що у випадку збільшення швидкості наростання частоти стимуляції (рис 2), часові розходження дотетаничних ділянок Δt_1 – Δt_3 збільшуються до 100–200 мс. У той же час зміна довжини на ділянці Δt_1 набувала практично лінійний характер, навіть при мінімальних застосовуваних температурах розчину. У даному випадку фактично спостерігається тісний зв'язок швидкості приросту еферентного подразнення і зменшення розходження між швидкостями скорочення при різних температурах тільки на дотетаничній ділянці.

Часове розходження зміни довжини вкорочення волокна при різних температурах може мати важливе функціональне значення. В умовах зниження температури швидкість переходу м'язів до нового стаціонарного стану вимагає більш високого порогу еферентного сигналу, що у свою чергу підвищує швидкість його досягнення. Швидкодія також може бути підвищена на рівні ЦНС за рахунок фазних компонентів аферентної імпульсації, спрямованих до м'яза [5]. У той же час швидкість вкорочення в умовах різкого зниження рівня еферентної активності може забезпечуватись тільки динамічними властивостями самого м'яза.

Слід відмітити, що за даних умов стимуляційного сигналу тривалість утримання рівноважного стаціонарного стану відповідала саме ділянкам лінійного спаду стимуляції. Таким чином, утримання стаціонарної ділянки скорочення перевищувало по часу генерацію максимальної частоти подразника. В той же час у випадках використання максимальних частот стимуляції (і, відповідно, максимальних швидкостей приросту подразнення) дотетанічна ділянка м'язової відповіді корелювала з утриманням максимальної частоти стимуляції. Виходячи з цього можна вважати, що за даних умов, запізнення виходу скорочення на стаціонарний рівень компенсується більш тривалим утриманням цього рівня на фазах лінійного зменшення стимуляційного сигналу. Це в свою чергу веде до залежності швидкості вкорочення не тільки від максимальної частоти і швидкості приросту стимуляції на дотетанічних ділянках, а і швидкості зменшення подразнюючого стимулу до фонового рівня стимуляції.

Усе це може свідчити про наявність зв'язку динамічних властивостей м'яза з напрямком руху і температурним градієнтом, а не зі зміною частоти еферентної стимуляції. У той же час необхідно враховувати, що у відповідній реакції м'яза присутній незначний інерційний компонент.

1. Мірошниченко М.С., Ноздренко Д. М Прилуцький Ю.І., Шут А.Н. // Влияние температуры на динамику мышечного сокращения скелетного волокна лягушки, вызванного модулированной электростимуляцией. Фізика живого – 2005 р. – Vol. 13, No.1. – С. 71–781. 2. *Мірошниченко М.С., Прилуцький Ю.І., А Н. Шут.* // Температурно-зависимые эффекты динамики сокращения одиночных волокон m. tibialis лягушки. – Фізика живого. 2005 р. – Т.13. – № 2. – С. 104–108. 3. *Мірошниченко М.С., Залоїло І.А., Ноздренко Д.М., Прилуцький Ю І.* // Динаміка скорочення ізольованого м'язового волокна. – Фізика живого. – 2001. – 9, №2. – С. 71–78. 4. *Мірошниченко Н.С., Ноздренко Д.Н., Залоіло И.А.* // Динаміка скорочення ізольованого м'язового волокна жаби при високочастотній модульованій стимуляції. – Фізика живого. – 2002. – 10, №1. – С. 41–48. 5. *Brezina V, Orekhova IV, Weiss KR* // J Neurophysiol. 2000 Jan; 83(1):207-31.

Надійшла до редколегії 05.03.08

УДК 612.821 : 612.82/.83

М. Макарчук, д-р біол. наук,
Н. Філімонова, канд. фіз.-мат.наук,
Т. Кравець, канд. фіз.-мат.наук

ОСНОВНІ ФАКТОРИ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ

При комп'ютерному тестуванні 96 обстежуваних обох статей, середній вік яких складав 20 ± 1 рік, визначали значення 16 загальновживаних психофізіологічних показників, а також рівні особистісної і реактивної тривоги та брехні. В результаті факторного аналізу отриманих даних доведено, що психофізіологічний стан тієї або іншої людини визначають певні групи взаємопов'язаних показників або факторів, які до певної міри незалежні між собою і об'єднують у собі як базові властивості нервової системи, так і психофізіологічні характеристики особи.

At computer testing 96 inspected both sexes which middle age was 20 ± 1 year, 16 common psychophysiological parameters, and also levels of personal and reactive anxiety and falsehood were determined. As a result of factor analysis of the obtained data it is proved, that the psychophysiological state of that or other person is determined by the defined groupes of the interrelated characteristics or factors which in the defined measure are independent among themselves and unite in themselves both base properties of the nervous system, and psychophysiological performances of the person.

Вступ. Психофізіологічний стан людини в більшості випадків в фізіології оцінюється на основі аналізу ряду загальноприйнятих показників функціонального стану центральної нервової системи та основних властивостей нервової системи. Крім того в багатьох роботах реєструються не лише чисто фізіологічні показники, а досить часто і інтегральні психологічні показники, які отримують при застосуванні різного роду опитувальників. Це робить оцінку психофізіологічного стану більш глибокою, але одночасно і неминуче ставить перед будь-яким дослідником при аналізі отриманих даних ряд дуже важливих питань. Головними серед них є: які показники і в якій мірі дублюють один одного, які є основними і визначальними, на які групи отримані показники можна розбити або згрупувати, яка кількість таких груп? Для відповіді на поставлені питання в даній роботі проведено факторний аналіз отриманих даних, в результаті якого зроблено спробу довести, що досліджуванні характеристики можна об'єднати в певну кількість підгруп і що таке об'єднання дозволяє виявляти приховані загальні фактори, які визначають психофізіологічний стан людини.

Об'єкт та методи досліджень. В даній роботі за спеціальною комп'ютерною програмою, яка складається з 6 субтестів, у 96 обстежуваних обох статей, середній вік яких складав 20 ± 1 рік, визначали значення 16 загальновживаних психофізіологічних показників: (ПСМР/мс), СІГМА (мс), (КС/коеф.), (ФРС/$с^{-2}$), (РФМ/$с^{-2}$), (ШРВ/мс), (ШРВП/мс), (ШРВЛ/мс), (ФРНП/мс), ПГМ (%помилок), (РРО/відн.од.), (ЗБУД/відн.од.), (ГАЛЬМ/відн.од.), (УРІВН/коеф.), а також: рівні тривоги (ТРИВ.), брехні (РІВ_БР.), особистісної (ОСОБ_ТР) та реактивної тривоги (РЕАК_ТР.) [1].

Результати та їх обговорення. Психофізіологічний стан людини ми оцінювали на основі аналізу 20 відповідних показників. Виходячи з цього, найпростіше було б представити психофізіологічний стан тієї або іншої людини точкою в 20-вимірному евклідовому просторі. Однак, зробити це неможливо, бо розмірність евклідового простору визначається кількістю взаємонезалежних, тобто ортогональних векторів. Математична обробка отриманих даних показала, що між визначеними параметрами існують різноманітні кореляційні зв'язки [1]. Звідси випливає, що в першу чергу необхідно дослідити структуру

© Макарчук М., Філімонова Н., Кравець Т., 2008

множини отриманих параметрів, щоб за рахунок зменшення розмірності знайти максимально ортогональну підсистему координат. Як один з методів стиснення інформації можна розглядати факторний аналіз, бо це – метод зниження розмірності досліджуваного факторного простору, оскільки кореляція між досліджуваними ознаками означає їх надлишковість, а зведення багатьох надлишкових ознак до небагатьох допоміжних ознак (загальних факторів), вільних від надлишковості і є задачею стиснення інформації (зниження розмірності) [2].

Для того, щоб систематизувати параметри, визначити на які підгрупи вони розбиваються, які з них є провідними в цих підгрупах, а які показники в певній мірі дублюють інші, було застосовано програму STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA, 2001). Перевірка розподілів досліджуваних психофізіологічних параметрів на узгодженість з нормальним розподілом за критерієм тестом Ліліфора, який є модифікацією тесту Колмогорова – Смірнова показала, що вони не є нормально розподіленими величинами з рівнем значущості $p<0.5$. Оскільки метод факторного аналізу базується на кореляційній матриці Пірсона [2], то його застосування до досліджуваних параметрів, розподіл яких не є нормальним, може призводити до певного викривлення істинних результатів. Факторний аналіз застосовує різні методи оцінювання факторних навантажень і залишкових дисперсій. Частіше оцінювання здійснюється методом головних компонент, або методом максимальної правдоподібності, які вимагають нормального розподілу досліджуваних параметрів, в той час, як центроїдний метод, який є непараметричним методом, спирається на геометричну інтерпретацію взаємозв'язків як зваєморозташування досліджуваних параметрів. Але центроїдний метод дає менш чітку структуру досліджуваних параметрів, ніж, наприклад, метод головних компонент. Для того, щоб застосування факторного аналізу було коректним, пропонуємо попередньо прологарифмувати отримані психофізіологічні дані. Зауважимо, що перехід від параметру до його логарифму призводить до зменшення асиметрії початкового розподілу. В результаті розподіл логарифмованого параметру стає нормальним, або наближається до нього. Зауважимо, що оскільки показник гальмування нервових процесів (ГАЛЬМ/відн.од.) визначався як середні значення відхилень в реакціях запізнення, тобто як деяке від'ємне число, для його логарифмування необхідно було від'ємні значення замінити відповідними додатними. За результатами застосування критерію Ліліфора до логарифмованих психофізіологічних параметрів, розподіл 9 з них (СІГМА, РВ, РВП, ПГМ, РРО, ЗБУД, ГАЛЬМ, ВРІВН, КПКЧП) став нормальним, а розподіл решти зменшив коефіцієнт асиметрії з 0,7–8,2 до –2,2–0,03. Оскільки після логарифмування більшість показників мала нормальний розподіл, для визначення оптимальної кількості факторів, які визначають психофізіологічний стан, було побудовано модель головних компонент для різної кількості загальних факторів. Для побудови коваріаційної матриці обчислюються власні значення і відповідні їм власні вектори, для визначення яких використовуються, так звані, відносні дисперсії простих факторів [3], тобто чим меншим є власне число, тим менший відсоток варіації даних пояснює відповідний йому фактор. В моделі з 8 головними факторами рівень обмеження значень власних чисел коваріаційної матриці даних був обраний не нижчим за 0,9. Модель факторного аналізу розкладає кореляційну матрицю досліджуваних психофізіологічних даних на самовідтворену та залишкову кореляційні матриці. Якість побудованої моделі характеризується відсотком поясненої варіації, який бажано мати не меншим, ніж 80% і значеннями недіагональних елементів залишкової кореляційної матриці, які повинні бути близькими до нуля [2]. Для 8 загальних факторів відсоток сумарної поясненої дисперсії дорівнював 84,1%, і така якість моделі задовольняє критерію достатньої якості, а моделі з меншим числом факторів не є адекватними. В результаті побудови моделі факторного аналізу з застосуванням стратегії нормалізованого варімакс, як методу обертання факторів, отримано матрицю навантажень загальних факторів на досліджуванні параметри (Табл.). Навантаження – це коефіцієнти кореляції між відповідними парами "загальний фактор – параметр". Якщо навантаження перевищує значення 0,7, то вважається, що має місце лінійний кореляційний зв'язок між відповідною парою "фактор – параметр". Зауважимо, що для деяких пар "фактор – параметр" значення навантажень є досить високими, хоча і не досягають встановленої межі 0,7.

Якість моделі факторного аналізу також контролюється значеннями недіагональних елементів залишкової кореляційної матриці – у тому випадку, якщо вони більші, ніж 0,1, це свідчить про неточність моделі та потребу уточнення зв'язку відповідних пар параметрів: ТРИВ – РЕ АКТ_ТР.; РІВ_БР – КС; РІВ_БР – ФРНП; РІВ_БР – ГАЛЬМ; РЕ АКТ_ТР. – ОСОБ_ТР; КС – ПГМ; КС – ГАЛЬМ; КС – КПКЧП; КС – ТКЧП; ФРС – СІГМА; ФРНП – ПГМ; ПГМ – КПКЧП та ПГМ – ТКЧП, для яких відповідні значення становлять 0,11 – 0,20. Самовідтворена кореляційна матриця дає наближення початкових багатовимірних спостережень з допомогою невеликої кількості загальних факторів. В цій матриці діагональні елементи повинні бути близькими до одиниці. Реально, якщо діагональні елементи більші ніж 0,7, якість моделі вважається достатньою. Порушення цієї вимоги свідчить про недостатню точність моделі для таких параметрів, як: КС та СІГМА, бо їх діагональні елементи дорівнюють 0,64 та 0,68.

Таким чином, ми отримали розбиття комплексу психофізіологічних параметрів на наступні вісім підгруп за корельованістю з загальними факторами. Інтерпретація результатів факторного аналізу базується на теорії функціональної системи як одиниці інтеграції цілого організму, яка утворюється динамічно для досягнення будь-якої його пристосувальної діяльності і є до певної міри замкненою системою [4]. Будь-який фактор ми асоціюємо з деякою функціональною системою.

До 1 фактору увійшли проста сенсомоторна реакція, розкид простої сенсомоторної реакції, функціональний рівень системи та рівень функціональних можливостей, тобто показники які фактично характеризують міру активованості центральної нервової системи (ЦНС) та її тонус, оскільки вони обчислюються на основі латентних періодів простих сенсомоторних реакцій при багаторазовому повторенні подразників. Величина ФРС тим більша, чим вищим є функціональний рівень ЦНС, бо встановлено, що чим вищим є тонус ЦНС, тим легше організується функціональна система, яка реалізує дану реакцію, а РФМ характеризує здатність обстежуваного формувати адекватну завданню функціональну систему і достатньо довго її утримувати [5]. Факторні навантаження вказують, що чим вищими є показники ФРС та РФМ, тим коротшими є латентні періоди ПСМР і меншим є їх розкид – СІГМА, що узгоджується з отриманими раніше результатами [5].

До 2 фактору увійшли показники точності на рухомий об'єкт, показники збудження та врівноваженості ЦНС (за методикою Лейтеса [6]). Оскільки структури головного мозку, які оцінюють швидкість рухомого об'єкту, еволюційно виникли пізніше, ніж ті структури, які

забезпечують реакції на подразник, який не змінює свого місцеположення в просторі, то теоретично можна припустити, що той час реагування, який оцінюється ПСМР, фізіологічно відрізняється від часу, який входить як складова у визначення швидкості руху об'єкту в просторі. Забезпечення точності реакції потребує координації рухів та певного рівня активації ЦНС, що, можливо, є необхідною умовою для того, щоб забезпечити деякий оптимальний рівень концентрації уваги.

Окремим психофізіологічним фактором є тривожність людини. До 3 фактору увійшли показники тривожності, особистої та реактивної тривожності.

До 4 фактору увійшли показники точності та якості короткочасної пам'яті, а також показник працездатності головного мозку. Тобто, чим більше помилок робить обстежуваний при запам'ятовуванні стимулів, тим гіршим є комплексний показник короткочасної пам'яті людини (КПКЧП) і тим більше він робить помилок при розпізнаванні геометричних фігур в максимально швидкому для нього темпі (ПГМ). Таким чином, цей фактор характеризує стійкість та інертність слідових процесів в пам'яті людини.

До 5 фактору увійшла реакція вибору, реакція вибору правої та лівої рук. Оскільки час реакції вибору складається з часу простої сенсомоторної реакції та часу центральної затримки [7], природно, що коефіцієнт кореляції цього фактору з ПСМР є 0,49, а з СІГМА – 0,45.

6-й фактор визначається показником сили нервової системи. Коефіцієнт сили (КС) нервової системи за методикою В.С.Мерліна визначається як відношення середніх значень ЛП 20-ти початкових реакцій та 20-ти кінцевих. Відомо, що заданий темп, одноманітність і значна кількість подразників викликає своєрідне "психічне насичення", яке виявляється у осіб із слабкою нервовою системою у збільшенні ЛП реакцій в кінці досліду порівняно із його початком. У осіб із сильною нервовою системою ЛП в кінці дослідження залишається незмінним або, навіть, зменшується. Якщо ЛП реакції у обстежуваного не змінюються, то це представник із середнім типом нервової системи [8]. Цей фактор також включає в себе і показник ГАЛЬМ з факторним навантаженням 0,51. Чим меншим є коефіцієнт сили нервових процесів, тим більшим є показник гальмування нервових процесів, тобто сила НС та сила гальмівних процесів є різнонаправленими.

Функціональна рухливість нервових процесів відокремлюється в 7 фактор. Цей фактор корелює з працездатністю головного мозку з r = 0,45 – чим вищим є рівень ФРНП, тобто чим вищим є темп пред'явлення подразників, тим більше помилок припускається обстежуваний при розпізнаванні геометричних фігур в максимально швидкому для нього темпі. Процеси розпізнавання пов'язані як з об'ємом пам'яті, так і з її типом. Загалом виділяють три типи зорової пам'яті – сенсорну, оперативну та довготривалу, основною характеристикою яких є тривалість збереження інформації для її відтворення. Час зберігання інформації в сенсорній пам'яті приблизно дорівнює декільком сотням мс, в оперативній –15–30 с, а в довготривалій – рокам. Ці типи пам'яті можливо реалізуються різними механізмами однак, як показали дослідження [9] сенсорні сліди считуються оперативною пам'яттю, далі слід пам'яті поступає в довготривалу пам'ять. Процес довготривалого запам'ятовування інформації називається консолідацією сліду в пам'яті. При цьому відбувається певні перетворення інформації, однак нас зараз цікавить тільки стійкість цих слідів. Оскільки пам'ять – це єдина система, стійкість слідових процесів повинна проявлятися на всіх етапах. Саме це було виявлено у факторі 4, але якщо стійкість сліду пам'яті при визначенні ПГМ є позитивною ознакою, то при визначенні ФРНП інерційність слідових процесів заважає правильному розпізнаванню стимулів при збільшенні темпу пред'явлення стимулів. Отримані результати можна пояснити в рамках знайдених Ф. Бартлетом [10] закономірностей реконструкції матеріалу при відтворенні, які дозволяють зблизити процеси запам'ятовування з процесами розуміння. Це може пояснити, чому ФРНП та ПГМ мають факторні навантаження різних знаків.

8-й фактор визначається рівнем брехні. Крім того, цей фактор має певні навантаження на ГАЛЬМ та ВРІВН, тобто вищий рівень брехні супроводжується меншою врівноваженістю та більш вираженим процесом гальмування нервової системи. Оскільки показник ВРІВН визначається як відношення ЗБУД до ГАЛЬМ, а показник ЗБУД має факторне навантаження 0,09, то це означає, що показник ВРІВН має факторне навантаження 0,44 саме за рахунок ГАЛЬМ. Таким чином, можна припустити, що саме сила гальмівних процесів пов'язана з вищим рівнем брехні.

***Таблиця*. Навантаження загальних факторів на досліджуванні параметри**

Показники	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6	Фактор 7	Фактор 8
ТРИВ	0,18	0,08	**0,80**	-0,13	-0,03	0,11	-0,13	-0,25
РІВ_БР	0,13	0,10	-0,12	0,09	-0,04	-0,17	-0,20	**0,82**
РЕАК_ТР	-0,07	-0,04	**0,80**	0,03	0,05	-0,18	0,08	0,16
ОСОБ_ТР	-0,05	0,00	**0,88**	-0,01	0,04	0,02	0,04	-0,06
ln(КС)	0,13	-0,07	0,06	-0,20	0,02	**-0,75**	0,09	0,08
ln(ФРС)	**-0,94**	-0,04	0,02	-0,05	-0,02	0,03	-0,05	-0,07
ln(РФМ)	**-0,96**	-0,08	0,00	-0,05	-0,09	0,04	0,02	-0,04
ln(ПСМР)	**0,72**	0,05	0,04	-0,02	***0,49***	0,12	0,10	0,13
ln(СІГМА)	***0,66***	-0,04	0,02	0,05	***0,45***	-0,13	0,00	0,13
ln(РВ)	0,15	0,03	0,03	0,06	**0,97**	0,02	-0,05	0,02
ln(РВП)	0,15	0,03	0,00	0,00	**0,92**	-0,02	-0,06	0,12
ln(РВЛ)	0,15	0,02	0,04	0,11	**0,93**	0,05	-0,05	-0,09
ln(ФРНП)	-0,09	-0,15	0,02	0,07	0,13	0,02	**-0,88**	0,08
ln(ПГМ)	-0,09	-0,06	0,14	***0,64***	-0,02	-0,23	***0,45***	-0,03
ln(РРО)	0,13	**0,82**	0,05	-0,15	0,18	0,25	0,13	0,21
ln(ЗБУД)	0,09	**0,95**	0,01	-0,01	0,02	0,05	0,11	0,09
ln(ГАЛЬМ)	0,28	0,07	0,04	-0,08	0,24	***0,51***	0,27	***0,64***
ln(ВРІВН)	-0,15	**0,75**	-0,02	0,06	-0,18	-0,37	-0,13	-0,44
ln(КПКЧП)	-0,12	0,04	0,04	**-0,91**	-0,15	-0,15	0,12	-0,06
ln(ТКЧП)	0,05	-0,03	-0,12	**0,93**	0,03	0,17	-0,09	0,01
власне значення	4,75	2,55	2,22	1,96	1,85	1,42	1,10	0,98
відсоток поясненої варіації	23,8%	12,8%	11,1%	9,8%	9,2%	7,1%	5,5%	4,9%

Примітка. Виділено жирним шрифтом значення навантажень, які не менші ніж 0,7, а курсивом – які не менші ніж 0,4

В отриманій факторній моделі найбільш "розмазаним" виявився показник гальмування нервових процесів. Це пов'язано з наявністю великої кількості значущих кореляційних зв'язків цього показника з іншими. Так, отримано наступні коефіцієнти кореляції Спірмена: r_S (ГАЛЬМ, РІВ_БР) = 0,28 (p=0,01); r_S (ГАЛЬМ, ФРС) = – 0,31 (p<0,01); r_S (ГАЛЬМ, РФМ) = – 0,32 (p<0,01); r_S (ГАЛЬМ, ПСМР) = 0,57 (p<0,01); r_S (ГАЛЬМ, СІГМА) = 0,36 (p<0,01); r_S (ГАЛЬМ, РВ) = 0,28 (p=0,01); r_S (ГАЛЬМ, РВП) = 0,25 (p=0,01); r_S (ГАЛЬМ, РВЛ) = 0,23 (p=0,02); r_S (ГАЛЬМ, РРО) = 0,64 (p<0,01); r_S (ГАЛЬМ, ЗБУД) = 0,34 (p<0,01) та r_S (ГАЛЬМ, ВРІВН) = – 0,38 (p<0,01). Кореляційний аналіз свідчить про істотну участь процесу гальмування в формуванні основних психофізіологічних процесів – активованості і тонусу ЦНС (фактор 1), реакції вибору (фактор 5), сили нервової системи (фактор 6), функціональної рухливості нервових процесів (фактор 7) і, крім того, ГАЛЬМ є практично єдиним з психофізіологічних показників, який корелює з суто психологічним показником – рівнем брехні. Оскільки всі вказані фактори розкривають структуру відповідних функціональних систем, можна припустити, що процес гальмування погіршує процес організації цих систем. Це особливо цікаво у порівнянні з процесом збудження. Знайдено набагато менше кореляційних зв'язків показника ЗБУД з іншими: r_S (ЗБУД, ПСМР) = 0,22 (p=0,03); r_S (ЗБУД, РРО) = 0,78 (p<0,01); r_S (ЗБУД, ВРІВН) = 0,69 (p<0,01). Факторний аналіз показав, що процес збудження нервової системи бере участь тільки в функціональній системі реакції на рухомий об'єкт, причому погіршуючи точність реакцій.

Висновки. На основі результатів даної роботи можна стверджувати, що психофізіологічний стан тієї або іншої людини визначають певні групи взаємопов'язаних показників або факторів, які до певної міри незалежні між собою і об'єднують у собі як базові властивості нервової системи, так і психофізіологічні характеристики особи. Першим із таких факторів є активація і тонус ЦНС, другий фактор – це реакція на рухомий об'єкт (координація реакцій людини у просторі та часі), четвертий – це стійкість слідових процесів пам'яті, п'ятий фактор – це реакція вибору, шостий фактор визначається силою нервових процесів, а сьомий – функціональною рухливістю нервових процесів. Крім того, два фактори – третій та восьмий визначають стан тривоги людини, а саме: третім фактором є тривожність людини, а восьмий визначається рівнем брехні.

1. *Макарчук М.Ю., Філімонова Н.Б., Кравець Т.В.* Кореляційний аналіз основних психофізіологічних показників людини // Вісник Київського університету (серія Біологія) – 2003. – Вип 40. – С. 76–79. 2. *Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В.* Классификация многомерных наблюдений. – М.: Статистика, 1974. – 239 с. 3. *Бююль А.* SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей / А. Бююль, П. Цёфель. – СПб.: ООО "ДиаСофтЮП", 2001.– 608 с. 4. *Анохин П.К.* Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука, 1980. – 196 с. 5. *Лоскутова Т.Д.* Оценка функционального состояния центральной нервной системы человека по параметрам простой двигательной реакции // Физиол.журн. СССР. – 1975. – т.LXI, №1. – с. 3–11. 6. *Лейтес Н.С.* Результаты определение уравновешенности основных нервных процессов тремя двигательными методиками // В кн.: Типологические особенности высшей нервной деятельности человека. Т.3. – М., Изд-во АПН РСФСР, 1963. – с. 155–163. 7. *Гиппенрейтер Ю.П.* Опыт экспериментального исследования работы зрительной системы наблюдателя // Инженерная психология. Под ред. Леонтьева А.Н. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – С. 192–230. 8. *Ильин Е.П.* Дифференциальная психофизиология. – СПб.: Питер, 2001. – 464 с. 9. *Дружинин В.Н.* Экспериментальная психология.– М.: ИНФРА-М, 1997. – 255 с. 10. *Бартлетт Ф.* Человек запоминает // Хрестоматия по психологии памяти / под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер и В.Я. Романова. – М., 2002. – С. 292–303.

Надійшла до редколегії 20.01.08

УДК 577.543.426

А. Майданюк, канд. біол. наук

УЧАСТЬ АДЕНІЛОВИХ НУКЛЕОТИДІВ В ІНДУКЦІЇ АПОПТОЗУ

Методом хроматографічного аналізу встановлено зниження рівня АТР на 30% та суми аденінових компонентів тимоцитів, що підтверджено спектрофотометричним аналізом на 35% відносно контрольних значень, протягом 2,5 годин після рентгенівського опромінення суспензії тимоцитів в дозі 4,5 Гр.

Decrease of level of ATP and adenine row components in 2,5 hour after an X-irradiotion of thymocytes in a doze 4,5 Gy is established.

Сучасні погляди на форми клітинної загибелі зазнали значних змін. Уявлення про наявність двох альтернативних форм: непрограмованої, паталогічної – некрозу і запрограмованої – апоптозу, змінились до визнання трьох основних видів запрограмованої загибелі клітин (ЗЗК) – апоптозу, аутофагії і некрозу (або некрозоподібної ЗЗК) [1]. Накоплені результати свідчать про взаємозалежність, а не автономність як сигнальних шляхів ЗЗК, так і їх механізмів. Більш традиційним виявився висновок про залежність варіанту ЗЗК від концентрації АТР. Характер загибелі клітини за механізмом апоптозу чи некрозу визначається рівнем внутрішньої організації геному і метаболізму клітин. Показано, що процеси апоптозу стимулюються як зовнішніми сигналами (гормони, стрес, опромінення і інше), так і внутрішніми сигналами – такими як зміни метаболізму пуринів за відповідної зміни активності ферментів пуринового обміну [3]. Пуринові нуклеозиди – аденозин, дезоксиаденозин і дезоксигуанозин індукують загибель клітин тимусу за механізмом апоптозу. Порушення пуринового обміну в післяпроменевий період, являється одним із ранніх і характерних процесів апоптозу тимоцитів. Зниження концентрації аденілових нуклеотидів відбувається за рахунок їх посиленого катаболізму. Більш того, додавання аденіну (А) до суспензії опромінених клітин тимусу сприяє їх виживанню і пригнічує утворення і вихід полідезоксинуклеотидів (ПДН) [3]. Вважається, що прискорення катаболізму аденіннуклеотидів являється загальною реакцією клітини на дію будь-яких стресорних факторів. Прискорений катаболізм аденілових нуклеотидів буде мати своїм наслідком зменшення внутрішньоклітинної концентрації АТР і збільшення її для аденозину. Аденозин призводить до зміни рівня цАМР через взаємодію з відповідними рецепторами на зовнішній та внутрішній поверхнях плазматичної мембрани. Збільшення вмісту цАМР в клітинах часто супроводжує токсичну дію різних речовин в тому числі і аденозину на лімфоцити. Вважається, що визване аденозином або дезоксиаденозином збільшення вмісту дезоксиАТР призводить до гальмування синтезу АТР при гліколізі і прискорення його катаболізму за рахунок активації АМР-аміногідролазної реакції [2].

Зниження внутрішньоклітинного вмісту АТР в тимоцитах, яке корелює з розпадом ядерного хроматину крім іонізуючої радіації визивають гідрокортизон та дегранол. Зменшення вмісту АТР пригнічує репарацію розривів

© Майданюк А., 2008