Психологія. Київ: ООО «Інтерсервіс», 2011. 329 с.
4. Гасюк О. М. Взаємозв'язок психофізіологічних функцій з показниками серцево-судинної та респіраторної систем у дітей молодшого шкільного віку із слуховою депривацією: автореф. дис. канд. біол. наук : 03.00.13. Київ, 2004. 24 с.
5. Кравченко Ю. В. Особливості психофізіологічних параметрів і показників гемодинаміки у молоді із слуховою депривацією: автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.13. Київ, 2003. 20 с.

6. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини: монографія. Черкаси: Вертикаль, 2011. 256 с.
7. Макаренко М. В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини. *Фізіологічний журнал*. 1999. Вип. 45, №4. С.125–131.
8. Макаренко М. В. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини: навч.-метод. посіб. Черкаси: Вертикаль, 2014. 102 с.
9. Лизогуб В. С. Формирование индивидуально-типологических свойств высшей нервной деятельности в онтогенезе. *Таврический медико-биологический вестник*. Симферополь, 2000. Т. 3, № 4. С. 112–120.
10. Загайкан Ю. В. Вплив сенсорної депривації на сенсомоторне реагування у дітей. *Вісник Черкаського університету. Серія біологічні науки*. Черкаси, 2018. № 1. С. 25–31.

References

1. Batuev A. S. (2010). Physiology of higher nervous activity and sensory systems. St. Petersburg: Piter. 317 [in Russian].
2. Zaiko M. N., Bits Y. V., Butenko H. M. (2008). Pathophysiology. K. Medicine. 704 [in Ukrainian].
3. Makarchuk M. Yu., Kutsenko T. V., Kravchenko V. I., Danylov S. A. (2011). Psychophysiology. K. Interservice. 329 [in Ukrainian].
4. Hasiuk O. M. (2004). Interrelation of psychophysiological functions with indicators of cardiovascular and respiratory systems in children of junior school age with auditory deprivation. Abstract thes. Kyiv, 24 [in Ukrainian].
5. Kravchenko Yu. V. (2003). Features of psychophysiological parameters and indicators of hemodynamics in young people with auditory deprivation. Abstract thes. Kyiv. 20 [in Ukrainian].
6. Makarenko M. V., Lyzozhub V. S. (2011). Ontogenesis of psychophysiological functions of a person. Cherkasy: Vertical. 256 [in Ukrainian].
7. Makarenko M. V. (1999). Methodology for conducting surveys and evaluating individual neurodynamic properties of higher human nervous activity. *Fiziologichnyi zhurnal [Physiological Journal]*. Kyiv: Academiperidology. 4, 125–131 [in Ukrainian].
8. Makarenko M. V. (2014). Methodical instructions to the workshop on differential psychophysiology and physiology of higher human nervous activity. Cherkasy: Vertical. 102 [in Ukrainian].
9. Lizohub V. S. (2000). Formation of individual-typological properties of higher nervous activity in ontogenesis. *Tavrisheskiy mediko-biologicheskiiy vestnik [Tauride Medical And Biological Herald]*. 3, 4, 112-120 [in Russian].
10. Zahaikan Y. V. (2018). Influence of sensory deprivation on sensorimotor response in children. *Visnik Cherkaskoho universitetu. Seriya biologichni nauky [Bulletin Of The Cherkasy University. Series Of Biological Sciences]*. 1, 25-31 [in Ukrainian].
doi:10.31651/2076-5835-2018-1-1-25-31

Summary. *Zagaykan J., Spryn A. The effect of sensory deprivation on the nervous system specifics.*

Introduction. *The research is devoted to the characteristics of human sensor-motor functions, functional mobility and dynamic muscular endurance of the hand movement processes among schoolchildren aged 10–12. Limited input of the information caused by one or more analyzers impairment, creates unusual conditions for the development of a child's psyche. Sensory deprivation creates discomfort and problems during the cognizing of reality by children. The study relevance is the necessity to obtain and analyze new scientific data on the specificity of the influence of visual and auditory deprivation on the nervous system specifics.*

Objective. *The objective is to obtain and analyze new scientific data about the specificity of the influence of auditory and visual sensory deprivation on the sensorimotor reaction, functional mobility of neural processes and dynamic muscular endurance of the hand movement processes among schoolchildren aged 10–12.*

Methods. *The study was conducted among 87 children aged 10-12 years. All the pupils were divided into three groups: I – a control group (healthy children), II – a group of children with visual impairments, III – a group of children with hearing impairments. The experimental study for every examined person lasted no more than 30 minutes.*

The methods were implemented with using of the computer system "Diagnosician-1M", developed by the professors M. Makarenko and V. Lyzohub. The order of research for the whole contingent of the subjects was carried out according to the same scheme and was as follows: first, the

sensor-motor reacting to stimuli of different complexity (figures and sounds), functional mobility of the nerve processes and tapping test.

Results. *Having performed a statistical analysis of the findings on latent periods of varying complexity of sensor-motor reactions among children with sensory deprivation and control group, it is evident that the level on the stimulus in the form of figures was higher among children with hearing impairments and in the form of the sounds – in the group of children with visual impairments. The children from the experimental group (with hearing impairments) have the best indicators of sensorimotor reaction to sound stimuli of low tonality, rather than high-level stimuli. On the basis of the analysis of the findings on the sensorimotor reaction, we can assume that compensatory and adaptive processes occur in the groups of pupils with sensory deprivation (the compensation process of the lost function of a certain analyzer at the expense of another).*

After analyzing the results of the level of functional mobility of neural processes, we can state that statistically indicators of children with auditory sensory deprivation almost do not differ from similar indicators of children from the control group. However, for pupils with visual impairments, the level of functional mobility and the time of central processing of information to some extent are shorter.

When passing tapping-test, there were found no significant differences in experimental groups in muscle endurance rates compared to healthy schoolchildren. Although the control group's figures are slightly higher.

Conclusion. *During the studying of the sensorimotor reaction to the stress of varying degrees of difficulty, it was found that latent periods of differing by the complexity visual-motor responses among children with auditory sensory deprivation to the figures are much better than among children from the control group and children with visual impairment. However, pupils with visual sensory deprivation have better latency rates to different complexity of reactions to sounds. This is due to the fact that the children with defective vision have better-developed auditory memory, and they are more likely to understand and determine the source of the sound.*

In the experimental group (with hearing impairments), the best indicators of sensory-motor response were shown to sound stimuli of low tone, rather than to high-level stimuli.

Having processed the results of the level of functional mobility of the nerve processes, it was found that the indicators among children with auditory sensory deprivation do not statistically differ from similar indicators in the control group children. However, among students with hearing impairment, indicators of functional mobility level of the nervous processes and the time on central processing of information in the mode of "feedback" are shorter in comparison with the children with weak vision. Among the students from the control group and the group of children with hearing impairment, persons with a level of functional mobility of the nervous processes are more common. In the group of students with visual deprivation, children with lower functional mobility of the nervous processes (lower than the average) are more common.

When passing tapping-test in experimental groups, there were found no significant differences in muscle endurance indices compared to healthy schoolchildren. Although the control group's figures are slightly higher, it can be explained by their better physical training and the lack of restrictions on doing a particular sport.

Keywords: *sensory deprivation, sensorimotor response, latent period, functional mobility, muscular endurance*

Одержано редакцією 12. 01. 2019

Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК 612.821

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-33-38

Глюха Л. М.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЯ НЮХОВИХ СТРУКТУР МОЗКУ ССАВЦІВ В ПРОЦЕСІ СПРИЙНЯТТЯ ТА АНАЛІЗУ ЗАПАХОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Проведений порівняльний аналіз електричної активності нюхових цибулин і піріформної кори морських свинок, щурів та мишей в умовах спонтанної поведінки та при пред'явленні запахів. Виявлена динаміка спектральних феноменів рінцефальних структур інтерпретується в плані виокремлення високочастотних складових електричної активності від пояснення лише нюхової функції.

Ключові слова: електрична активність, нюхові цибулини, піріформна кора, викликані хвилі.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роль нюхового аналізатора в організації цілеспрямованої поведінки полягає в тому, що церебральні механізми нюху виявились структурно тісно пов'язаними з фундаментальними механізмами формування потреб, мотивацій та емоцій, що визначають характер перебігу поведінкових реакцій. Відомо, що нюховий аналізатор має безпосередній вплив на роботу багатьох органів та систем організму. Рядом досліджень показано, що високочастотні складові електричної активності центральних структур нюхового аналізатора пов'язані з нейрофізіологічними механізмами реалізації так званої “несенсорної” ролі нюхового аналізатора, а механізми генерації та функціональне значення цих феноменів на сьогодні залишаються остаточно не з'ясованими. Насамперед це стосується “викликаних хвиль” діапазону 25-90 Гц або ольфакто-амигдалярного ритму (у нашому трактуванні) [1, 2].

Ціла низка фактів свідчить на користь безпосереднього відношення “викликаних хвиль” до здійснення власне нюхової функції [3, 4], але значна кількість експериментальних даних не узгоджується із цим твердженням [5, 6, 7]. Слід також відмітити, що у більш ранніх дослідженнях на тваринах із морфологічно ускладненою новою корою нами [8, 9] виявлена суттєва скорельованість динаміки електричної активності нюхових цибулин та неокортикальних областей, які безпосередньо не пов'язані з обробкою сенсорної запахової інформації, на що вказувалося й іншими авторами.

У своїх дослідженнях у філогенетично близьких видів тварин ми електрофізіологічно вивчали характер і динаміку прояву окремих феноменів ЕА нюхових цибулин та піріформної кори за умов різного рівня поведінкової активності.

Метою даної роботи було з'ясувати нейрофізіологічні механізми формування і прояву різних складових електричної активності рінцефальних структур у макросматичних лабораторних тварин за різних рівнів поведінкової активності, при дії запахів.

Матеріал та методи

Хронічні електрофізіологічні експерименти виконані на 6 морських свинках, 5 щурах і 5 лабораторних мишах. Тваринам під каліпсоловим наркозом (25 мг/кг) стереотаксично вживляли в нюхові цибулини та піріформну кору ніхромові електроди (діаметр 0.15 мм), назальні термопари для реєстрації дихання та підшкірний електрод

для реєстрації ЕКГ. Під час досліду тварини перебували у вільному стані в герметичній плексигласовій камері, через яку постійно пропускатись очищене повітря сталої температури і вологості. Попереднє підсилення сумарної електричної активності проводили за допомогою підсилювачів біопотенціалів з активними RC-фільтрами УБФ4-03 (постійна часу – 0.15 с, верхня смуга пропускання – 150 Гц). Безартефактні відрізки ЕА вводились в ЕОМ IBM PC/AT через АЦП/ЦАП (10 біт), при частоті дискретизації сигналу 500 Гц та частотному розрішенні 0.41 Гц. ЕА НЛ після візуального контролю наявності артефактів аналізували за показниками спектральної густини потужності (СПП) в $\text{мкВ}^2/\text{Гц}$ в діапазоні 1-150 Гц, отримуваними в результаті Фур'є перетворення вихідного сигналу, та за інтенсивністю сигналу у певному частотному діапазоні (індекс). Для аналізу виділяли традиційні спектральні діапазони та високочастотніші смуги складових, а саме: 25-90, 25-48 та 52-150 Гц, проводячи паралельний аналіз цільних динамічних спектрів без виділення із них окремих діапазонів.

Реєстрацію показників проводили за умов спонтанної поведінки та пролонгованої запаховими подразниками, які не викликали виражених поведінкових зрушень. Достовірність відмінностей усереднених спектральних характеристик для різних станів тварин та окремих складових ЕА НЛ оцінювали за t-критерієм Стьюдента.

Результати та обговорення

Як уже зазначалось в ряді публікацій [1, 8, 9] для характеристики електричної активності риненцефальних структур лабораторних тварин доцільно користуватися амплітудно-часовими та потужнісно-частотними характеристиками: високочастотної синхронізованої електричної активності, ольфакто-амигдалярного ритму, респіраторних хвиль та десинхронізованої поліморфної активності, які доволі жорстко корелюють із рівнем поведінкової активності.

За умов спокійного неспання в електричній активності нюхових цибулин усіх досліджених видів спостерігалось домінування поліморфної активності, відсутність виражених спалахів ольфакто-амигдалярного ритму, а в ряді випадків незначне пригнічення проявів респіраторних хвиль. Поліморфна активність не мала чітко виражених спектральних максимумів і була представлена малопотужними домінуючими коливаннями у морських свинок в діапазоні 1-95 Гц, а у щурів та мишей у значно ширшій частотній смузі – 10-150 Гц.

Пред'явлення тваринам специфічних ольфактивних, чи застосування іншого роду неольфактивних подразників, спричиняло миттєву генерацію веретен СПП високочастотної області із наступним їхнім швидким затуханням при однократному впливі подразника. Ольфакто-амигдалярний ритм у всіх досліджуваних видів тварин чітко виявлявся переважно у стані поведінкового збудження на фоні низькоамплітудної поліморфної активності та вираженої респіраторно-хвильової-активності. Виражені орієнтаційні реакції тварин спричиняли часткове амплітудне пригнічення або ж повну блокаду проявів оформлених веретен ольфакто-амигдалярного ритму подібно до стану спокійного неспання. Це проявлялося у загальному зниженні вираженості піку СПП в діапазоні ольфакто-амигдалярного ритму (25-90 Гц, $p < 0.01$), та суттєвому зменшенні його індексу. Відмітною особливістю для щурів та морських свинок за цих умов була поява в ЕА нюхових цибулин високочастотної синхронізованої активності не оформленої в характеристичний спалаховий компонент, що зумовлювало різке зростання індексу ольфакто-амигдалярного ритму на вибіркових спектрограмах, яке супроводжувалося збільшенням потужності високочастотних компонентів (52-150), однак не досягаючим рівня виражених проявів ольфакто-амигдалярного ритму ($p < 0.01$). Слід також відмітити, що у всіх досліджених видів спектральні компоненти веретен

ольфакто-амигдалярного ритму формувалися у тій же спектральній смузі, складові якої були помітно виражені і ольфакто-амигдалярного ритму в фоновій поліморфній активності за відсутності ритму.

Співвідношення проявів веретен ольфакто-амигдалярного ритму із фазами дихального циклу у досліджуваних видів не мало чіткої узгодженості. Так, у щурів веретена, як правило, співпадали із піком інспіраторної фази та початком експіраторної фази, а у морських свинок спалахи ольфакто-амигдалярного ритму були жорсткіше прив'язані до експіраторної фази. При збільшенні частоти дихання (теплова віддишка) та принохуванні, яке супроводжувалося значним скороченням тривалості кожного окремого веретена порівняно із фоновими значеннями, спалахи могли проявлятися навіть у паузі.

Результати спектрального аналізу сегментів ЕА нюхових цибулин щурів, мишей та морських свинок, що містили чітко візуально виділені веретена ольфакто-амигдалярного ритму, вказують на доцільність розгляду останніх як комплексного спектрального феномену з сукупністю домінантних чітко виражених піків у значно ширшому частотному діапазоні.

Таблиця 1

Спектральні показники ольфакто-амигдалярного ритму
у досліджених видів лабораторних тварин

стат. Показник	Права НЛ		Ліва НЛ	
	Частота, Гц	Індекс, %	Частота, Гц	Індекс, %
щурі				
максимум	86.66±12.64	75.48±5.80	86.66±5.91	63.79±5.67**
мінімум	41.09±0.98	26.18±0.63	39.58±0.41	24.51±0.02*
середнє значення	63.63±3.03	42.94±1.93	66.09±2.28*	38.03±1.87*
морські свинки				
максимум	58,48±1,97	61,54±4,25	68,68±2,95**	44,72±4,58**
мінімум	52,50±1,35	40,49±1,07	57,81±0,90*	32,55±1,64**
середнє значення	55,79±1,65	52,91±2,39	61,28±1,86*	39,85±2,77**
миші				
середнє значення	58.64±0.65	50.28±1.89	51.57±2.43*	24.37±1.49**

Примітка: * – вірогідність відмінностей $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$

У переважній більшості випадків у щурів при виражених “спалахах”, що мали чітко окреслену веретеновидну форму, індекс ольфакто-амигдалярного ритму перевищував 25% і за цим показником спостерігалось вірогідне домінування правої нюхової цибулини ($p < 0.05$). За усередненим спектральним екстремумом такого домінування не відмічалось ($p > 0.05$). Ці дані, на наш погляд, можуть трактуватися як побіжне підтвердження домінування правої півкулі в обробці нюхової сенсорної інформації у тварин-макросматиків.

Суттєво, що феномен високочастотної синхронізованої активності не був відмічений при вивченні ЕА риненцефальних структур у щурів і мишей, хоча за певних поведінкових станів у них було виявлене зростання вираженості високочастотної частини спектру.

Подібна суттєва варіабельність показників СГП, але відносно стійкі частотні характеристики для кожного виду, простежена і для діапазону повільнохвильових

компонентів. Інтегральний його екстремум на вибіркових та усереднених кривих СГП проявлявся у досліджуваних видів, як правило, в діапазоні 0.5-10 Гц, що, на наш погляд, переважно відображають якісні зміни параметрів респіраторних хвиль.

Застосування запахових подразників з метою провокування спалахової активності спричиняло виражені зміни ($p < 0.05$) не лише динаміки топограм ЕА рінцефальних структур, а й їхніх вибіркових і усереднених спектрограм (Рис. 1) як на поодинокі стимуляцію, так і на довготривале пред'явлення запахових чинників.

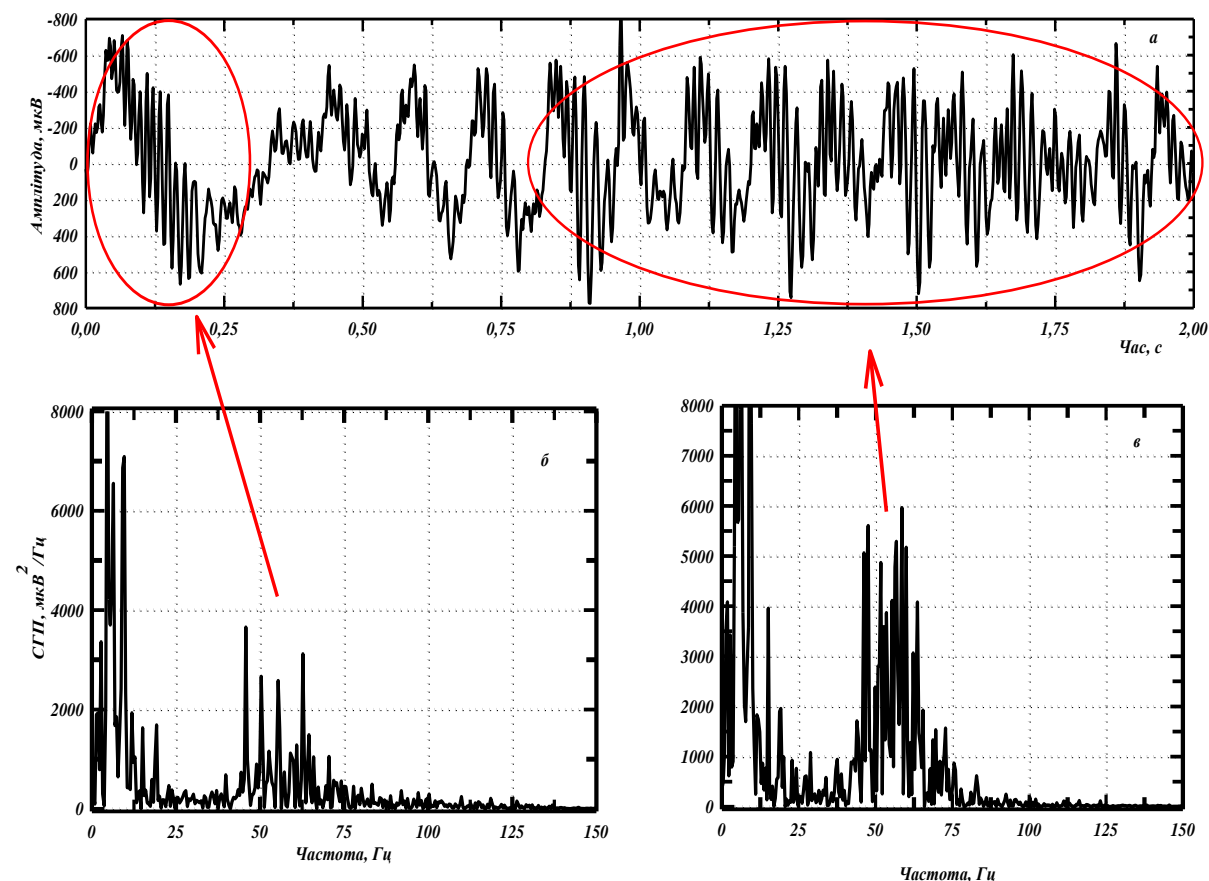


Рис. 1. Вибіркові спектральні оцінки (б, в) фрагментів електричної активності нюхової луковичі миші (а) за умов прийняття.

Примітка: * на початку фрагмента ЕА – фонове “веретено”

Висновки

Пропоновані високочастотні діапазони можуть бути достатньо інформативними, як для характеристики загального функціонального стану рінцефальних структур, так і окремих його мікростанів, пов'язаних із короткочасовою обробкою сигналів.

Суттєві відмінності проявів та спектральних екстремумів високочастотних діапазонів ольфакто-амигдалярного ритму і високочастотної синхронізованої активності в нормі та при експериментальних впливах ($p < 0.05$) не лише в межах класу, а й навіть окремого ряду (гризунів) побіжно можуть свідчити про їхнє різне функціональне значення.

Отримані дані дають підстави для відособлення ольфакто-амигдалярного ритму від виконання суто сенсорної функції і розгляду його як неспецифічного джерела церебральної модуляції в організації цілісних поведінкових актів тварин-макросматиків.

Література

1. Ілюха Л. М. Електрична активність ринцефальних структур лабораторних тварин за умов запахової стимуляції. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: біологія*. Вип.12. 2010. С. 130 – 136.
2. Lundström J. N. , Olsson M. J., Schaal B. [et al.] (2006) .A putative social chemosignal elicits faster cortical responses than perceptually similar odorants. *Neuroimage*. 30 (4). 1340-1346. doi:[10.1016/j.neuroimage.10.040](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.10.040)
3. Kim, Y.-K. & S. Watanuki Characteristics of electroencephalographic responses induced by a pleasant and an unpleasant odor. (2003). *Journal of physiological anthropology and applied human science*. 22 285-291. doi.org :[10.2114/jpa.22.285](https://doi.org/10.2114/jpa.22.285)
4. Cenier T, et al. (2008). Odor vapor pressure and quality modulate local field potential oscillatory patterns in the olfactory bulb of the anesthetized rat. *Eur. J. Neuroscience*. 27:1432–1440. doi:10.1111/j.1460-9568.2008.06123.x
5. Beshel J, et al. (2007). Olfactory bulb gamma oscillations are enhanced with task demands. *J. Neuroscience*. 27: 8358 –8365. doi:[10.1523/JNEUROSCI.1199-07.2007](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1199-07.2007)
6. [Leslie M. Kay](#), et al. (2009 Apr.). Olfactory oscillations: the what, how and what for. *Trends Neuroscience*. 32(4). 207-214. doi: [10.1016/j.tins.2008.11.008](https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.11.008)
7. Ruiqi Wu, Yue Liu , et al. (2017, November). Activity Patterns Elicited by Airflow in the Olfactory Bulb and Their Possible Functions. *Journal of Neuroscience*. 37 (44), 10700-10711. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2210-17.2017
8. Ілюха Л. М. Еволюція хеморецепторної нюхової чутливості. *Простір і час сучасної науки. Категорія: Біологічні науки*, 18-20.04.2016. url: <https://int-konf.org/ru/konf042016/1245-gohkalenko-s-d-servs-zboru-zbergannya-ta-obrobki-daniv-v-realomu-chas.html>
9. Ілюха Л. М. Швидкохвильові та повільнохвильові складові електричної активності нюхових луковиць. *Вісник Черкаського університету. Серія : Біологічні науки. Черкаси, 2016. Вип.№ 2., С. 27-32.*

References

1. Ilukha L. M. (2010). Electrical activity of rhinosecretory structures of laboratory animals in the presence of scent stimulation.. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N.Karazina. Serii: biologiiia (Bulletin of Kharkiv National University Named After VN Karazin. Series: Biology)*, Is. 12, 130 – 136. (in Ukr.)
2. Lundström J. N. Olsson M. J., Schaal B. [et al.] (2006). A putative social chemosignal elicits faster cortical responses than perceptually similar odorants. *Neuroimage*. 30 (4). 1340-1346. doi:[10.1016/j.neuroimage.10.040](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.10.040)
3. Kim, Y.-K. & S. Watanuki Characteristics of electroencephalographic responses induced by a pleasant and an unpleasant odor. (2003). *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. 22: 285-291. doi.org :[10.2114/jpa.22.285](https://doi.org/10.2114/jpa.22.285)
4. Cenier T, et al. (2008). Odor vapor pressure and quality modulate local field potential oscillatory patterns in the olfactory bulb of the anesthetized rat. *Euripien Journal of Neuroscience*. 27:1432–1440. doi:10.1111/j.1460-9568.2008.06123.x
5. Beshel J, et al. (2007). Olfactory bulb gamma oscillations are enhanced with task demands. *J. Neuroscience*. 27: 8358 –8365. doi:[10.1523/JNEUROSCI.1199-07.2007](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1199-07.2007)
6. Leslie M. Kay, et al. (2009 Apr.). Olfactory oscillations: the what, how and what for. *Trends Neuroscience*. 32(4). 207-214. doi: [10.1016/j.tins.2008.11.008](https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.11.008)
7. Ruiqi Wu, Yue Liu , et al. (2017, November). Activity Patterns Elicited by Airflow in the Olfactory Bulb and Their Possible Functions. *Journal of Neuroscience*. 37 (44), 10700-10711. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2210-17.2017
8. Ilukha L. M. (2016). Evolution of chemoreceptor olfactory sensitivity. *Prostir i chas suchasnoi nauky, Katehoriia: Biologichni nauky (Space and Time of Modern Science. Category: Biological Sciences)* Retrieved from: <https://int-konf.org/ru/konf042016/1245-gohkalenko-s-d-servs-zboru-zbergannya-ta-obrobki-daniv-v-realomu-chas.html>. (in Ukr.)
9. Ilukha L. M. (2016). Fast-wave and slow-wave components of the electric activity of olfactory bulbs. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Serii : Biologichni nauky (Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series)*), Cherkasy, Is. 2, 27-32. (in Ukr.)

Summary. *Ilyukha L. M. Electroencephalographic of olfactory structures of the mammalian brain in the perception of olfactory information and analysis of olfactory information.*

Introduction. *A comparative analysis of the electrical activity of olfactory bulbs and the pyriform cortex of guinea pigs, rats and mice under conditions of spontaneous behavior and upon presentation of odor stimuli was carried out.*

The revealed dynamics of the spectral phenomena of the rhinencephalic structures is discussed in terms of the possibility of considering the high-frequency components of electrical activity separately from the olfactory function.

Purpose. *The purpose of this work was to find out the neurophysiological mechanisms of the formation and manifestation of various components of electrical activity of rhenecephal structures in macrosomatic laboratory animals at different levels of behavioral activity, under the action of odors.*

Methods. *Chronic electrophysiological experiments were performed on 6 guinea pigs, 5 rats and 5 laboratory mice. When carrying out spectral analysis of the isolated traditional frequency bands and vysokochastotnykh strip components, namely, 25-90, 25-48 and 52 - 150 Hz, by conducting a parallel analysis of the whole dynamic spectra without isolation of individual bands.*

Results. *Experimental data indicate the feasibility of the characteristics of EA ranavalona structures with formation of polymorphic desynchronous activity, respiratory waves, olfactoamygdalar rhythm and PAS. Analysis potugese-frequency changes of these phenomena allows to fine to reflect the activation level of the SLA and the level of behavioral excitability of animals.*

Originality. *Spectral characteristics of the basic patterns of electrical activity in the olfactory bulbs of mammalian, the dynamics of its potugese-frequency parameters for different levels of behavioural activity, a comparative analysis of their main characteristics was refined.*

Conclusion. *Thus, the obtained experimental data indicate the feasibility of the isolated consideration of the phenomena olfacto-amygdalar rhythm, synchronized high-frequency activity and respiratory waves, as they may have different functional nature.*

Key words: *electrical activity, olfactory bulbs, pyriteform bark, caused by waves, olfacto-amygdalar rhythm.*

Одержано редакцією 08. 01. 2019

Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК 612.821

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-39-48

Куценко Т. В.¹, Погребна А. В.¹, Наседкін Д. Б.²,
Лоза В. М.¹, Пампуха І. В.¹, Макарчук М. Ю.¹¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine²Chuiko Institute of Surface Chemistry, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine²Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України, Київ

РЕАКЦІЇ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КОМБІНОВАНОГО ТЕСТУ СТРУПА УЧАСНИКАМИ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ (АТО)

Однією з критично важливих функціональних систем, яка визначає діяльність людини за умов екстремальних навантажень, є серцево-судинна система. Люди з посттравматичним стресовим розладом, як правило, мають підвищений ризик розвитку захворювань серцево-судинної системи. Реакції серцево-судинної системи людини на когнітивне навантаження можуть бути маркером функціональних змін, які відбулись в організмі під впливом екстремальних навантажень, і які не виявляються стандартними медичними обстеженнями. У обстеженні застосовано комбінований тест із завданнями Струпа, Поффенберга, Сперрі. Ефект Струпа дозволяє оцінити рівень довільної уваги. За завданням Поффенберга можна оцінити міжпівкульне передавання інформації. Подразник (слово «зелений» або «червоний», «синій» або «жовтий», написане відповідним або невідповідним кольором) пред'являється праворуч або ліворуч від центру екрану. У випадку збігу кольору слова і його семантичного значення потрібно було натискати клавішу іпсилатеральною рукою (відповідь «так»), розбіжності – контралатеральною рукою (відповідь «ні»). Також перед обстеженням, під час та після виконання тесту проводилась реєстрація ЕКГ та показників варіаційної пульсометрії. В результаті проведеного кореляційного аналізу зв'язків латентних періодів (ЛП) реакції на подразники з кардіологічними показниками були відібрані ті кардіологічні показники, які мали статистично значущі кореляційні зв'язки з ЛП реакцій, і на їх основі побудована факторна модель. Отримані дані вказують на високу чутливість інтегрального показника ST-T (II) та його складових (зсув сегмента ST та амплітуду зубця T) до зміни функціонального стану обстежуваних, що відображають напруження міокарду, а також підтверджують особливу роль лівої півкулі у формуванні психоемоційного напруження при виконанні когнітивного навантаження.

Ключові слова: комбінований тест Струпа, інтегральний показник ST-T, військовослужбовці, екстремальні умови.

Постановка проблеми. Ефективність діяльності при виконанні бойових завдань в умовах максимально можливого напруження фізичних та психічних функцій людини напряму пов'язана з низкою її вроджених індивідуально-типологічних властивостей. В першу чергу це важливо для ситуацій, в яких від швидкості і правильності прийняття рішення залежить безпека життя інших людей. Відомо, що виконання службових обов'язків військовослужбовців пов'язане з переробкою великого обсягу різноманітної інформації, необхідністю прийняття відповідальних, швидких і точних рішень, постійною готовністю до екстрених дій [1, 2]. У реальних бойових діях бійці переносять розумове та фізичне навантаження, яке в рази перевищує те, що було наявне під час навчань. Крім того, у бойових діях бійці стикаються зі стресами, такими, як вплив напруженості навколишнього середовища, м'язова стомлюваність, депривація сну, інформаційне та емоційне перевантаження, стають очевидцями жахливих травм та смертей побратимів, мають тривожність стосовно сім'ї та рідних, які чекають вдома [3]. Однією з критично важливих функціональних систем, яка визначає діяльність людини

за умов екстремальних навантажень, є серцево-судинна система. Доказом цього може бути те, що люди з посттравматичним стресовим розладом, як правило, мають підвищений ризик розвитку захворювань серцево-судинної системи [4]. Тому доцільно оцінювати стан серцево-судинної системи у людей, які перебували в екстремальних умовах, попри те, що вони визнані фізично та психічно здоровими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінка впливу екстремальних чинників зовнішнього середовища на організм людини є надзвичайно актуальною проблемою сьогодення, оскільки після виходу із зони бойових дій, залежно від індивідуальної стресостійкості і можливої наявності ушкоджень і травм, відбувається трансформація психологічного стану військовослужбовця у бік його нормалізації або погіршення [5]. Відомо, що тривалий стрес негативно впливає на психофізіологічний стан людини після виходу з зони бойових дій. Крім того, рівень функціонального стану безпосередньо впливає на якість виконання посадових обов'язків [6, 7]. У ветеранів військових дій розвиток посттравматичного стресового розладу (ПТСР) був пов'язаний з розвитком серцево-судинних захворювань, зокрема з захворюваннями системи кровообігу, включаючи гіпертонію. ПТСР також суттєво посилював такі фактори ризику, як підвищена частота серцевих скорочень, вживання тютюну, дисліпідемія та ожиріння. Проте на даний момент дослідниками представлені суперечливі дані щодо варіабельності серцевого ритму [8, 9]. У зв'язку з цим виникає гостра необхідність діагностики психофізіологічних показників та функцій серцево-судинної системи з метою оцінки впливу екстремальних (бойових) умов та здатності адаптуватися до них.

Метою роботи є оцінювання впливу впливу когнітивного навантаження при виконанні комбінованого тесту Струпа на стан діяльності серцево-судинної системи (за показниками ЕКГ та варіаційної пульсометрії) у учасників операції Об'єднаних сил (АТО).

Матеріал та методи

Було обстежено 13 учасників операції Об'єднаних сил (АТО) віком 19–31 рік, які брали безпосередню участь у бойових діях на сході України. Всі обстежувані були визнані фізично та психічно здоровими. Обстежувані проходили комбінований тест Струпа. На чорному фоні екрану стимули (слова "Зелений" або "Червоний", "Синій" або "Жовтий", написані відповідними або невідповідними кольорами) пред'являлись праворуч або ліворуч від центру екрану. У випадку конгруентності слова і його семантичного значення обстежувані мали натискати одну клавішу іпсилатеральною рукою (відповідь "Так"), а в разі невідповідності – натискати іншу клавішу контралатеральною рукою (відповідь "Ні"). Слова експонувалися у довільному режимі (час очікування наступного подразника псевдовипадковий в інтервалі від 1,5 до 2,0 с, тобто не створював для обстежуваного часової депривації) [10]. Перед появою подразника на короткий проміжок часу (160 мс) по центру екрана з'являвся білий хрестик для привертання уваги й фокусування зору обстежуваного. Реєстрували латентні періоди (ЛП) реакції на стимули та кількість помилок. Загальна кількість поданих сигналів дорівнювала 160 (Тест1) та 400 (Тест2). Тест1 проводили для впрацювання і знайомства обстежуваних з характером завдання. У 8 з 13 ветеранів АТО-ООС проводили реєстрацію ЕКГ та показників варіаційної пульсометрії за допомогою електрокардіографічної установки "Портативний електрокардіограф Кардіоплюс-П6" (Метекол, Україна) в чотири етапи: перед проходженням Тесту2, двічі під час тестування, та відразу після його завершення. Отже, було отримано чотири набори показників для чотирьох зазначених станів, загальна кількість яких становила 144 кардіологічних та 7 інтегральних показників. До уваги брали варіабельність ритму серця (ВРС), стан міокарду, психоемоційний стан та порушення ВРС. Була виявлена особлива значущість зв'язків психофізіологічних показників з інтегральними

показниками ST-T (у другому відведенні) та зсувом сегмента ST, тому наводимо формулу розрахунку інтегрального показника ST-T:

$$\left(\frac{\partial(x)}{\partial(t)_h} / \frac{\partial(x)}{\partial(t)_l} + \sigma_{ST} + A_T + \frac{S_{\Delta desc}}{S_{\Delta asc}} \right) / 4 = ST - T$$

де $\frac{\partial(x)}{\partial(t)_h} / \frac{\partial(x)}{\partial(t)_l}$ – симетрія зубця T за відношенням максимальних похідних, σ_{ST} – зсув сегмента ST відносно ізолінії, A_T – амплітуда зубця T відносно ізолінії, $\frac{S_{\Delta desc}}{S_{\Delta asc}}$ – симетрія зубця T за співвідношенням площ нижнього (desc) та верхнього (asc) трикутників.

Статистичний аналіз результатів проводився за допомогою пакета STATISTICA 6.0 (Statsoft, USA, 2001). ЛП реакцій та кількість помилок аналізувались 3×2 повторними вимірюваннями ANOVA з факторами: Тест (160 проти 400 стимулів), Рука ("ліва" проти "правої"), Тип відповіді ("так" проти "ні"). Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p = 0,05$. Проводився кореляційний аналіз (за Спірменом) та факторний аналіз (методом основних компонент) між психофізіологічними та кардіологічними показниками. Модель факторного аналізу побудовано з застосуванням стратегії "варімакс нормалізований" як методу обертання факторів, в результаті чого отримано матрицю навантажень загальних факторів на досліджувані параметри. Якість побудованої факторної моделі характеризується відсотком поясненої варіації 79,71%, а значення недиагональних елементів залишкової кореляційної матриці близьке до нуля.

Результати та обговорення

Аналіз ANOVA показав, що ЛП реакцій при проходженні Тесту1 значно довші, ніж при проходженні Тесту2 : $F(1, 11)=36.939$, $p=.00008$, $\eta^2=0,771$, що пояснюється ефектом новизни і впрацьовування при першому проходженні тесту. Проте сам характер реагування на подразники при проходженні обох тестів не відрізняється (рис.1), що узгоджується з даними літератури і відображає виявлений раніше механізм міжпівкульної взаємодії при виконанні цього тесту [10].

Так, отримано, що при бімануальному реагуванні на складні подразники із врахуванням просторової ознаки відповіді «так» надаються швидше, ніж відповіді «ні», як правою, так і лівою рукою. Порівняння ЛП однойменних відповідей обох рук показало, що відповіді «так» надаються швидше правою рукою, а відповіді «ні» – лівою, внаслідок чого різниця ЛП між «так» і «ні» для лівої руки менша, ніж для правої. Це вказує на легше перенесення інформації із лівої півкулі у праву, ніж у зворотному напрямку [10].

Проведений кореляційний аналіз зв'язків ЛП реакції на подразники з кардіологічними показниками при обох проходженнях тесту (Тест1 і Тест2) дозволив відібрати кардіологічні показники, які мали статистично значущі кореляційні зв'язки з ЛП реакцій, і на їх основі побудувати факторну модель (табл.).

Аналіз матриці показує, що психофізіологічні показники розділились на три фактори, кожен з яких ми пов'язуємо з певною функціональною системою. До фактору 1 (відсоток поясненої варіації – 48,52%) увійшли реакції «Так» правої та лівої руки при виконанні Тесту2, інтегральний показник ST-T у другому відведенні ЕКГ при всіх чотирьох станах, які досліджувались (стан спокою, два епізоди під час виконання тесту та стан після виконання тесту), та один з показників, на основі яких він розраховується (симетрія T за відношенням максимальних похідних), зареєстрований під час виконання тесту. Інтегральний показник ST-T зростає впродовж виконання тесту та ще деякий час після його завершення (рис.2). Ми вважаємо, що саме цей показник є надзвичайно чутливим індикатором фізіологічної ціни когнітивного напруження.

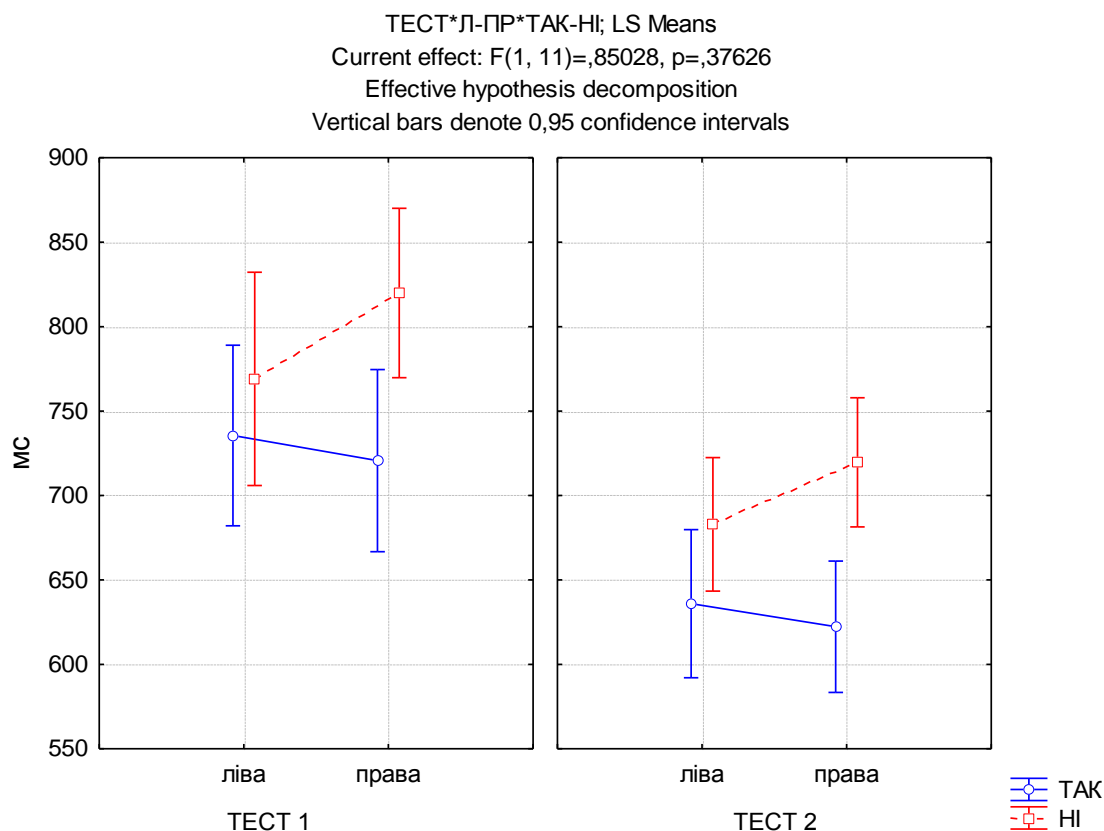


Рис. 1. Аналіз ANOVA ЛП реакції лівої і правої рук на збіг кольору слова і його семантичного значення (відповідь «так») та розбіжність (відповідь «ні») по групі ($n=13$) при проходженні тесту перший (Тест1) та другий (Тест2) раз.

Примітка: на рис. вказані середні значення і стандартна похибка.

До фактору 2 (відсоток поясненої варіації – 16,96%) увійшли реакції «Так» правої руки при виконанні Тесту1 та зсув сегмента ST при всіх чотирьох станах, які досліджувались (табл.).

Реакції «Так» правої руки відображають метаконтроль з боку центрального процесора лівої півкулі під час виконання когнітивного навантаження [10]. Тож можна припустити, що напруження центрального процесора впливає в першу чергу на функціональний стан міокарду, оскільки зсув сегмента ST розглядають як результат розладу збудження міокарду [11]. Цікаво, що власне зміни зсуву сегмента ST протягом чотирьох станів, які досліджувались, не є статистично значущими (рис. 3), на відміну від такого інтегрального показника функціонування серця, як ЧСС (рис. 4). Проте показники ЧСС не виявили зв'язку з ЛП реакцій при виконанні даного тесту, що може свідчити про існування різних підсистем вегетативного забезпечення мозкової діяльності. Глобальні зсуви функціонального стану, ймовірно, проявляються у змінах таких інтегральних показників, як LF/HF та ЧСС, тоді як більш тонкі механізми змінюють збудливість і скоротливу функцію міокарду.

До фактору 3 (відсоток поясненої варіації – 14,23%) увійшли ЛП обох типів реакцій лівої руки та реакції «Ні» правої руки при виконанні Тесту1, а також реакції «Ні» лівої руки при виконанні Тесту2, амплітуда зубця T та показник психологічного напруження. Оскільки відсоток поясненої варіації для цього фактору значно менший, ніж для першого, то можна стверджувати, що ці реакції також пов'язані із напруженням міокарда, але меншою мірою. Амплітуда зубця T в першому відведенні зменшувалась при виконанні тесту порівняно зі станом спокою (рис. 5).

Таблиця.

Факторні навантаження психофізіологічних та кардіологічних показників при проходженні комбінованого тесту Струпа
Factor Loadings (Varimax raw) Extraction:
Principal components (Marked loadings are $>.700000$)

	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3
Ліва «Так» Тест 1	0.33	0.38	0.78
Ліва «Ні» Тест 1	0.53	0.16	0.77
Права «Так» Тест 1	0.42	0.73	0.49
Права «Ні» Тест 1	0.11	0.45	0.87
Ліва «Так» Тест 2	0.71	0.49	0.40
Ліва «Ні» Тест 2	0.48	0.24	0.75
Права «Так» Тест 2	0.79	0.49	0.12
Права «Ні» Тест 2	0.53	0.37	0.27
LF/HF 1	-0.16	0.63	-0.37
Функціональний стан 1	-0.11	0.06	0.24
Зсув сегмента ST(I) 1	0.18	0.96	0.14
ST-T (II) 1	0.88	0.08	-0.09
Психологічне напруження 1	-0.03	-0.21	-0.83
Зсув сегмента ST(I) 2	0.06	0.96	0.24
Амплітуда зубця Т (I) 2	0.03	0.03	0.94
ST-T (II) 2	0.98	-0.03	0.15
Індекс співвідношення фаз ЕКГ2	0.37	0.29	0.19
Зсув сегмента ST (I) 3	0.07	0.96	0.17
Симетрія Т за відношенням максимальних похідних (I)3	-0.94	-0.15	0.04
ST-T (II) 3	0.91	-0.05	0.31
Амплітуда зубця Т (II) 3	0.58	0.26	0.36
Зсув сегмента ST(I) 4	0.08	0.98	0.12
Амплітуда зубця Т (I) 4	0.07	0.04	0.95
ST-T (II) 4	0.86	0.09	0.34
Expl.Var	6.96	5.97	6.21
Prp.Totl	0.29	0.25	0.26

Примітки: статистично значущі факторні навантаження ($>.70$) виділені жирним і більшим шрифтом. 1 – перед проходженням тесту; 2 – 1-10 хв проходження тесту; 3 – 11-20 хв проходження тесту; 4 – після тесту (період відновлення); I – перше відведення ЕКГ; II – друге відведення ЕКГ.

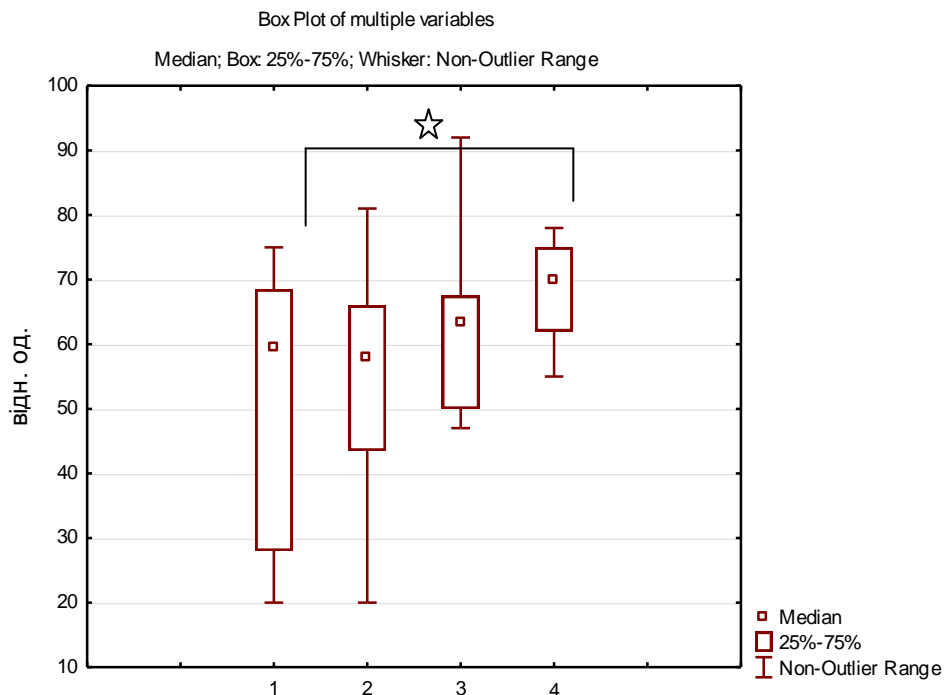


Рис.2. Інтегральний показник ST-T в другому відведенні на кожному етапі реєстрації ЕКГ. Примітки: На рис. вказані медіани та верхній і нижній кuartилі. 1 – перед проходженням тесту; 2 – 1-10 хв проходження тесту; 3 – 11-20 хв проходження тесту; 4 – після тесту (період відновлення); * – $p > 0.04$.

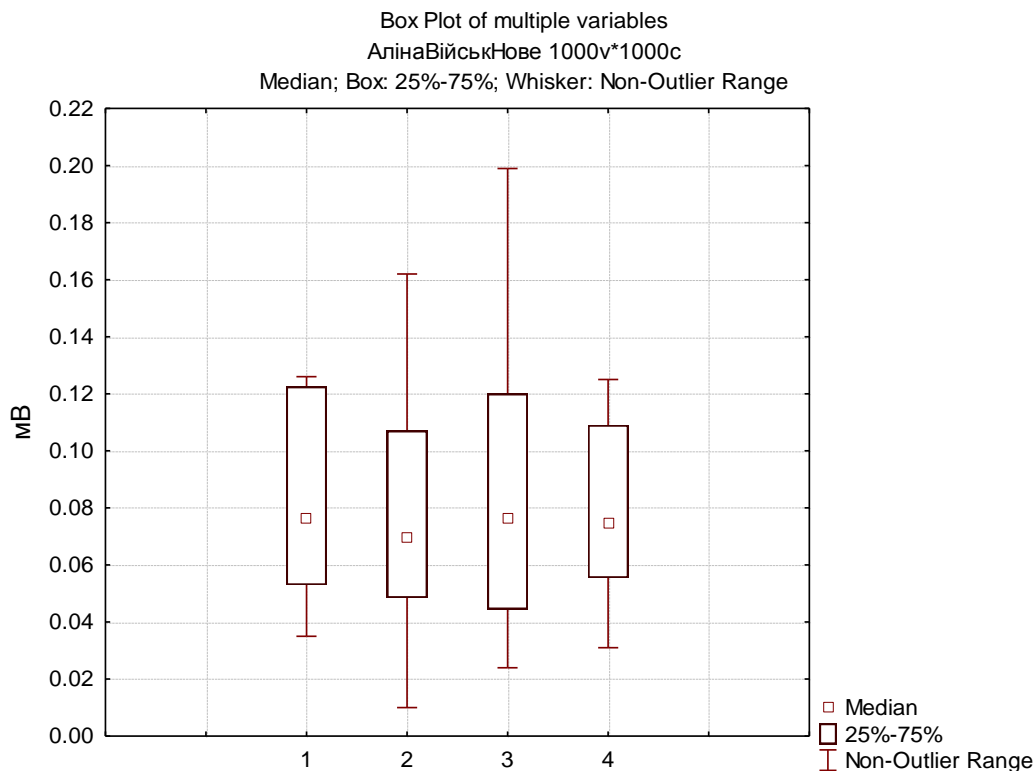


Рис.3. Зсув сегмента ST у першому відведенні ЕКГ відносно ізоїнії на кожному етапі реєстрації ЕКГ.

Примітки: див. рис.2.

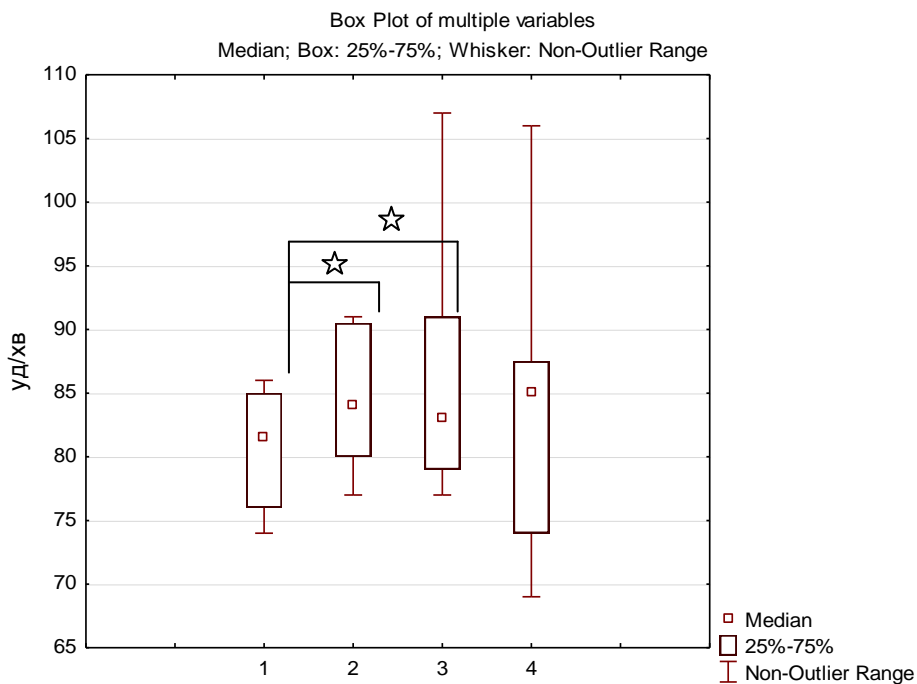


Рис.4. ЧСС на кожному етапі реєстрації ЕКГ.

Примітки: див. рис.2.; * – $p > 0.03$.

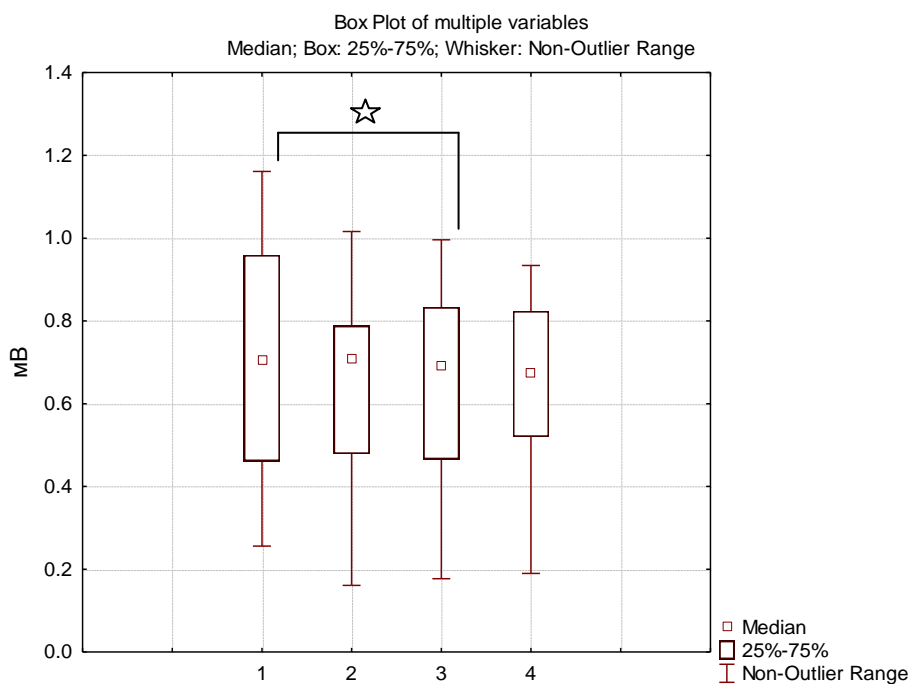


Рис.5. Амплітуда зубця Т в першому відведенні на кожному етапі реєстрації ЕКГ.

Примітки: див. рис.2.* – $p > 0.049$.

Отримані дані вказують на високу чутливість інтегрального показника ST-T (II) до зміни функціонального стану обстежуваних, а також підтверджують особливу роль лівої півкулі у формуванні психоемоційного напруження при виконанні когнітивного навантаження, в якості якого в даному випадку виступав комбінований тест Струпа.

Обмеження нашого дослідження: ми не можемо стверджувати, що виявлені нами особливості реагування серцево-судинної системи, а саме напруження міокарду, є специфічними реакціями саме учасників операції Об'єднаних сил (АТО). Допускаємо ймовірність того, що така реакція властива будь-яким людям при виконанні когнітивного навантаження. Відмінності можуть полягати в ступені цього напруження і його довгострокових наслідках. Для вирішення цих питань потрібні подальші дослідження із залученням більшої кількості обстежуваних із різним типом трудової і військової діяльності.

Висновки

Виконання завдань, які потребують тривалого утримання уваги та одночасно залучають дві сигнальні системи, а також міжпівкульне передавання інформації, із усіх кардіологічних показників, які досліджувались, найбільшою мірою впливають на функціональний стан міокарду, а саме – викликають підвищення напруження серцевого м'язу та, можливо, електричну неоднорідність. Оскільки аналіз інтервалу ST-T використовується в медицині для діагностики ішемічної хвороби серця, припускаємо, що концентрація на правильності та швидкості виконання завдання у учасників операції Об'єднаних сил (АТО) впливає на резервні функції міокарду, та в подальшому може стати передумовою розвитку порушень роботи серцево-судинної системи.

Література

1. Швець А.В., Лук'янчук І.А. Фізіолого-гігієнічна характеристика умов професійної діяльності військовослужбовців миротворчих контингентів ЗС України. *Проблеми військової охорони здоров'я: Збірник наукових праць Української військово-медичної академії*. Київ, 2006. Вип. 16. С. 382-387.
2. Hoge C.W., Castro C.A., Messer S.C., McGurk D., Cotting D.I., Koffman R.L.. Combat duty in Iraq and Afghanistan, mental health problems, and barriers to care. *New England Journal of Medicine*. 2004. Vol. 351. P. 13-22. doi: 10.1056/NEJMoa040603
3. Brusher E.A. Combat and Operational Stress Control. *Combat and Operational Behavioral Health*. 2007. Vol. 9(2). P. 111-122.
4. Burg M.M., Soufer R. Post-traumatic stress disorder and cardiovascular disease. *Curr Cardiol Rep*. 2016. 18(10):94. doi: 10.1007/s11886-016-0770-5.
5. Трінька І.С., Кальниш В.В., Швець А.В., Мальцев О.В. Особливості впливу чинників бойового середовища на військовослужбовців. *Військова медицина України*. 2016. Т. 16, № 2. С. 84-94.
6. Трінька І. С. Єщенко В.І., Кальниш В.В., Пишнов Г.Ю. Зберегти здоров'я солдата. *Оборонний вісник*. 2017. № 7. С. 24–29.
7. Clemente-Suarez V. J., Palomera P.R., Robles-Pérez J.J. Psychophysiological response to acute-high-stress combat situations in professional soldiers. *Stress Health*. 2018. V. 34 (2). P. 247-252. doi: 10.1002/smi.2778.
8. Кальниш В. В., Пишнов Г.Ю., Швець А.В. Вилікувати душу. *Оборонний вісник*. 2017. № 3. С. 20–25.
9. Dyball D., Evans S., Boos C.J., Stevelink S.A.M., Fear N.T. The association between PTSD and cardiovascular disease and its risk factors in male veterans of the Iraq/Afghanistan conflicts: a systematic review. *International Review of Psychiatry [Internet]*. 2019. 1:1-15. doi: 10.1080/09540261.2019.1580686.
10. Куценко Т. Міжпівкульне перенесення інформації при виконанні складного тесту Струпа із залученням просторової ознаки у правшів і лівшів. *Вісник Черкаського університету (серія Біологічні науки)*. 2017. №1. С.37-47.
11. Savonitto S., Ardissino D., Granger C.B. et al. Prognostic value of the admission electrocardiogram in acute coronary syndromes. *JAMA*. 1999. Vol. 281 (8). P. 707-713.

References

1. Shvets A.V., Lukianchuk I.A. (2006). Physiological and hygienic description of conditions of professional activity of soldiers of peacekeeping contingents of the Armed Forces of Ukraine. *Problemy viiskovoi okhorony zdorovia: Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi viiskovo-medychnoi akademii*.

- (*Problems of Military Health: Collection of scientific works of the Ukrainian Military Medical Academy*).16, 382-387. (in Ukr).
2. Hoge C.W., Castro C.A., Messer S.C., McGurk D., Cotting D.I., Koffman R.L. (2004). Combat duty in Iraq and Afghanistan, mental health problems, and barriers to care. *New England Journal of Medicine*, 351, 13-22, doi: 10.1056/NEJMoa040603.
 3. Brusher E.A. Combat and Operational Stress Control. (2007). *Combat and Operational Behavioral Health*, 9(2), 111-122.
 4. Burg M.M., Soufer R. (2016). Post-traumatic stress disorder and cardiovascular disease. *Curr Cardiol Rep.*, 18(10), 94. doi: 10.1007/s11886-016-0770-5.
 5. Trinko I.S., Kalnysh V.V., Shvets A.V., Maltsev O.V. (2016). *Features of the influence of combat environment factors on soldiers. Viiskova medytsyna Ukrainy. (Military Medicine of Ukraine)*. 16(2), 84-94.(in Ukr).
 6. Trinko I., Yeshchenko V., Kalnysh V., Pyshnov H. (2017) Save the soldier's health. *Oboronnyi visnyk. (Defensive Herald)*. 27, 24–29.(in Ukr).
 7. Clemente-Suarez V. J., Palomera P.R., Robles-Pérez J.J. (2018) Psychophysiological response to acute-high-stress combat situations in professional soldiers. *Stress Health.*, 34 (2), 247-252, doi: 10.1002/smi.2778.
 8. Kalnysh V., Pyshnov H., Shvets A. (2017). Cure the soul. *Oboronnyi visnyk. (Defensive Herald)*. 3,20–25.(in Ukr).
 9. Dyball D., Evans S., Boos C.J., Stevelink S.A.M., Fear N.T.(2019). The association between PTSD and cardiovascular disease and its risk factors in male veterans of the Iraq/Afghanistan conflicts: a systematic review. *International Review of Psychiatry [Internet]*, 1, 1-15, doi: 10.1080/09540261.2019.1580686.
 10. Kutsenko T. (2017). Interhemispheric transfer of information in performance of complex Stroop test involving spatial properties by right- and left-handers. *Vistnyk Cherkas'kogo Universytetu (Biological Sciences Series) (Cherkasy university bulletin: biological sciences series)*. 1, 37-47. (in Ukr).
 11. Savonitto S., Ardissino D., Granger C.B. et al. (1999). Prognostic value of the admission electrocardiogram in acute coronary syndromes. *JAMA*, 281,707-713.

Summary. *Kutsenko T., Pohrebna A., Nasiedkin D., Loza V., Pampuha I., Makarchuk M. The cardiovascular system reactions at the fulfillment of the combined Stroop test by participants of Joint Forces Operation (JFO).*

Introduction. *Military with post-traumatic stress disorder have a high probability of development of diseases of the cardiac system. It is important to investigate the cardiovascular system reactions of supposedly healthy participants in combat operations to the cognitive load – fulfillment of complex Stroop test.*

Purpose. *The aim of research was to estimate the effect of cognitive load during fulfillment of the combined Stroop test on the state of the cardiovascular system (by the indices of ECG and heart rate variability) for the participants of Joint Forces Operation (ATO).*

Methods. *The study involved 13 participants of Joint Forces Operation (ATO). Stimuli (the word "Green" or "Red", "Blue" or "Yellow" written in relevant or irrelevant color) were exposed on the right or left from the center of the screen. In the case of congruence the word and its semantic meaning should press one button by the ipsilateral hand ("yes"), while in the case of mismatch – the other button by the contralateral one ("no"). There were used two tests. In Test 1 there were exposed 160 stimulus, while in the Test 2 – 400 stimulus. Test 1 was needed for veteran's understanding the algorithm of the test. The latent periods of reaction (LP) and the number of errors were recorded.*

Results. *As a result of the correlation analysis of the LP of reactions with measured cardiological parameters, those of them that had statistically significant correlations with LP of reactions, were selected and a factor model based on them was constructed. The obtained data indicate the high sensitivity of the integral index of ST-T (II) and its components (ST segment shift and T wave amplitude) to the change in the functional state of the subjects, reflecting the tension of the myocardium, and also confirm the special role of the left hemisphere in the formation of psycho emotional stress in execution of cognitive load.*

Originality. *In this research was analyzed a wide range of cardiological parameters and connections of heart rate variability indices with the combined Stroop test parameters (by the original*

method), which allows to evaluate the interhemispheric interaction. The influence of the cognitive load on the myocardium functional state is demonstrated on the basis of factor model. The integral indicator ST-T allocated as the main cognitive stress marker.

Conclusion. *Completing tasks that require long-term attention with simultaneously involving two signaling systems and interhemispheric transmission of information, have the greatest impact on the functional state of the myocardium, namely – causing an increase in tension of the heart muscle. The ST-T interval analysis is used in medicine for the diagnosis of coronary heart disease. We assume that the concentration on the correctness and speed of the task fulfillment by participants of Joint Forces Operation (ATO) affects the reserve function of the myocardium, and in the future may become a prerequisite for the development of cardiovascular system disorders.*

Keywords: *task of Stroop, integral indicator ST-T, combat veterans, extreme conditions.*

Одержано редакцією 10. 02. 2019

Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК 612.821

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-49-58

Макаренко М. В., Лизогуб В. С.¹

Луцький інститут розвитку людини Університету «Україна»

¹НДІ фізіології ім. Михайла Босого

Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ І КЛАСИФІКАЦІЇ ВЛАСТИВОСТЕЙ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

На основі розгляду літературних джерел та результатів власних досліджень зроблено аналіз стану структури і класифікації властивостей нервової системи. У фізіології вищої нервової діяльності, диференціальній психології та психофізіології на сьогодні загально визнаними є 4 властивості: сила процесів збудження і гальмування, зрівноваженість, рухливість та функціональна рухливість.

Ключові слова: основні властивості нервової системи, фізіологія вищої нервової діяльності, диференціальна психофізіологія.

Основним предметом вивчення індивідуальних відмінностей між людьми і зв'язаних з ними поведінковими реакціями у вітчизняній диференціальній психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності (ВНД) являються основні властивості нервової системи. Поняття про властивості нервової системи, як провідних параметрах психофізіологічної організації індивідуальності, введено в фізіологію І. П. Павловим і стало, безсумнівно, одним із найбільших досягнень павловської школи. Це дало можливість розвернути плідотворну експериментальну роботу всім тим науковцям, які мали об'єкт аналізу індивідуальні особливості поведінки та реагування. Саме павловський підхід вивчення індивідуальних особливостей відрізняє вітчизняну диференціальну психофізіологію від фізіології і психофізіології Заходу, де перевага їх вивчення віддається прояву особистісним властивостям, відриваючи їх від фізіологічної основи.

Перші роботи І. П. Павлова з цього напрямку з'явилися ще в 1920-х роках і впритул до 1950-х років ця проблема була прерогативою фізіологів, які вивчали ВНД з використанням умовнорефлекторних методик і в основному на тваринах. На межі 1950 – 1960-х років, дякуючи зусиллям Б.М. Теплова, а потім В. С. Мерліна [30] та Б. Г. Ананьєва [1, 2], які створили свої школи диференціальної психофізіології, основними властивостями нервової системи почали займатись і психологи. Послідовники їх поглядів М. Н. Борисова [4,5], Э. А. Голубева, Л. А. Шварц [7], К. М. Гуревич [8], Л. Б. Єрмолаєва-Томіна [9], Є. А. Клімов [13], Н. С. Лейтес [17], В. Д. Небиліцин [31, 32], І. М. Палей [35], В. І. Равич-Щербо [37, 38], В. М. Русалов [39] та ін. значно просунули вивчення даної проблеми, що знайшло відображення в п'ятьох монографіях «Типологические особенности высшей нервной деятельности человека» [47], які видані під редакцією Б.М. Теплова, та в багатьох наукових працях. Згідно І. П. Павлова в оцінці ознаки індивідуальності домінуюча роль відводиться центральній нервовій системі з рядом властивостей, характеризуючи генеруємі в її структурах процеси збудження та гальмування. Ідея властивостей основних нервових процесів стала основою об'єктивного вивчення індивідуально-типологічних особливостей людини і тварин, отримала благодатну підставу для свого розвитку в фізіології, психології, медицині і педагогіці. Пізніше вона трансформувалась в концепцію чотирьох типів ВНД, що надзвичайно вдало співпало з античною класифікацією темпераментів (слабкий тип – меланхолік; сильний, незрівноважений тип

– холерик; сильний, зрівноважений, рухливий тип – сангвінік та сильний, зрівноважений, інертний – флегматик).

Як вказує Є. П. Ільїн [12], класифікацію чотирьох типів Б. М. Теплов, не дивлячись на її зовнішню злагодженість (структурність) та простоту, вважав такою, що затаїла в собі глибокі внутрішні протиріччя. Основні із них можна охарактеризувати наступним чином. Вказані І. П. Павловим сполучення типологічних особливостей в проявленні властивостей нервової системи зустрічаються надто рідко. Це розумів і сам І. П. Павлов, так як на одній із «сред» говорив про проміжні типи і вважав, що їх може бути і декілька десятків. Також у нього не було однакового підходу до виділення типу. В одному випадку мова йшла про три типологічні особливості, в другому – про дві, а в третьому – взагалі про одну: слабкість нервової системи. Крім того, отримані в лабораторії психофізіології дані показали: сильний незрівноважений тип (холерик) характеризується не сильною нервовою системою, а навпаки її слабкістю. Тобто, особи із слабкою нервовою системою мають вищу збудливість. А запропоновані нові виділені сполучення типологічних особливостей не вписувалися у павловську класифікацію. І, на кінець, психологічні характеристики людини, що проявляються в її поведінці, діяльності, спілкуванні повинні були виводитись безпосередньо із фізіологічних феноменів – особливостей протікання нервових процесів, без всяких проміжних психофізіологічних якостей, до яких відносяться мотиви, нахили, задатки, здібності та ін.

Б. М. Теплов, як про це писав В. Д. Небиліцин ще у 1956 році, критикуючи класифікацію типів зауважував, що бажання звести всі типи варіації до чотирьох основних, а в кращому випадку переходам між ними, не може сприяти успіху досліджень. Орієнтація на чотири типи ВНД (яка, доречі, існує і до цього часу у підручниках з фізіології, психології та педагогіки і навіть випусків останніх років) стала гальмувати розвиток диференціальної психофізіології. Неодноразово повертаючись до цього, Б. М. Теплов [41, 45] наголошував, що вивчення основних властивостей нервової системи має більший науковий смисл, ніж визначення типів, і що ніяка науково обґрунтована типологічна класифікація неможлива до того часу, доки не будуть вивчені в деталях питання бази цієї класифікації – основні властивості нервової системи. Підґрунтям для таких міркувань були і виявлені в його лабораторії сполучення типологічних особливостей, які не можна було віднести ні до якої варіації павловської класифікації. А ще проблема ускладнилась, коли в лабораторії стали відкривати нові властивості: лабільність, динамічність, активованість, концентрованість. На той час в лабораторії перестали займатись типами ВНД по І. П. Павлову – і теоретично і методично (умовнорефлекторні методики вивчення властивостей нервової системи були замінені на методики, зв'язані з реакціями людини на різні стимули). Правда, в останні роки робились спроби відродження вивчення типів темпераменту, ув'язуючи їх із спеціально людськими типами (мислиневий, художній та проміжний) за І. П. Павловим (по перевазі першої чи другої сигнальної системи), а перші і другі – із властивостями нервової системи [36]. Основними проблемами в цей період було вивчення методів діагностування властивостей нервової системи, фізіологічного змісту цих властивостей, принципів організації та значення їх як факторів індивідуальної поведінки.

Із критичного аналізу експериментального матеріалу школи І. П. Павлова і його послідовників, а також напрацювань в лабораторії Б. М. Теплова, слідує загальний висновок, що центральною проблемою вчення про типи є не застосування готової схеми до вивчення питань прикладного характеру, а детальне вивчення природи і змісту основних властивостей нервової системи, визначення їх структури і характеру взаємовідношень і лише як результат всього цього – постановка питання про можливі комбінації властивостей нервової системи, в тому числі «типичних» та класифікації типів ВНД, якщо така взагалі стане можливою.

В літературі з фізіології ВНД поняття тип застосовується в двох значеннях: тип як комплекс основних властивостей нервових процесів і тип як характерний зразок, картина поведінки тварини чи людини. Ми свідомо не зачіпали в роботі зміст характеру цих понять і взаємин між ними: це окрема тема і зупинились на проблемі типу ВНД, як комплексі основних властивостей нервових процесів – збудження та гальмування, а точніше на структурі та класифікації властивостей основних нервових процесів.

Вікова історія вивчення ВНД тварин та людини і особливо після глибокого аналізу Б. М. Тепловим експериментальних матеріалів школи І. П. Павлова привели його до зважливого перегляду як багатьох закоренілих поглядів теорії типології, про окремих із яких вказано вище, так і до павловського положення про основні властивості нервової системи як головних параметрах її (нервової системи) функціональної організації, та необхідності більш детального їх вивчення. Іншими словами – це означає вивчення властивостей нервової системи замість типів [42 - 44].

Уперше думку про значення властивостей нервових процесів в індивідуальній поведінці тварин висловив І. П. Павлов у 1909 році. Уже тоді він вважав можливим і правомірним перенесення установлених в дослідах на собаках типів нервової системи на людину [33]. Проте лише в 1927 році ним була запропонована перша систематизація типів ВНД. В основу виділення того чи іншого типу була покладена швидкість вироблення та зміцнення умовних рефлексів, а також врівноваженість їх між собою.

Згідно теорії І. П. Павлова збуджувальний та гальмівний процеси характеризуються трьома основними властивостями: силою, зрівноваженістю та рухливістю, вважаючи їх поряд розташованими, не поділяючи на первинні чи вторинні (основні та другорядні). Хоча в працях 1930-х років він говорив уже не просто про зрівноваженість збудження та гальмування, а їх зрівноваженість по силі нервових процесів, що призвело до необхідності вважати вихідними (початковими), первинними силу нервової системи по збудженню та силу нервової системи по гальмуванню, а баланс між ними розцінювати як вторинну властивість, похідну від первинних.

Наступним кроком, як пише Є. П. Ільїн [12], було роз'яснення В. К. Красуським [16] балансу рухливості збудження та гальмування. Від балансу по силі він відмовився, не знаходячи надійного способу виявлення сили гальмівного процесу. Найбільш повну і гіпотетично гармонійну структуру властивостей нервової системи запропонував В. Д. Небиліцин [31, 32]. Віднісши врівноваженість нервової системи до вторинної властивості, до основної увійшли сила та рухливість за І. П. Павловим і лабільність – за Б. М. Тепловим, а також нова властивість названа В. Д. Небиліциним динамічністю. Таким чином, в структуру властивостей основних нервових процесів за В. Д. Небиліциним увійшло 8 первинних (основних) з урахуванням, що кожне відноситься і до збудження, і до гальмування та 4 вторинних (додаткових) – всього 12 властивостей.

Проте до даної класифікації з'явилося ряд заперечень, чітко на які вказує Є. П. Ільїн [12]. Одним із них є відсутність методик виявлення сили процесу гальмування. Спроби виявлення даної властивості за допомогою опитувальників були невдалими. Наступним запереченням слугує те, що лабільність, як властивість нервової системи, не може розглядатись з кожним із процесів збудження чи гальмування – окремо, бо вона поєднує в собі швидкість перебігу і одного, і другого. Тобто, говорити про лабільність гальмування і лабільність збудження навряд чи можливо. Запереченням до даної класифікації властивостей ВНД слід віднести і питання наявності в ній властивості динамічності. В динамічність автор вкладав швидкість утворення тимчасових умовно-рефлекторних зв'язків, швидкість формування збудження та гальмування функціональних систем, швидкість навчання. Саме в перерахованих ним якостях динамічності і скриваються протиріччя: виникнення збудження в нервових

центра – це одно, а навчання – друге. Чи вироблення умовного рефлексу, яке залежить від стійкості збудження в нервових центрах, від фізіологічної сили та роду подразників і т.д., а швидкість появи нервових процесів – це лиш один із проявів властивостей сили нервової системи. Тому приписувати такий складний процес одній властивості (динамічності) не є оправданим. Ще в 1979 році Є. П. Ільїн писав, що виведення із синдрому сили (тобто комплексу критеріїв) швидкості утворення умовних рефлексів було зроблено без достатніх підстав (очевидно це розумів і Б. М. Теплов, так як він жодного разу не згадував у своїх працях властивість динамічність). Більшість експериментальних даних свідчить про те, що швидкість утворення умовних рефлексів у людини та легкість генерації збудливого процесу вище у осіб із слабкою нервовою системою. Взагалі термін динамічність поступово зникає із наукових статей по диференціальній психофізіології та фізіології ВНД.

Невдалою виявилась і спроба М. Н. Борисової виділити бистроту іррадіації і концентрації (за латентним періодом сенсомоторного розрізнення) у самостійну властивість концентрованість [4], як і спроба І. М. Палей [35] та Є. О. Голубевої [6] виділити рівень неспецифічної активації у властивість активованість. Ці властивості не отримали достатніх наукових аргументів. До типологічних властивостей ВНД О. С. Батуєв [3] відносить властивості, які характеризуються екстра-інтраверсією, емоційною стабільністю-нейротизмом та рухливістю чи інертністю нервових процесів. Слід гадати, що під першими двома властивостями автор розуміє не що інше як силу нервових процесів та зрівноваженість.

Ми уже звертали увагу, що найбільш глибокий аналіз робіт павловської школи та наявних в той час з вивчення основних властивостей нервової системи був здійснений Б. М. Тепловим. Зокрема щодо класифікації прояву властивості рухливість він прийшов до висновку, що під рухливістю в широкому значенні цього терміну розуміються всі часові характеристики роботи нервової системи, всі сторони цієї роботи, до яких придатна категорія швидкості. Лише ця ознака об'єднує всі сторони поняття рухливості, яка висловлена різними авторами та всі у вищій мірі різнобічні показники рухливості [46]. Ним була висловлена гіпотеза, що індикатори рухливості аж ніяк не є єдиними з точки зору їх нейрофізіологічних механізмів і що вони відображають більше ніж одну властивість нервової системи. Більше того з'ясувалось, що деякі ознаки рухливості є не такими простими за своїм фізіологічним змістом і тому, очевидно, не можуть слугувати однозначними показниками ні рухливості, ні якої-небудь другої властивості нервової системи. До того ж із праць І. П. Павлова останніх років («Експериментальна патологія вищої нервової діяльності», «Загальні типи вищої нервової діяльності тварин і людини») слідує, що поняття рухливість він розумів у двох значеннях: в загальнобіологічному – як швидкість переходу від одного процесу до протилежного, тобто від збудження до гальмування та від гальмування до збудження у відповідності із змінами середовища, та в загальнофізіологічному – як швидкість виникнення, протікання і припинення основних нервових процесів. Уже тоді в окремих працях було показано, що ці сторони рухливості чітко не зв'язані одна з другою і тому, слід вважати, характеризують якісь незалежні одне від іншої якості нервової системи.

Згідно гіпотези Б. М. Теплового передбачалось зведення до розподілу властивості рухливості хоча би на дві самостійні: власне рухливість, яка характеризується здатністю нервової системи здійснювати переробку знаків умовних сигналів, та лабільність, яка відбиває швидкість появи і припинення нервового процесу. Подальшими роботами співробітників його лабораторії (Є. О. Голубева [6], Є. О. Голубева та Л. О. Шварц [7], В. Д. Небиліцин [31, 32] і багатьох інших) була підтверджена вона (гіпотеза) про лабільність нервових процесів як самостійну властивість ВНД. Але слід зазначити, що важливим моментом при вивченні

властивостей нервової системи, як і любих інших, являється адекватність методик поставленим задачам. На нашу думку, не дивлячись на запропоновану гіпотезу Б. М. Теплова і підтверджену окремими співробітниками, як і М. В. Макаренко [18, 19, 23], наявності властивості лабільності і діагностуємої за кількістю відтворення частоти сигналів (по КЧСМ), більше відповідає лабільності М. Є. Введенського – О. О. Ухтомського.

Ми вважаємо, що для виявлення властивостей основних нервових процесів повинні застосовуватись методики, направлені на визначення функціонування аналітико-синтетичної діяльності, зв'язаної з переробкою різномодальної інформації по диференціюванню позитивних та гальмівних сигналів, тобто включати як збуджувальні, так і гальмівні акти, чого саме і не достає в методиці Б. М. Теплова. Тому, мабуть, властивість лабільності не може бути представлена в структурній класифікації властивостей нервової системи як основна в ряду інших, запропонованих І. П. Павловим.

Обґрунтуванню фізіологічної сутності змісту рухливості нервових процесів, як однієї із основних, надзвичайно складної і багатофакторної властивості нервової системи присвячені і роботи М. В. Макаренка [18, 19, 21 – 24, 26 – 29]. Передумовою цього слугували дані, отримані ним при вивченні властивостей ВНД у дрібних лабораторних тварин в онтогенезі при різних станах ендокринної системи (гіпер – та гіпофункції щитовидної залози, видалення статевих залоз та ін.); вивчення індивідуально типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи у собак, оживлених після різних строків та видів клінічної смерті (електротравма, крововтрата, утоплення в солоній воді), при порушенні мозкового кровотоку шляхом перерізів магістральних судин, дії наркозу, дефібриляції та ін.) і, безумовно, експериментальні матеріали з вивчення властивостей ВНД на людині. Діагностування властивостей на тваринах здійснювалось за допомогою умовно-рефлекторних методик з використанням тестів великого та малого стандартів [16, 15], на людині – з використанням методик, розроблених М. В. Макаренко [20, 21, 24, 26 – 29] і реалізованих в його приладах ПНН – 3 (прилад нервової напруги), ПНДО (прилад нерво динамічних обстежень) та комп'ютерних системах («Пошук», «Прогноз», «Славутич», «Діагност»). Результати обробки і аналізу отриманого матеріалу та літературних даних дозволили йому запропонувати нову властивість, названу функціональною рухливістю нервових процесів.

Під функціональною рухливістю автор розуміє здатність вищих відділів центральної нервової системи забезпечувати максимально можливий для даного індивідуума рівень швидкодії з виконання розумового навантаження по безпомилковому диференціюванню позитивних та так званих гальмівних умовних сигналів, які слідують один за другим і, отже, вимагають як екстреного переключення дій, так і частой зміни в часі збудливого процесу гальмівним і навпаки. Кількісним індикатором рівня функціональної рухливості прийнято вважати можливу частоту пред'явлення і переробки позитивних та гальмівних подразників із зміною напрямку реагування та пред'явлень. За уявленням М. В. Макаренка дана властивість відображає комплексну реакцію нервової системи і включає в себе швидкість виникнення та припинення збудження, швидкість руху нервового процесу, бистроту відновлення та функціональну готовність рефлекторного апарату до нової реакції, іррадіацію і концентрацію, швидкість центральної обробки інформації (останнє є надзвичайно важливим для розуміння фізіологічної сутності змісту поняття функціональної рухливості) і т.д. Функціональна рухливість має високо генетично детерміновану природу. Як показано на близнюках [25], коефіцієнт Хольцінгера, що характеризує ступінь наслідування признаку, становив 0,83 одиниці у монозиготних осіб, в той час як у дізиготних він дорівнював 0,10 одиниць.

Властивість функціональна рухливість узгоджується з властивістю рухливості нервових процесів у розумінні І. П. Павлова, але і не суперечить властивості лабільності за М. Є. Введенським – О. О. Ухтомським, хоча і має відповідні відмінності, оскільки представляє швидкісну реакцію цілісної системи, а не конкретного нервового субстрату: нерва, нервового центру і т.п., та відображає здатність нервової системи здійснювати за одиницю часу відповідну кількість робочих циклів збудливих та гальмівних актів. Ці ж особливості відрізняють її і від властивості лабільності в трактовці Б. М. Теплова. Для обґрунтування самостійності властивості функціональна рухливість нервових процесів М. В. Макаренко використав експериментальні дані, отримані на великій кількості одних і тих же осіб однорідного контингенту (за статтю, віком, умовами побуту, освітою та ін.), одними і тими ж методиками (але для кожної властивості «своя»). Так, виявлення властивості лабільності в розумінні М. Є. Введенського – О. О. Ухтомського здійснено за показниками КЧСМ, рухливості нервових процесів в трактовці І.П.Павлова – за результатами умовно-рефлекторної методики переробки рухових реакцій, а властивості функціональна рухливість нервових процесів в термінології М.В.Макаренка – за показниками рівня швидкодії по диференціюванню позитивних та гальмівних сигналів різного ступеня складності. Результатом даних обстежень була відсутність вірогідного зв'язку між отриманими рядами перемінних, як і відсутність відмінностей між ними у груп, розподілених за рівнем функціональної рухливості, що розглядається автором як прояв самостійності кожної із досліджуваної властивості – лабільності, рухливості (власне рухливості) та функціональної рухливості. Припускаємо, що перераховані властивості відбивають різні сторони функціонування нервової системи і, отже, не можуть бути одними і тими ж типологічними властивостями ВНД. Зміст поняття сили нервових процесів, як однієї із основних індивідуально-типологічних властивостей, залишається незмінним із часів І. П. Павлова. Ми, як і І. П. Павлов та Б. М. Теплов, дотримуємось думки, що сила нервових процесів характеризується працездатністю головного мозку, яка проявляється в її здатності витримувати довготривале та концентроване збудження чи дію дуже сильного, але короткотривалого подразника, не переходячи в стан позамежного гальмування (для збуджувального процесу), а стосовно гальмівного – в його здатності витримувати довготривале та надмірне напруження. Відмінності в працездатності головного мозку (силі нервових процесів) І. П. Павлов пояснював наявністю в мозкових клітинах більшої чи меншої кількості гіпотетичної «подразнювальної речовини», яка витрачається в процесі її діяльності. Уявлення І. П. Павлова про «подразнювальну речовину» можуть бути конкретизовані на основі іонної теорії збудження, яка оперує конкретними результатами сучасних фізико-хімічних експериментів відносно механізмів збудження та гальмування в центральній нервовій системі [34, 46]. Стосовно властивості зрівноваженості процесів збудження і гальмування, то не дивлячись на те, що вона була першою в павловській класифікації, але до цього часу являється самою мало вивченою: ми не знаємо способів визначення сили процесу гальмування і судимо не про переваги збудження чи гальмування, а який із процесів бере верх над іншим (по традиції називаємо це зрівноваженістю: так зручніше). В останні десятиріччя робляться окремі спроби глибше розібратись в фізіологічній сутності даної властивості, ведеться накопичення експериментального матеріалу [26 – 29], але наукових розробок з цих питань становиться все менше і менше.

Загальним висновком представленим матеріалам може бути наступне. На сьогодні в фізіології ВНД та диференціальній психофізіології загально прийняті в павловській термінології властивості слід доповнити новою, запропонованою М. В. Макаренко, і таким чином, структуру властивостей нервової системи слід розглядати як чотирьох компонентну, що включає силу, рухливість, зрівноваженість та функціональну рухливість. Найбільш вживаними в наукових експериментах та

методичних розробках на практиці застосовується властивість функціональна рухливість та сила нервових процесів.

Література

1. Ананьев Б.Г. О проблемах современного человекознания. М. : Наука, 1977. 380 с.
2. Ананьев Б.Г. Человек как предмет познания. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1969. 339 с.
3. Батуев А.С. Высшая нервная деятельность. М. : Высшая школа, 1991. 256 с.
4. Борисова М.Н. О соотношении концентрированности нервных процессов с их интенсивностью и силой нервной системы. *Пробл. диффер. психофизиол.* М. : Педагогика, 1977. С. 12–19.
5. Борисова М.Н., Гуревич К.М., Ермолаева-Томина Л.Б., Колодная А.Я., Равич-Щербо И.В., Шварц Л.А. Материалы к сравнительному изучению различных показателей подвижности нервной системы у человека. *Типологические особенности высш. нервн. деят. человека.* М. : Изд-во АПН РСФСР, 1963. Т. 3. С. 180–201.
6. Голубева Э.А. Биологические показатели индивидуального уровня реакции активации или свойства активированности. *Научн. тр. Свердл. пед. ин-та по вопросам психологии активности и саморегуляции личности.* 1976. № 281. С. 14–29.
7. Голубева Э.А., Шварц Л.А. Соотношение биоэлектрических показателей подвижности с критической частотой мельканий и скоростью восстановления световой чувствительности. *Типологические особенности высш. нервн. деят. человека.* М. : Просвещение, 1965. Т. 4. С. 130–140.
8. Гуревич К.М. Последствие положительных и тормозных раздражителей в двигательной реакции *Типологические особенности высш. нервн. деят. человека.* М. : Изд-во АПН РСФСР, 1963. Т. 3. С. 240–247.
9. Ермолаева-Томина Л.Б. Концентрированность внимания и сила нервной системы. М. : Изд-во АПН РСФСР, 1959. Т. 2. С. 92–106.
10. Ильин Е.П. Свойство баланса по величине возбуждения и торможения и методы его изучения *Психофизиологические основы физического воспитания и спорта.* Л., 1972. С. 37–57.
11. Ильин Е.П. О методических подходах изучения взаимосвязи свойств нервной системы с особенностями поведения и эффективностью деятельности человека / Е.П. Ильин *Проблемы индустриальной психологии.* Ярославль, 1976. С. 42–50.
12. Ильин Е.П. Психология индивидуальных различий. СПб. : Питер, 2004. 701 с.
13. Климов Е.А. Индивидуальный стиль деятельности в зависимости от типологических свойств нервной системы. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1969. 273 с.
14. Колесников М.С., Трошихин В.А. Малый стандарт испытания для определения типа высшей нервной деятельности собак. *Журн. высш. нервн. деят.* 1951. вып. 5. С. 739–743.
15. Костюк П.Г. Физиология центральной нервной системы. Киев : Вища школа, 1971. 290 с.
16. Красуский В.К. Методика оценки свойств нервных процессов у собак, принятая в лаборатории физиологии и генетики типов высшей нервной деятельности. *Журн. высш. нервн. деят.* 1963. вып. 1. С. 165–176.
17. Лейтес Н.С. К вопросу о типологических различиях в последствии возбуждательного и тормозного процесса. *Типологические особенности высш. нервн. деят. человека.* М. : Изд-во АПН РСФСР, 1956. С. 182–206.
18. Макаренко Н.В. Критическая частота световых мельканий и переделка двигательных навыков. *Физиол. человека.* 1995. Т. 21, № 3. С. 13–17.
19. Макаренко Н.В. Лабильность нервной системы у лиц с различным уровнем функциональной подвижности нервных процессов. *Физиол. человека.* 1990. № 2. С. 51–57.
20. Макаренко М.В. Методика проведения обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини. *Фізіол. журн.* 1999. № 4. С. 125–131.
21. Макаренко М.В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми. К. : Ін-т фізіології ім.О.О.Богомольця НАН України, Науково-дослідний центр гуманітарних проблем Збройних Сил України. 2006. 395 с.
22. Макаренко Н.В. Переделка двигательных реакций и функциональная подвижность нервных процесов. *Физиол. человека.* 1990. № 5. С. 50–55.
23. Макаренко Н.В. Связь между КЧСМ, переделкой двигательных реакций и максимальной скоростью переработки информации как критериями подвижности нервных процессов. *Актуальні проблеми фізіології : тези доповідей наук. конф., присвяч. 150-річчю кафедри фізіол. людини та тварин Київ. ун-ту ім. Т.Г.Шевченка.* К. :Либідь. 1992. С. 66–67.
24. Макаренко М.В. Швидкість переробки інформації - як критерій властивості функціональної рухливості нервових процесів. *Вісник Національної академії оборони України.* Збірник наукових праць. К., 2009. С. 94–101.

25. Макаренко Н.В., Березовский В.А., Майдигов Ю.Л., Киенко В.М., Кольченко Н.В. Исследование наследственной обусловленности некоторых показателей нейродинамических и психомоторных функций, а также личностных особенностей человека. *Физиол. журн.* 1987. № 2. С. 3–9.
26. Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Безкопильний О.П. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини. Мін-во оборони України, Мін-во освіти і науки України. Київ-Черкаси, 2014. 102 с.
27. Макаренко М.В., Лизогуб В.С. Реакція на рухомий об'єкт як тест на визначення зрівноваженості нервових процесів. *Вісник національного університету оборони України.* 2015. 1 (44). С. 142–147.
28. Макаренко Н.В., Лизогуб В.С. Устойчивость двигательной реакции – как один из критериев уравновешенности нервных процессов. *Актуальные проблемы транспортной медицины.* Одесса, 2015. № 4. т. 1. С. 93–97.
29. Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Савицький В.Л., Чижик В.В. Так що ж ми виявляем за допомогою тесту реакції на рухомий об'єкт – РРО? *Індивідуальні психофізіологічні особливості людини та професійна діяльність.* VI всеукр. наук.-практ. конфер. Черкаси, 20–22 вересня 2017 р. Тези доповідей. Черкаси, 2017. С. 51–52.
30. Мерлин В.С. Очерк интегрального исследования индивидуальности человека. М. : Педагогика, 1986. 256 с.
31. Небылицин В.Д. Основные свойства нервной системы человека. М. : Просвещение, 1966. 384 с.
32. Небылицин В.Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий. М.: Наука, 1976. 336 с.
33. Павлов И.П. Общие типы высшей нервной деятельности животных и человека. Полн. собр. соч. М., Л. : Изд.-во АН СССР, 1951. Т. 3. кн. 2. С. 267–293.
34. Павлов И.П. Полное собрание сочинений. 2-е изд. М., Л. : Изд.-во АН СССР, 1951. Т. 3, кн. 2. 439 с.
35. Палей И.М. Вопросы психофизиологической структуры в связи с гипотезой U образной зависимости эффективности функций возбуждения и торможения от активации. В. кн.: *Теория и прикладная психология в Ленинградском ун-те.* Л. : Изд.-во ЛГУ, 1969. С. 71–73.
36. Печенков В.В. Проблемы индивидуальности: общие и специально человеческие типы ВНД. *Способности. К 110-летию со дня рождения Б.М.Теплова.* Дубна: Феникс, 1997. С. 189–217.
37. Равич-Щербо И.В. К вопросу о природе психофизиологических основ индивидуальности. *Вопросы дифференциальной психофизиологии в связи с генетикой:* материалы всесоюзного симпозиума. Пермь, 1976. С. 61–70.
38. Равич-Щербо И.В. Соотношение скорости возникновения и скорости прекращения нервных процессов как показателей подвижности нервных процессов. *Вопросы психологии.* 1959. № 5. С. 97–103.
39. Русалов В.М. Биологические основы индивидуальности-психологических различий. М. : Наука, 1979. 352 с.
40. Серков Ф.Н. Корковое торможение. Киев : Наукова думка, 1986. 248 с.
41. Теплов Б.М. Исследование свойств нервной системы как путь к изучению индивидуально-психологических различий / Б.М.Теплов В кн.: *Психологическая наука в СССР.* М., 1960. Т. 2. С. 3–46.
42. Теплов Б.М. Некоторые вопросы изучения общих типов высшей нервной деятельности человека и животных. *Типологич. особенности высш. нервн. деят. человека.* М. : Изд-во АПН РСФСР, 1956. Т. 1. С. 5–23.
43. Теплов Б.М. Новые данные по изучению свойств нервной системы человека. М., 1963. Т. 3. С. 3–46.
44. Теплов Б.М. О понятии слабости и инертности нервной системы. 1955. № 6. С. 3–15.
45. Теплов Б.М. Проблемы индивидуальных различий. М. : Изд-во АПН РСФСР, 1961. 536 с.
46. Теплов Б.М. Современное состояние вопроса о типах высшей нервной деятельности человека и методиках их определения. Труды VII Международн. конгр. антропологич. и этнографич. наук (М., 3 – 10 августа 1964 г.). М., 1964. Т. 1. С. 373–379.
47. Типологические особенности высшей нервной деятельности человека / Под ред. Б.М.Теплова. – Т.1, 1956; Т.2, 1959; Т.3, 1963; Т.4, 1965; Т.5, 1967. Изд-во АПН РСФСР.

References

1. Ananyev, B.G. (1977). About the problems of modern human science. 380. (in Rus)
2. Batuev, A.S. (1991). Higher nervous activity. 256. (in Rus)
3. Borisova, M.N. (1977). About the ratio of the concentration of nervous processes with their intensity and strength of the nervous system. *Problemyi differintsealnoy psihofiziologii. (The Problems of Differential Psychophysiology).* 9. 12 – 19. (in Rus)
4. Borisova, M.N., Gurevich, K.M., Ermolaeva-Tomina, L.B., Kolodnaya, A.Ya., Ravich-Scherbo, I.V., Shvarts L.A. (1963). Materials for a comparative study of various indicators of the mobility of the nervous

- system in humans. *Tipologicheskie osobennosti vysshey nervnoy deyatel'nosti cheloveka. (Typological Features of the Higher Nervous Activity of Human)*. 3. 180 – 201. (in Rus)
5. Holubeva, E.A. (1976). Biological indicators of individual level of activation reaction or activation property. *Nauchnyye trudy Sverdlovskogo pedagogicheskogo instituta po voprosam psikhologii aktivnosti i samoregulyatsii lichnosti. (Scientific Works of the Sverdlovsk Pedagogical Institute on the Psychology of Activity and Self-regulation of Personality)*. 281. 14 – 29. (in Rus)
 6. Holubeva, E.A. (1965). The ratio of bioelectric mobility indicators with a critical frequency of flickering and the speed of recovery of light sensitivity *Nauchnyye trudy Sverdlovskogo pedagogicheskogo instituta po voprosam psikhologii aktivnosti i samoregulyatsii lichnosti. Nauchnyye trudy Sverdlovskogo pedagogicheskogo instituta po voprosam psikhologii aktivnosti i samoregulyatsii lichnosti. Tipologicheskie osobennosti vysshey nervnoy deyatel'nosti cheloveka. (Typological Features of the Higher Nervous Activity of Human)*. 4. 130 -140. (in Rus)
 7. Hurevich, K.M. (1963). The aftereffect of positive and inhibitory stimuli in the motor reaction. *Tipologicheskie osobennosti vysshey nervnoy deyatel'nosti cheloveka. (Typological Features of the Higher Nervous Activity of Human)*. 3. 240 -247. (in Rus)
 8. Ermolaeva-Tomina, LB (1959). Concentration of attention and strength of the nervous system. 2. 92 -106. (in Rus)
 9. Ilyin, E.P. (1972). The property of balance in terms of the magnitude of excitation and inhibition and methods for studying it. *Psihofiziologicheskie osnovy fizicheskogo vospitaniya i sporta. (Psychophysiological Basis of Physical Education and Sport)*. 37 – 57. (in Rus)
 10. Ilyin, E.P. (1976). On the methodological approaches to the study of the relationship of the properties of the nervous system with the characteristics of behavior and the effectiveness of human activity. *Problemy yndustrialnoi psikhologii. (Problems of Industrial Psychology)*. 42 – 50. (in Rus)
 11. Ilyin, E.P. (2004). Psychology of individual differences. 701. (in Rus)
 12. Klimov, E.A. (1969). The individual style of activity depends on the typological properties of the nervous system. 273. (in Rus)
 13. Kolesnikov, M.S. (1951). Small standard test to determine the type of higher nervous activity of dogs. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti. (Journal of Higher Nervous Activity)*. 1(5). 739 – 743. (in Rus)
 14. Kostyuk, P.G. (1971). Physiology of the central nervous system. 290. (in Rus)
 15. Krasusky, V.K. (1963). Methods for assessing the properties of nerve processes for dogs, adopted in the laboratory of physiology and genetics of the types of higher nervous activity. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti. (Journal of Higher Nervous Activity)*. 1963. – 13, вып. 1. – С. 165 – 176. (in Rus)
 16. Leites, N.S. (1956). On the issue of typological differences in the aftereffect of the excitatory and inhibitory process. *Tipologicheskie osobennosti vysshey nervnoy deyatel'nosti cheloveka. (Typological Features of the Higher Nervous Activity of Human)*. 182 – 206. (in Rus)
 17. Makarenko, N.V. (1995). Critical frequency of light flashes and alteration of motor skills. *Fiziologiya cheloveka. (Human physiology)*. 21(3). 13 - 17. (in Rus)
 18. Makarenko, N.V. (1990). The lability of the nervous system in individuals with different levels of functional mobility of the nervous processes. *Fiziologiya cheloveka. (Human physiology)*. 16 (2). 51 - 57. (in Rus)
 19. Makarenko, N.V. (1999). Methods of conducting surveys and assessing individual neurodynamic properties of human higher nervous activity. *FizIologIchniy zhurnal. (Physiological journal)*. 45 (4). – С. 125 - 131. (in Ukr)
 20. Makarenko, N.V. (2006). Basics of professional selection of military specialists and methods of study of individual psychophysiological differences between people. 395. (in Ukr)
 21. Makarenko, N.V. (1990). Alteration of motor reactions and functional mobility of nerve processes. *Fiziologiya cheloveka. (Human physiology)*. 16, (5).50-55. (in Rus)
 22. Makarenko, N.V. (1992). The relationship between the time of the sensorimotor reaction, alteration of motor reactions and the maximum speed of information processing as criteria for the mobility of nervous processes. *Actual problems of physiology. Abstracts of reports.* 66 - 67. (in Rus)
 23. Makarenko, N.V. (2009). The speed of information processing - as a criterion for the properties of functional mobility of nerve processes. *Visnik NatsIonalnoYi akademIYi oboroni UkraYini (Bulletin of the National Academy of Defense of Ukraine)*. 2 (10). 94 - 101. (in Ukr)
 24. Makarenko, N.V., Berezovsky, V.A., Maidikov, Yu.L., Kienko, V.M., Kolchenko, N.V. (1987). Investigation of the hereditary conditionality of certain indicators of neurodynamic and psychomotor functions, as well as personal characteristics of a person. *FizIologIchniy zhurnal. (Physiological journal)*. 33(2). 3 - 9. (in Rus)
 25. Makarenko, N.V., Lizohub, V.S., Bezkopilny. O.P. (2014). Methodical instructions for the practice of differential psychophysiology and physiology of higher human nervous activity. 102. (in Ukr)
 26. Makarenko, N.V., Lizohub, V.S. (2015). Reaction to a moving object as a test for determining the equilibrium of the nerve processes. *Visnik natsIonalnogo unIversitetu oboroni UkraYini. (Bulletin of the National Defense University of Ukraine)*. 1 (44). 142 – 147. (in Ukr)

27. Makarenko, N.V., Lizohub, V.S. (2015). The stability of the motor response - as one of the criteria for the balance of nervous processes. *Aktualnyie problemyi transportnoy meditsinyi. (Actual problems of transport medicine)*. 4 (1) (42 – 1). - С. 93 – 97. (in Rus)
28. Makarenko, N.V. Lizohub, V.S., Savitsky, V.L., Chizhik, V.V. (2017). So what do we detect with the help of a reaction test on a moving object - RMO? Individual psychophysiological features of a person and professional activity. V1 conferens. 51 – 52. (in Ukr)
29. Merlin, V.S. (1986). Sketch of the integral study of human individuality. 256. (in Rus)
30. Nebylytsin, V.D. (1966). The main properties of the human nervous system. 384. (in Rus)
31. Nebylytsin, V.D. (1976). Psychophysiological studies of individual differences. 336. (in Rus)
32. Pavlov, I.P. (1951). General types of higher nervous activity of animals and humans. 3, in book 2. 267 – 293. (in Rus)
33. Pavlov, I.P. (1951). Full composition of writings 3, in book 2. 439. (in Rus)
34. Paley, I.M. (1969). Issues of psychophysiological structure in connection with the hypothesis of U - figurative dependence of the effectiveness of excitation and inhibition functions on activation. 71 – 73. (in Rus)
35. Pechenkov, V.V. (1997). Individuality problems: general and specifically human types of HNA. 189 – 217. (in Rus)
36. Ravich-Scherbo, I.V. (1976). Due to the nature of the psychophysiological basis of individuality. Questions of differential psychophysiology in connection with genetics. Materials of the All-Union Symposium. 61 – 70. (in Rus)
37. Ravich-Scherbo, I.V. (1959). The ratio of the rate of occurrence and the rate of termination of the nervous processes as indicators of the mobility of the nervous processes. *Voprosy psykholohyy. (Questions of psychology)*. 5. 97 – 103. (in Rus)
38. Rusalov, V.M. (1979.). Biological basis of individual psychological differences. 352. (in Rus)
39. Serkov, F.N. (1986). Cortical inhibition. 248. (in Rus)
40. Teplov, B.M. (1960). 2. The study of the properties of the nervous system as a way to explore the individual psychological differences 3 – 46. (in Rus)
41. Teplov, B.M. Some questions of the study of general types of higher nervous activity of humans and animals. *Tipologicheskies osobennosti vyisshey nervnoy deyatelnosti cheloveka. (Typological Features of the Higher Nervous Activity of Human)*. 1. 5 – 23. (in Rus)
42. Teplov, B.M. (1963). New data on the study of the properties of the human nervous system. *Tipologicheskies osobennosti vyisshey nervnoy deyatelnosti cheloveka. (Typological Features of the Higher Nervous Activity of Human)*. 3. 3 – 46. (in Rus)
43. Teplov, B.M. (1955). On the concept of weakness and inertia of the nervous system. *Tipologicheskies osobennosti vyisshey nervnoy deyatelnosti cheloveka. (Typological Features of the Higher Nervous Activity of Human)*. 6. 3 – 15. (in Rus)
44. Teplov, B.M. (1961). Problems of individual differences. 536. (in Rus)
45. Teplov, B.M. (1964). The morden state of the issue of the types of higher nervous activity of man and methods for their determination. 1. 373 – 379. (in Rus)
46. Teplov, B.M. (1956, 1959, 1963, 1965, 1967). Typological features of the higher nervous activity of human. 1, 2, 3, 4, 5. (in Rus)

Summary. M.V.Makarenko, V.S. Lizohub

Justification of structure and classification of the properties of the nervous system.

The analysis of the structure and classification of the properties of the nervous system is based on the consideration of literary sources and the results of own research. 4 properties: the strength of excitation and inhibition processes, equilibrium, mobility and functional mobility are today generally recognized in the physiology of higher nervous activity, differential psychology and psychophysiology.

Key words: *basic properties of the nervous system, physiology of higher nervous activity, differential psychophysiology.*

Одержано редакцією 08. 03. 2019
 Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК 581.526.425

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-59-66

Пеньковська Л. В.

Сумський національний аграрний університет

**МОРФОМЕТРИЧНІ ОЗНАКИ
CONVALLARIA MAJALIS L. (CONVALLARIACEAE)
У РІЗНИХ ФІТОЦЕНОЗАХ ШОСТКИНСЬКОГО
ГЕОБОТАНІЧНОГО РАЙОНУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Охарактеризовано величини дев'яти статичних метричних та восьми статичних алометричних морфопараметрів рослин *Convallaria majalis* L. у восьми фітоценозах в умовах Шосткинського геоботанічного району Сумської області. Показано, що особини з різних рослинних угруповань, статистично достовірно відрізняються між собою величинами майже всіх розмірних показників. Установлено, що найбільші значення більшості статичних метричних морфопараметрів у рослин *C. majalis* припадають на угруповання *Pinetum (sylvestris) coryloso (avellanae) – urticosum (dioici)*. Доведено, що у кожному фітоценозі формуються особини зі специфічною морфоструктурою. Для досліджуваних угруповань визначено характерні морфологічні ознаки рослин.

Ключові слова: *Convallaria majalis* L., ценопопуляції, морфометричний аналіз, фітоценоз.

Постановка проблеми. Для України вирішення завдань охорони біологічного розмаїття набуває особливого значення, оскільки тут зосереджено понад 5 тис. видів судинних рослин, що становить близько 35% відповідного флористичного різноманіття Європейського континенту. Дослідженнями останніх років зафіксовано тенденцію до суттєвого зменшення чисельності популяцій і обсягів ареалів, поширення цілої низки видів. Зокрема, на території України орієнтовно 9% судинних рослин перебувають під загрозою скорочення популяцій, і навіть, зникнення [1].

Проблема збереження фіторізноманіття безпосередньо пов'язана із питанням охорони та раціонального використання лікарських рослин. В Україні близько 85 відсотків лікарської рослинної сировини збирається в природних місцезростаннях. На жаль, внаслідок інтенсивного господарського використання угідь, заготівлі сировини без урахування норм та правил збору, природні запаси рослин із цілющими властивостями з кожним роком зменшуються [3].

Вживання лікарських рослин на тлі різноманітних видів антропопресії і, у підсумку, стале існування їхніх ценопопуляцій, значною мірою визначається здатністю особин адаптуватися до комплексу діючих еколого-ценотичних чинників. У свою чергу, в «сузір'ї адаптацій» часто важливу роль відграють морфологічні, прояв та механізм реалізації яких у багатьох видів рослин не є ґрунтовно дослідженими. Дослідження розмірних характеристик рослин є доцільним ще й тому, що морфометричні ознаки можуть використовуватись як діагностичні для визначення життєвості особин та популяцій, а також оцінки запасів лікарських рослин у різноманітних еколого-ценотичних умовах.

В Україні осередком зростання багатьох видів лікарських рослин є Сумське Полісся і, зокрема, Шосткинський геоботанічний район. У свою чергу, одним із найпоширеніших видів лікарських рослин у цьому регіоні є *Convallaria majalis* L. (*Convallariaceae*). З врахуванням актуальності аспектів, зазначених вище, на теренах цього регіону було здійснене детальне вивчення стану популяцій *C. majalis*. та морфологічних ознак рослин, представлених у їхньому складі.

Аналіз останніх публікацій. Сьогодні в науковій літературі накопичений значний обсяг інформації про поширення та стан популяцій *C. majalis* (Рябчук, 2004; Музиченко, 2016) [5, 6] та її ресурсний потенціал в окремих регіонах досліджень, хімічний склад та лікарські властивості органів (Кропотова, 1964) [7]. Біологічні особливості та поширення цього виду досліджували О. М. Переходько [8], Є. В. Кацовец, М. М. Матвеев [9]. Ботанічна характеристика та особливості розмноження *C. majalis* розглянуто в роботах О. А. Карпової [10], В. М. Мінарченко [11].

Однак питання дослідження морфометричних параметрів цього виду та залежності їх від умов місцезростань залишається майже не дослідженим, особливо в умовах Шосткинського геоботанічного району.

Мета й завдання статті. Мета досліджень – оцінити розмірні величини рослин *C. majalis* та визначити їхні морфометричні особливості в різних лісових фітоценозах Шосткинського геоботанічного району.

Завдання: 1) визначити величини провідних статичних метричних й алометричних морфопараметрів у рослин *C. majalis* у лісових фітоценозах, які є типовими для регіону;

2) проаналізувати характер зміни значень морфопараметрів за досліджуваними угрупованнями;

3) визначити характерні морфоознаки рослин *C. majalis* у різних лісорослинних умовах.

Матеріали та методи

Дослідженнями було охоплено ценопопуляції із восьми лісових угруповань:

1. *Pinetum (sylvestris) sorboso (aucuparii)–elytrigosum (repentis)*;
2. *Pinetum (sylvestris) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*;
3. *Querceto (roboris)–Aceretum (platanoiditis) elytrigosum (repentis)*;
4. *Querceto (roboris)–Tilietum (cordatae) fragariosum (vescae)*;
5. *Querceto (roboris)–Tilietum (cordatae) urticosum (dioici)*;
6. *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–poosum (nemoralis)*;
7. *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–fragariosum (vescae)*;
8. *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–poosum (nemoralis)*.

Для визначення розмірних параметрів рослин досліджуваного виду, а також устанавлення деяких інших видів структури ценопопуляцій було використано морфометричний аналіз. При цьому в досліджуваних ценопопуляціях за випадковою схемою відбирали 20–30 рослин. У них відповідно оцінювали низку статичних метричних та статичних алометричних показників (Злобін, 1989; 2009) [3, 12, 13].

Виходячи із загальноприйнятих підходів морфометричного аналізу (Злобін, 1989) [12] з числа статичних метричних показників визначали висоту рослини (H), діаметр головного пагона (D), кількість листків (NL), а також бічних пагонів (B), загальну масу рослини (W), а також масу усіх листків (WL) й одного листка (W1L), загальну масу генеративних органів (Wg) та загальну площу листової поверхні (A).

Зі статичних алометричних показників оцінювали співвідношення між площею листової поверхні та фітомасою рослин ($LAR=A/W$), фотосинтетичне зусилля ($LWR=WL/W$), відносний приріст головного пагона ($HWR=H/W$), відношення висоти рослини до діаметра стебла ($HDR=H/D$), відношення площі листка до діаметру стебла ($ADR= A/D$); площу листків на одиницю фітомаси листків ($SLA= A/WL$) та репродуктивне зусилля: ($RE1 = (Wg/W) \times 100 \%$, $RE2 = (Wg/A) \times 100 \%$).

Для оцінки статистичної достовірності отриманих кількісних даних та їхнього узагальнення застосовували точкове, інтервальне оцінювання та дисперсійний аналіз [14]. Це забезпечувалось використанням статистичних комп'ютерних пакетів STATISTICA «ANOVA» та PAST.

Результати та обговорення

Результати оцінки розмірних величин у рослин *C. majalis* представлено в табл. 1 та табл. 2. Досліджувані популяції *C. majalis*, статистично достовірно (при $p < 0,05$) відрізняються між собою за значеннями абсолютної більшості розмірних величин (14 з 17). Винятком є лише такі морфопараметри, як кількість листків (WL), співвідношення між площею листової поверхні та масою рослин (LAR) та співвідношення між висотою і масою (HWR) (табл. 3).

Кожному із морфопараметрів притаманні свої специфічні особливості щодо змін величин при переході від одної ценопопуляції до іншої. При цьому найбільші значення чотирьох (маса одного листка ($W1L=2,03 \pm 0,030$ г), маса усіх листків ($WL=4,06 \pm 0,03$ г), діаметр головного пагона ($D=0,5 \pm 0,01$ мм) та кількість бічних пагонів ($B=3,1 \pm 0,04$ шт.)) із дев'яти статичних метричних показників, які були оцінені у *C. majalis*, зареєстровано у популяції з *Pinetum (sylvestris) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*.

Рослини із цього угруповання також вирізняються найбільшими величинами трьох із восьми оцінених статичних алометричних показників, таких як: співвідношення між площею листової поверхні та фітомасою рослин ($LAR=15,2 \pm 0,35$ см²/г) та показники репродуктивного зусилля ($RE1=69,9 \pm 7,88\%$, $RE2=4,6 \pm 0,53\%$). Рослини із цього угруповання мають порівняно невисокі показники такого морфопараметра, як відносний приріст ($HWR=4,24 \pm 0,054$ см/г), при величинах цієї характеристики в досліджуваних популяціях у межах 4,03-6,07 см/г.

Навпаки, в ценопопуляції із угруповання *Querceto (roboris)–Tilietum (cordatae) fragariosum (vescae)* зареєстровано найменші значення чотирьох статичних показників (висота ($H=29,7 \pm 1,04$ см), діаметр головного пагона ($D=0,3 \pm 0,015$ мм), кількість бічних пагонів ($B=2,5 \pm 0,12$ шт.), маса генеративних органів ($Wg=0,3 \pm 0,03$ г)) та трьох алометричних показників (відносний приріст головного пагона ($HWR=4,0 \pm 0,150$ см/г), показники репродуктивного зусилля ($RE1=4,5 \pm 0,47\%$, $RE2=0,32 \pm 0,039\%$)).

Разом з тим, у них зареєстровано найбільші величини відношення висоти рослини до діаметра стебла ($HDR=111,2 \pm 5,28$ см/см) та відношення площі листків до діаметру стебла ($ADR=404,9 \pm 35,19$ см²/см). А в ценопопуляції із угруповання *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–poosum (nemoralis)* найменшими є значення трьох статичних метричних показників (загальна площа листової поверхні ($A=100,1 \pm 4,55$ см²), загальна маса рослини ($W=7,07 \pm 0,216$ г), кількість листків ($NL=2,0 \pm 0,00$ шт.) та одного алометричного показника (площа листків на одиницю фітомаси листків ($SLA=30,4 \pm 2,02$ см²/г)).

Середні значення морфопараметрів рослин чотирьох інших ценопопуляцій (із угруповань *Pinetum (sylvestris) sorboso (aucuparii)–elytrigosum (repentis)*, *Querceto (roboris)–Aceretum (platanoiditis) elytrigosum (repentis)*, *Querceto (roboris)–Tilietum (cordatae) urticosum (dioici)*, *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–fragariosum (vescae)*) переважно є меншими, ніж у рослин із угруповань *Pinetum (sylvestris) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)* або *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–poosum (nemoralis)* та дещо вищими, ніж у рослин із угруповань *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–poosum (nemoralis)* чи *Querceto (roboris)–Tilietum (cordatae) fragariosum (vescae)*. Зазначена особливість найбільш чітко проявляється у статичних метричних морфопараметрів.

Рослини із угруповання *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae) – poosum (nemoralis)* маючи найбільші значення площі листків ($A=148,0 \pm 3,37$ см²) та маси генеративних органів ($Wg=0,99 \pm 0,025$ г), виявилися найменшими за величинами таких показників, як маса одного листка ($W1L=1,10 \pm 0,041$ г) та фотосинтетичне зусилля ($LWR=0,04 \pm 0,004$ г/г).

Таблиця 1

Морфометричні параметри рослин *Convallaria majalis* в умовах соснових, дубово-кленових та дубово-липових угруповань

Морфо-параметри	Угруповання			
	<i>Pinetum (sylvestris) sorboso (aucuparii)– elytrigosum (repentis)</i>	<i>Pinetum (sylvestris) coryloso (avellanae) – urticosum (dioici)</i>	<i>Querceto (roboris) – Aceretum (platanoiditis) elytrigosum (repentis)</i>	<i>Querceto (roboris)– Tilietum (cordatae) fragariosum (vescae)</i>
	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$
Статичні метричні морфопараметри				
H	40,6±0,48	40,7±0,16	39,4±0,77	29,7±1,04
W1L	1,68±0,098	2,03±0,030	1,7±0,07	1,24±0,085
WL	3,7±0,11	4,1±0,03	3,6±0,11	2,5±0,14
D	0,45±0,009	0,5±0,01	0,5±0,01	0,3±0,015
B	2,66±0,087	3,1±0,04	2,93±0,046	2,5±0,12
A	129,1±2,47	145,5±3,48	126,1±3,65	106,5±7,68
W	8,9±0,15	9,6±0,11	11,2±2,03	7,5±0,28
Wg	0,95±0,045	6,8±0,77	0,96±0,025	0,3±0,03
NL	2,0±0,00	2,1±0,04	2,0±0,00	2,1±0,05
Статичні алометричні морфопараметри				
LAR	14,5±0,33	15,2±0,35	13,4±0,55	14,1±0,77
LWR	0,4±0,01	0,42±0,005	0,38±0,016	0,33±0,019
HWR	4,6±0,065	4,24±0,054	6,1±1,78	4,0±0,15
HDR	90,3±1,61	85,9±1,83	81,9±2,12	111,2±5,28
RE1	10,5±0,45	69,9±7,88	10,0±0,42	4,5±0,47
RE2	0,73±0,036	4,6±0,53	0,8±0,035	0,32±0,039
SLA	36,1±1,58	35,8±0,77	35,7±1,43	47,2±4,85
ADR	288,0±7,75	306,7±9,29	261,4±8,10	404,9±35,19

Таблиця 2

Морфометричні параметри рослин *Convallaria majalis* в умовах дубово-липових та дубово-ліщинових угруповань

Морфо-параметри	Угруповання			
	<i>Querceto (roboris)– Tilietum (cordatae) urticosum (dioici)</i>	<i>Quercetum (roboris) coryloso (avellanae) – fragariosum (vescae)</i>	<i>Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)– poosum (nemoralis)</i>	<i>Quercetum (roboris) coryloso (avellanae) – poosum (nemoralis)</i>
	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$
Статичні метричні морфопараметри				
H	40,8±0,18	40,9±0,19	35,5±1,14	40,5±0,14
W1L	1,95±0,048	2,00±0,02	1,25±0,079	1,1±0,041
WL	1,95±0,048	4,0±0,03	3,5±0,14	3,9±0,04
D	0,49±0,005	0,47±0,007	0,36±0,018	0,5±0,008

Продовження табл. 2

Морфо-параметри	Угруповання			
	<i>Querceto (roboris) – Tiliatum (cordatae) urticosum (dioici)</i>	<i>Quercetum (roboris) coryloso (avellanae) – fragariosum (vescae)</i>	<i>Quercetum (roboris) coryloso (avellanae) – poosum (nemoralis)</i>	<i>Quercetum (roboris) coryloso (avellanae) – poosum (nemoralis)</i>
	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$
Статичні метричні морфопараметри				
B	3,03±0,033	3,0±0,00	2,6±0,09	3,06±0,046
A	139,6±2,93	139,3±2,32	100,1±4,55	148,0±3,37
W	9,4±0,11	9,6±0,08	7,07±0,216	9,8±0,09
Wg	0,9±0,01	0,9±0,02	0,75±0,048	0,99±0,025
NL	2,0±0,03	2,0±0,00	2,0±0,00	2,1±0,04
Статичні алометричні морфопараметри				
LAR	14,9±0,29	14,5±0,23	14,4±0,73	15,2±0,32
LWR	0,20±0,005	0,42±0,004	0,49±0,018	0,04±0,004
HWR	4,4±0,05	4,3±0,04	5,1±0,17	4,2±0,04
HDR	83,6±1,23	86,6±1,64	102,5±4,77	86,4±1,75
RE1	9,9±0,20	10,2±0,20	9,7±0,56	10,2±0,28
RE2	0,7±0,02	0,71±0,01	0,8±0,07	0,7±0,02
SLA	72,5±2,14	34,5±0,61	30,4±2,02	38,0±0,94
ADR	286,1±7,15	294,7±7,12	290,4±17,34	316,2±9,77

Таблиця 3

Значення довірчого рівня морфометричних параметрів
рослин *Convallaria majalis* L. різних фітоценозів

№ з/п	Морфопараметри	Значення довірчого рівня, p
1.	H	0,000*
2.	W1L	0,000*
3.	WL	0,000*
4.	D	0,000*
5.	B	0,000*
6.	A	0,000*
7.	W	0,003*
8.	Wgen	0,000*
9.	NL	0,311
10.	LAR	0,179
11.	LWR	0,000*
12.	HWR	0,348
13.	HDR	0,000*
14.	RE1	0,000*
15.	RE2	0,000*
16.	SLA	0,000*
17.	ADR	0,000*

Рослини із угруповання *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–poosum (nemoralis)* виявилися найменшими за загальною площею листової поверхні ($A=100,1\pm 4,55$ см²), загальною масою рослин ($W=7,07\pm 0,216$ г), площею листків на одиницю їхньої фітомаси ($SLA=30,41\pm 2,02$ см²/г). При цьому їм притаманні найбільші значення фотосинтетичного зусилля ($LWR=0,49\pm 0,018$ г/г).

Окрім того, відмінною особливістю рослин *Convallaria majalis* із угруповання *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–fragariosum (vescae)* є те, що вони мають значну висоту ($H=40,9\pm 0,19$ см). Рослинам із угруповання *Querceto (roboris)–Tilietum (cordatae) urticosum (dioici)* притаманні найбільші відношення площі листків на одиницю фітомаси листків ($SLA=72,5\pm 2,14$ см²/г) і найменші – маси листків ($WL=1,95\pm 0,048$ г). В угрупованні *Querceto (roboris)–Aceretum (platanoiditis) elytrigosum (repentis)* рослини виявилися найбільшими за розміром загальної фітомаси ($W=11,2\pm 2,03$ г) та відносного приросту головного пагона ($HWR=6,1\pm 1,78$ см/г). Разом з тим, їм притаманні найменші значення трьох статичних алометричних морфопараметрів: ($LAR=13,4\pm 0,55$ см²/г), відношення висоти рослини до діаметра стебла ($HDR=81,9\pm 2,12$ см/см) та співвідношення між площею листової поверхні та фітомасою рослин ($ADR=261,4\pm 8,10$ см²/см).

Висновки

Рослини *C. majalis* проявляють досить різноманітний характер змін величини морфопараметрів відносно угруповання в якому вони зростають. Формування рослин *C. majalis* в угрупованні *Querceto (roboris)–Tilietum (cordatae) fragariosum (vescae)*, відрізняється найменшими статичними метричними та алометричними показниками, що указує на наближеність місцезростань до умов еколого-ценотичного стресу. І навпаки, наявність в угрупованні *Pinetum (sylvestris) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)* великорозмірних особин, які виділяються ще й найвищими значеннями низки як статичних метричних та алометричних показників, указує на наближеність цього місцезростання до еколого-ценотичного оптимуму.

Перспективою подальших наукових досліджень є здійснення оцінки стану ценопопуляцій *C. majalis* на основі застосування комплексного популяційного аналізу. Він забезпечить установлення низки важливих кількісних та якісних характеристик ценопопуляцій досліджуваного виду. Детальніше вивчення особливостей існування дасть нам можливість цілеспрямовано втручатися в процеси росту і розвитку рослин, більш повно використовувати природні властивості рослин для збереження та відтворення популяції та підвищення її продуктивності.

Література

1. Качинський Г. А. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика. Київ: НІСД, 1997. 300 с.
2. Бровдій В. М. Екологічні проблеми України (проблеми ноогеніки). Київ: НПУ, 2000. 150 с.
3. Тишков А. А. Теорія і практика збереження біорізноманіття (до методології охорони живої природи). Львів: Новий час, 2001. 100 с.
4. Сукачев В. Н. Основные понятия о биогеоценозах и общее направление их изучения. Программа и методика биогеоценологических исследований. Москва: Наука, 1966. С. 7-19.
5. Музиченко О. С. Стан популяції конвалії звичайної (*Convallaria majalis* L.) в умовах сугрудів Ківерцівського лісгоспу Волинської області. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2016. № 3 – 4. С. 75 – 82.
6. Рябчук В. П., Переходько О. М. Конвалія звичайна (*Convallaria majalis* L.) в умовах Заходу України. Науковий вісник УкрДЛТУ. 2004. № 14.1. С. 8 – 12.
7. Кропотова И. И. Некоторые данные по экологии и биологической активности ландыша майского (*Convallaria majalis* L.). Вестник МГУ. 1964. №2. С. 73 – 79.

8. Переходько О. М. Залежність морфометричних параметрів конвалії звичайної (*Convallaria majalis* L.) від лісівничо-таксаційних показників лісорослинних умов. Науковий вісник УкрДЛТУ. 2005. № 15.3. С. 60-63.
9. Кацовец Е. В., Матвеев М. М. Эколого-фитоценологические принципы изучения лекарственных растений (на примере *Convallaria majalis* L.). Вестник Самарского государственного университета. 2010. №2. С. 169-177.
10. Карпова О. А. Особенности и структуры развития ценопопуляций ландыша майского в условиях степного Заволжья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Самара, 2004. 185 с.
11. Мінарченко В. М. Атлас лікарських рослин України. Київ: Фітосоціонер, 2002. 172 с.
12. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. Казань, 1989. 146 с.
13. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. Сумы: Університетська книга, 2009. 263 с.
14. Злобин Ю. А., Скляр В. Г. Компьютерні методи в сільському господарстві та біології: навч. посіб. Суми: «Університетська книга», 2000. 203 с.

References

1. Kachynskiy G. A. (1997). Environmental safety of Ukraine: analysis, assessment and state policy. Kyiv: NISS, 300 (in Ukr.).
2. Brovdii V. M. (2000). Environmental problems of Ukraine (problems of neogeny). Kyiv: NPU. 150 (in Ukr.).
3. Tyshkov A. A. (2001). Theory and practice of biodiversity preservation (to the methodology of wildlife conservation). Lviv: Novyi chas. 100 (in Ukr.).
4. Sukachev V. N. (1996). The basic concepts of biogeocenoses and the general direction of their study. *Programma i metodika biogeotsenoticheskikh issledovaniy [Program and methods of biogeocenotic research]*. M.: Nauka. 7-9 (in Rus.).
5. Muzychenko O. S. (2016). The condition of lily of the valley population (*Convallaria majalis* L.) in conditions of Kivertsi forestry in the Volyn region. *Problemy neoekologii [Problems of neoecology]*. (3 – 4), 75 – 82 (in Ukr.).
6. Riabchuk V. P., Perekhodko O. M. (2004). Lily of the valley (*Convallaria majalis* L.) in the conditions of the West of Ukraine. *Naukovyi visnyk UkrDLTU [Scientific bulletin NLTU of Ukraine]*. (14.1), 8-12 (in Ukr.).
7. Kropotova I. I. (1964). Some data on ecology and biological activity of a lily of the valley (*Convallaria majalis* L.). *Vestnik MGU [Bulletin MSU]*. 6 (2), 73 –79 (in Rus.).
8. Perekhodko O. M. (2005). Dependence of morphometric parameters of lily of the valley (*Convallaria majalis* L.) on forestry and taxiological parameters of forest vegetation. *Naukovyi visnyk UkrDLTU [Scientific bulletin NLTU of Ukraine]*. 15 (3), 60-63 (in Ukr.).
9. Katsovets E. V., Matveev M.M. (2010). Ecological and phytocenotic principles for the study of medicinal plants (on example of *Convallaria majalis* L.). *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin Samara State University]*. (2), 169-177 (in Rus.).
10. Karpova O. A. (2004). Features and structures of development of cenopopulations of the lily of the valley in the conditions of the steppe Zavolzhye: Abstract Samara, 185 (in Rus.).
11. Minarchenko V. M. (2002). Atlas of medicinal plants of Ukraine K.: Fitosistioner. 172 (in Ukr.).
12. Zlobin Yu. A. (1989). Principles and methods of studying coenotic plant populations. Kazan: Publishing house of Kazan Federal University. 146 (in Rus.).
13. Zlobin Yu. A. (2009). Population plant ecology: current state, points of growth. Sumy: University Book. 263 (in Ukr.).
14. Zlobin Yu. A., Sklyar V. G. (2000). Computer Methods in Agriculture and Biology: A Manual. Sumy: University Book. 203 (in Ukr.).

Summary. L. V. Penkovska Morphometric parameters of *Convallaria majalis* L. in the conditions of different phytocenoses in the Yampil district of Sumy region

Introduction. There is a decrease in the populations of many species, which prompts us to find directions and ways of regulating the mechanisms of development of natural phytocenoses as a result of radical changes in natural ecosystems. As a part of the forest phytocenoses, *C. majalis* undergoes significant anthropogenic effects and requires detailed study and development of measures for the preservation and reproduction of its populations. The issues of changing the morphometric parameters, depending on the forest site type and the stand density, remain poorly studied. The study of morphological parameters *C. majalis* allows to interfere purposefully in the processes of growth and development of plants, to use more fully the natural properties of plants, to preserve and reproduce the population and increase its productivity.

Purpose. To estimate dimensional sizes of *C. majalis* plants and to determine their morphometric features in different forest phytocenoses in Yampil district of Sumy region.

Methods of research. We made a morphometric analysis to determine the dimensional parameters of plants of the researched species. For this purpose, a number of static metric and static allometric parameters were evaluated in the studied cenopopulations.

Based on the generally accepted approaches of morphometric analysis, such parameters from the number of static metric parameters were determined, in particular, the height of the main shoot (H), the diameter of the main shoot (D), the number of leaves (NL), and the buds (B), the total weight of the plant (W), of all leaves (WL) and of one leaf (WIL), total weight of generative organs (Wg) and total area of leaf surface (A).

We estimated leaf area ratio ($LAR=A/W$), leaf weight ratio ($LWR=WL/W$), heartwood ratio ($HWR=H/W$), height diameter ratio ($HDR=H/D$), absolute diameter ratio ($ADR=A/D$); specific leaf area ($SLA=A/WL$) and reproductive effort: ($RE1=(Wg / W) \times 100\%$, $RE2=(Wg / A) \times 100\%$) from static allometric parameters.

Results. Each of the morpho-parameters has its own specific features regarding changes in values upon transition from one cenopopulation to another. At the same time, the greatest values of four (the weight of one leaf ($WIL=2,03 \pm 0,030g$), the weight of all leaves ($WL=4,06 \pm 0,03 g$); the diameter of the main shoots ($D=0,5 \pm 0,01 mm$) and the number of buds ($B=3,1 \pm 0,04$ pieces)) of the nine static metric parameters that were evaluated in *C. majalis* are recorded in the Pinetum (*sylvestris*) *coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)* population. Plants from this group are also differed from the largest values of three of the eight evaluated static allometric parameters, such as: leaf area ratio ($LAR=15,2 \pm 0,35 cm^2/g$) and the parameter of the reproductive effort ($RE1=69,9 \pm 7,88\%$, $RE2=4,6 \pm 0,53\%$). At the same time, plants from this group have comparatively low indicator of such a morpho-parameter as heartwood ratio ($HWR=4,24 \pm 0,054 cm/g$), with the values of this characteristic in the researched populations within the range of 4,03-6,07 cm/g.

It was registered the lowest values of the four static parameters (height of the main shoot ($H=29,7 \pm 1,04 cm$), the diameter of the main shoot ($D=0,3 \pm 0,015 mm$), number of buds ($B=2,5 \pm 0,12$ pieces.), weight of generative organs ($Wg=0,3 \pm 0,03 g$) and of three allometric parameters (heartwood ratio ($HWR=4,0 \pm 0,150 cm/g$), parameter of reproductive effort ($RE1=4,5 \pm 0,47 \%$, $RE2=0,32 \pm 0,039 \%$), at the same time, they have the highest values - height diameter ratio ($HDR=111,2 \pm 5,28 cm/cm$) and absolute diameter ratio ($ADR=404,9 \pm 35,19 cm^2/cm$) in the cenopopulation of *Querceto (roboris)–Tilietum (cordatae) fragariosum (vescae)*.

Originality. We are able to distinguish more clearly the features of ecological-cenotic optimum, to estimate the resource potential of *C. majalis* and to propose scientifically grounded approaches for the rational use of available stocks of valuable medicinal raw materials in the research area on the basis of the obtained quantitative and qualitative characteristics of the cenopopulations of the researched species.

Conclusions. Plants of *C. majalis* show a rather diverse nature of changes in the magnitude of morphological parameters relative to the group in which they grow. Formation of plants *C. majalis* in the group *Querceto (roboris)–Tilietum (cordatae) fragariosum (vescae)*), is characterized by the smallest static metric and allometric parameters indicating the proximity of places to ecological-cenotic stress conditions. Conversely, the presence in Pinetum (*sylvestris*) *coryloso (avellanae) –urticosum (dioici)* of large-sized individuals, which are also distinguished by the highest values of a number, static metric and allometric parameters, indicates the proximity of this location to the ecological-cenotic optimum.

Key words: *Convallaria majalis* L., cenopopulations, morphometric analysis, phytocenoses.

Одержано редакцією 02. 03. 2019
 Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК: 616-085.33: 617.751.9

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-67-75

Редька І. В.^{1,2}¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна²Харківська медична академія післядипломної освіти

АВТОНОМНА НЕРВОВА РЕГУЛЯЦІЯ У ДІВЧАТ-ПІДЛІТКІВ З НАБУТИМИ ЗОРОВИМИ ДИСФУНКЦІЯМИ

У статті представлено результати порівняльного аналізу варіабельності серцевого ритму дівчат-підлітків з набутими двобічними зоровими дисфункціями та нормальнозорими. Статистично-значимими виявилися відмінності тільки за середньою тривалістю періоду рефлекторної відповіді підкоркового серцево-судинного центру, яка є коротшою при зорових дисфункціях. Визначено факторну структуру ВСР у дівчат-підлітків з різним станом зорової функції. Встановлено, що у дівчат-підлітків з набутими двобічними зоровими дисфункціями спостерігається неоптимальна вегетативна регуляція за рахунок централізації управління та посилення питомої активності симпатичної нервової системи. Співвідношення між активністю регуляторних систем та хронотропною функцією серця вказують на хронічне психоемоційне напруження при зорових дисфункціях.

Ключові слова: *варіабельність серцевого ритму, вегетативна регуляція, зорові дисфункції.*

Постановка проблеми. Підлітковий вік є критичним періодом для маніфестації вегетативної дисфункції на фоні морфо-функціональної гетерохронії різних органів і систем. Вегетативна дисфункція зумовлена розбалансуванням надсегментарного і сегментарної вегетативної регуляції діяльності різних органів і систем організму та характеризується порушенням активно-емоційної, сенсомоторної і вегетативної активності [1]. Найчастіше вегетативна дисфункція пов'язана з емоційно-афективними розладами, лідерами серед яких є тривога, депресія та тривожно-депресивний розлад [2].

Численні дослідження свідчать, що особи з зоровими дисфункціями внаслідок соціально-побутових умов щоденно переживають психологічний дистрес [3, 4, 5, 6], а загальна динаміка психологічних розладів у дітей з зоровими дисфункціями характеризується підвищенням рівня тривоги, розвитком фобій та фруструючих переживань з приводу наявності зорового дефекту [7]. За даними [8] серед осіб з міопією високого ступеню тривожні розлади діагностовано у 25,6%, а депресія – у 22%. У 40% школярів (7-18 років) з зоровими дисфункціями виявляються астеничний, психовегетативний або дистимічний варіанти психодезадаптаційних станів [9]. За результатами досліджень встановлено, що у школярів з прогресуючою міопією у 1,5-2 рази частіше виявляється патологія вегетативної нервової системи [10], а серед дітей 4-7 років з амбліопією ця патологія діагностується у 37,8% [11].

Отже, наявність зорових дисфункцій є одним із факторів ризику для розвитку вегетативного дисбалансу.

Аналіз останніх публікацій. Найбільша кількість досліджень присвячена аналізу автономної нервової регуляції у осіб з міопічною рефракцією, оскільки вегетативний дисбаланс розглядається як один із патогенетичних механізмів розвитку спазму акомодативної [12]. Так, у дітей з набутою прогресуючою короткозорістю з недиференційованою дисплазією сполучної тканини виявлено незадовільні адаптаційні можливості організму на тлі симпато-вагального дисбалансу з відносним або абсолютним переважанням симпатичних або парасимпатичних впливів [13]. У 9-16 річних дітей з міопією високого ступеню в умовах відносного спокою виявлено зсув вегетативної рівноваги в бік

симпатикотонії з посиленням гуморально-метаболических впливів, як порівняно з контролем, так і з міопією слабкого ступеню та зниження вегетативної реактивності у функціональних пробах (тілт-тест, проба Вальсави, проба з зворотнім диханням) [14].

У 4-7 річних дітей з різним ступенем амбліопії виявлено порушення вегетативної реактивності: при середньому ступені зростає кількість гіперсимпатикотонічних реакцій, а при високому ступені – асимпатикотонічних реакцій [11]. Власні результати досліджень [15] виявили посилення питомої ваги парасимпатичних впливів у слабозорих дітей 4-6 років та появу асимпатикотонічного типу вегетативної реактивності. У роботі [16] виявлено уповільнення в встановленні парасимпатичних впливів на серце у дітей 4-10 років з вадами зору.

Отже, єдиної думки щодо напрямку зсуву вегетативної рівноваги при зорових дисфункціях немає, однак, незаперечним є факт посилення централізації управління серцевим ритмом.

Мета – з'ясувати особливості автономної нервової регуляції у дівчат-підлітків з набутими зоровими дисфункціями.

Матеріал та методи

У дослідженні брали участь дівчата-підлітки (12-15 років), що були розділені на дві групи: нормальнозорі дівчата (контрольна група, $n=20$) та дівчата з набутими двобічними зоровими дисфункціями (основна група, $n=19$), коригована гострота зору лівого та правого ока $0,66\pm 0,07$ і $0,64\pm 0,07$ відповідно.

Згідно сучасних даних зорові дисфункції також можуть впливати на вегетативну регуляцію серцевого ритму внаслідок безпосереднього порушення притоку зорової аферентації до вищих вегетативних центрів через полісинаптичні шляхи. Тому з метою стандартизації умов зорової стимуляції дослідження проводилися у затемненій кімнаті в положенні сидячи з закритими очима. Реєстрація ЕКГ здійснювалася за допомогою відповідного каналу комп'ютерного електроенцефалографа «DX-5000» (НВП «DX-системи», Харків) впродовж 2,5 хв. Аналіз параметрів ВСР реалізовано у програмному модулі «*NeuroResearch®-Cardio-Tension-Test® Innovation Suite*» (Інститут Медичної інформатики і Телемедицини, Харків) відповідно до рекомендацій [17].

Аналізувалися наступні показники ВСР: середня тривалість кардіоциклу (Mean), стандартне відхилення (SDNN), мода (Mo), амплітуда моди (AMo), варіаційний розкид (ΔX), коефіцієнт варіації (CVr), відсоток пар кардіоінтервалів з різницею понад 50 мс (pNN50), сумарна потужність спектру (TP), абсолютна потужність наднизькочастотної (VLF), низькочастотної (LF) та високочастотної (HF) складових спектру, відносна потужність цих складових (відповідно VLF%, LF%, HF%), нормалізована потужність цих складових (LFn, HFn), індекс симпто-вагального балансу (LF/HF), тривалість періоду відповіді вищих вегетативних центрів (VLFt), тривалість барорефлекторної реакції (LFt), індекс централізації (IC), індекс активності підкоркових центрів (IASC), індекс напруження (IH), індекс вегетативної рівноваги (IBP), вегетативний показник ритму (VPR), показник адекватності процесів регуляції (ПАПР), величина коефіцієнту кореляції після першого зсуву (CC1), число зсувів автокореляційної функції до досягнення значення коефіцієнту кореляції рівного 0 (CC0) [17]. Додатково розраховували індекси, запропоновані О.Ю. Майоровим [18], які є аналогами IBP та IH, але більш стійкі до коливань тривалості радіоциклу: *індекс «тривоги» (IT, ум.од.)* та *індекс «тип реакції тривоги» (TPT, ум.од.)* відповідно.

Порівняння показників ВСР осіб з різним станом зорової функції здійснювалося на підставі U-критерію Вілкоксона-Манна-Уїтні (для кількісних ознак) та критерію кутового перетворення Фішера (для якісних ознак). Побудова факторної моделі ВСР здійснювалася на основі кореляційної матриці з 29 показників ВСР та обертання Varimax.

Результати та обговорення

Встановлено, що у підлітковому віці у стані спокійного неспання вірогідні відмінності з контрольною групою виявлено лише за одним кількісним параметром ВСР. Так, при набутих зорових дисфункціях дівчата-підлітки характеризувалися нижчими (на 42,0%, $P \leq 0,05$) значеннями VLFt порівняно з контролем, що вказує на вкорочення періоду рефлекторної відповіді серцево-судинного підкоркового центру.

Відомо, що кінцевим результатом вегетативних регулюючих впливів на пазухо-передсердний вузол, який оцінюється за параметрами ВСР, є хронотропна функція серця. Незважаючи на те, що у дівчат-підлітків з різним станом зорової функції не виявлено статистично-значущих відмінностей у середньо-групових показниках частоти серцевих скорочень (контроль – 76.94 [73.42 – 87.88] уд./хв; зорові дисфункції – 79.49 [68.55 – 85.44] уд./хв, $P > 0.05$), якісний аналіз виявив схильність дівчат-підлітків з набутими зоровими дисфункціями до брадикардії (у 55.6%) в умовах спокійного неспання з закритими очима (рис. 1).

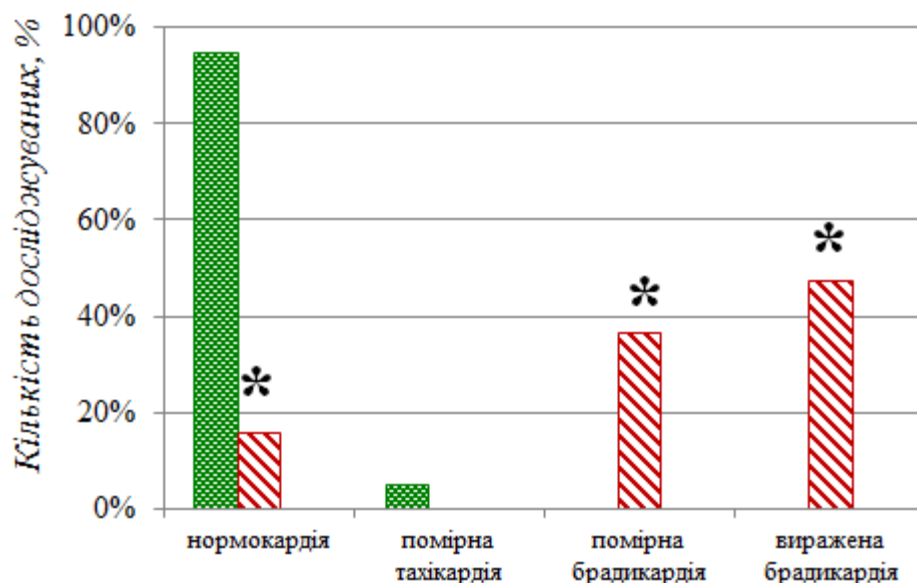


Рис. 1. Сумарний ефект регуляції у дівчат-підлітків з різним станом зорової функції

Примітки (тут і надалі): стовпчиками позначено типи зорових дисфункцій (■ – відсутні (контроль), ▨ – набути двобічні), зірочкою позначено вірогідні відмінності від контролю на рівні * – $P \leq 0.05$.

Оцінка вегетативного гомеостазу на підставі ΔX , АМо, ІН, який є поширеним у клінічній вегетології, виявила, що переважній більшості дівчат-підлітків з різним станом зорової функції притаманна помірна парасимпатикотонія (рис. 2) в умовах спокійного неспання з закритими очима. У той же час у 5,0% відсотків дівчат контрольної групи спостерігалася виражена симпатикотонія, тоді як у 10,5% дівчат з набутими зоровими дисфункціями – виражена парасимпатикотонія. Однак, наші попередні дослідження показали недосконалість [15] даного підходу та необхідність співставлення результатів пульсометричного дослідження та спектрального аналізу ВСР.

Це спонукало нас до більш тонкої оцінки механізмів вегетативної регуляції у дівчат-підлітків з різним станом зорової функції на підставі факторного аналізу. При інтерпретації факторної моделі ВСР ми виходили з позиції двоконтурної моделі регуляції серцевого ритму, що була запропонована Р.М. Баєвським [17].

У дівчат-підлітків факторна структура ВСР може бути описана трьома факторами в залежності від стану зорової функції. Спираючись на зазначені вище теоретичні концепти, їм надана наступна інтерпретація:

- фактор 1 – загальний тонус вегетативної нервової системи (ВНС): утворений змінними SDNN, TP, VLF, LF, HF, ΔX , CVr;
- фактор 2 – централізація управління: утворений змінними АМо, ІВР, ІТ, ПАПР, ТРТ, ІН, ВПР;
- фактор 3 – симпато-вагальний баланс: утворений змінними HF%, HFn, LF%, LFn, LF/HF, ІС, СС1, HF%.

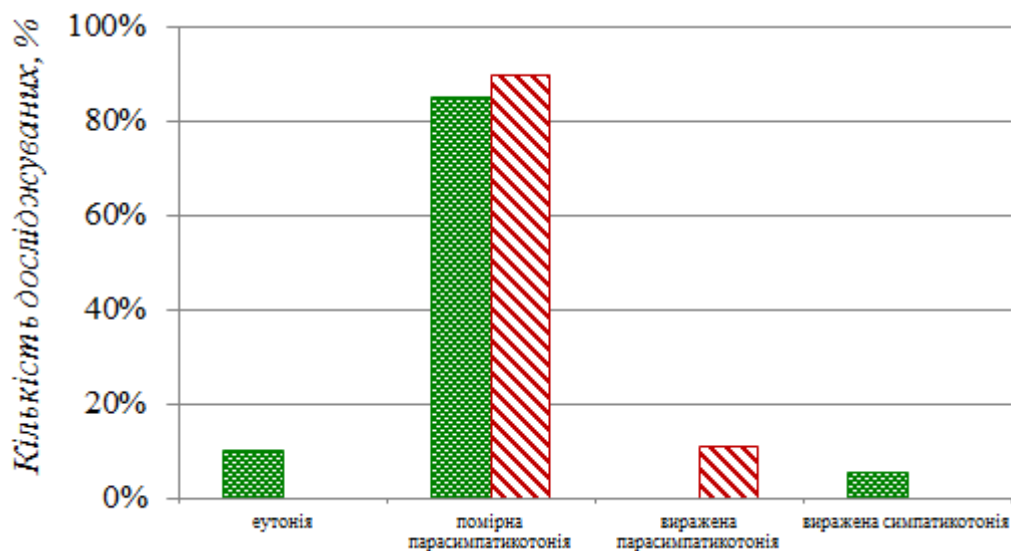


Рис. 2. Вегетативний гомеостаз у дівчат-підлітків з різним станом зорової функції

Факторна структура ВСР у дівчат-підлітків контрольної групи на 83,7% пояснювалася 3 факторами (табл. 1): на 43,7% – фактором F1 (загальний тонус ВНС), на 23,7% – фактором F2 (централізація управління) і на 16,3% – фактором F3 (симпато-вагальний баланс). Високі значення зазначених факторів вказують відповідно на високий тонус ВНС; на високу централізацію управління серцевим ритмом; на зміщення балансу на рівні вазомоторного центру у бік симпатикотонії.

У дівчат-підлітків з набутими двобічними зоровими дисфункціями факторна структура ВСР на 77,4% пояснювалася двома факторами (табл. 1): на 59,3% – фактором F3 (симпато-вагальний баланс) і на 18,1% – фактором F1 (загальний тонус ВНС). Відзначимо, що фактор F1 мав негативні коефіцієнти кореляції зі змінними замість позитивних в контролі, тобто високі значення фактору F1 вказують на низький тонус ВНС. Високі значення фактору F3 вказують на зсув вегетативної рівноваги на рівні вазомоторного центру в бік симпатикотонії.

Висока тонічна активність ВНС є індикатором переважання автономного контуру регуляції і, як, вважають лежить в основі здатності регулювати емоції і адекватно реагувати на зміни оточуючого середовища [19]. Наприклад, люди з більш високим тонічним рівнем ВСР краще справляються зі стресом [20], проявляють більш сильні позитивні емоції [21] і швидше і точніше реагують в когнітивних завданнях, пов'язаних з виконавчою функцією [22]. Навпаки, зниження тону ВНС пов'язане з більш слабкою здатністю до саморегуляції та є індикатором стресового стану [23].

Як відомо, в умовах фізіологічної норми хронотропна функція серця визначається гуморальними факторами циркулюючими у системному кровообігу та рефлекторними змінами зумовленими імпульсацією з баро- і хеморецепторів рефлексогенних зон судин високого тиску. Швидкі пристосувальні реакції серцевого ритму реалізуються переважно через нервовий канал регуляції. Однак, ефекти нервової регуляції є короткотривалими і недостатніми для переходу системи на новий рівень

функціонування впродовж тривалого часу. Зазначимо, що фактори 2 і 3 відображають ступінь переважання центральної регуляції над автономною, але на різних рівнях: фактор 2 – на всіх рівнях регуляції через нервово-гуморальні впливи, тоді як фактор 3 – на рівні структур довгастого мозку через нервово-рефлекторні впливи.

Таблиця 1

Факторна структура ВСР дівчат-підлітків з різним станом зорової функції в умовах спокійного неспання з закритими очима

Показники	Зорові дисфункції				
	Відсутні			Набуті двобічні	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 3	Фактор 1
Mean	-0,31	-0,25	-0,26	-0,52	-0,22
SDNN	0,94	-0,29	0,01	-0,17	-0,86
TP	0,96	-0,02	0,23	-0,19	-0,92
VLF	0,88	0,07	0,41	0,07	-0,83
VLF%	0,28	0,07	0,73	0,51	0,21
VLFt	0,11	-0,00	0,07	0,57	0,02
IASC	0,21	0,27	0,13	0,14	0,26
LF	0,90	0,04	0,39	0,09	-0,90
LF%	-0,02	-0,17	0,94	0,92	0,01
LFn	0,17	-0,11	0,97	0,93	0,08
LFt	0,13	0,16	-0,05	0,07	0,45
IC	0,46	0,00	0,86	0,82	0,14
LF/HF	0,36	-0,06	0,92	0,92	0,10
CC1	0,01	-0,07	0,82	0,61	0,26
CC0	0,65	0,02	0,54	0,65	0,11
AMo	0,53	0,73	0,35	0,39	0,35
IT	-0,13	0,98	-0,11	0,31	0,50
IBP	-0,13	0,98	-0,11	0,21	0,63
Mo	-0,34	-0,17	-0,24	-0,44	-0,12
ПАПР	0,70	0,52	0,40	0,41	0,24
TRT	-0,10	0,98	-0,10	0,34	0,37
IH	-0,10	0,98	-0,10	0,29	0,50
ΔX	0,93	-0,30	0,09	-0,12	-0,97
CVr	0,94	-0,15	0,20	0,01	-0,94
pNN50	0,19	-0,49	-0,72	-0,73	-0,29
ВПП	-0,22	0,96	-0,08	0,22	0,67
HF	0,94	-0,18	-0,19	-0,33	-0,87
HF%	-0,16	0,06	-0,95	-0,85	-0,14
HFn	-0,17	0,11	-0,97	-0,93	-0,08
% загальної дисперсії	43,66	23,70	16,34	59,30	18,11
Разом	83,7%			77,4%	

Відомо, що між симпатичною та парасимпатичною нервовою системою існують складні взаємодії, які можуть мати антагоністичний, синергетичний або незалежний ефект на пазухо-передсердний вузол [24], але мати однаковий результуючий ефект на

хронотропну функцію серця. Зокрема, результати нашого дослідження свідчать, що подібна тривалість кардіоциклу у дівчат-підлітків з різним станом зорової функції досягалася на фоні різних співвідношень між активністю симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. У дівчат контрольної групи домінуючим виявився базовий рівень активності обох відділів ВНС (40,0%), однак зустрічалися реципрокна активація ПСНС (15,0%) або СНС (10,0%), ко-активація (10,0%), незалежне вилучення ПСНС (10,0%) і СНС (5,0%), незалежна активація ПСНС (5,0%), ко-гальмування (5,0%). У дівчат з набутими двобічними зоровими дисфункціями домінуючим виявився базовий рівень активності обох відділів ВНС (47,4%), однак зустрічалися ко-гальмування (15,8%), реципрокна активація СНС (15,8%) або ПСНС (10,5%) та незалежна активація СНС (5,3%) або ПСНС (5,3%). Отже, у дівчат контрольної групи вегетативний гомеостаз в більшій мірі залежить активністю парасимпатичної нерв

Зазначене вище, вказує на те, що у дівчат-підлітків з набутими зоровими дисфункціями посилюються питомі впливи центрального контуру регуляції та симпатичної нервової системи на хронотропну функцію серця через нервово-рефлекторні механізми, тоді як у дівчат контрольної групи переважають вагальні впливи автономного контуру регуляції, а впливи центрального контуру регуляції мають лише мобілізуючу функцію та реалізуються нервово-гуморальним шляхом.

Як відомо, за оптимальної регуляції управління відбувається з мінімальною участю вищих рівнів управління, а за неоптимального управління необхідна централізація управління з залученням більш високих регуляторних рівнів [25]. Отже, за умов спокійного неспання у підлітковому віці найбільш оптимальною (за рахунок автономного контуру) вегетативна регуляція виявилася у дівчат контрольної групи (фактор 1), а неоптимальна вегетативна регуляція (за рахунок центрального контуру) у дівчат з набутими двобічними зоровими дисфункціями (фактор 3).

Висновки

Дівчата-підлітки з набутими двобічними зоровими дисфункціями характеризуються відмінними від контролю механізмами вегетативної регуляції хронотропної функції серця. Виявлена тенденція до брадикардії на фоні посилення активності симпатичної нервової системи є індикатором хронічного психоемоційного напруження у дівчат-підлітків з набутими зоровими дисфункціями.

Література

1. Майданник В.Г. Вегетативні дисфункції у дітей (Патогенетичні механізми та клінічні форми) // *Педіатрія, акушерство та гінекологія*. 1998. № 4, С. 5 – 11.
2. Воробьева О.В. Психогенно обусловленная вегетативная дисфункция: диагностика и лечение “трудных” симптомов. *Нервные болезни*. 2017. № 3, С. 12 – 18.
3. Белинский А.В., Момот В.А. Психологические особенности инвалидов по зрению : монография. Москва: РИЦ МГОПУ им. М. А. Шолохова, 2006. 184 с.
4. Rees G., Saw C.L., Lamoureux E.L., Keffe J.E. Self-management programs for adults with low vision: needs and challenges. *Patient Educ. Couns.* 2007. Vol. 69 (1-3), P. 39–46. doi: 10.1016/j.pec.2007.06.016
5. Scott I.U., Schein O.D., Feuffer W.J. et al. Emotional distress in patients with retinal disease. *Am. J. Ophthalmol.* 2001. Vol. 131, P. 584–589. doi: 10.1016/S0002-9394(01)00832-7
6. Matsunaka K. [An investigation of personal factors on daily stress of people with visually impairment]. *Shinrigaku Kenkyu*. 2002. Vol. 73(4), P. 340 – 345. [Article in Japanese]
7. Карауш И.С., Шевченко Ю.С., Куприянова И.Е. Психические расстройства и реабилитация детей с нарушениями слуха и зрения. *Социальная и клиническая психиатрия*. 2017. Т. 27 (2), С. 24 – 28.
8. Yokoi T., Moriyama M., Hayashi K. [et al.] Predictive factors for comorbid psychiatric disorders and their impact on vision-related quality of life in patients with high myopia. *Int Ophthalmol*. 2014. Vol. 34 (2), P.171 – 183. doi: 10.1007/s10792-013-9805-8

9. Карауш И.С., Дашиева Б.А., Куприянова И.Е., Стоянова И.Я. Особенности психологической диагностики детей с сенсорными нарушениями. *Сибирский психологический журнал*. 2014. Vol. (51), P. 132 – 140.
10. Пыльцина Н.Ю. О взаимосвязи клинического течения близорукости с анатомическим соматотипом у детей и подростков : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.08 «Глазные болезни». М., 2007. 22 с.
11. Абрамова Т.Ф. Состояние здоровья детей с нарушениями зрения, прогнозирование и профилактика его отклонений : автореф. дис. на стиск. уч. степени канд. мед. наук: специальность 14.01.08 – педиатрия. – Иваново, 2012. – 23 с.
12. Аветисов Э.С. Близорукость. М.: Медицина, 2002. 285 с.
13. Порядин Г.В., Богинская О.А., Обрубов С.А. [и др.] Особенности состояния вегетативной нервной системы у детей с близорукостью, ассоциированной с недифференцированной дисплазией соединительной ткани. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2013. № 3, С. 27 – 31.
14. Yanov, A.Yu., Prokhorov, A.V. (2014). Functional state of the autonomic nervous system in children with varying degrees of myopia. *World Applied Sciences Journal*, 29 (5), 671-674. doi: 10.5829/idosi.wasj.2014.29.05.13898
15. Редька І.В. Функціональний стан кардіореспіраторної системи слабозорих дітей: монографія. Херсон: Видавництво «Айлант», 2011. 171 с.
16. Кокорева Е. Г. Возрастные особенности регуляции сердечного ритма у детей дошкольного и младшего школьного возраста с нарушением зрения. *Вестник Южно-Уральского государственного университета: Образование, здравоохранение, физкультура и спорт*. 2003. № 5 (6), С. 99–102.
17. Баевский Р.М., Г.Г. Иванов, Чирейкин Л.В. [и др.] Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации). *Вестник аритмологии*. 2001. № 24, С. 65 – 87.
18. Майоров О.Ю. Некоторые методические и методологические подходы к математическому анализу сердечного ритма в условиях эмоционально напряженной деятельности и эмоционального стресса. *Диагностика здоровья*. Воронеж, 1990, С. 137 – 145.
19. Beauchaine T.P. Vagal tone, development, and Gray's motivational theory: Toward an integrated model of autonomic nervous system functioning in psychopathology. *Development and Psychopathology*. 2001. Vol. 13, P. 183–214. doi: 10.1017/S0954579401002012
20. Brosschot J.F., Van Dijk E., Thayer J.F. Daily worry is related to low heart rate variability during waking and the subsequent nocturnal sleep period. *Int J Psychophysiol*. 2007. Vol. 63, P. 39–47. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2006.07.016
21. Oveis C., Cohen A.B., Gruber J., Shiota M.N., Haidt J. [et al.] Resting respiratory sinus arrhythmia is associated with tonic positive emotionality. *Emotion*. 2009, № 9. P. 265–270. doi: 10.1017/S0954579401002012
22. Hansen A.L., Johnsen B.H., Thayer J.F. Vagal influence on working memory and attention. *International Journal of Psychophysiology*. 2003. Vol. 48, P. 263–274. doi:10.1016/S0167-8760(03)00073-4
23. Thayer J.F., Lane R.D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J. Affective Disorders*. 2000. Vol. 61. P. 201–216. doi: 10.1016/S0165-0327(00)00338-4
24. Berntson G.G., Cacioppo J.T., Quigley K.S. Autonomic determinism: the modes of autonomic control, the doctrine of autonomic space, and the laws of autonomic constraint. *Psychol Rev*. 1991. Vol. 98, P. 459–487. doi:10.1037/0033-295X.98.4.459.
25. Баевский Р. М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний : монография. Москва : Медицина, 1997. 235 с.

References

1. Maidannik, V.G. (1998). Vegetative dysfunctions in children (pathogenetic mechanisms and clinical forms). *Pediatrics, akusherstvo ta ginekologiya [Pediatrics, Obstetrics and Gynecology]*, 4, 5–11. (in Ukr.).
2. Vorobieva, O.V. (2017). Psychogenically induced autonomic dysfunction: diagnosis and treatment of "difficult" symptoms. *Nervnyie bolezni [Nervous Diseases]*, 3, 12–18 (in Rus.).
3. Belinsky, A.V., Momot, V.A. (2006). Psychological features of the visually impaired. Moscow. 184 p. [in Rus.].
4. Rees, G., Saw, C.L., Lamoureux, E.L., Keffe, J.E. (2007). Self-management programs for adults with low vision: needs and challenges. *Patient Educ. Couns*, 69 (1-3), 39–46. doi: 10.1016/j.pec.2007.06.016
5. Scott I.U., Schein O.D., Feuffer W.J. et al. (2001). Emotional distress in patients with retinal disease. *Am. J. Ophthalmol*, 131, 584–589. doi: 10.1016/S0002-9394(01)00832-7
6. Matsunaka, K. (2002). An investigation of personal factors on daily stress of people with visually impairment. *Shinrigaku Kenkyu*, 73 (4), 340–345. (in Jap.)

7. Karaush, I.S., Shevchenko, Yu.S., Kupriyanova, I.E. (2017). Mental disorders and rehabilitation of children with hearing and vision impairments. *Sotsialnaya i klinicheskaya psichiatriya [Social and Clinical Psychiatry]*, 27 (2), 24-28. (in Rus.)
8. Yokoi, T., Moriyama, M., Hayashi, K. et al. (2014). Predictive factors for comorbid psychiatric disorders and their impact on vision-related quality of life in patients with high myopia. *Int Ophthalmol*, 34(2), 171-183. doi: 10.1007/s10792-013-9805-8
9. Karaush, I.S., Dashiyeva, B.A., Kupriyanova, I.E., Stoyanova, I.Ya. (2014). Features of psychological diagnostics of children with sensory impairments. *Sibirskiy psihologicheskij zhurnal [Siberian Psychological Journal]*, 51, 132-140. (in Rus.)
10. Pyltsina, N.Yu. (2007). The correlation of the clinical course of short-sightedness with anatomical somatotype in children and adolescents: author's dis. thesis to acquire candidate of medical science degree: speciality 14.00.08 "Eye Diseases". Moscow, 22. (in Rus.)
11. Abramova, T.F. (2012). The state of health of children with visual impairment, prediction and prevention of its abnormalities : author's dis. thesis to acquire candidate of medical science degree: speciality 14.01.08 - Pediatrics. Ivanovo, 23 p. (in Rus.)
12. Avetisov, E.S. (2002). Myopia. Moscow : Medicine, 285 c. (in Rus.)
13. Poryadin, G.V. Boginskaya, O.A. Obrubov, S.A. et al. (2013). Characteristics of the autonomic nervous system state in children with myopia associated with undifferentiated connective tissue dysplasia. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimentalnaya terapiya [Patol Fiziol Eksp Ter]*, 3, 27-31. (in Rus.)
14. Yanov, A.Yu., Prokhorov, A.V. (2014). Functional state of the autonomic nervous system in children with varying degrees of myopia. *World Applied Sciences Journal*, 29 (5), 671-674. doi: 10.5829/idosi.wasj.2014.29.05.13898
15. Redka, I.V. (2011). Functional state of the cardiorespiratory system of children with low vision : Monograph. - Kherson: Publishing house "Aylant", 171. (in Ukr.)
16. Kokoreva, E.G. (2003). Age characteristics of the regulation of heart rate in preschool and primary school children with visual impairment. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta: Obrazovanie, zdavoohranenie, fizkultura i sport [Bulletin of the South Ural State University: Education, Health, Physical Education and Sports]*, № 5 (6), 99–102. (in Rus.)
17. Baevsky, R.M., Ivanov, G.G., Chireykin, L.V. et al. (2001). Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems (guidelines). *Vestnik aritmologii [Bulletin arrhythmology]*, 24, 65–87. (in Rus.)
18. Mayorov, O. Yu. (1990). Some methodical and methodological approaches to the mathematical analysis of heart rate in an emotionally intense activity and emotional stress. In: Health diagnostics. Voronezh, 142–143 (in Rus.).
19. Beauchaine, T.P. (2001). Vagal tone, development, and Gray's motivational theory: Toward an integrated model of autonomic nervous system functioning in psychopathology. *Development and Psychopathology*, 13, 183–214. doi: 10.1017/S0954579401002012
20. Brosschot, J.F., Van Dijk, E., Thayer, J.F. (2007). Daily worry is related to low heart rate variability during waking and the subsequent nocturnal sleep period. *Int J Psychophysiol*, 63, 39–47. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2006.07.016
21. Oveis, C., Cohen, A.B., Gruber, J. et al. (2009). Resting respiratory sinus arrhythmia is associated with tonic positive emotionality. *Emotion*, 9, 265–270. doi: 10.1017/S0954579401002012
22. Hansen, A.L., Johnsen, B.H., Thayer, J.F. (2003). Vagal influence on working memory and attention. *International Journal of Psychophysiology*, 48, 263–274. doi:10.1016/S0167-8760(03)00073-4
23. Thayer, J.F., Lane R.D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J. Affective Disorders*, 61, 201–216. doi: 10.1016/S0165-0327(00)00338-4
24. Berntson GG, Cacioppo JT, Quigley KS (1991) Autonomic determinism: the modes of autonomic control, the doctrine of autonomic space, and the laws of autonomic constraint. *Psychol Rev*, 98, 459–487. doi:10.1037/0033-295X.98.4.459.
25. Baevsky, R.M., Berseneva, A.P. (1997). Evaluation of the adaptive capacity of the organism and the risk of developing diseases: monograph. Moscow: Medicine, 235.

Summary. Redka I.V. Autonomous nervous system regulation for teenage girls with obtained visual dysfunctions

Introduction. 12-15 years old is a critical period for the manifestation of autonomic nervous dysfunction against the background of morphological and functional heterochrony of various organs and systems. The presence of visual dysfunctions is one of the risk factors for the development of autonomous nervous imbalances. There is no consensus on the autonomous nervous regulation in people with visual dysfunctions.

Purpose of this article is to find out the features of autonomous nervous regulation in teenage girls with obtained visual dysfunctions.

Methods. The study involved 12-15 years old girls with different vision function: 20 girls with normal vision and 19 girls with obtained bilateral vision dysfunctions (the corrected visual acuity left was 0.65 ± 0.07). The studies were conducted in a darkened room in a sitting position with closed eyes. ECG registration was carried out within 2.5 minutes.

The comparison of the HRV indexes in girls with different vision functions was performed on the basis of the Wilcoxon-Mann-Whitney criteria and Fisher's angle transform criterion. The factor model of HRV was built on the basis of a correlation matrix of 29 HRV indexes (spectral, autocorrelation, statistical and R.M. Baevsky's indexes) and Varimax rotation.

Results. Teenage girls were characterized by lower (by 42.0%, $P \leq 0.05$) values of VLFt compared to control, indicating a shortening period of the reflex response of the cardiovascular subcortical center. The normal heart rate prevailed in the control group (95.0%) while the bradycardia prevailed in girls with visual dysfunctions (55.6%). In control group the factor structure of HRV was formed by three factors: factor 1 (general autonomous nervous system tone; SDNN, TP, VLF, LF, HF, ΔX , CVr were the most contributing indexes are factors) – 43.7%, factor 2 (centralization of management; AMo, IVB, IA, IARP, ART, SI, VIR) – 23.7%, and factor 3 (sympathy-vagal balance) – 16.3%. In girls with visual dysfunctions the factor structure of HRV was formed by two factors: factor 3 (59.3%) and factor 1 (18.1%). At the same time the Factor 1 had negative correlation with HRV indexes instead of positive correlation in control group.

Originality. For the first time, a comparative analysis of the HRV indexes and its factor structure in teenage girls with different visual functions was conducted.

Conclusion. Teenage girls with obtained bilateral vision dysfunctions are characterized by different mechanisms of autonomous nervous regulation of heart chronotropic function. The tendency toward bradycardia against the background of intensifying of sympathetic nervous system activity is an indicator of chronic psycho-emotional stress in teenage girls with obtained visual dysfunctions.

Keywords: heart rate variability, autonomous nervous regulation, visual dysfunctions

Одержано редакцією 12. 03. 2019
Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК 612.014.44+612.172.2

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-76-84

Рибалко А. В., Кудій Л. І.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

ВПЛИВ СЕНСОРНИХ ПОДРАЗНИКІВ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ОРГАНІЗМУ

У статті представлено результати досліджень фізіологічних механізмів впливу сенсорних аферентацій на функціональний стан серцево-судинної системи та організм в цілому. Організація сенсорних зорових впливів може суттєво змінювати функціональний стан серцево-судинної системи людини переважно під дією компенсаторних зрушень її хвильових проявів, що може стати актуальним напрямом профілактичної медицини в умовах зростання кількості кардіо-васкулярної патології. Напруженість регуляторних механізмів організму, яка відображається в змінах тону автономної нервової системи, зокрема, за показниками центральної гемодинаміки та їх хвильової структури, може слугувати прогностичним критерієм ризиків розвитку патології в майбутньому. Фізіологічні ефекти та механізми впливу різних сенсорних подразників на функціональний стан організму людини вивчені вкрай недостатньо, а також відсутнє наукове обґрунтування вибору якісних та кількісних характеристик сенсорних впливів, тривалості їх дії та мети застосування, а також урахування особливостей біологічної індивідуальності людини.

Ключові слова: сенсорні впливи, офтальмофотостимуляція, аромотерапія, варіабельність серцевого ритму.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні уявлення про стан здоров'я в значній мірі базуються на теорії загального адаптаційного синдрому, згідно з якою реакція організму на будь-який вплив супроводжується, в першу чергу, мобілізацією функціональних резервів. У відповідності до існуючих уявлень, провідну роль у процесах адаптації вищих організмів до мінливих умов середовища відіграють сенсорні системи й ті нейрофізіологічні процеси, котрі забезпечують постійний аналіз зовнішніх стимулів, що впливають на них [1, 2, 3]. Зміни кардіо-респіраторного гомеостазу являються лімітуючим фактором пристосувальних можливостей організму. Згідно з загальноприйнятими фізіологічними уявленнями динаміку функціонального стану організму та ступінь напруженості регуляторних процесів слід оцінювати за параметрами серцево-судинної, центральної та автономної нервової систем як чутливих індикаторів адаптації [4].

Останнім часом зростає цікавість до нового розділу медицини – інформаційної медицини, предметом вивчення якої виступає здорова людина, у якої під впливом життєвих обставин порушуються інформаційні відносини як всередині окремих функціональних систем, так і міжсистемні зв'язки в цілому організмі, котрі достатньо чутливі до різноманітних впливів і першими порушуються в екстремальних ситуаціях, зокрема, емоційних стресах [4]. Вкрай важливо не допустити переходу інформаційної стадії емоційної напруги в психосоматичну патологію, зокрема, нейроциркуляторну дистонію, котра розвивається внаслідок перевантаження психоемоційної сфери сучасної людини. К. В. Судаков [6] вважає, що на ранніх стадіях функціональних розладів, викликаних емоційною перенапругою, в основі змін організму лежить неспецифічний інформаційний синдром дезорієнтації різних функціональних систем. Для відновлення порушених функцій необхідно введення додаткового контуру саморегуляції, який допоможе організму усунути чи компенсувати наявні uszkodження. В якості такого додаткового контуру саморегуляції можуть виступати різноманітні реабілітаційні впливи, котрі нормалізують порушені мультипараметричні взаємовідносини функціональних систем гомеостатичного рівня [7].

Можливості медикаментозної терапії в даних випадках вельми обмежені внаслідок її спрямованості на пригнічення конкретних хворобливих симптомів, побічних ефектів та феномену звикання, а ті немедикаментозні засоби терапії, що зараз використовуються у практиці, не завжди ефективні. Тому актуальною задачею являється створення сучасних ефективних технологій нелікарського впливу, які можуть забезпечити профілактику та своєчасну корекцію функціональних порушень в організмі людини.

За даними А.Т. Бикова та Т.Н. Маляренко міжсенсорні взаємодії в значній мірі визначають функціональний стан організму [8]. Останнім часом спостерігається підвищений інтерес до вивчення ефектів впливу різноманітних сенсорних подразнень на функціональний стан організму.

Мета роботи. Охарактеризувати сучасний стан наукових уявлень про вплив сенсорних аферентацій на функціональний стан серцево-судинної системи та організм в цілому.

Матеріал та методи

Аналіз спеціальної наукової літератури, в якій розглядалися фізіологічні механізми сенсорних аферентацій на функціональний стан серцево-судинної системи та організм в цілому.

Результати та обговорення

Центральна нервова система функціонує як єдиний злагоджений механізм, завдяки чому досягається те, що реакція організму у відповідь на різні подразнення має характер цілісних інтегрованих актів поведінки [9], у кожному з яких можна виділити три основні компоненти: сенсорний, моторний та вегетативний [10, 3]. З метою оптимізації функціонального стану організму людини в умовах психоемоційного напруження використовуються різні види стимуляційних впливів: музика [8], ароматерапія [11, 12], тепло-повітряні та світлові впливи, а також їх одночасне поєднання у різних сполученнях [13, 14, 15].

Ефекти змін функціонального стану за рахунок ритмічної світлової та звукової стимуляції відомі ще з давнини. Так, численні ритуали в архаїчних культурах супроводжувались, як правило, ритмічними сигналами (барабанний бій, плескання в долоні, ритмізований спів) та світловими мерехтіннями, які викликалися свічками, факелами, багаттям чи рухами людей навкруги вогнища, що викликають у спостерігача ефект „ритмізації” світла. Нейрофізіологічні дослідження підтвердили, що біохімічні зміни при ритмічній світловій стимуляції мозку співставні з ефектами транскраніальної електричної стимуляції.

Так, в дослідженнях Shealy C. N. було з'ясовано, що як транскраніальна електростимуляція, так і фотостимуляція достовірно збільшують рівень ендорфінів, серотоніну, норепінефрину та дофаміну, тобто, гормонів, котрі викликають розслаблюючий, заспокійливий та знеболюючий ефекти [16, 16]. Berg K. та Siever в своїх роботах показали, що 15-ти хвилинні сеанси світлозвукової стимуляції на частоті альфа-ритму викликають стан вираженої релаксації, котрий триває і після завершення сеансів стимуляції. Седативний та релаксуючий ефекти аудіовізуальних впливів в ряді випадків були настільки виражені, що висловлювалися ідеї щодо використання їх для знеболення замість традиційного наркозу [18].

Е.К. Айдаркіним було досліджено механізми впливу одорантів на ефективність зорового та слухового сприйняття, їх взаємодії [19]. Відомі ефекти впливу ароматичних речовин для покращення пам'яті, концентрації уваги, емоційного стану людини. Активація запахами нюхової сенсорної системи сприяє підвищенню активності зорової сенсорної системи внаслідок посилення міжсенсорної взаємодії [20].

Исаева И.В. та співавт. [12] встановили, що довготривалий вплив нюхового сенсорного припливу у вигляді запахів рослинного походження призводить до

позитивних змін в регуляції серцевого ритму, знижує її напруженість та врівноважує активність симпатичних та парасимпатичних механізмів, розширює резервні можливості серця. Встановлено залежність реакції серцевого ритму від вихідного стану автономної нервової системи: в осіб, в яких у вихідному стані превалювали церебральні ерготропні механізми регуляції серцевого ритму [21], вплив нюхового сенсорного припливу сприяв вірогідному послабленню центральних механізмів та активізації тону парасимпатичного відділу автономної нервової системи і, відповідно, зменшенню напруженості регуляції серцевого ритму.

Численними дослідженнями встановлено зв'язок між музикою, емоціями та функціональним станом організму. Позитивні емоції, котрі викликаються музичними сенсорними припливами, мають активуючий вплив на біоелектричну активність головного мозку [22], кардіоваскулярні функції, вегетативний тонус [20, 23]. Короткотривале прослуховування класичної музики сприяє гармонізації СР [23, 24].

Пролонгована активація слухової сенсорної системи (класична музика) за даними І.А. Кириллової мала корегуючий вплив на циркадний ритм вегетативного тону, що проявлялося посиленням симпатичних впливів на серцевий ритм вдень, а парасимпатичних – вночі, а також підвищувала прояви добового ритму активності ерготропних та тропотропних систем із наступною нормалізацією циркадного профілю ритму серця [25, 26].

Інші дослідники виявили залежність типу реакції серцевого ритму від вихідного стану вегетативного балансу, стійкість позитивних зрушень регуляції серцевого ритму при пролонгованих сенсорних слухових впливах, які зберігалися ще протягом тижня [23, 26, 25, 26]. У дослідженнях Дімітрієва Д.А., Lee G. S показано, що дія білого шуму на слуховий аналізатор призвела до значних змін активності стовбурових центрів, регулюючих роботу кардіоваскулярного та дихального центрів, що проявилось в зрушенні вегетативного балансу в бік посилення симпатичного контуру автономної нервової системи та стало причиною підвищення частоти серцевих скорочень і зниження варіабельності серцевого ритму, в тому числі дихальної синусової аритмії [28, 29].

Сухолюзова та співавт. вважають, що як моносенсорні, так і полісенсорні впливи призводять до виражених змін функціонального стану обстежуваних, сприяють змінам рівня активності регуляторних механізмів, підвищенню симпатикотонії під впливом більшої частини сенсорних подразнень, що відображає певне напруження центральних механізмів регуляції [13]. Полімодальні ритмічні сенсорні впливи за результатами досліджень Глазачева О.С. являються засобом підвищення ефективності інтелектуальної діяльності людини, оскільки сприяють посиленню концентрації уваги в більшій мірі у випадках, коли спостерігається зростання парасимпатичної активності в регуляції функцій [15].

Світло являється природним подразником для зорової сенсорної системи та розглядається як один із найважливіших факторів еволюційного процесу, який разом із іншими фізичними та хімічними факторами сприяв виникненню та формуванню живих систем. Зі змінами фізичних характеристик світла може змінюватися і функціональний стан людини [29, 3].

Лікувальні властивості світла відомі з глибокої давнини. Хромотерапію застосовували ще в Стародавньому Китаї, Індії та Єгипті. Ще Піфагор проводив лікування хворих фотостимуляцією, створюваною обертанням із різною швидкістю колеса зі спицями, розташованим між вогнищем та пацієнтом. Перша клініка хромотерапії була відкрита в США наприкінці XIX століття [31, 32].

Різні частоти оптичного діапазону електромагнітних променів неоднаково впливають на ЦНС, психологічний та емоційний стан людини. Емпірично встановлено, що червоне світло збільшує драгівливість людини, синьо-голубі відтінки заспокоюють, зелені – мають тонізуючий вплив на регуляторні механізми організму [29]. За даними [32] при

стимуляції червоним кольором відбувається підвищення рівня норадреналіну, при впливі синім кольором – серотоніну. При лікуванні сезонних депресій найбільш позитивний ефект спостерігається при використанні яскравого сонячного освітлення та жовто-помаранчевих відтінків [34, 35].

У сучасних методах світло- і кольоротерапії [29] використовуються рефлекторні, вегетотропні, психофізіологічні, нейроендокринні, гуморальні, біоенергетичні (клітинне дихання, фосфорилування), імунні, трофічні та пластичні, фотодинамічні (за участю фотосенсибілізаторів і протекторів), а також хронобіологічні ефекти оптичного випромінювання [36, 31, 32].

Загальний лікувальний ефект при проведенні сеансів лікування світлом визначається комплексним впливом даних факторів та сумарним ефектом реакцій-відповідей на них органів та систем організму, внаслідок чого хромотерапію можна одночасно вважати і фізіотерапевтичним, і рефлексотерапевтичним, і психотерапевтичним засобом. Саме цим можна пояснити достатньо широкий діапазон виявлених різними дослідниками терапевтичних ефектів: антидепресивний, седативний, снодійливий, міорелаксуючий, психостимулюючий, а також зниження втоми, покращення працездатності, нормалізація артеріального тиску [37].

Встановлено, що кольорові подразники викликають зміни тонуру автономної нервової системи і, навпаки, зміни її тонуру впливають на кольоровий зір. Сприйняття синіх і зелених відтінків кольору сприяє активізації парасимпатичної нервової системи і загальній релаксації організму. Вплив червоними і жовтими тонами призводить до переважної активації симпатичної нервової системи [3, 38, 39].

Г. Уолтер з'ясував, що при ритмічній фотостимуляції у досліджуваних виникали різноманітні зорові уявлення, які він розглядав у контексті гіпотези про скануючу роль α -ритму у сприйнятті інформації [40]. В.А. Часов та Е.Д. Бельський [41] показали залежність уявлень від частоти стимуляцій, виявили особливості реакції здорових людей в стані втоми та запропонували даний метод для оцінки функціонального стану ЦНС (метод «кольорогеометричної ритмоскопії»). Загальновідомо використання ритмічної фотостимуляції для вивчення резонансних властивостей коркових нейронних мереж [42, 43, 29, 44].

В дослідженнях [45, 46] встановлено, що найбільш ефективним методом кольоростимуляції є використання візуальних сигналів визначеного кольору з керованим ритмом їх подачі. Імпульсний характер впливу дозволяє посилити стимулюючий ефект в розвитку процесів гальмування або збудження в залежності від ритму [47]. Процес імпульсної фотостимуляції супроводжується засвоєнням ритму в півкулях головного мозку і, відповідно, змінами його хвильової активності: зелені стимули з частотою 8-13 Гц сприяють наростанню активності альфа-ритмів (стан релаксації), імпульси червоного кольору з частотою 14-26 Гц збільшують бета-активність (стан активації) [45, 47]. Розроблено та впроваджено в практику апарати нового покоління [48, 49], які дозволяють впливати не тільки світлом певного кольору та ритмом його подачі, але і підібрати суворо індивідуальну програму для кожного пацієнта. Підтверджено позитивний вплив імпульсної фотостимуляції на адаптивні можливості спортсменів високої кваліфікації в період інтенсивних тренувань, що проявляється в антистресовому ефекті в психоемоційній, аналізаторно-пізнавальній та координаторній сферах [50, 51].

Висновки

Аналіз літературних джерел свідчить, що останнім часом спостерігається підвищений інтерес до вивчення ефектів впливу різноманітних сенсорних подразнень, у тому числі світлових, на функціональний стан організму. Напруженість регуляторних механізмів організму, яка відображається в змінах тонуру автономної нервової системи, зокрема, за показниками центральної гемодинаміки та їх хвильової

структури, може слугувати прогностичним критерієм ризиків розвитку патології в майбутньому. В той же час фізіологічні ефекти та механізми впливу різних сенсорних подразників на функціональний стан організму людини вивчені вкрай недостатньо, а також відсутнє наукове обґрунтування вибору якісних та кількісних характеристик сенсорних впливів, тривалості їх дії та мети застосування, а також урахування особливостей біологічної індивідуальності людини. Тому актуальними та доцільними вважаються подальші дослідження різноманітних сенсорних впливів, в тому числі, механізмів дії світла різної довжини хвилі, рівня освітленості та частоти подачі сигналу з метою корекції розладів функціонального стану людини.

Література

1. Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006. 284 с.
2. Филиппов И. В. Сверхмедленные колебания потенциалов латерального колленчатого тела и первичной зрительной коры как корреляты процессов переработки зрительной информации. Сенсорные системы. 2007. Т. 21. № 2. С. 165-173.
3. Смирнов В. М., Будылина С. М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 304 с.
4. Хватова М. В., Исаева И. В., Шутова С. В. Расширение резервных возможностей сердца и мозга у женщин с разной стрессорной устойчивостью при помощи пролонгированных сенсорных притоков. Валеология. 2002. № 4. С. 48-54.
5. Бессонов А.Е., Калмыкова Е.А. Концептуальные основы информационной медицины. Вестник восстановительной медицины. 2005. № 3. С. 9.
6. Судаков К. В., Умрюхин П. Е. Системные основы эмоционального стресса. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 230 с.
7. Зилов В. Г. Современные представления о лечебных механизмах методов восстановительной медицины. Вестник восстановительной медицины. 2009. № 1. С. 12-16.
8. Быков А. Т., Маляренко Т. Н. Восстановительная медицина и экология человека: руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2009. 688 с.
9. Пугачев К. С., Кребс А. А., Филиппов И. В. Сверхмедленные колебания потенциалов нейромодуляторных центров головного мозга и корковых отделов сенсорных систем. Известия Коми научного центра УрО РАН. 2014. № 1(17). С. 51-56.
10. Козлов В. К. Принцип системности в медицине и актуализация проблем медицинской профилактики. Electronic journal Biocosmology. 2011. Т. 1. № 2-3. С. 181-220.
11. Авилов О. В., Комарова И. А. Индивидуальный подход к оценке эффективности курсовых обонятельных воздействий. Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18. № 3. С. 33-35.
12. Исаева И. В., Говша Ю. А. Пролонгированное явление обонятельного сенсорного притока на функциональное состояние аппарата регуляции ритма. Вестник Тамбовского университета. 2001. Т. 6. № 1. С. 63-68.
13. Сухолозова М. А., Сентябрев Н. Н. Физиологический анализ коррекции функционального состояния с помощью полисенсорных потоков. Естественные науки. 2008. Т. 25. № 4. С. 97.
14. Минина Е.Н. Возрастные особенности вестибуло-ольфакторно-вегетативных взаимосвязей в обеспечении вегетативной регуляции деятельности и возможности их коррекции. Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2010. Т. 23. № 4. С. 158-164.
15. Глазачев О. С., Классина С. Я., Бобылева О.В. Эффекты полимодальных ритмических сенсорных воздействий на состояние ЦНС и вегетативные функции человека. Физиология человека. 2010. Т. 36. № 2. С. 59-66.
16. Shealy C. N., Cady R. K., Cox R. H. Pain, stress and depression: psychoneurophysiology and therapy. Stress medicine. 1995. Vol. 11. № 1. С. 75-77. doi.org/10.1002/smi.2460110114.
17. Сакеллион Д. Н., Алимов У. Х. Низкочастотная сенсорная стимуляция мозга. Nevrologiya. 2013. Т.56. № 2. С. 5-9.
18. Berg K., Siever D. A controlled comparison of audio-visual entrainment for treating Seasonal Affective Disorder. Journal of Neurotherapy. 2009. Vol. 13. № 3. С.166-175. doi.org/10.1080/10874200903107314.
19. Айдаркин Е. К. Исследование особенностей взаимодействия зрительной и слуховой систем. Валеология. 2006. № 3. С. 82-93.
20. Быков А. Т., Маляренко Т. Н., Маляренко Ю.Е. Аромавоздействие как фактор оптимизации функционального состояния человека. Валеология. 2006. № 2. С. 50-63.
21. Хаспекова Н. Б. Диагностическая информативность мониторинга вариабельности ритма сердца. Вестник аритмологии. 2003. № 32. С. 15-23.

22. Новикова Л. М. Музыка и медицина: история и пути взаимодействия. Арт-терапия в психиатрической практике. Матер. науч.-практ. конфер. Москва. 2012. С. 18.
23. Маляренко Т. Н., Воронин И. М. Музыкальные сенсорные притоки: поиск путей расширения функциональных резервов системы регуляции сердечного ритма. Вестник Тамбовского университета. 2001. Т. 6. № 1. С. 63-65.
24. Козачук И. В., Кириллова И. А. Эффекты аудиостимуляции в виде звуков природы на регуляцию сердечного ритма. Вестник Тамбовского университета. 2012. Т. 17. № 4. С. 1270-1272.
25. Кириллова И.А., Маляренко Т.Н., Воронин И.М. Зависимость циркадной организации сердечного ритма от пролонгированного музыкального сенсорного воздействия. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2007. Т. 93. № 2. С. 180-188.
26. Iwanaga M., Kobayashi A. Heart rate variability with repetitive exposure to music. *Biol. Psychol.* 2005. № 70 (1). P. 61-66. doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.11.015.
27. Peng S. M., Koo M., Yu Z. R. Effects of music and essential oil inhalation on cardiac autonomic balance in healthy individuals. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine.* 2009. Vol. 15, № 1. С. 53-70. doi: 10.1089/acm.2008.0243.
28. Димитриев Д.А., Индейкина О.С., Димитриев А.Д. Изменение функционирования кардиореспираторной системы при воздействии белого шума. Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2 С. 53-61. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-2-150-153.
29. Lee G.S., Chen M.L., Wang G.Y. Evoked response of heart rate variability using short-duration white noise. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical.* 2010. Vol. 155. № 1. P. 94-97. doi:10. 1016/j.autneu. 2009.12.008.
30. Готовский Ю.В., Косарева Л.Б., Перов Ю.Ф. Цветовая светотерапия. М.: Имедис, 2009. 464 с.
31. Залесский В.Н., Возианов С.А., Дынник О.Б. Фотодинамическая терапия: к 100-летию открытия (этапы развития и изучения механизмов действия). Журн. АМН України. 2004. № 4. С. 808-824.
32. Долина И. В. Интенсивная светотерапия. Военная медицина. 2010. № 2. С. 118-122.
33. Леонова Л. А., Лукьянец Г.Н., Макарова Л.В. Влияние цветового фона компьютерных программ на функциональное состояние организма дошкольников при работе на компьютере. Физиология человека. 2009. Т. 35, № 2. С. 70-75.
34. Choi C.J., Kim K.S., Kim C.M. Reactivity of heart rate variability after exposure to colored lights in healthy adults with symptoms of anxiety and depression. *International Journal of Psychophysiology.* 2011. Vol. 79, № 2. С. 83-88. doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.09.011.
35. Parkes J.H., Volpe V. Colour for well-being: Exploring adult learners responses to utilizing colour as a therapeutic tool. *Journal of Applied Arts & Health.* 2013. Vol. 3. № 3. С. 275-293. doi.org/10.1386/jaah.3.3.275_1.
36. Гуляр С.А. Антология светотерапии. Медицинские БИОПТРОН-технологии (теория, клиника, перспективы): Сборн. научн. трудов. Киев: ИФБ НАН Украины, 2009. 1024 с.
37. Гойденко В.С., Зверев В.А. Визуальная цветостимуляция в рефлексотерапии, терапии и офтальмологии. Русский медицинский журнал. 2000. № 1. С. 39-42.
38. Мадяр С.А., Павленко В.Б., Ейсмонт Е.В. Корекція несприятливих психофізіологічних станів за допомогою кольорового зворотного зв'язку за електроенцефалографією. Медична інформатика та інженерія. 2012. №. 1. С. 27-37.
39. Королёва М. А., Воронин И. М. Влияние пролонгированного светового воздействия на вегетативную регуляцию сердечного ритма. Вестник Тамбовского университета. Биологические науки. 2009. Т. 1000. № 876. С. 97.
40. Уолтер Г. Живой мозг. М.: Мир, 1970. 300 с.
41. Бельский Е.Д., Часов В.А. Клинико-электрофизиологические показатели функционального состояния головного мозга человека. Л.: Труды ЛИЭТИНа, 1971. № 27. С. 110-119.
42. Каплан А.Я., Жигалов А.Ю. Динамика альфа-активности электроэнцефалографии у человека при триггерной фотостимуляции в контуре интерфейса мозг-компьютер. Бюллетень сибирской медицины. 2010. Т. 9, № 2. С. 7-11.
43. Lazarev V.V., Pontes A., Azevedo L.C. EEG photic driving: Right-hemisphere reactivity deficit in childhood autism. A pilot study *International Journal of Psychophysiology.* 2009. № 71. P. 177-183. doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.08.008.
44. Луговая А.М., Малахов В.В., Чернышев В.В. Светоимпульсная терапия. Результаты и перспективы. 2005. Т. 7. С. 27-31.
45. Пятакович Ф.А., Курлов Ю.А. Модели и алгоритмы для автоматизированной классификации цветоощущения и цветовосприятия. Успехи современного естествознания. 2006. № 10. С. 55-58.
46. Макконен К.Ф., Пятакович Ф.А. Разработка структуры модуля директивной цветостимуляции, реализующего реабилитационный вектор воздействия. Системный анализ и управление в биомедицинских системах: журнал практической и теоретической биологии и медицины. 2008. Т. 7. № 2. С. 335-338.
47. Усанова Т.Б., Николенко В.Н., Скрипаль А.В. Исследование биоэлектрической активности мозга и характера сердечной деятельности при подавлении нистагма в процессе периодического светового воздействия. Саратовский научно-медицинский журнал. 2011. Т. 7, № 1. С. 97-102.

48. Шустов М. А. Цветодинамические устройства ритмической стимуляции. Парапсихология и психофизика. 1999. № 2. С. 74-76.
49. Кочина М.Л., Фирсов А.Г. Многофункциональный прибор для проведения психофизиологических исследований. Прикладная радиоэлектроника. 2010. № 2. С. 260-265.
50. Козловский А.П., Кузнецова Н.В. Перспектива применения фотостимуляции зрительного анализатора в спортивной медицине. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2011. Т. 152, № 8. С. 197-200.
51. Петров К.Б., Коренева С.Н. Дифференцированное применение офтальмостимуляции для профилактики дезадаптивных расстройств у спортсменов. Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. 2010. Т. 3. С. 39-43.

References

1. Agadzhanyan N.A., Baevskiy R.M., Berseneva A.P. (2006). Problems of adaptation and health science. M.: RUDN. 284. (in Rus.)
2. Filippov I. V. (2007). Super-slow fluctuations of the potentials of the lateral geniculate body and the primary visual cortex as correlates of the processing of visual information. *Sensornyye sistemy [Sensory systems]*, 21, 2, 165-173. (in Rus.)
3. Smirnov, V.M., Budylin, S.M. (2004) Physiology of sensory systems and higher nervous activity: manual for higher school. Moscow: Akademiya. 304. (in Rus.)
4. Khvatova M.V., Isaeva I.V., Shutova S.V. (2002). Expansion of the reserve capacities of the heart and brain in women with different stress resistance with the help of prolonged sensory tributaries. *Valeologia [Valeology]*, 4, 48-54. (in Rus.)
5. Bessonov A.E., Kalmykova E.A. (2005). Conceptual framework of information medicine. *Vestnyk vosstanovitelnoi medycyny [Bulletin of restorative medicine]*, 3, 9. (in Rus.)
6. Sudakov K. V., Umryukhin P. Ye. (2010). Systemic foundations of emotional stress Moskva: GEOTAR-Media, 230. (in Rus.)
7. Zilov V.G. (2009). Modern ideas about the therapeutic mechanisms of methods of restorative medicine. *Vestnyk vosstanovitelnoi medycyny [Bulletin of restorative medicine]*, 1, 12-16. (in Rus.)
8. Bykov A. T., Malyarenko T. N. (2009). Restorative medicine and human ecology: a guide. M.: GEOTAR-Media. 688. (in Rus.)
9. Pugachev K.S., Krebs A. A., Filippov I. V. (2014). Super-slow oscillations of the potentials of the neuromodulatory centers of the brain and the cortical regions of the sensory systems. *Yzvestiya Komy nauchnogo tsentra UrO RAN [Proceedings of the Komi Scientific Center UB RAS]*, 1 (17), 51-56. (in Rus.)
10. Kozlov V.K. The principle of systemic medicine and the actualization of the problems of medical prevention. (2011). *Electronic journal Biocosmology*. 1 (2-3), 181-220. (in Rus.)
11. Avilov O. V., Komarova I. A. (2011). An individual approach to evaluating the effectiveness of the course-based olfactory effects. *Vestnyk novykh medycynskykh tekhnolohiy. [Bulletin of new medical technologies]*, 18 (3), 33-35. (in Rus.)
12. Isaeva I.V., Hovsha Yu.A. (2001). Prolonged phenomenon of olfactory sensory inflow to the functional state of the rhythm regulation apparatus. *Vestnyk Tambovskoho unyversyteta. [Bulletin of the Tambov University]*, 6 (1), 63-68. (in Rus.)
13. Sukholozova MA, Sentyabrev N. N. (2008). Physiological analysis of the correction of the functional state with the help of polysensory flows. *Estestvennye nauky. [Natural Sciences]*, 25 (4), 97. (in Rus.)
14. Minina E.N. (2010). Age features of vestibular-olfactory-vegetative interrelations in the provision of vegetative regulation of activity and the possibility of their correction. *Uchenye zapysky Tavrycheskoho natsyonalnoho unyversyteta ym. V.Y. Vernadskoho. Seryia «Byolohiya, khymiya» [Scientific notes of the Tauride National University. IN AND. Vernadsky. Series "Biology, Chemistry"]*, 23 (4), 158-164. (in Rus.)
15. Glazachev, O. S., Klassina, S. Ya., Bobyleva, O. (2010). Effects of polymodal rhythmic sensory effects on the state of the central nervous system and human autonomic functions. *Fyzyolohiya cheloveka [Human physiology]*, 36 (2), 59-66. (in Rus.)
16. Shealy C. N., Cady R. K., Cox R. H. (1995). Pain, stress and depression: psychoneurophysiology and therapy. *Stress medicine*. 11 (1), 75-77. doi.org/10.1002/smi.2460110114.
17. Sakellion D. N., Alimov U. Kh. (2013). Low-frequency sensory stimulation of the brain. *Nevrologiya*. 56 (2), 5-9. (in Rus.)
18. Berg K., Siever D. (2009). A controlled comparison of audio-visual entrainment for treating Seasonal Affective Disorder. *Journal of Neurotherapy*. 13 (3), 166-175. doi.org/10.1080/10874200903107314.
19. Aydarkin E.K. (2006). Study of the interaction of the visual and auditory systems. *Valeologia [Valeology]*, 3, 82-93. (in Rus.)
20. Bykov A.T., Malyarenko T.N., Malyarenko Yu.E. (2006). Aroma effect as a factor in optimizing the functional state of a person. *Valeologia [Valeology]*, 2, 50-63. (in Rus.)

21. Khaspekova N. B. (2003). Diagnostic informativeness of monitoring heart rate variability. *Vestnyk arytmolohyy. (Bulletin of arrhythmology)*, 32, 15-23. (in Rus.)
22. Novikova L. M. (2012). Music and medicine: history and ways of interaction. Art therapy in psychiatric practice. Mater scientific-practical conference Moscow. 18. (in Rus.)
23. Malyarenko, T. N., Voronin, I. M. (2001). Musical sensory tributaries: the search for ways to expand the functional reserves of the cardiac rhythm regulation system. *Vestnyk Tambovskoho unyversyteta [Bulletin of the Tambov University]*, 6, (1), 63-65. (in Rus.)
24. Kozachuk I.V., Kirillova I.A. (2012). Effects of audio stimulation in the form of sounds of nature on the regulation of heart rhythm. *Vestnyk Tambovskoho unyversyteta [Bulletin of the Tambov University]*, 17 (4), 1270-1272. (in Rus.)
25. Kirillova I.A., Malyarenko T.N., Voronin I.M. (2007). Dependence of the circadian organization of the heart rate on prolonged musical sensory effects. *Rossyiskiy fyziolohycheskiy zhurnal ym. Y.M. [Sechenova.Russian physiological journal. I.M. Sechenov]*, 93, (2), 180-188. (in Rus.)
26. Iwanaga M., Kobayashi A. (2005). Heart rate variability with repetitive exposure to music. *Biol. Psychol.* 70 (1), 61-66. doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.11.015.
27. Peng S. M., Koo M., Yu Z. R. (2009). Effects of music and essential oil inhalation on cardiac autonomic balance in healthy individuals. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine.* 15 (1), 53-70. doi: 10.1089/acm.2008.0243.
28. Dimitriev D.A., Indeykina O.S., Dimitriev A.D. (2013). Changes in the functioning of the cardiorespiratory system when exposed to white noise. *Sovremennye problemy nauky y obrazovaniya. [Modern problems of science and education]*, 2, 53-61. (in Rus.). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-2-150-153.
29. Lee G.S., Chen M.L., Wang G.Y. (2010). Evoked response of heart rate variability using short-duration white noise. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical.* 155 (1), 94-97. doi:10. 1016/j.autneu. 2009.12.008.
30. Gotovsky Yu.V., Kosareva LB, Perov Yu.F. (2009). Color light therapy. M.: Imedis, 464. (in Rus.)
31. Zalesky V.N., Voizianov S.A., Dynnik O.B. (2004). Photodynamic therapy: to the 100th anniversary of the discovery (stages of development and study of the mechanisms of action). *Zhurnal AMN Ukrainy [Journal AMS of Ukraine]*, 4, 808-824. (in Rus.)
32. Dolina I.V. (2010). Intensive light therapy. *Voennaia medytsyna [Military medicine]*, 2, 118-122 (in Rus.)
33. Leonova L.A., Lukyanets G.N., Makarova L.V. (2009). The influence of the color background of computer programs on the functional state of the body of preschoolers when working on a computer. *Fyziolohiya cheloveka. [Human physiology]*, 35, 2, 70-75. (in Rus.)
34. Choi C.J., Kim K.S., Kim C.M. (2011). Reactivity of heart rate variability after exposure to colored lights in healthy adults with symptoms of anxiety and depression. *International Journal of Psychophysiology.* 79 (2), 83-88. doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.09.011.
35. Parkes J.H., Volpe V. (2013). Colour for well-being: Exploring adult learners responses to utilizing colour as a therapeutic tool. *Journal of Applied Arts & Health.* 3, (3), 275-293. doi.org/10.1386/jaah.3.3.275_1.
36. Gulyar S.A. (2009). Anthology of light therapy. Medical Bioptron-technology (theory, clinic, prospects): Compiled. scientific works. Kiev: IFB NAS of Ukraine, 1024.
37. Goydenko V.S., Zverev V.A. (2000). Visual color stimulation in reflexology, therapy and ophthalmology. *Russkiy medytsynskiy zhurnal [Russian medical journal]*, 1, 39-42. (in Rus.)
38. Madyar SA, Pavlenko VB, Eysmon E.V. Correction of unfavorable psychophysiological states by means of color feedback for electroencephalography. (2012). *Medychna informatyka ta inzheneriia [Medical informatics and engineering]*, 1, 27-37. (In Ukr.)
39. Koroleva M. A., Voronin I. M. (2009). Effect of prolonged light exposure on the vegetative regulation of heart rhythm. *Vestnyk Tambovskoho unyversyteta. Byolohycheskiye nauky [Bulletin of the Tambov University. Biological sciences]*, 1000 (876), 97. (in Rus.)
40. Walter G. (1970). *Lively Brain.* M.: Mir, 300. (in Rus.)
41. Belsky E.D., Chasov V.A. (1971). Clinical and electrophysiological indicators of the functional state of the human brain. L.: Works of LIETIN, 27, 110-119. (in Rus.)
42. Kaplan A.Ya., Zhigalov A.Yu. (2010). Dynamics of alpha activity of electroencephalography in humans with trigger photostimulation in the brain-computer interface circuit. *Biulleten sybyrskoi medytsyny. [Bulletin of Siberian medicine]* 9 (2), 7-11. (in Rus.)
43. Lazarev V.V., Pontes A., Azevedo L.C. (2009). EEG photic driving: Right-hemisphere reactivity deficit in childhood autism. A pilot study *International Journal of Psychophysiology.* 71, 177-183. doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.08.008.
44. Lugovaya A.M., Malakhov V.V., Chernyshev V.V. (2005). Color pulse therapy. *Rezultaty y perspektivy. [Results and prospects]*, 7, 27-31. (in Rus.)
45. Pyatakovich F.A., Kurlov Yu.A. (2006). Models and algorithms for automated classification of color perception and color perception. *Uspekhy sovremennogo estestvoznaniya [Successes of modern science]*, 10, 55-58. (in Rus.)

46. Makkonen KF, Pyatakovich F.A. (2008). Development of the structure of the directive color-stimulation module that implements the rehabilitation exposure vector. Systemny analiz y upravlenye v byomedysynskyykh systemakh: zhurnal praktycheskoi y teoreticheskoi byolohyy y medytsyny. [Systems analysis and management in biomedical systems: the journal of practical and theoretical biology and medicine], 7 (2), 335-338. (in Rus.)
47. Usanova TB, Nikolenko V.N., Skripal A.V. (2011). Investigation of the bioelectric activity of the brain and the nature of cardiac activity in the suppression of nystagmus during periodic light exposure. Saratovskiy nauchno-medysynskiy zhurnal [Saratov Scientific Medical Journal], 7(1), 97-102. (in Rus.)
48. Shustov M. A. (1999). Color-dynamic devices for rhythmic stimulation. Parapsykhoholyia y psykho fizyka. [Parapsychology and psychophysics], 2, 74-76. (in Rus.)
49. Kochina M.L., Firsov A.G. (2010). The multipurpose device for carrying out psycho-physiological researches. Prykladnaia radyolektronyka. [Applied radio electronics], 2, 260-265. (in Rus.)
50. Kozlovsky A.P., Kuznetsova N.V. (2011). The prospect of using photostimulation of the visual analyzer in sports medicine. Biulleten eksperimentalnoi byolohyy y medytsyny. [Bulletin of experimental biology and medicine], 152 (8), 197-200. (in Rus.)
51. Petrov K.B., Koreneva S.N. (2010). Differentiated use of ophthalmostimulation for the prevention of maladaptive disorders in athletes. Voprosy kurortolohyy, fizyoterapy y LFK. [Questions of balneology, physiotherapy and exercise therapy], 3, 39-43. (in Rus.)

Summary. *Rybalko A. V., Kudii L. I. The effect of sensory stimulation on the functional state of the organism.*

Introduction. *The studies of recent years have been actively demonstrating the possibility of using additional sensory afferentation in ensuring the optimal functioning of the cardiovascular system and the body as a whole. The organization of sensory visual effects can significantly change the functional state of the human cardiovascular system, mainly under the effect of compensatory shifts of its wave manifestations, which may become an important direction of the prophylactic medicine in the context of an increase in the number of cardiovascular diseases.*

Purpose. *To characterize the current state of scientific ideas about the influence of sensory afferents on the functional state of the cardiovascular system and the organism as a whole.*

Methods. *The analysis of special scientific literature, that considered the physiological mechanisms of sensory afferentation on the functional state of the cardiovascular system and the body as a whole.*

Results. *Sensory effects promote the optimization of cardiac rhythm regulation, enhance coordination of cardiovascular and respiratory systems, improve emotional state and psychophysiological functions.*

Originality. *The literature review of modern scientific publications due to the influence of sensory afferentation on the functional state of the cardiovascular system and the organism in general is presented in this article.*

Conclusions. *The tension of the regulatory mechanisms of the organism, which is reflected in the changes in the tone of the autonomic nervous system, in particular, the results of central hemodynamics and their wave structure, can serve as a prognostic criterion for the development of pathology in the future. Physiological effects and mechanisms of the influence of various sensory stimulation on the functional state of the human organism have been insufficiently studied, and there is no scientific foundation for choosing qualitative and quantitative characteristics of sensory influences, its' duration and purpose of the use, and also taking into account the peculiarities of human biological features.*

Key words: *sensory effects, ophthalmoscopy, aromatherapy, heart rate variability.*

Одержано редакцією 05. 01. 2019
Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК 613.955

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-85-90

Светлова О. Д.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ НАПОВНЮВАНOSTІ ГРУП ШКОЛЯРІВ ДЛЯ ЗАНЯТЬ ФІЗИЧНОЮ КУЛЬТУРОЮ

У сучасних статистичних дослідженнях відзначається суттєве погіршення стану здоров'я дітей та підлітків шкільного віку [1,2]. В свою чергу наявність порушень здоров'я у школярів супроводжується погіршенням їх фізичної працездатності, зниженням резистентності та адаптаційних можливостей організму, порушенням функціонування різних систем, що неминуче призводить до зниження рівня фізичної підготовленості [3,4]. Дана проблема на державному рівні “штучно” вирішується шляхом зниження нормативів, існуючих для оцінки рівня розвитку основних фізичних якостей школярів. Проте, впроваджені заходи не є запорукою поліпшення стану здоров'я та фізичної підготовленості сучасної учнівської молоді.

Ключові слова: діти, шкільний вік, захворюваність, фізична культура.

Постановка проблеми. Загальновідомо, що протягом тривалого періоду отримання загальної освіти, провідним фактором, що формує здоров'я учнівської молоді, є саме шкільний фактор, і заняття фізичною культурою в умовах освітнього закладу є потужним чинником впливу на стан здоров'я школярів [3,5]. Отже, на сьогодні виняткової уваги потребує оцінка організації фізкультурно-оздоровчої роботи в умовах загальноосвітніх навчальних закладів, що є необхідною умовою визначення стратегії оздоровчого спрямування фізичного виховання.

Аналіз останніх публікацій. Про необхідність застосування в шкільних умовах фізкультурно-оздоровчих заходів зазначається в багатьох чинних освітніх програмах, адже доведено, що систематичні заняття фізичною культурою позитивно позначаються на стані всіх, без винятку, органів та систем ростучого організму, є важливою ланкою пристосування до навколишнього середовища та загалом потужним чинником збереження здоров'я людини. Проте численні дослідження останніх років свідчать про погіршення стану здоров'я сучасних дітей та підлітків. У низці наукових праць підкреслюється, що протягом кількох останніх десятиріч в 2 – 3 рази збільшилася захворюваність дітей хворобами кістково-м'язової системи, в 1,9 раза – хворобами системи кровообігу, в 1,8 раза – хворобами ендокринної системи, розладу харчування, порушень обміну речовин, в 1,9 раза – хворобами крові та кровотворних органів, у 2,0 рази – нервово-психічними захворюваннями та ін. [1,6,7,8]. Звісно така негативна тенденція у стані здоров'я дітей та підлітків потребує розробки максимально ефективних засобів оздоровлення, впроваджених у роботу закладів освіти та охорони здоров'я.

Метою даної роботи було вивчення відповідності стану здоров'я сучасних школярів, організованим у ЗНЗ фізкультурно-оздоровчим заходам.

Матеріал та методи

Вивчення динаміки стану здоров'я та груп для занять фізичною культурою школярів проводилося за даними профілактичних медичних оглядів. В дослідженні використовувалися дані офіційної звітності шкільного відділення комунального некомерційного підприємства “Черкаська дитяча міська лікарня” за період 1986-2018 р.р., в яких оцінювався стан здоров'я 559356 дітей та підлітків шкільного віку міста Черкаси.

Коефіцієнти захворюваності (патологічної ураженості) визначалися, як відношення кількості школярів, у яких виявлена патологія до кількості оглянутих, виражалися у ‰ (формула 1):

$$P = \frac{n}{N} \times 1000 \text{ (‰)}, \quad (1)$$

де: P – коефіцієнт патологічної ураженості (‰), n – кількість виявленої патології; N – загальне число оглянутих осіб.

Похибка середнього значення (m) розраховувалася за формулою 2:

$$m = \sqrt{\frac{P \times (1000 - P)}{N}} \text{ (‰)}, \quad (2)$$

де: m – похибка коефіцієнта (‰), P – коефіцієнт патологічної ураженості (‰), N – загальне число оглянутих осіб.

Питома вага медичних груп для занять фізичною культурою та похибка показника визначалися за загальноприйнятими методиками санітарної статистики, відповідно до формул 3, 4:

$$P = \frac{n}{N} \times 100 \text{ (%)}, \quad (3)$$

де: P – питома вага окремої медичної групи (%), n – абсолютне число дітей, віднесених до певної медичної групи, N – загальна чисельність дітей.

$$m = \sqrt{\frac{P \times (100 - P)}{N}} \text{ (%)}, \quad (4)$$

де: m – похибка коефіцієнта (%), P – питома вага окремої медичної групи (%), N – загальна чисельність дітей.

Відмінності між показниками оцінювалися за критерієм Стьюдента, за формулою 5:

$$t = \frac{|P_1 - P_2|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \quad (5)$$

де: P – досліджуваний коефіцієнт (‰ або %), m – похибка середнього значення коефіцієнта (‰ або %)

Для обробки інформації та отримання розрахункових показників використовувався пакет Excel MS Office.

Результати та обговорення

Вивчення, у динаміці протягом 1986 – 2018 рр., стану здоров'я школярів 6 – 16 років м. Черкаси вказали на значне збільшення патологічної ураженості школярів (рис.1).

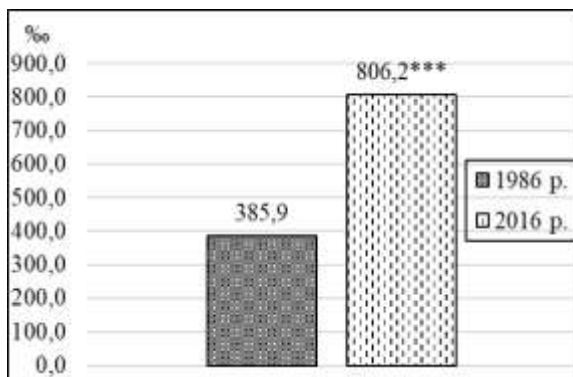


Рис.1. Патологічна ураженість школярів

Дослідження показали, що протягом останньої третини століття показники патологічної ураженості дітей та підлітків шкільного віку збільшилися з $385,91 \pm 4,07 \text{ ‰}$ до $806,19 \pm 2,52 \text{ ‰}$ ($p < 0,001$). Така негативна динаміка захворюваності відповідає загальним тенденціям до зростання показників поширеності хвороб у дітей по всій території України, про що свідчать останні дані медичної статистики МОЗУ [1, 2].

При цьому найбільш ефективним засобом відновлення порушених хворобою функцій різних органів та систем організму є систематичні заняття фізичною культурою, які особливо ефективні в дитячому віці, коли швидко розвиваються нові умовно-рефлекторні зв'язки та відбувається відновлення нервової регуляції, порушеної патологічним процесом [3]. Враховуючи той факт, що на сьогодні заняття у позашкільних секціях є здебільшого платними, найбільш доступними для більшості дітей залишаються шкільні фізкультурно-оздоровчі заходи, допуск до яких призначається на підставі довідки про стан здоров'я та медичну групу для занять фізкультурою.

Проведені ретроспективні дослідження показали, що постійне погіршення стану здоров'я школярів міста Черкаси зовсім не позначилося на розподілі учнів на відповідні, стану їх здоров'я, медичні групи для занять фізичною культурою (рис. 2).

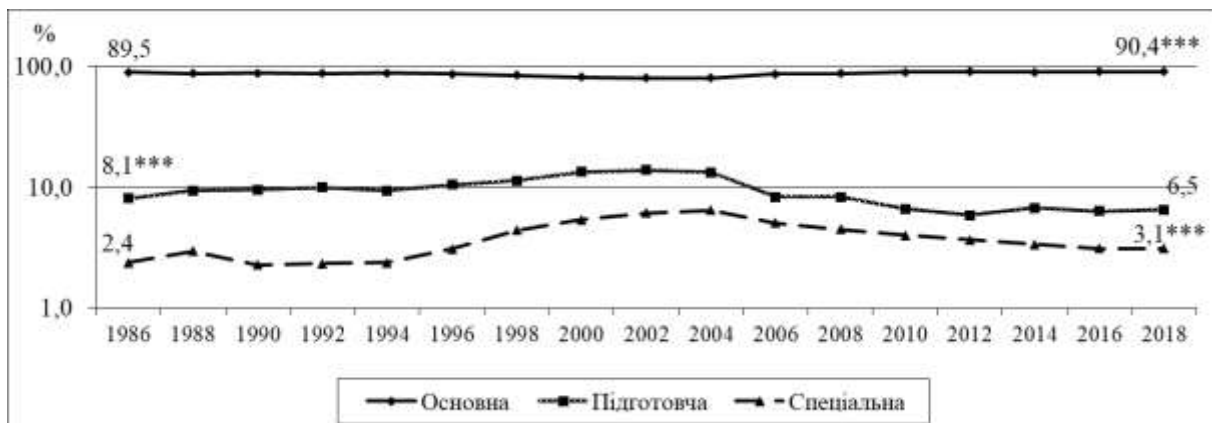


Рис. 2. Динаміка складу медичних груп для занять фізичною культурою

Примітка. ***– $p < 0,001$ при порівнянні відповідних показників.

Так, розподіл школярів на медичні групи для занять фізичною культурою показав, що їх структура, впродовж останньої третини століття, залишалася практично сталою:

- в 1986 році до основної медичної групи було віднесено $89,52 \pm 0,16$ % школярів, до підготовчої – $8,10 \pm 0,14$ %, до спеціальної – $2,38 \pm 0,08$ %;
- в 2018 році основна група збільшилася на 0,85 % (до $90,36 \pm 0,19$ %; $p < 0,001$), підготовча – незначно зменшилася на 1,59 % (до $6,52 \pm 0,16$ %; $p < 0,001$), спеціальна – підвищилася на 0,74 % (до $3,12 \pm 0,11$ %; $p < 0,001$).

Тобто, коли протягом третини століття рівень патологічної ураженості дітей та підлітків збільшився вдвічі (на 108,9 %), до основної групи було віднесено найбільшу, впродовж всього періоду спостереження, частину учнів ($90,36 \pm 0,19$ %), а до підготовчої та спеціальної, відповідно, найменшу частку ($9,64 \pm 0,19$ %). Отже в останні роки якісно змінився склад основної медичної групи для занять фізичною культурою, в якій зросла питома вага учнів із хронічною патологією, морфо-функціональними порушеннями, зниженою резистентністю. При цьому, відповідно до інструкції про розподіл школярів на групи для занять на уроках фізичної культури (спільний наказ МОЗ та МОН України від 20.07.2009 за № 518/674), до основної групи мають відноситися здорові діти та діти які мають гармонічний, високий або середній рівень фізичного розвитку з високим або вище середнього рівнем функціонально-резервних можливостей серцево-судинної системи, оскільки фізична підготовка для них проводиться в повному обсязі, згідно з навчальними програмами [9]. В результаті учні, віднесені за результатами обов'язкового

медичного профілактичного огляду (форма первинної облікової документації № 086-1/о) до основної медичної групи здають тести на витривалість, силу, швидкість, спритність, гнучкість які дозволяють оцінити різнобічність (гармонійність) розвитку основних фізичних якостей, відповідно до статевих і вікових особливостей розвитку людини.

Оцінюючи рівень розвитку фізичних якостей сучасних школярів, спеціалісти зазначають, що на сьогодні 30 – 50 % дітей та підлітків мають низькі та нижчі за середні показники фізичної підготовленості. В роботах фахівців вказується на відставання в розвитку таких фізичних якостей, як витривалість, гнучкість, спритність, сила м'язів верхніх та нижніх кінцівок у школярів різних вікових категорій [10-13]. Отже, на особисту думку, саме неефективний розподіл школярів на групи для занять фізичною культурою, і є ймовірною причиною невиконання учнями тестів фізичної підготовленості, яке відзначають сучасні дослідники.

Дана проблема “штучно” вирішується шляхом зниження нормативів. Так, спільним рішенням Колегії МОН, МОЗ та Мінсім'ї, молоді та спорту за № 13/1-2 10 11/1 від 11.11.08. ухвалено рішення приведення контрольних нормативів у відповідність до вікових, індивідуальних закономірностей формування та розвитку дитини [14]. В результаті перегляду нормативів оцінювання рівня фізичної підготовленості школярів була впроваджена нова навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів України (автор Т.Ю. Круцевич зі співавт., 2010 р.), першочерговим завданням якої є поліпшення здоров'я школярів засобами фізичного виховання. Порівнявши показники орієнтовних контрольних нормативів нової та попередньої програм з фізичного виховання (Зубалій, 2001; С.І. Операйло, 2005), фахівці простежують чітку тенденцію до зниження нормативів і, як наслідок, до поліпшення рівня прояву фізичних якостей школярів [11].

Проте, на власну думку, зниження нормативів ніяким чином не вирішить проблему як погіршення стану здоров'я сучасних дітей, так і зниження рівня їх фізичної підготовленості. Тільки систематичні заняття фізичною культурою з урахуванням фізичного стану та рівня індивідуального розвитку учня, дозволять зупинити зростаючу хвилю дитячої захворюваності, адже практикою доведено [4,5], що від ефективності фізичного виховання залежить стан здоров'я, рівень фізичної підготовленості та працездатності учнівської молоді.

Висновки

1. Проведення ретроспективного аналізу стану здоров'я школярів 6-16 років показало, що впродовж 1986-2018 рр., на фоні суттєвого підвищення рівня ураженості дітей та підлітків шкільного віку неінфекційними захворюваннями з $385,91 \pm 4,07$ ‰ до $806,19 \pm 2,52$ ‰ ($p < 0,001$), кількісний склад медичних груп залишився незмінним: $89,52 \pm 0,16$ % – $90,36 \pm 0,19$ % учнів віднесено до основної групи; $9,64 \pm 0,19$ % – $10,48 \pm 0,16$ % – до підготовчої та спеціальної. Це свідчить про якісні зміни в складі сучасної основної медичної групи для занять на уроках фізичної культури, в якій суттєво зросла питома вага учнів із хронічною патологією, морфо-функціональними порушеннями та зниженою резистентністю.

2. Неефективний розподіл сучасних школярів на медичні групи є причиною невиконання учнями орієнтовних нормативів для оцінювання розвитку фізичних якостей, що вирішується шляхом їх зниження. Проте “штучне” зниження контрольних нормативів не вирішує проблеми ані зниження рівня розвитку фізичних якостей, ані погіршення здоров'я учнівської молоді, а лише “синтетично” поліпшує успішність навчання школярів з фізичної культури.

Література

1. Антипкін Ю.Г. та ін. Стан здоров'я дитячого населення – майбутнє країни (частина 1). *Здоров'я ребенка*. 2018. Т. 13, № 1. С. 1-11. doi: 10.22141/2224-0551.13.1.2018.127059 URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zd_2018_13_1_3 (дата звернення: 26.05.2019).
2. Щорічна доповідь про стан здоров'я, санітарно-епідеміологічної обстановки і результатів діяльності системи охорони здоров'я в Україні. 2017 рік / редкол.: Мельник П.С. та ін. Київ : МБЦ Медінформ, 2018. 458 с.
3. Козакевич В.К. Стан соматичного здоров'я та фактори ризику щодо його порушень у дітей шкільного віку : автореф. ... дис. канд. мед. наук : 14.01.10. Харків, 2001. 20 с.
4. Загородній В. В. Сучасні проблеми здоров'я дитячого населення шкільного віку та шляхи їх вирішення. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт*. 2015. Вип. 129(3). С. 141-144.
5. Дерка Т. Г., Ляшенко В.М., Туманова В.М. Оценка уровня физической подготовленности детей среднего школьного возраста. *Научный часопис. Серія 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)*. 2017. № 8(90). С. 19-22.
6. Волосовець О.П. та ін. Постчорнобильські тренди у поширеності хвороб та захворюваності дитячого населення України. *Світ медицини та біології*. 2018. № 2(64). С. 15-24. doi: 10.22141/2306-2436.7.5.2018.158608
7. Моїсеєнко Р.О., Дудіна О.О., Гойда Н.Г. Аналіз стану захворюваності та поширеності захворювань у дітей в Україні за період 2011-2015 роки. *Современная педиатрия*. 2017. № 2. С. 17-27. doi 10.15574/SP.2017.82.17.
8. Дудіна О.О., Терещенко А.В. Ситуаційний аналіз стану здоров'я дитячого населення. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2014. № 2(60). С. 49-57. doi: <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2014.2.3372>
9. Про забезпечення медико-педагогічного контролю за фізичним вихованням учнів у загальноосвітніх навчальних закладах : наказ МОЗ та МОН України від 20.07.2009. № 518/674 : офіц. текст. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0772-09> (дата звернення 26.05.2019).
10. Головата О. Аналіз фізичної підготовленості дітей молодшого шкільного віку. *Молода спортивна наука України*. 2013. Т.2. С. 37-41.
11. Римар О., Соловей А. Оцінювання рівня фізичної підготовленості учнів старших класів. *Молода спортивна наука України*. 2013. Т.2. С. 181-186.
12. Швець О. Кузьмик В. Структура фізичної підготовленості 7-річних школярів на основі факторного аналізу. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації* : зб. наук. пр. Вип. 3(22). Вінниця, 2017. С. 193-199.
13. Масляк І. П., Вишня О. В., Грида Д. С. Фізична підготовленість учнів середніх класів обласних загальноосвітніх шкіл. *Актуальні проблеми фізичного виховання різних верств населення* : II всеукраїнська наук.-практ. конф., м. Харків, 20 травня 2016 р. Харків, 2016. С. 118-127.
14. Про реформування системи фізичного виховання учнів та студентської молоді у навчальних закладах України : рішення Колегії МОН від 11.11.2008 № 13/1-2 10 11/1 : офіц. текст. URL: <http://vnz.org.ua/dokumenty/2008> (дата звернення 26.05.2019).

References

1. Antypkin, Y.H. et al. (2018). Children's Health State - the Country's Future (Part 1). *Zdorov'e rebenka [Child health]*. 2018;13(1):1-11. doi: 10.22141/2224-0551.13.1.2018.127059 Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zd_2018_13_1_3 (in Ukr.).
2. Annual Report on Health State, Sanitary and Epidemiological Situation, Activity Results of Health Care System in Ukraine. 2017. (2018). *Ministry of Health of Ukraine*. Kyiv, Medinform, 458 p. (in Ukr.).
3. Kozakevych, V.K. (2001). *Somatic Health State and Risk Factors for its Violation in Children of School-Age*. (Author's Abstract Candidate of Medical Sciences). Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education, Kharkiv. (in Ukr.).
4. Zahorodnii, V.V. (2015). Current Health Problems of Schoolchildren and Ways to Solve them. *Visnyk Chernihivs'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu. Seriya : Pedahohichni nauky. Fizychnye vykhovannya ta sport [Bulletin of Chernihiv National Pedagogical University. Series of Pedagogical Sciences. Physical education and sports]*, 129(3), 141-144. (in Ukr.).
5. Dereka, T.H., Liashenko, V.M., Tumanova, V.M. (2017). Assessment of Physical Fitness Level of Middle School Age Children. *Naukovyy chasopys. Seriya 15 Naukovo-pedahohichni problemy fizychnoy kul'tury (fizychna kul'tura i sport) [Scientific journal Series 15 Scientific and pedagogical problems of physical culture (Physical culture and sports)]*, 8(90), 19-22. ISSN 2311-2220. (in Rus.).
6. Volosovets, O.P. et al. (2018). Post-Chernobyl Trends in Disease and Morbidity Prevalence of Child Population in Ukraine. *Svit medytsyny ta biolohiyi [World of Medicine and Biology]*, 2(64), 15-24. (in Ukr.).

7. Moiseienko, R.O., Dudina, O.O., Hoida, N.H. (2017). Analysis of Morbidity and Disease Prevalence in Children of Ukraine for the Period of 2011-2015. *Sovremennaya pediatriya [Modern Pediatrics]*, 2, 17-27. (in Ukr.).
8. Dudina, O.O., Tereshchenko, A.V. (2014). Situational Analysis of Health State of Child Population. *Visnyk sotsial'noyi hihiyeny ta orhanizatsiyi okhorony zdorov'ya Ukrayiny [Bulletin of Social Hygiene and Health Care Organization of Ukraine]*, 2(60), 49-57. (in Ukr.).
9. On the Provision of Medical-Pedagogical Control over Physical Education of Pupils in Secondary Schools (2009). *Order of the Ministry of Health and Ministry of Education and Science of Ukraine 518/674*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0772-09> (in Ukr.).
10. Holovata, O. (2013). Analysis of Physical Fitness of Children of Junior School Age. *Moloda sportyvna nauka Ukrayiny [Young sports science of Ukraine]*, 2, 37-41. (in Ukr.).
11. Rymar, O., Solovei, A. (2013). Assessment of Physical Fitness Level of Senior School Age Pupils. *Moloda sportyvna nauka Ukrayiny [Young sports science of Ukraine]*, 2, 181-186. (in Ukr.).
12. Shvets, O., Kuzmyk, V. (2017). Physical Fitness Structure of Schoolchildren Aged 7 on the Basis of Factor Analysis. *Fizychna kul'tura, sport ta zdorov'ya natsiyi: zbirnyk naukovykh prats' [Physical Culture, Sport and Health of the Nation: Collection of scientific works]*, 3(22), 193-199. (in Ukr.).
13. Masliak, I.P., Vyshnia, O.V., Hryda, D.S. (2016). Physical Fitness of Middle School Age Pupils of Region Secondary Schools. *Aktual'ni problemy fizychnoho vykhovannya riznykh verstv naseleennya: II Vseukrayins'ka naukovo-praktychna konferentsiya [Actual problems of physical education of the different groups of population. II All-Ukrainian scientific and practical conference]*, 118-127. (in Ukr.).
14. On Reforming Physical Education System of Pupils and Students at Ukrainian Schools (2008). *The decision of the Collegium of the Ministry of Education and Science 13/1-2 10 11/1*. Retrieved from <http://vnz.org.ua/dokumenty/2008> (in Ukr.).

Summary. Svetlova O.D. Group filling for physical culture lessons at different levels of schoolchildren's morbidity.

Introduction. The results of various studies show that the number of health deviations of the child population has increased in the country in recent decades. However, a positive solution of the problem may be due to the rational use of physical culture being the most efficient means of recovery. Therefore, studying the health status of schoolchildren and the rational distribution of them to medical groups is important for the development of recreational activities and the creation of optimal educational conditions for schoolchildren.

Purpose. To study the correspondence of the health state of current schoolchildren, organized in physical education and health improvement measures in secondary schools.

Methods. The methods of theoretical analysis and generalization, the epidemiological method and mathematical statistics were used in the work. The study used the data from the official report of the School Department of the Municipal Non-Profit Enterprise "Cherkasy Children's Hospital" for the period of 1986-2018.

Results. The study shows that for the last third of the century, the quantitative composition of medical groups remains unchanged against the background of an increase in the number of non-infectious diseases among schoolchildren; namely, $89.52 \pm 0.16\%$ - $90.36 \pm 0.19\%$ of students were assigned to the main group, $9.64 \pm 0.19\%$ - $10.48 \pm 0.16\%$ - to the preparatory and special ones. Thus, the proportion of children with chronic pathology, morpho-functional disorders and reduced resistance increases significantly in the main group for physical education. Such ineffective distribution of modern schoolchildren to medical groups is caused by students' failing the standards of physical fitness, which is solved by reducing them at the state level. As negative trends in the health dynamics of schoolchildren have increased in the last decade, such measures only improve the students' performance without solving the problem of maintaining their health by means of physical culture.

Key words: children, school age, morbidity, physical education.

Одержано редакцією 11. 02. 2019

Прийнято до публікації 19. 06. 2019

УДК 612.82/83

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-1-91-102

Філімонова Н. Б.¹, Макарчук М. Ю.¹, Зима І. Г.¹,
Кальниш В. В.², Чебуркова А. Ф.¹, Торгалю Є. О.¹

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

²ДУ «Інститут медицини праці ім. Ю. І. Кундієва НАМН України»

ОСОБЛИВОСТІ МІЖРЕГІОНАЛЬНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У ГОЛОВНОМУ МОЗКУ БІЙЦІВ З ЧЕРЕПНО-МОЗКОВИМИ ТРАВМАМИ ПІД ЧАС ТЕСТУВАННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ НА СКЛАДНІ СТИМУЛИ

Черепно – мозкові травми (ЧМТ) викликають різноманітні когнітивні порушення, які полягають в погіршенні пам'яті, уваги, наявності проблем стосовно сприйняття та розуміння інформації, у зниженні когнітивного (свідомого) контролю та прийнятті імпульсивних рішень, тощо. В даній роботі ключовою мотивацією для дослідження об'єму оперативної пам'яті є те, що він є предиктором інтелекту та корелює із здатністю пригнічувати небажані, нав'язливі думки та спогади. Тому, метою даної роботи було визначити ефективність візуальної оперативної пам'яті при сприйнятті складних стимулів (ВОПс), визначити нейромережі та відповідні структури головного мозку, які при цьому задіяні у військовослужбовців ЗСУ, які отримали ЧМТ під час бойових дій на сході України (в подальшому – бійців з ЧМТ). В обстеженні взяли участь 16 добровольців-чоловіків, правші, віком 18–21 роки, без скарг на здоров'я – студенти Київського національного університету імені Тараса Шевченка (контрольна група) та 17 добровольців-чоловіків, правші, віком 27–43 роки, бійці з ЧМТ – пацієнти ДУ «Інститут медицини праці ім. Ю. І. Кундієва НАМН України». При тестуванні ВОПс в групі бійців з черепно-мозковими травмами і точність, і час реакції були значуще гіршими, порівняно з контрольною групою: 0,44 [0,32;0,48] відносна кількість помилок vs. 0,28[0,23;0,36] відносна кількість помилок*; час реакції 1326 [1056;1588] мс vs. 921[767;999]мс**. ЕЕГ-дослідження, когерентний аналіз та аналіз диполів активності головного мозку з використанням програми Loreta показали, що в контрольній групі при підвищеному рівні когнітивного навантаження мнемонічні та виконавчі функції були залежними від спільної фронто – парієтальної нейромережі, в якій здійснювалась інтеграція, координація, прогнозування та управління відповідними процесами (стратегічна система прийняття рішення), в той час, як у бійців з ЧМТ виявлена окципітально-парієтальна система зберігання інформації за виділеними ознаками та уявного планування моторної відповіді (асоціативна система прийняття рішення).

Ключові слова: візуальна оперативна пам'ять, стимули підвищеного рівня складності, черепно-мозкова травма, контузія, ЕЕГ, когерентність, LORETA.

Постановка проблеми. Черепно – мозкові травми (ЧМТ) викликають різноманітні когнітивні порушення, які полягають в погіршенні пам'яті, уваги, наявності проблем стосовно сприйняття та розуміння інформації, у зниженні когнітивного (свідомого) контролю та прийнятті імпульсивних рішень, тощо. Найбільшого поширення такі розлади набули в сучасній Україні внаслідок війни на її сході. Нажаль, як контузіям, так і струсам головного мозку, які військовослужбовці отримують під час бойових дій, не завжди приділяють достатньої уваги, хоча такі травми мають значні віддалені наслідки для стану когнітивних функцій. Відомо, що об'єм оперативної пам'яті є предиктором інтелекту [1]. Також дуже важливим фактом є те, що обсяг короткочасної пам'яті корелює із здатністю пригнічувати небажані, нав'язливі думки та спогади [2]. Нажаль, саме пам'ять є однією з функцій, порушення якої найчастіше зустрічається після ЧМТ [3]. Вплив такого порушення виявляється

довгостроковим та виснажливим і таким, що важко піддається реабілітації та має наслідки для широкого спектру когнітивних функцій [4].

Аналіз останніх публікацій. Вербальна пам'ять є більш збереженою при ураженнях головного мозку, ніж візуальна оперативна пам'ять [3]. Питання, чому саме цей вид оперативної пам'яті є найбільш уразливим при ЧМТ потребує подальшого дослідження. В роботі [5] було виявлено, що при тестуванні візуальної оперативної пам'яті (ВОП) на прості геометричні фігури, час реакції в групі бійців з ЧМТ був значуще більшим, ніж в контрольній групі, хоча значущих відмінностей між відносною кількістю помилок не було знайдено. В групі бійців з ЧМТ також був виявлений міжпівкульний взаємозв'язок в соматосенсорній корі, причому замість вищого контролю за процесами кодування, утримання та відновлення інформації зі сторони фронтальної кори, контроль за процесами візуальної оперативної пам'яті, ймовірно, брали на себе вищі асоціативні зони парієтальної кори, які в більшій мірі спирались на пошук та використання як нових, так і знайомих стимулів за їх ознаками. Як показано в [6], при ЧМТ набряк та ураження нейронів призводить до порушень при обробці сигналів на рівні нейронної мережі, при чому саме час реакції, а не точність свідчать про ступінь пошкодження такої мережі. Як нами і було виявлено, нейромережі, в рамках яких були реалізовані процеси ВОП, в групі бійців з ЧМТ відрізнялись від контрольних, але вони забезпечили таку ж саму точність запам'ятовування, тобто вони компенсували отримані ураження. Тому виникають питання, як ураження мозку впливає на можливість оперувати складною інформацією, які нейромережі формуються у бійців з ЧМТ при запам'ятовуванні візуальних стимулів підвищеного рівня складності і чи можуть вони забезпечити точність запам'ятовування таку саму, як і в контрольній групі?

Метою даної роботи було визначити ефективність візуальної оперативної пам'яті на складні стимули (ВОПс), визначити нейромережі та відповідні структури головного мозку, які при цьому у військовослужбовців ЗСУ, які отримали ЧМТ під час бойових дій на сході України.

Матеріал та методи

В обстеженні взяли участь 16 добровольців-чоловіків, правші, віком 18-21 роки, без скарг на здоров'я – студенти КНУ імені Тараса Шевченка (контрольна група) та 17 добровольців-чоловіків, правші, віком 27-43 роки, бійці з ЧМТ – пацієнти Інституту медицини праці ім. Ю. І. Кундієва НАМН України. Всі обстежувані були поінформовані стосовно схеми проведення обстежень і надали письмову згоду відповідно до Гельсінської етичної декларації. В усіх обстежуваних реєстрували електроенцефалограму (ЕЕГ) до початку обстеження (по 3 хв фоновий запис із закритими та відкритими очима) і під час проходження комп'ютерних тестів ВОП та ВОПс. В тесті ВОП обстежуваному для запам'ятовування пред'являлась деяка множина простих геометричних фігур (круг, еліпс, квадрат, ромб, та інш. (Рис.1)), кількість яких у цій множині послідовно зростала від 2 до 7. Певна кількість фігур у тесті повторювалась по 10 разів з випадковою комбінацією різних фігур. Час експозиції кожної множини фігур складав 1.5 с, після чого вони згасали, а через 1 с з'являлась тестова фігура стосовно якої необхідно було відповісти, чи була вказана фігура в попередній множині, для чого треба було правою рукою натиснути клавішу “/”, чи її там не було – для чого треба було натиснути лівою рукою клавішу “z”. Визначали середній час реакції (RT) та відносну кількість помилок (RE). В четвертому тесті ВОПс – за аналогічною до попереднього тесту схемою пред'являли фігури з двома ознаками – формою та способом заливки половини фігури (Рис.2). Таким чином, схема обстеження була побудована таким чином, що в кожному наступному тесті була задіяна одна додаткова функція порівняно з попереднім тестом.

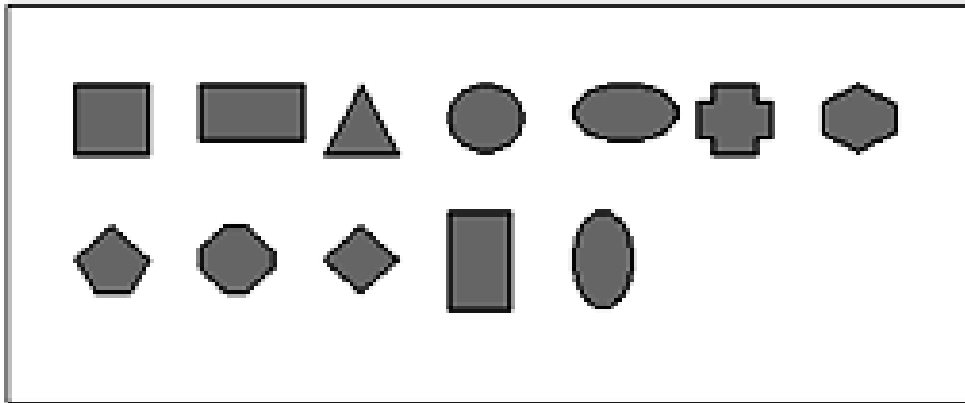


Рис.1. Геометричні фігури, які пред'являлись в тесті ВОП

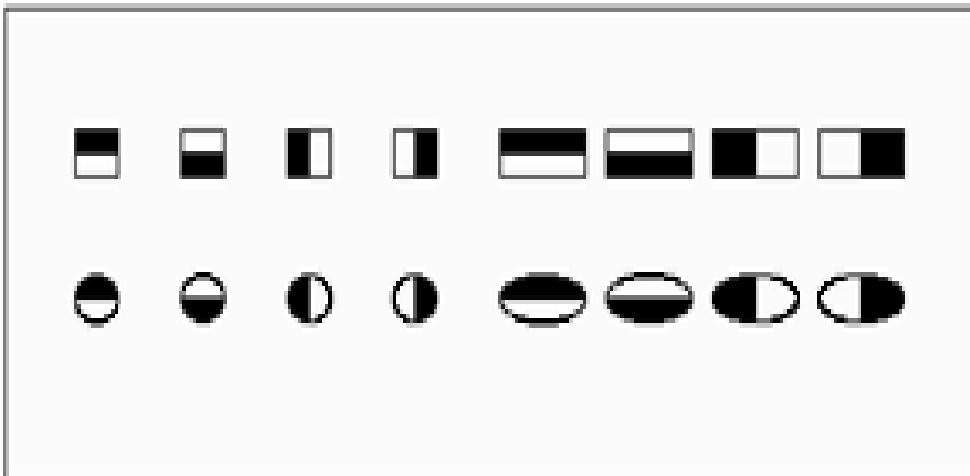


Рис.2. Геометричні фігури, які пред'являлись в тесті ВОПс

Для реєстрації та аналізу ЕЕГ використовували комплекс "Нейрон-Спектр-4/ВП" (НейроСофт, Росія). Запис ЕЕГ здійснювався монополярно, референтний електрод було розташовано на мочці вуха з кожної сторони, частота квантування ЕЕГ дорівнювала 500 Гц. Було використано мостикові посріблені електроди, які накладались за міжнародною системою 10–20 % у 16 стандартних відведеннях. У кожному відведенні для частотних діапазонів ЕЕГ – дельта- (0,5-3,9 Гц), тета- (4,0-7,9 Гц), альфа-1 (8,0-9,4 Гц), альфа-2 (9,5-10,5 Гц), альфа-3 (10,6-12,9 Гц) бета-1 (13,0-19,9 Гц), бета-2 (20,0-35,5 Гц), за допомогою програми "Нейрон-Спектр" обчислювались спектральні потужності та коефіцієнти когерентності. Аналіз дистантної синхронізації зон мозку при виконанні тестових завдань проводили за допомогою когерентного аналізу. Середнє значення функції когерентності залежить від наявності шуму у сигналах. Так, якщо він становить більше як 30-40%, стає проблемним виділення сигналу на фоні шуму і, як наслідок, твердження про високу синхронізацію в різних відведеннях. Крім того, для кожної гармоніки на межі двох сусідніх епох, що аналізуються, має місце не плавний перехід, а випадкові скачки амплітуди, тому, відповідно, - і фази, які відображаються в кроссфазі двох процесів і, як наслідок, в значеннях когерентності. Тим самим коефіцієнт когерентності дає завищену оцінку у відношенні ступеню синхронізації процесів, тому достовірною когерентність можна вважати тільки, якщо вона $\geq 0,7$ [7]. Саме тому ми вважали синхронізацію достовірною тільки для тих пар відведень, для яких медіана $\geq 0,7$.

Крім того, в програмі нейровізуалізації LORETA було визначено координати диполів активності при виконанні тестового завдання для всіх частотних діапазонів відносно нуля.

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакету STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA, 2008). Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p=0,05$. Нормальність розподілів змінних перевірялась тестом Шапіро – Вілка. Порівняльний аналіз проводили за критеріями Мана-Вітні, а для опису вибіркового розподілу вказували медіану (Me) і нижній (25 %) та верхній (75 %) квантилі: Me [25 %; 75 %]. Крім того, у програмі нейровізуалізації LORETA було визначено координати диполів активності головного мозку та відповідні мозкові структури під час виконання тестових завдань.

Результати та обговорення

За результатами статистичного аналізу було виявлено, що при тестуванні ВОПс в групі бійців з ЧМТ і точність, і час реакції були значуще гіршими, порівняно з контрольною групою (Табл.1).

За результатами когерентного аналізу в контрольній групі в дельта-діапазоні було виявлено систему логіко-семантичного аналізу в скронево-парієтальній зоні лівої півкулі та систему прийняття рішення на основі обробки образної інформації в фронто-парієтальній зоні правої півкулі (Рис.3).

За даними [8] провідна роль префронтальної кори в процесах прийняття рішень реалізується в двох арбітражних системах. Перша – стабільна – забезпечує вибір дії, що базується на перцептивних сигналах, значеннях винагороди, які пов'язані із зовнішніми обставинами та є вбудованими в поведінкові акти. Друга – основна – на основі імовірного оцінювання якості рішення, забезпечує вибір остаточного рішення «он лайн» між використанням / корекцією раніше вивчених поведінкових актів та дослідженням / створенням нових для забезпечення адаптативної поведінки [8]. Реалізація поведінкового акту забезпечувалась узгодженою активацією соматосенсорної кори (Рис.3). В тета- та в альфа1-діапазонах в фронто-парієтальну мережу була залучена права фронтальна зона (Рис.3-4), яку пов'язують з процесами визначення цільового стимулу [9].

Таблиця 1

Ефективність виконання когнітивних тестів

Показник	Група бійців з ЧМТ (n=17)	Контрольна група (n=16)	p - level
ВОП RT, мс	1270 [986;1682]	878[776;1020]	(U=57;p=0,005)**
ВОП RE	0,34 [0,28;0,42]	0,27[0,25;0,38]	(U=97;p=0,199)
ВОПс RT, мс	1326 [1056;1588]	921[767;999]	(U=49;p=0,001)**
ВОПс RE	0,44 [0,32;0,48]	0,28[0,23;0,36]	(U=75;p=0,015)*

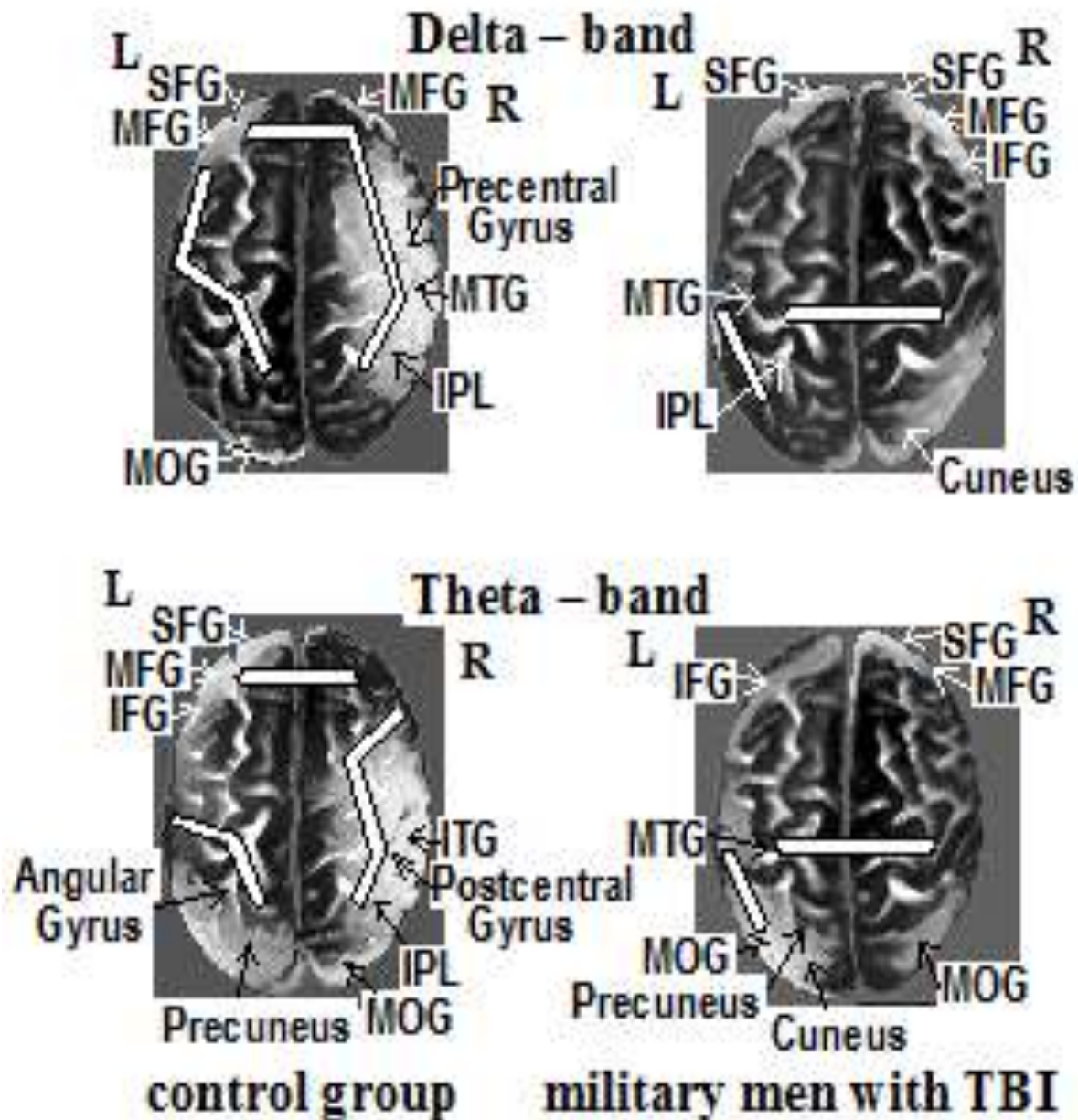


Рис.3. Синхронізація активності головного мозку та диполі активності під час тестуванні ВОПс в контрольній групі (control group) та в групі бійців з ЧМТ (military men with TBI) в дельта – та тета – діапазонах

В альфа- та бета- діапазонах у обстежуваних контрольної групи було виявлено активацію латералізованих центрально-паретальних неймереж (Рис.4-5), тобто запам'ятовування складних візуальних стимулів відбувалось в розподілених неймережах, які поступово перетворювала вхідну інформацію то формували відповідну реакцію [10]. Така система утворювала декілька рівнів кортикальної ієрархії: від сенсорних регіонів правої потиличної зони, в яких прості риси стимулів кодуються та узагальнюються у відповідні уявлення до регіонів префронтальної та фронтальної кори, де ці уявлення трансформуються для керування майбутніми поведінковими діями [10]. Виявлені довгодистантні когерентності узгоджуються з уявленнями про модуляцію top-down контролю префронтальною корою, яка є

причинно-наслідковим зв'язком між ранніми процесами уваги та сприйняття інформації та подальшою поведінковою продуктивністю. Активація префронтальної кори в тета-діапазоні забезпечує довгодистантну комунікацію між процесами управління в префронтальній корі з представленням об'єктів в тім'яній зоні, що забезпечує мнемонічну обробку інформації. ВОПс потребує залучення відповідних ділянок мозку в локальні та великомасштабні нейромережі. За даними [11], механізмом координації при цьому служать низькі частоти, які є знаряддям створення широкомасштабної комунікації за рахунок фазової синхронізації високочастотних складових. Узгодженість нейромереж в тета- та альфа-діапазонах здійснює керування цілеспрямованою поведінкою [11, 12].

Когерентний аналіз показав, що на відміну від контрольної групи, в якій області фронтальної та парієтальної кори зв'язувались в скоординовані системи, специфічні для різних завдань, в групі бійців з ЧМТ синхронізація в дельта- та тета-діапазонах в соматосенсорній корі залишалась незмінною в тестах визначення як простої сенсомоторної реакції, реакції вибору, ВОП [5,13,14], так і ВОПс (Рис.3-4). Можливо це було пов'язано з ураженням білої речовини, при пошкодженні якої знижується здатність аксонів до генерації послідовності імпульсів, що знижує можливість передачі інформації в нейромережах [6]. Такі порушення можуть перешкоджати створенню саме глобальних нейромереж.

У той час, як у контрольній групі під час запам'ятовування складних стимулів спостерігалась активація в усіх спектральних діапазонах (Рис.3-5), у бійців з ЧМТ найвища активність була виявлена тільки в бета1 – діапазоні, що свідчило про високий рівень уваги, але низький рівень процесів обробки інформації. Крім того, виявлена порівняно слабша активність в альфа-діапазоні може свідчити про знижену можливість обстежуваних виділяти необхідні елементи із зовнішнього середовища для запам'ятовування. В роботі [3] показано, що при травмах головного мозку відбувається втрата об'єму сірої та білої речовини в регіонах, що опосередковують пам'ять та увагу. Так, зменшення сірої речовини, особливо в лобових та тім'яних зонах, корелювало з більшою кількістю помилок та зниженням рівня уваги [3].

За результатами LORETA було виявлено, що в контрольній групі запам'ятовування складних візуальних стимулів активізувало вербальні процеси прийняття рішення, виконавчого контролю (I MFG) та координації поведінки з сенсорною системою (I SFG) (Табл.2). При цьому також було виявлено активацію в MOG. MOG – це комплексна зона, що залучена до реалізації багатьох мозкових функцій: вона бере участь у мовних схемах, у візуальній схемі, включаючи зону BA18, та у деяких виконавчих функціях, які суттєво пов'язані з префронтальними областями. Зона r MTG залучена до інтеграції зорових елементів в цілісний образ [15], в той час як ліва скронева зона залучена до вербального семантичного аналізу. Організація візуальної інформації під bottom – up контролем (а це активація саме в альфа-діапазоні) забезпечує зберігання інформації за виділеними ознаками та визначення чи є інформація новою або відомою [16].

У той же час, отримані результати за програмою LORETA свідчать, що бійці з ЧМТ намагались запам'ятовувати такі стимули більшою мірою із залученням зон зорової кори (Табл.2).

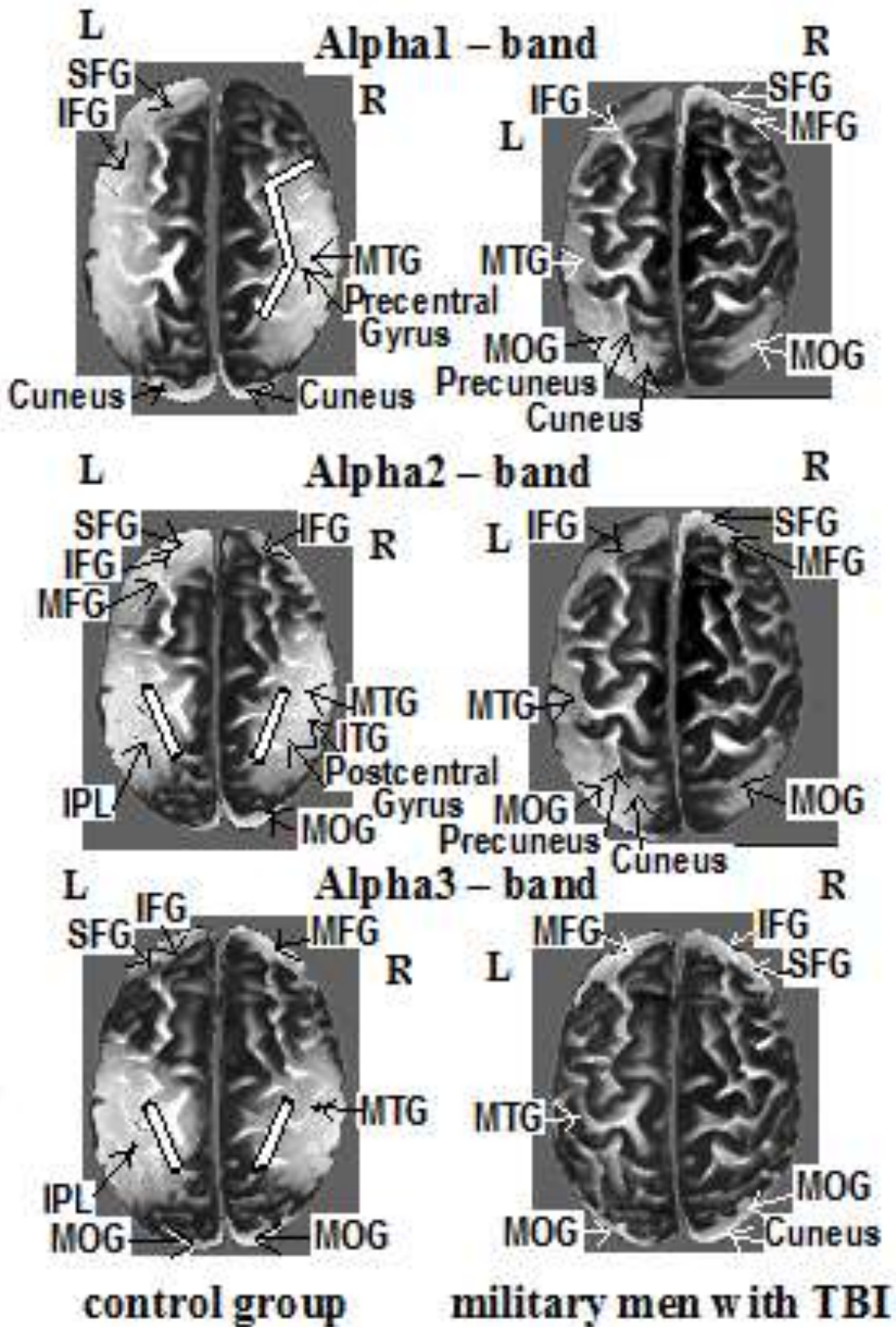


Рис.4. Синхронізація активності головного мозку та диполі активності під час тестуванні ВОПс в контрольній групі (control group) та в групі бійців з ЧМТ (military men with TBI) в альфа – діапазоні

Таблиця 2

Координати диполів активності головного мозку за результатами програми
Loreta при тестуванні ВОПс

Діапазон	Диполі активності в контрольній групі	Диполі активності в групі бійців з ЧМТ
дельта	SFG (BA11) (-20,65,-10), MFG (BA11) (35,60,-10), MFG (BA11) (-35,60,-10), Precentral Gyrus (BA6) (45,-5,60), IPL (BA40) (65,-30,40), MTG (BA21) (65,-50,-10), MOG (BA19) (-20,-100,10)	SFG (BA11) (20,65,-10), SFG (BA11) (-15,65,-15), MFG (BA11) (45,50,-10), IFG (BA47) (50,45,-10), IPL (BA40) (-65,-45,25), MTG (BA21) (-60,0,-25), Cuneus (BA18) (5,-100,15)
тета	SFG (BA11) (-20,65,-10), IFG (BA46) (-50,40,-10), MFG (BA10) (-45,50,5), IPL (BA40) (60,-35,50), Angular Gyrus (BA39) (-50,-70,35), Postcentral Gyrus (BA2) (60,-25,50), Precuneus (BA19) (35,-85,35), ITG (BA21) (65,-5,-20), MOG (BA18) (20,-100,5)	SFG (BA10) (25,65,-5), IFG (BA47) (-50,45,-10), MFG (BA11) (10,65,-15), Precuneus (BA19) (-35,-80,40), MTG (BA21) (-55,10,-25), MOG (BA18) (20,-100,0), MOG (BA18) (-20,100,0), Cuneus (BA18) (-15,-100,5)
альфа1	SFG (BA11) (-20,65,-10), MFG (BA11) (-35,60,-10), IFG (BA47) (-50,45,-10), IFG (BA47) (55,30,0), Postcentral Gyrus (BA1) (55,-20,55), IPL (BA20) (-60,-40,40), ITG (BA20) (65,-25,-20), MTG (BA21) (55,10,-30), MOG (BA19) (30,-95,10)	SFG (BA10) (25,65,-5), IFG (BA47) (-50,45,-10), MFG (BA11) (10,65,-15), Precuneus (BA19) (-35,-80,40), MTG (BA21) (-55,10,-25), MOG (BA18) (20,-100,0), MOG (BA18) (-20,100,0), Cuneus (BA18) (-15,-100,5)
альфа2	SFG (BA11) (-20,65,-10), MFG (BA11) (-35,60,-10), IFG (BA47) (-50,45,-10), IFG (BA47) (55,30,0), Postcentral Gyrus (BA1) (55,-20,55), IPL (BA20) (-60,-40,40), ITG (BA20) (65,-25,-20), MTG (BA21) (55,10,-30), MOG (BA19) (30,-95,10)	SFG (BA10) (25,65,-5), IFG (BA47) (-50,45,-10), MFG (BA11) (10,65,-15), Precuneus (BA19) (-35,-80,40), MTG (BA21) (-55,10,-25), MOG (BA18) (20,-100,0), MOG (BA18) (-20,100,0), Cuneus (BA18) (-15,-100,5)
альфа3	SFG (BA11) (-20,65,-10), IFG (BA47) (-50,45,-10), MFG (BA10) (5,65,5), IPL (BA40) (-65,-40,35), MTG (BA21) (50,10,-40), MOG (BA19) (-45,-85,-5), MOG (BA18) (20,-100,5)	SFG (BA10) (25,65,-5), IFG (BA47) (-50,45,-10), MFG (BA11) (10,65,-15), Precuneus (BA19) (-35,-80,40), MTG (BA21) (-55,10,-25), MOG (BA18) (20,-100,0), MOG (BA18) (-20,100,0), Cuneus (BA18) (-15,-100,5)
бета1	SFG (BA11) (-15,54,-15), IFG (BA47) (-50,45,-10), MFG (BA11) (-5,65,-15), Postcentral Gyrus (BA1) (55,-20,44), Supramarginal Gyrus (BA40) (-60,-55,35), MTG (BA21) (70,-25,-5), MOG (BA19) (-30,-95,15)	SFG (BA11) (15,65,-15), MFG (BA11) (5,65,-15), IFG (BA47) (-50,45,-10), Precentral Gyrus (BA6) (-55,-5,50), MOG (BA19) (45,-85,10), Cuneus (BA18) (5,-100,5)
бета2	SFG (BA11) (20,65,-15), MFG (BA10) (-10,65,0), IPL (BA40) (-55,-45,50), ITG (BA20) (-65,-20,-20), MTG (BA37) (-60,-65,5), MTG (BA37) (60,-65,5), MOG (BA18) (20,-100,5), MOG (BA19) (-30,-95,-15)	SFG (BA11) (15,65,-15), MFG (BA10) (-5,65,0), IFG (BA45) (-60,15,20), ITG (BA37) (-60,-65,-10), MTG (BA21) (-65,-40,-20), IOG (BA19) (45,-85,-10), MOG (BA19) (-30,-95,10), MOG (BA18) (20,-100,5)

Насьогодні зорову кору розглядають як «дошку», на якій можуть генеруватися уявні образи (образи de novo), та яка використовується під час мнемонічних процесів, надаючи відповідний контекст [17]. Зони r SFG та l SFG також беруть участь в контурі обробки зорової інформації в ВА18/19 [18]. Роль префронтальної кори у інтеграції різних форм інформації в оперативній пам'яті може бути підставою для її унікального внеску у пізнання високого рівня, яке вимагає гнучких психічних уявлень, в той час, як активація парієтальної кори спостерігається при обробці не інтегрованих уявлень [19].

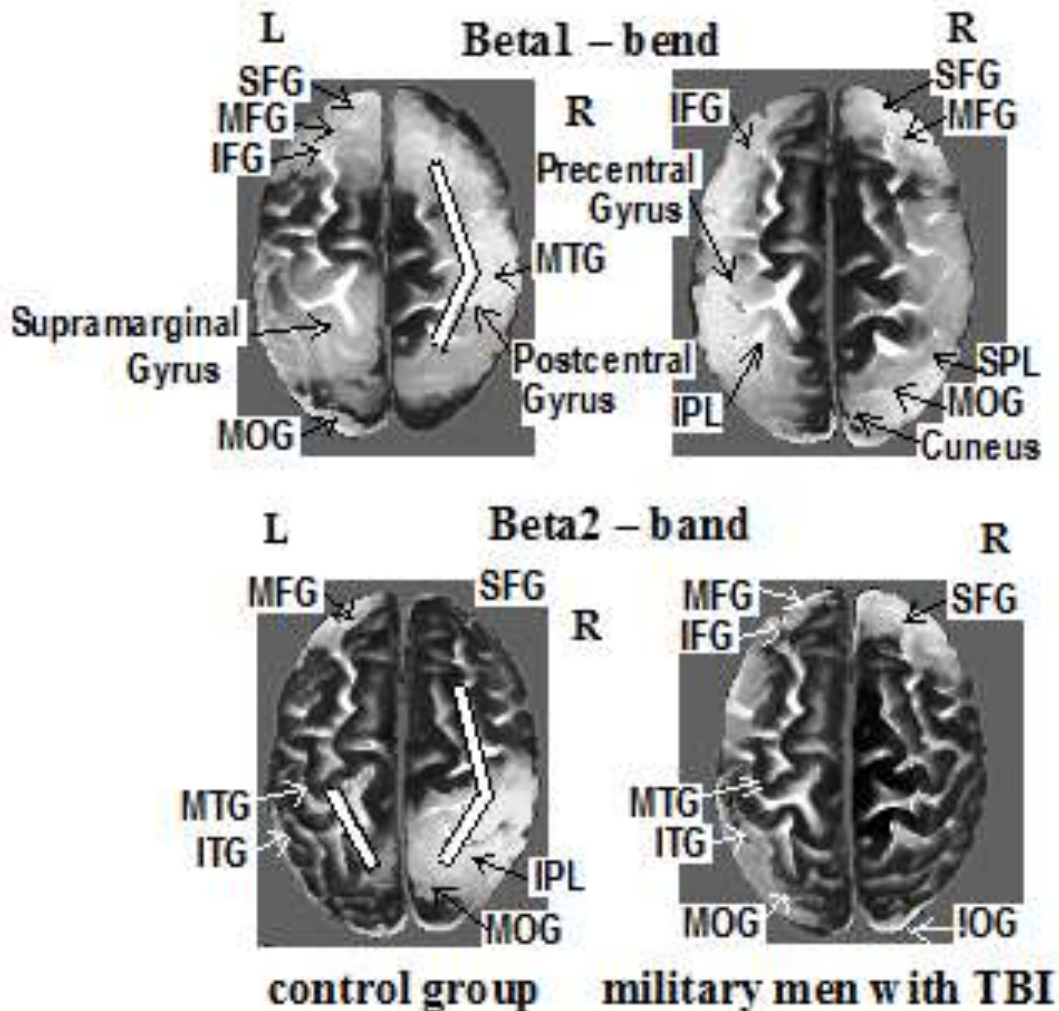


Рис.5. Синхронізація активності головного мозку та диполі активності під час тестуванні ВОПс в контрольній групі (control group) та в групі бійців з ЧМТ (military men with TBI) в бета – діапазоні

Таким чином, у контрольній групі за підвищеного рівня когнітивного навантаження мнемонічні та виконавчі функції були залежними від спільної фронто – парієтальної нейромережі, в якій здійснювалась інтеграція, координація, прогнозування та управління відповідними процесами (стратегічна система прийняття рішення), в той час, як у бійців з ЧМТ зниження активності головного мозку фактично вказувало на неспроможність компенсувати відсутність фронто – парієтальної синхронізації шляхом підвищення рівня уваги до візуальних стимулів, що і призводило до значуще більшої кількості помилок та більшого часу виконання завдання. Треба зазначити, що при ЧМТ в більшій мірі відбувається пошкодження довгодистантних фронто – парієтальних зв'язків, які реалізовані коротко-ланцюговими шляхами зв'язування, а окципітально – парієтальна система, яка представлена розщепленими довгими асоціативними волокнами [6],

виявляється більш збереженою. В наших обстеженнях вплив ЧМТ найбільше проявився саме при оперуванні складною інформацією, оскільки саме фронтальна кора забезпечує інтеграцію різнорідної інформації в єдиний образ та прийняття збалансованого рішення. Товар-Moll зі спіавт. [20] було показано, що пластичність мозку при вроджених дефектах мозолистого тіла проявляється в створенні альтернативних шляхів для міжпівкульної взаємодії, в тому числі в парієтальній корі. Тому, можливо зробити припущення, що патологічні процеси при ЧМТ породжують часткову компенсацію виконавчої функції фронтальної кори за допомогою окципітально-парієтальної системи зберігання інформації за виділеними ознаками та уявного планування моторної відповіді (асоціативна система прийняття рішення).

Висновки

При тестуванні візуальної оперативної пам'яті на складні стимули в групі бійців з черепно-мозковими травмами виявлено, що і точність, і час реакції були значуще гіршими, порівняно з контрольною групою. В контрольній групі при підвищеному рівні когнітивного навантаження мнемонічні та виконавчі функції були залежними від спільної фронто – парієтальної нейромережі, в якій здійснювалась інтеграція, координація, прогнозування та управління відповідними процесами (стратегічна система прийняття рішення), в той час, як у бійців з ЧМТ при запам'ятовуванні складних геометричних фігур домінувала окципітально-парієтальна система зберігання інформації за виділеними ознаками та уявного планування моторної відповіді (асоціативна система прийняття рішення).

Література

1. Wongupparaj P., Kumari V., Morris R.G. The relation between a multicomponent working memory and intelligence: The roles of central executive and short-term storage functions. *Intelligence*. 2015. Vol. 53. P. 166–180.
2. Brewin C.R., Beaton A. Thought suppression, intelligence, and working memory capacity. *Behav Res Ther*. 2002. Vol. 40, No 8. P. 923–930.
3. Lauer J., Moreno-Lopez L., Manktelow A., Carroll E.L., Outtrim J.G., Coles J.P., Newcombe V.F., Sahakian B.J., Menon D.K., Stamatakis E.A. Neural correlates of visual memory in patients with diffuse axonal injury. *Brain Inj*. 2017. Vol. 31, No 11. P. 1513–1520.
4. Shum D.H., Harris D., O'Gorman J.G. Effects of severe traumatic brain injury on visual memory. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2000. Vol. 22, No1. P. 25–39.
5. Книр О., Філімонова Н., Макачук М., Зима І., Кальниш В., Чебуркова А. Особливості міжрегіональної мозкової взаємодії в зоровій оперативній пам'яті бійців з черепно-мозковими травмами. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*. 2018. № 8(381). С.75-85.
6. Maia P.D., Kutz J.N. Reaction time impairments in decision-making networks as a diagnostic marker for traumatic brain injuries and neurodegenerative diseases. *Comput Neurosci*. 2017. Vol. 42, No3. P. 323–347.
7. Кулаичев А.П. Об информативности когерентного анализа. *Журнал высшей нервной деятельности*. 2009. № 59. С. 766–775.
8. Domenech P., Koechlin E. Executive control and decision-making in the prefrontal cortex. *Curr Opin Behav Sci*. 2015. Vol. 1. P. 101–106.
9. Hampshire A., Chamberlain S.R., Monti M.M., Duncan J., Owen A.M. The role of the right inferior frontal gyrus: inhibition and attentional control. *Neuroimage*. 2010. Vol. 50, No3. P. 1313–1319.
10. Christophel T.B., Klink P.C., Spitzer B., Roelfsema P.R., Haynes J.D. The distributed nature of working memory. *Trend Cogn Sci*. 2017. Vol. 21, No 2. P.111–124.
11. Daume J., Gruber T., Engel A.K., Fries U. Phase-amplitude coupling and long-range phase synchronization reveal frontotemporal interactions during visual working memory. *J Neurosci*. 2017. Vol. 37, No2. P. 313–322.
12. Ranganath C., D'Esposito M. Directing the mind's eye: prefrontal, inferior and medial temporal mechanisms for visual working memory. *Curr Opin Neurobiol*. 2005. Vol. 15, No2. P.175–182.
13. Книр О., Філімонова Н., Макачук М., Чебуркова А., Зима І., Кальниш В. Особливості міжрегіональної взаємодії у головному мозку бійців з черепно-мозковими травмами при здійсненні простої сенсомоторної реакції. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: Біологія*. 2018. № 75. С. 50–54.

14. Вознюк В., Філімонова Н., Макарчук М., Зима І., Горбунов О., Кальниш В. Регуляція серцевого ритму та активність головного мозку бійців з черепно-мозковими травмами та постратравматичним стресовим розладом при здійсненні реакції вибору. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: Проблеми регуляції фізіологічних функцій - 2018 - Вип. 25 - С.26-31.*
15. Gerlacha C., Aasidea C.T., Humphreys G.W., Gade A., Paulson O.B., Law I. Brain activity related to integrative processes in visual object recognition: bottom-up integration and the modulatory influence of stored knowledge. *Neuropsychologia*. 2002. Vol. 40, No 8. P. 1254–1267.
16. Slotnick S.D., Schacter D.L. The nature of memory related activity in early visual areas. *Neuropsychologia*. 2006. Vol. 44, No 14. P.2874–2886.
17. Albers A.M., Kok P., Toni I., Dijkerman H.C., deLange F.P. Shared representations for working memory and mental imagery in early visual cortex. *Curr Biol*. 2013. Vol. 23, No15. P. 1427–1431.
18. Ernst M., Nelson E.E., McClure E.B., Monk C.S., Munson S., Eshel N., Zarah E., Leibenluft E., Zametkin A., Towbin K., Blair J., Charney D., Pine D.S. Choice selection and reward anticipation: an fMRI study. *Neuropsychologia*. 2004. Vol. 42, No12. P. 1585–1597.
19. Prabhakaran V., Narayanan K., Zhao Z., Gabrieli J.D. Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nat Neurosci*. 2000. Vol. 3, No 1. P.85–90.
20. Tovar-Moll F., Monteiro M., Andrade J., Bramati I.E., Vianna-Barbosa R., Marins T., et al. Structural and functional brain rewiring clarifies preserved interhemispheric transfer in humans born without the corpus callosum. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014. Vol. 111, No 21. P. 7843–7848.

References

1. Wongupparaj, P., Kumari, V., & Morris, R.G. (2015). The relation between a multicomponent working memory and intelligence: The roles of central executive and short-term storage functions. *Intelligence*, 53, 166-180. doi: 10.1016/j.intell.2015.10.007
2. Brewin, C. R., & Beaton, A. (2002). Thought suppression, intelligence, and working memory capacity. *Behav Res Ther*, 40(8), 923-930. doi:10.1016/S0005-7967(01)00127-9
3. Lauer, J., Moreno-Lypez, L., Manktelow, A., Carroll E. L., Outtrim, J.G., Coles, J.P., ... Stamatakis, E. A. (2017). Neural correlates of visual memory in patients with diffuse axonal injury. *Brain Inj*, 31(11), 1513-1520. doi:10.1080/02699052.2017.1341998
4. Shum, D. H., Harris, D., & O'Gorman, J. G. (2000). Effects of severe traumatic brain injury on visual memory. *J Clin Exp Neuropsychol*, 22(1), 25-39. doi: 10.1076/1380-3395(200002)22:1;1-8;FT025
5. Knyr, O., Filimonova, N., Makarchuk, M., Zyma, I., Kalnysh, V., & Cheburkova, A. (2018). Interregional brain interaction in visual working memory of military men with traumatic brain injuries. *Naukovyi visnyk Shkhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Seriya: Biologichni nauky (National East European Lesia Ukrainka University scientific bulletin. Serie: Biological sciences) 2018. № 8(381). С.75-85.* (In Ukr)
6. Maia, P. D., & Kutz, J. N. (2017). Reaction time impairments in decision-making networks as a diagnostic marker for traumatic brain injuries and neurodegenerative diseases. *Comput Neurosci*, 42(3), 323-347. doi: 10.1007/s10827-017-0643-y
7. Kulaychev, A. P. (2009). About the informativeness of coherent analysis. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti (Journal of higher nervous activity)*, 59, 766-775. (In Rus)
8. Domenech, P., & Koechlin, E. (2015). Executive control and decision-making in the prefrontal cortex. *Curr Opin Behav Sci*, 1, 101-106. doi: 10.1016/j.cobeha.2014.10.007
9. Hampshire, A., Chamberlain, S. R., Monti, M. M., Duncan, J., & Owen, A. M. (2010). The role of the right inferior frontal gyrus: inhibition and attentional control. *Neuroimage*, 50(3), 1313-1319. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.12.109
10. Christophel, T. B., Klink, P. C., Spitzer, B., Roelfsema, P. R., & Haynes, J. D. (2017). The distributed nature of working memory. *Trends Cogn Sci*, 21(2), 111-124. doi: 10.1016/j.tics.2016.12.007
11. Daume, J., Gruber, T., Engel, A. K., & Fries, U. (2017). Phase-amplitude coupling and long-range phase synchronization reveal frontotemporal interactions during visual working memory. *J Neurosci*, 37(2), 313-322. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2130-16.2016
12. Ranganath, C., & D'Esposito, M. (2005). Directing the mind's eye: prefrontal, inferior and medial temporal mechanisms for visual working memory. *Curr Opin Neurobiol*, 15(2), 175-182. doi: 10.1016/j.conb.2005.03.017
13. Knyr, O., Filimonova, N., Makarchuk, M., Cheburkova, A., Zyma, I., & Kalnysh, V. (2018). Features of interregional interaction in the brain of military men with traumatic brain injuries during the testing of simple sensory-motor reaction. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka: Biologichni nauky (Taras Shevchenko National University of Kyiv bulletin: Biology)*, 75, 50-54. (In Ukr)
14. Vozniuk, V., Filimonova, N., Makarchuk, M., Zyma, I., Horbunov, O., Kalnysh, V. (2018). Features of heart rate regulation and activity of the brain during testing the reaction of choice in the military man with

- traumatic brain injury. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho niversytetu imeni Tarasa Shevchenka: Problemi reguliacii fiziologichnykh funkcij* (Taras Shevchenko National University of Kyiv bulletin: Problems of physiologic functions regulation), 25, 26-31..(In Ukr)
15. Slotnick, S. D., & Schacter, D. L. (2006). The nature of memory related activity in early visual areas. *Neuropsychologia*, 44(14), 2874-2886. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.021
 16. Gerlacha, C., Aasidea, C. T., Humphreys, G. W., Gade, A., Paulson, O. B., & Law, I. (2002). Brain activity related to integrative processes in visual object recognition: bottom-up integration and the modulatory influence of stored knowledge. *Neuropsychologia*, 40(8), 1254-1267. doi:10.1016/S0028-3932(01)00222-6
 17. Albers, A. M., Kok, P., Toni, I., Dijkerman, H. C., & de Lange, F. P. (2013). Shared representations for working memory and mental imagery in early visual cortex. *Curr Biol*, 23(15), 1427-1431. doi:10.1016/j.cub.2013.05.065
 18. Ernst, M., Nelson, E. E., McClure, E. B., Monk, C. S., Munson, S., Eshel, N., ... Pine, D. S. (2004). Choice selection and reward anticipation: an fMRI study. *Neuropsychologia*, 42(12), 1585-1597. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.05.011
 19. Prabhakaran, V., Narayanan, K., Zhao, Z., & Gabrieli, J. D. (2000). Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nat Neurosci*, 3(1), 85-90. doi:10.1038/71156
 20. Tovar-Moll, F., Monteiro, M., Andrade, J., Bramati, I. E., Vianna-Barbosa, R., Marins, T., ... Lent, R. (2014). Structural and functional brain rewiring clarifies preserved interhemispheric transfer in humans born without the corpus callosum. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(21), 7843-7848. doi:10.1073/pnas.1400806111

Summary. *Filimonova N., Makarchuk M., Zyma I., Kalnysh V., Cheburkova A., Torgalo E. Features of interregional interaction in the brain of military men with traumatic brain injuries during testing visual working memory on complex stimuli.*

Introduction. *Traumatic brain injuries (TBI) cause a variety of cognitive impairments, which consist in degradation of memory, attention, problems with the perception and understanding of information, a decrease in control and the adoption of impulsive decisions, and much more. A key motivation for exploring the capacity of visual working memory (VWM) is that it is a predictor of intelligence and correlates with the ability to suppress unwanted, obsessive thoughts and recollections.*

Purpose. *The purpose of the work was to determine the effectiveness of visual working memory on complex stimuli (VWMC) and to determine the neural networks and the corresponding brain structures that are involved during the testing of the VWMC in the brain of the military men of the Armed Forces of Ukraine, who took part in the operations in the east of Ukraine and have TBI, later – military men with TBI.*

Methods. *This study involved 16 male volunteers, right-handed, aged 18-21, without complaints of health - students of Taras Shevchenko National University of Kyiv (control group) and 17 male volunteers, right-handed, aged 27-43, military men with TBI - patients of the Institute for Occupational Health of the NAMS of Ukraine, SI, Kyiv. EEG studies, coherent analysis and analysis of brain dipoles of brain activity using the Loreta program during testing of VWMC.*

Results. *When testing VWMC in a group of military men with TBI and the accuracy and time of reaction were significantly worse compared with the control group: 0.44 [0.32; 0.48] relative error vs. 0.28 [0.23; 0.36] relative error *; reaction time 1326 [1056; 1588] ms vs. 921 [767; 999] ms **.*

Conclusion. *It was showed that mnemonic and executive functions in the control group at increase cognitive load were dependent on a common front-parietal neural network in which integration, coordination, prognostications and control of the relevant processes were carried out (strategic decision-making system), while the military men with TBI discovered an occipital-parietal system for storing information based on distinguished features and imaginary planning of motor answer (associative decision-making system).*

Key words: *visual working memory, increased complexity stimuli, traumatic brain injuries, concussion, EEG, coherence, LORETA.*

Одержано редакцією 08. 04. 2019

Прийнято до публікації 19. 06. 2019

СВІТЛОЇ ПАМ'ЯТІ ПРОФЕСОРА МИКОЛИ МАКАРЕНКА



МАКАРЕНКО МИКОЛА ВАСИЛЬОВИЧ (6.02.37 – 19.02.19) був професором кафедри авіаційної, морської медицини та психофізіології Української військово-медичної академії Міністерства оборони України; членом Українського фізіологічного товариства імені П. Г. Костюка; членом редакційної колегії збірника наукових праць «Вісник Черкаського університету. Серія «Біологічні науки». Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького»; членом редакційної колегії журналу «Актуальні проблеми фізичної культури і спорту» Державного науково-дослідного інституту фізичної культури і спорту України; членом бюро Федерації космонавтики, головою секції медико-біологічних проблем космічних польотів; засновником і куратором (спільно з професором В. С. Лизогубом) регулярних наукових зібрань у м. Черкаси (із 1991 р. конференції та симпозиуми) з

напрямів «Формування та становлення психофізіологічних функцій людини в онтогенезі» та «Психофізіологічні функції людини і професійна діяльність»; засновник Охінківського шкільного благодійно-заохочувального фонду (село і школа, в якій навчався) у Прилуцькому районі, Чернігівської області, мета якого – розвиток благодійництва, утвердження гуманізму та милосердя в суспільстві, сприяння розвитку освіти та науки, виявлення серед школярів талановитої творчої молоді та допомога їй; майстер спорту СРСР з класичної боротьби; 3-х кратний абсолютний чемпіон і 5-и кратний призер СК «Наука» АН України по водним лижам (1968-1976 роки); лауреатом премії НАН України імені О. О. Богомольця, почесним професором Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, академіком Аерокосмічної академії, Заслуженим діячем науки і техніки України, доктором біологічних наук, професором.

Кандидатську дисертацію зі спеціальності 03.00.13 – фізіологія людини і тварин на тему: «Влияние тиреоидэктомии на условнорефлекторную деятельность крыс неполовозрелого и половозрелого возрастов» захистив у 1966 році в Інституті фізіології імені О. О. Богомольця АН УРСР. Науковий керівник – учень І. П. Павлова, доктор біологічних наук, професор В. О. Трошихін. Докторську дисертацію «Роль функциональной подвижности нервных процессов в формировании психофизиологических функций и значение их в надежности операторской деятельности» захистив 15 вересня 1987 року на засіданні спеціалізованої ради Д 016.15.01 при Інституті фізіології імені О. О. Богомольця АН УРСР. Макаренко М. В. був спеціалістом в області фізіології вищої нервової діяльності людини і тварин, диференціальної та вікової психофізіології. Науковий стаж – 55 років, із них 47 років в Інституті фізіології імені О. О. Богомольця.

У коло наукових інтересів входили: теоретичні та практичні аспекти стану індивідуально-типологічних особливостей вищих відділів центральної нервової системи і їх значення в формуванні і розвитку електрофізіологічних,

соматовегетативних, психомоторних та особистісних властивостей у людей різного віку та професій за умов дії на організм різноманітних факторів внутрішнього та зовнішнього середовища, в т.ч. критичних ситуацій виробничої сфери та військової діяльності. Роль властивостей високо генетично детермінованих властивостей основних нервових процесів в успішності навчання, набутті професійних навиків та використання їх у реальних умовах. Розробка, обґрунтування та валідація методики оцінки індивідуально-типологічних властивостей і властивостей сенсомоторних якостей, методичного арсеналу, їх діагностування (властивостей: тести, апаратурні підходи, комп'ютерні системи); оцінка функціонального стану в різних умовах діяльності, контролю і профілактики виникнення несприятливих зрушень у нервовій системі та їх корекції; професійний психофізіологічний відбір, зокрема операторів по керуванню рухомими системами та об'єктами.

Ним було започатковано новий напрямок у вивченні надійності трудової діяльності людини на основі властивостей основних нервових процесів. На пілотах випробувачах та пілотах військової і цивільної авіації, радіотелеграфістах та телеграфістах, операторах десантних кораблів на повітряній подушці та операторах наземних транспортних засобів, операторах енергосистем та спецконтингенту, курсантах військово-морських та військово-авіаційних училищ, спортсменах різної кваліфікації і різних видів спорту та студентах закладів вищої освіти, учнях середньої школи, технікумів і ліцеїв доведено, що функціональна рухливість та сила основних нервових процесів є базовими властивостями в забезпеченні сомато-вегетативних та психомоторних функцій, відіграє важливу роль у забезпеченні ефективності й результативності навчальної, професійної та спортивної діяльності. Саме ці властивості є найімовірнішою фізіологічною передумовою у відмінностях між людьми. Розроблені методики проведення й оцінки індивідуально-типологічних властивостей стали загальноприйнятими й отримали визнання не лише в нашій країні, а і за її межами.

Опублікував 427 наукових праць, з-поміж яких 6 монографій, 3 наукових посібника, 1 словник-довідник, 2 брошури з питань радянської космонавтики. Отримав 12 патентів на винахід, зокрема 2 авторських свідоцтва СРСР, 9 раціоналізаторських пропозицій. Підготував 7 докторів та 25 кандидатів наук. Його учні обіймають посади директорів та заступників директорів науково-дослідних інститутів і навчально-наукових інститутів, деканів факультетів, завідувачів кафедр та лабораторій, працюють за кордоном тощо.

Його науковий і життєвий шлях приклад для наслідування. Завдяки таким самовідданим людям як М.В.Макаренко, на прикладі його життя, ми виховуємо патріотів, формуємо високі моральні якості.

Лизогуб В. С., Коваленко С. О., Харченко Д. М.

***Summary.* V. S. Lizohub, S.O. Kovalenko, D. M. Kharchenko In memory professor Mikola Makarenko.**

The article is devoted to professor memory Mikola Makarenko. His scientific and life path is an example for imitation.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 10. 04. 2019

Прийнято до публікації 19. 06. 2019

Відомості про авторів

Безкопильна Світлана Вікторівна – аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Гаврилюк Максим Никандрович – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та агробіології Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Дерій Сергій Іванович – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та агробіології Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Завгородня Вікторія Анатоліївна – аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Загайкан Юлія Володимирівна – аспірант кафедри біології людини та імунології Херсонського державного університету.

Зима Ігор Григорович – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Ллюха Лідія Михайлівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Кальниш Валентин Володимирович – доктор біологічних наук, професор ДУ «Інститут медицини праці імені Ю.І.Кундієва НАМН України».

Коваленко Станіслав Олександрович – доктор біологічних наук, професор кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Кудій Людмила Іванівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Куценко Тетяна Василівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Лизогуб Володимир Сергійович – доктор біологічних наук, професор, директор науково-дослідного інституту фізіології імені Михайла Босого, професор кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Лоза Віталій Миколайович – кандидат технічних наук, науковий співробітник Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Макарчук Микола Юхимович – доктор біологічних наук, професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Мінаєв Борис Пилипович – заслужений діяч науки і техніки України, доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Наседкін Дмитро Борисович – провідний інженер Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України.

Пампуха Ігор Володимирович – кандидат технічних наук, доцент Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Пеньковська Лариса Вікторівна – аспірант кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету.

Погребна Аліна Василівна – аспірант Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Редька Ірина Василівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри гігієни та соціальної медицини Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

Рибалко Алевтина Володимирівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Светлова Олена Дмитрівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Спринь Олександр Борисович – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології людини та імунології Херсонського державного університету.

Торгало Єлизавета Олександрівна – кандидат біологічних наук, науковий співробітник Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Філімонова Наталя Борисівна – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Харченко Дмитро Миколайович – доктор психологічних наук, професор кафедри психології Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Чебуркова Аліса Федорівна – студентка Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

ЗМІСТ

Лизогуб В. С., Дерій С. І., Гаврилюк М. Н. Життєвий і творчий шлях Федора Федоровича Боєчка.....	3
Безкопильна С. В. Вікові особливості формування резервних можливостей розумової діяльності у дітей, підлітків та юнаків	7
Завгородня В. А., Коваленко С. О., Мінаєв Б. П. Взаємодія моделі міоглобіну з лігандами газообміну	13
Загайкан Ю. В., Спринь О. Б. Вплив сенсорної депривації на властивості нервової системи.....	24
Глюха Л. М. Електроенцефалографія нюхових структур мозку ссавців в процесі сприйняття та аналізу запахової інформації.....	33
Куценко Т. В., Погребна А. В., Наседкін Д. Б., Лоза В. М., Пампуха І. В., Макарчук М. Ю. Реакції серцево-судинної системи під час виконання комбінованого тесту Струпа учасниками операції об'єднаних сил (АТО)	39
Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Обґрунтування структури і класифікації властивостей нервової системи (оглядова стаття)	49
Пеньковська Л. В. Морфометричні ознаки <i>Convallaria majalis L. (Convallariaceae)</i> у різних фітоценозах Шосткинського геоботанічного району Сумської області.....	59
Редька І. В. Автономна нервова регуляція у дівчат-підлітків з набутими зоровими дисфункціями	67
Рибалко А. В., Кудій Л. І. Вплив сенсорних подразників на функціональний стан організму	76
Світлова О. Д. Біологічні основи наповнюваності груп школярів для занять фізичною культурою	85
Філімонова Н. Б., Макарчук М. Ю., Зима І. Г., Кальниш В. В., Чебуркова А. Ф., Торгалло Є. О. Особливості міжрегіональної взаємодії у головному мозку бійців з черепно-мозковими травмами під час тестування візуальної оперативної пам'яті на складні стимули	91
Лизогуб В. С., Коваленко С. О., Харченко Д. М. Світлої пам'яті професора Миколи Макаренка	103
Відомості про авторів	105

CONTENT

Lyzohub V. S., Deriy S. I., Gavrilyuk M. N. Life and creative way of Boyechko Fyodor Fedorovich.....	3
Bezcopylna S. V. Age features of the formation of reserve capabilities of mental activity for children, adolescents and young people	7
Zavhorodnia V. A., Kovalenko S. O., Minaiev B. P. Interaction of myoglobin model with ligands of gas exchange	13
Zagaykan J., Spryn A. The effect of sensory deprivation on the nervous system specifics	24
Ilyukha L. M. Electroencephalographic of olfactory structures of the mammalian brain in the perception of olfactory information and analysis of olfactory information	33
Kutsenko T., Pohrebna A., Nasiedkin D., Loza V., Pampuha I., Makarchuk M. The cardiovascular system reactions at the fulfillment of the combined Stroop test by participants of Joint Forces Operation (JFO)	39
Makarenko M.V.,Lizohub V.S. Justification of structure and classification of the properties of the nervous system.....	49
Penkovska L. V. Morphometric parameters of <i>Convallaria majalis</i> L. in the conditions of different phytocenoses in the Yampil district of Sumy region	59
Redka I.V. Autonomous nervous system regulation for teenage girls with obtained visual dysfunctions	67
Rybalko A. V., Kudii L. I. The effect of sensory stimulation on the functional state of the organism	76
Svietlova O.D. Group filling for physical culture lessons at different levels of schoolchildren's Morbidity.....	85
Filimonova N., Makarchuk M., Zyma I., Kalnysh V., Cheburkova A.,Torgalo E. Features of interregional interaction in the brain of military men with traumatic brain injuries during testing visual working memory on complex stimuli	91
Lizohub V. S., Kovalenko S.O., Kharchenko D. M. In memory professor Mikoly Makarenko	103

АВТОРАМ ПРО ЖУРНАЛ

Для публікації в журналі «Вісник Черкаського університету. Серія. Біологічні науки» приймаються оригінальні статті, що висвітлюють актуальні проблеми сучасної біологічної науки, а також огляди (на замовлення редакції). Поданий до журналу рукопис обов'язково рецензується провідними спеціалістами у відповідній галузі. У разі необхідності рукопис направляється авторам на доопрацювання. Рукопис, що отримав недостатньо високу оцінку рецензентів, відхиляється як невідповідний профілю та вимогам до рівня публікацій журналу.

Загальні вимоги до рукописів

Обсяг експериментальної роботи зі списком цитованої літератури, таблицями та рисунками з підписами має не перевищувати 15 сторінок (30 тис. знаків), огляду – 20 сторінок (40 тис. знаків), надрукованих на принтері. Список цитованих джерел (у порядку згадування) для експериментальних робіт повинен не перевищувати 20 джерел, для оглядів – 60.

Окремі вимоги до оформлення рукописів

Створені чи збережені у текстовому редакторі Word (2003 та раніше) чи у форматі *.rtf

Поля з усіх боків 2,5 см

У верхньому лівому куті подається УДК (кегель 12, Times New Roman)

Далі - справа ініціали та прізвища авторів (кегель 12)

Далі – назва роботи (кегель 14)

Далі – текст роботи (кегель 12, інтервал одинарний)

Література та References – списки (кегель 10)

Абзац – 1,25

Посилання на літературу подаються у квадратних дужках (**список літератури формується по мірі цитування у тексті**)

Анотації та ключові слова – кегель 11, курсив

Основні вимоги до *Summary*

Закордонні партнери і міжнародні бази даних висувають дуже високі вимоги до написання анотацій (*Summary*) не тільки в українських журналах, а й у закордонних виданнях.

Із резюме до статті повинна бути зрозуміла її суть, актуальність і наукова новизна. Інформаційна відкритість анотації полегшить багатьом авторам включення їхніх статей в індекс-бази даних і підвищить рівень цитування автора.

Структура і зміст авторського резюме (не менше 250 слів або 1 сторінка інтервалом 1 pt)

ПІБ. Назва статті

Проблема - Introduction

Мета - Purpose

Методи дослідження - Methods

Основні результати дослідження - Results

Наукова новизна результатів дослідження - Originality.

Висновки та конкретні пропозиції автора - Conclusion

Основні вимоги до оформлення списків використаної літератури.

Список використаної літератури (для англійських статей: References (in language original). Це джерела мовою оригіналу, оформлені відповідно до українського стандарту бібліографічного опису (ДСТУ 8302:2015).

References – ті самі джерела, але англійською мовою, оформлені за міжнародним бібліографічним стандартом **APA-2010** [http://library.nmu.edu/guides/userguides/style_apa.htm].

Обов'язково зазначаєте індекс doi для статей, на які посилаєтесь і які, звичайно, мають цей індекс. Назви періодичних україно- та російськомовних видань (журналів, збірників та ін.) подаються транслітерацією (див. [правила української транслітерації: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/55-2010-%D0%BF](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/55-2010-%D0%BF)), а в дужках – англійською мовою. Наприклад: *Ekonomičnij Casopis-XXI [Economic Analis-XXI]*. Небажано в посиланнях робити довільні скорочення назв джерел. Це часто призводить до втрати зв'язки, так як назва може бути не ідентифіковано.

**ВІСНИК
ЧЕРКАСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія біологічні науки
№ 1. 2019

Відповідальний за випуск
Лизогуб В. С.

Відповідальний секретар:
Черненко Н. П.

Комп'ютерне верстання
Любченко Л. Г.

Підписано до друку 27.06.2019.
Формат 84x108/16. Папір офсет. Друк офсет. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 8,4. Обл. вид. арк. 8,6.
Замовлення № 76. Тираж 300 прим.

**Бізнес-інноваційний центр
Черкаського національного університету ім. Богдана Хмельницького**
18000, Україна, м. Черкаси, бульвар Шевченка, 205.
тел.: (0472) 32-93-05

Свідоцтво про внесення до державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК №3427 від 17.03.2009 р.