

М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб, Ю. О. Петренко,
Т. А. Бібік, О. Е. Явник, Л. І. Юхименко

Функціональний стан центральної нервової системи за умов переробки інформації різного ступеня складності у осіб з різним рівнем рухливості нервових процесів

Исследовали связь функциональной подвижности нервных процессов (ФПНП) с функциональным состоянием (ФС) центральной нервной системы. Свойство функциональной подвижности определяли по величине максимальной скорости безошибочного дифференцирования положительных и тормозных раздражителей. Количественной характеристикой ФС были: функциональный уровень системы (ФУС), устойчивость реакции (УР) и уровень функциональных возможностей (УФВ), которые определяли по показателям простой и сложной зрительно-моторной реакции. Не выявлено статистически значимых различий между показателями ФУС, УР, УФВ в группах испытуемых с различными свойствами ФПНП, как и корреляции между ними в условиях переработки простых зрительно-моторных сигналов. Статистически значимые различия средних значений ФУС, УР и УФВ со свойством ФПНП установлены при переработке испытуемыми сложных зрительно-моторных сигналов. Обследуемые с высоким уровнем ФПНП характеризовались и высокими показателями ФС. Корреляция подтвердила достоверные связи между исследуемыми переменными. Основываясь на этих данных можно считать, что ФПНП отводится главная роль в формировании ФС центральной нервной системы в условиях выполнения сложных умственных задач. Надо полагать, что исследования функциональных состояний в сочетании с индивидуально-типологическими свойствами высшей нервной деятельности увеличат возможность анализа экспериментального материала и его содержательную характеристику.

ВСТУП

Проблема вивчення та оцінки функціонального стану (ФС) центральної нервової системи людини за швидкістю сенсомоторних реакцій набуває подальшого розвитку [1,3,5,8]. Визначаючи інформативність цього показника, слід відмітити, що характеристики рухових реакцій на даному етапі розвитку використовуються в двох напрямках. По-перше, для оцінки ФС центральної нервової системи, її збудливості, реактивності та лабільності [1,8,11]. По-друге, для визначення індивідуально-типологічних властивостей ВНД: сили,

врівноваженості та рухливості нервових процесів [9,13]. Найбільш суперечливими є результати тих досліджень, в яких використовували сенсомоторні реакції з метою визначення лабільності (рухливості) нервових процесів та інших типологічних властивостей нервової системи.

Беручи до уваги згадані обставини, логічно припустити, що між швидкісними характеристиками нервової системи, що визначаються за показниками сенсомоторних реакцій і функціональною рухливістю нервових процесів (ФРНП), можуть існувати зв'язки. В разі виявлення таких зв'язків між

типологічними властивостями ВВД (функціональною рухливістю основних нервових процесів) і ФС центральної нервової системи, можна дізнатися більше про індивідуальні особливості людини та її поведінкові реакції.

Метою нашої роботи було вивчити зв'язок між ФРНП і ФС центральної нервової системи за умов переробки інформації різного ступеня складності та індивідуальні відмінності кількісних характеристик ФС у осіб з різною ФРНП.

МЕТОДИКА

Обстежено 100 чоловік віком від 17 до 23 років, у яких визначали ФРНП та кількісні характеристики ФС центральної нервової системи. Дослідження та оцінку ФРНП проводили на приладі ПНДО-1 за допомогою визначення максимальної швидкості переробки зорової інформації з диференціюванням так званих позитивних та гальмівних подразників [10].

ФС центральної нервової системи оцінювали за трьома кількісними критеріями: функціональний рівень системи (ФРС), стійкість реакції (СР) та рівень функціональних можливостей (РФМ), які визначали за допомогою часу простої зорово-моторної реакції (ПЗМР) [8]. Ця методика нами була модифікована та реалізована у комп'ютерному варіанті для складних рухових реакцій вибору одного (РВ1-3) та двох (РВ2-3) з трьох зорових подразників.

На початку дослідження кожний обстежуваний індивідуально знайомився з усім комплексом методик. Під час обстеження дотримувалися таких умов: спочатку визначали ФРС, СР та РФМ для ПЗМР, потім переходили до дослідження РВ1-3 та РВ2-3 і лише після цього визначали ФРНП.

Під час дослідження ФС за умов виконання простих зорово-моторних актів обстежуваний повинен був у разі появи на екрані будь-якого подразника (геометричні фігури – трикутник, коло, квадрат) швидко натиснути праву кнопку пульта. Обстежуваному

пред'являли 60 подразників. Час експозиції становив 0,7 с, а тривалість пауз змінювалася за певною програмою незалежно від швидкості відповіді на подразник.

На основі отриманих значень латентних періодів ПЗМР будували варіаційний ряд та криву нормального розподілу [6, 8]. Величини класу для кривої розподілу розраховували за формулою :

$$K = 1,44 \ln n + 1;$$

де K – число класів, на які розподіляється вибіркова сукупність; n – обсяг вибірки [6].

Класовий інтервал визначали за формулою: $i = (X_{\max} - X_{\min}) / K$; де i – класовий інтервал; X_{\max} , X_{\min} – максимальні та мінімальні значення вибірки.

ФРС, СР та РФМ розраховували відповідно до рекомендацій [8] за формулою:

$$\text{ФРС} = \ln [(2,3547 M \sigma)];$$

$$\text{СР} = \ln [P / (2,3547 \sigma)];$$

$$\text{РФМ} = \ln [P / (2,3547 \sigma m)];$$

де M – мода; m – математичне очікування; σ – середнє квадратичне відхилення; P – вірогідність модального класу.

Для визначення ФРС, СР, РФМ у формули додається нормуючий коефіцієнт – K_m , який дозволяє перетворювати результати ФРС, СР, РФМ до величини інтервалу класу в 20 мс: $K_m = i / 20$.

За аналогічною програмою визначали ФРС, СР та РФМ для реакцій вибору РВ1-3 та РВ2-3. Для РВ1-3 обстежуваному пред'являли ті самі сигнали і в тій самій кількості, що і під час визначення ПЗМР, але пропонували якнайшвидше натиснути правою рукою на появу квадрата і не натискати ніякої кнопки на трикутник та коло. Визначення ФРС, СР, РФМ для РВ2-3 відрізнялося від двох попередніх тим, що обстежуваний при появі на екрані квадрата швидко натискував праву кнопку правою рукою, при появі кола – ліву кнопку лівою рукою, тоді як трикутник вважався гальмівним сигналом і на його появу ні одну із кнопок не слід натискувати.

Отриманий статистичний матеріал обробляли комп'ютерною статистичною програмою Microsoft Excell.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати вивчення зв'язків між ФРНП і ФС нервової системи довели як існування достовірного зв'язку між цими перемінними ознаками, так і його слабе вираження або відсутність. Так, не виявлено кореляційного зв'язку між ФРНП та ФРС, СР, РФМ за умов простого навантаження на центральну нервову систему та у разі диференціювання одного із трьох сигналів. Коефіцієнт кореляції між цими перемінними був недостовірний ($P > 0,05$). В той час, коли ФС діагностували за умов переробки складного завдання - реакції вибору двох із трьох сигналів, зв'язок між функціональною рухливістю та ФРС, СР і РФМ виявився вірогідним ($P < 0,05-0,001$).

Результати досліджень доводять неоднозначність зв'язків кількісних характеристик ФС центральної нервової системи з ФРНП, які, слід вважати, корелюють саме з різною складністю завдання з переробки інформації та відповідним залученням до цього процесу структур головного мозку [4,7]. Справа в тому, що коли оцінювали зв'язок ФРНП з параметрами ФС під час виконання простого навантаження, то між ними не виявили чіткої залежності. А коли завдання експерименту ускладнювали, то отримували чітку залежність показників ФС центральної нервової системи з ФРНП. При цьому виявлено, що у групах з високим рівнем ФРНП переважали особи з високими значеннями ФРС, СР і РФМ, а серед осіб з низьким рівнем цих властивостей - люди з низькими показниками ФС.

Отже, для формування ФС центральної нервової системи під час виконання простих розумових завдань не потрібно значної активації вищих відділів і залучення для цього високої мобілізації властивостей основних нервових процесів. Тому, мабуть, і не виявлено достовірного зв'язку між ФРНП і ФРС, СР та РФМ. У разі виконання складного завдання, яким для обстежуваних була РВ2-3, в центральній нервовій системі формується ФС, який вимагає більш високої участі вищих її відділів, в тому числі і ФРНП, що і

знайшло прояв у достовірному зв'язку ФРС, СР та РФМ з властивістю ФРНП.

Таким чином, з ускладненням завдання стосовно диференціювання подразників, зв'язок між ФС центральної нервової системи і ФРНП збільшується. Він стає більш суттєвим і сягає високих значень під час виконання складних завдань (у нашому випадку реакції вибору двох із трьох подразників), тобто тоді, коли обстежуваний диференціює не лише вид подразника, а і тип відповіді (лівою чи правою рукою) та ще й з участю гальмівного сигналу.

З метою уточнення отриманих результатів досліджень кореляційного зв'язку ми провели і аналіз достовірності різниць середніх величин ФС у груп обстежуваних з різним рівнем ФРНП. Для цього у них за властивістю ФРНП методом сигмальних відхилень поділили на три групи: з високим, середнім і низьким рівнем. Між цими групами провели співставлення середніх значень ФРС, СР та РФМ, визначених за умов переробки інформації різного ступеня складності.

Порівняння показників функціонального рівня системи у осіб з різною ФРНП свідчить про відсутність статистично значимих різниць цих показників для ПЗМР і РВ1-3 (рис.1). Разом з тим ФРС за умов виконання складного розумового завдання у осіб з високою ФРНП був достовірно вищим, ніж у осіб з іншими значеннями цієї властивості ($P < 0,001$), як і осіб з середнім рівнем у порівняно з особами з низькою функціональною рухливістю.

Щодо показників стійкості реакції та їх залежності від ФРНП, була виявлена аналогічна закономірність (рис. 2). Так, СР при РВ2-3 у осіб з високою ФРНП була достовірно вища ($P < 0,001$), ніж у людей з низькою та середньою. А у осіб з середнім рівнем вища, ніж у обстежуваних з низьким. Стійкість реакції за умов переробки простої зорово-моторної інформації була майже однаковою у осіб з різною ФРНП.

Порівняння рівнів функціональних можливостей у осіб з різними градаціями ФРНП дало такі самі результати. Також не виявле-

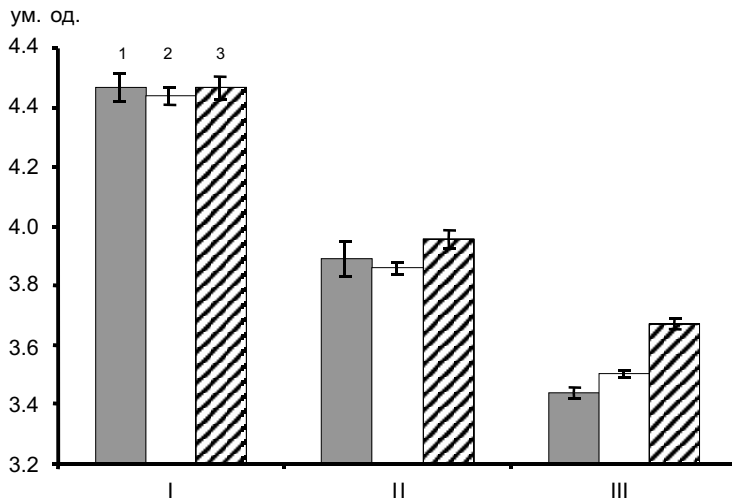


Рис.1. Функціональний рівень системи у осіб з різною функціональною рухливістю нервових процесів : 1 - низький, 2 - середній, 3 - високий; I – проста зорово-моторна реакція; II – реакція вибору одного подразника і III – двох із трьох подразників.

но достовірних різниць між РФМ у цих групах при ПЗМР і РВ1-3 (рис. 3). В той час як за умов переробки складної зорово-моторної інформації особи з більш високою ФРНП мали і достовірно вищі рівні функціональних можливостей.

Слід припустити, що відсутність кореляційної залежності між ФРНП і кількісними критеріями ФС центральної нервової системи при здійсненні простих зорово-моторних актів, а також відсутність достовірних різниць між середніми значеннями ці показники у обстежуваних з різними градаціями даної властивості зумовлені тим, що виконання такого завдання в основному залежить від швидкості розповсюдження збудження по нейронним ланцюгам і не вимагає значної аналітико-синтетичної діяльності мозку. Навпаки, наявність зв'язку між цими рядами перемінних ознак за умов реалізації складних зорово-моторних актів, а також статис-

тично достовірних різниць між середніми значеннями ФРС, СР, РФМ у осіб з різним рівнем ФРНП свідчить на користь того, що виконання такого завдання відбувається за умов складної аналітико-синтетичної діяльності вищих відділів центральної нервової системи та з відповідним залученням до структурно-функціональної організації мозкової діяльності ФРНП. Тому особи з високою ФРНП могли під час виконання складного завдання створювати функціональні стани в центральній нервовій системі, які за кількісними критеріями були значно вищими, ніж у осіб з низьким рівнем досліджуваної типологічної властивості.

Отже, під час виконання складного зорово-моторного завдання просторово-часова організація мозкової діяльності у осіб з високою ФРНП була вища, ніж у обстежуваних з низькими градаціями даної

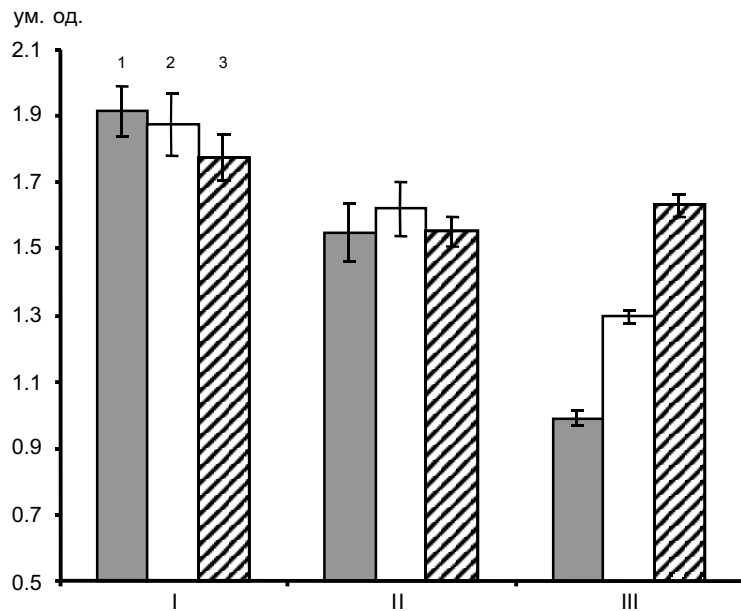


Рис. 2. Стійкість реакції у осіб з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів. Позначення див. рис.1.

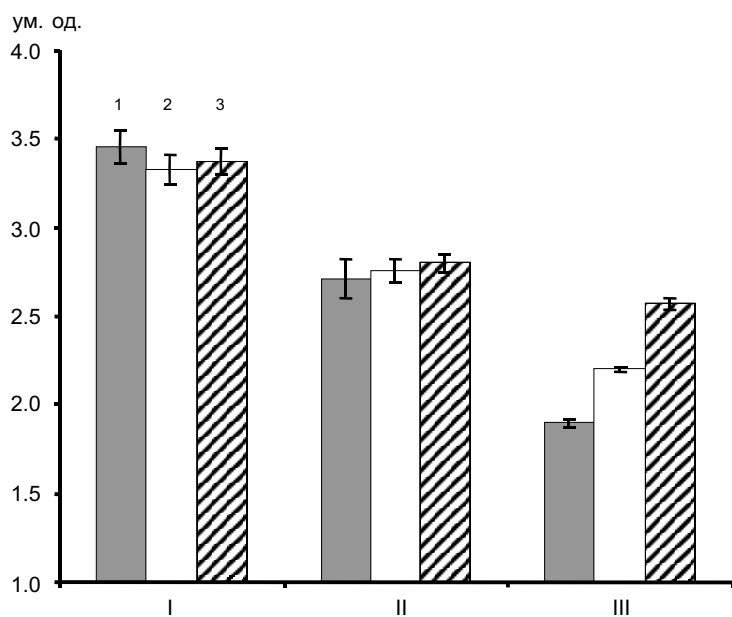


Рис.3. Рівень функціональних можливостей у осіб з різними властивостями функціональної рухливості нервових процесів. Позначення див. рис.1.

властивості нервової системи. У осіб з високою ФРНП в центральній нервовій системі швидше формується ФС, який необхідний для виконання складного розумового навантаження. Це, очевидно, пов'язано з необхідністю швидко об'єднувати різні функціонально специфічні нервові центри в одну систему. В свою чергу необхідно було узгодити часові характеристики окремих нейронів і центрів та синхронізувати їх діяльність. Так як відомо, що результат на виході функціональної системи визначається ступенем ізохронізму періодів і ритмів збудження фізіологічних субстратів [4,7]. Це положення у фізіології відоме як закон лабільності (рухливості) [2,12].

Крім того слід мати на увазі, що максимальна швидкість переробки складної зорово-моторної інформації з диференціювання подразників у короткий час в центральній нервовій системі створює ФС, який знаходиться в залежності від часу сприйняття сигналу, аналізу, прийняття рішення, передачі його на ефектор та забезпечується складною

аналітико-синтетичною діяльністю, специфічними інформаційними механізмами, швидкістю переміщення нервових процесів по нервовим комплексам кори. В даному випадку індивідуальні різниці параметрів ФС центральної нервової системи під час сенсомоторного реагування будуть залежати від динамічних властивостей всіх робочих субстратів, у тому числі і кортикальних структур, тобто цілої працюючої функціональної системи, що визначається ФРНП.

Надання ФРНП фізіологічної основи прояву функціональних станів центральної нервової системи, які виникають під час виконання складних зорово-моторних реакцій, має підстави, так як структурно-функціональна організація вищих відділів центральної нервової системи не можлива без участі високогенетично-детермінованих властивостей ВНД, до яких відноситься і ФРНП [9].

Важливим результатом цього дослідження є те, що ФРНП високодостовірно зв'язана з функціональним станом центральної нервової системи, який виникає під час виконання складних сенсомоторних актів. На цій основі можна вважати, що у формуванні відповідного рівня ФС центральної нервової системи для виконання складного сенсомоторного завдання типологічним властивостям ВНД належить вирішальна роль. Тому кількісні критерії ФС центральної нервової системи, визначені за показниками складних зорово-моторних реакцій, можуть бути використані і для характеристики перебігу деяких психофізіологічних функцій.

ВИСНОВКИ

1. Функціональні стани центральної нервової системи, що діагностуються при виконанні простих розумових завдань, не корелюють з

функціональною рухливістю нервових процесів. Індивідуальні різниці функціональних станів, що визначаються за умов виконання складних зорово-моторних актів, знаходяться в залежності від рівня функціональної рухливості нервових процесів.

2. Функціональна рухливість нервових процесів складає нейродинамічну основу функціональних станів, що визначаються за умов складної зорово-моторної діяльності, а самі функціональні стани при цьому можуть бути використані як інформативні критерії оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини.

**N.V.Makarenko, V.S. Lizogub, Y.A.Petrenko,
T.A.Bibik, O.E. Yavnik, L.I. Yuchimenko**

FUNCTIONAL STATE OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM IN PEOPLE WITH DIFFERENT AGILITY OF NERVOUS PROCESSES AT TRANSFORMING INFORMATION WITH DIFFERENT LEVELS OF DIFFICULTY

Relations between functional agility of the nervous processes (FANP) and functional state (FS) of the central nervous system at performing simple and difficult sensorimotor tasks have been studied. It has been shown that FANP is of the exceptional importance in forming FS of the central nervous system only to perform difficult mental tasks.

A.A. Bogomoletz Institute of Physiology

National Academy of Science of Ukraine, Kiev

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко Е.И. Время реакции человека. – М.: Медицина, 1964. - 440 с.
2. Введенский Н.Е. Возбуждение, торможение и наркоз. – В кн.: Сеченов И.М., Павлов И.П., Вве-

денский Н.Е. Избр. тр. – М., 1952. – Т.2. Физиология нервной системы. – С. 397-412.

3. Горго Ю.П. Исследование вегетативных показателей человека при воздействиях среды и их использование для оценки функциональных состояний операторов: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. - К., 1991. – 32 с.
4. Иваницкий А.М. Синтез информации в ключевых отделах коры как основа субъективных переживаний // Журн.высш. нервн. деятельности. - 1997. - **47**, вып.2. - С. 209 - 216.
5. Куценко Т.В. Стан властивостей психофізіологічних функцій у дітей молодшого шкільного віку: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. - К., 2000. – 18 с.
6. Толбатов Ю.А. Загальна теорія статистики засобами Excell. Навчальний посібник. – К.: Четверта хвиля, 1999. – 224 с.
7. Ливанов М.Н. Пространственно-временная организация потенциалов и деятельность головного мозга. Избр. тр. - М.: Наука, 1989. – 398 с.
8. Лоскутова Т.Д. Оценка функционального состояния центральной нервной системы человека по параметрам простой двигательной реакции // Физиол. журн. СССР. – 1975. – **51**, №1. – С. 3 – 11.
9. Макаренко Н.В. Психофизиологические функции человека и операторский труд. – К.: Наук. думка, 1991. – 216 с.
10. Макаренко М.В. Методика проведения обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини // Фізіол. журн. - 1999. – **45**, №4. – С. 123-131.
11. Мельникова Т.С., Фарбер Д.А. Временные параметры простой двигательной реакции как показатель функционального состояния мозга человека // Физиология человека. – 1976. – №5. – С.836 – 842.
12. Ухтомский А.А. Физиологический покой и лабильность как биологические факторы / Сборник соч. Т. 2. – Л.: Изд-во Ленинград.ун-та, 1951. - С. 123-135.
13. Шевко Г.Н. Типологические характеристики высшей нервной деятельности и особенности электрической активности головного мозга: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – К., 1980. – 19 с.

*Ін-т фізіології ім. О.О.Богомольця НАН
України, Київ*

*Матеріал надійшов до
редакції 24.10.2001*