

Стан вегетативної нервової системи та центральної гемодинаміки у осіб з різною функціональною рухливістю нервових процесів в умовах постуральних навантажень

^{1,2}Л.І. Юхименко, ²М.Ю. Макарчук

¹Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького; e-mail: liuykhimenko@ukr.net;

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Визначені типологічні варіанти пристосувальних реакцій центральної гемодинаміки та стану вегетативної нервової системи (ВНС), які корелюють зі ступенем вираженості функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП). В умовах ортостатичного навантаження особи з високим рівнем ФРНП характеризувалися домінуванням екстракардіальних, а з нижчими – інтракардіальних механізмів регуляції. Виявлено зростання вагосимпатичного балансу, яке не залежало від ФРНП. Це вказує на зниження активності центрального контуру управління серцевим ритмом (СР). У осіб з низькою ФРНП встановлено пригнічення вагусної активності, що свідчить про меншу економність діяльності та збільшення ймовірності швидкого вичерпання енергетичних резервів серця. Під час антиортостатичного навантаження у всіх обстежуваних спостерігалася більша хвилеподібність динаміки показників варіабельності серцевого ритму у діапазоні високо- і низькочастотних хвиль (28–35 %), тоді як зниження потужності хвиль дуже низької частоти СР не перевищувало 5–7 %. Особи з високим рівнем ФРНП відрізнялися більшим ступенем напруження регуляторних механізмів і ширшим діапазоном компенсаторного реагування, з низьким – меншим напруженням регуляторних механізмів, як і ефективністю пристосувальних реакцій, а з середнім – оптимальним напруженням вищих вегетативних центрів, високою варіативністю та економністю серцевої діяльності. Ключові слова: функціональна рухливість нервових процесів; постуральні навантаження; пристосувальні реакції; центральна гемодинаміка; вегетативна нервова система.

ВСТУП

Кровообіг і дихання відіграють провідну роль у розгортанні пристосувальних реакцій організму [1, 2]. Вираженість адаптаційних перебудов завжди має відповідний діапазон, що залежить від вихідного рівня функціонування фізіологічних систем, їх вегетативної регуляції та характеризується неоднаковими кількісними і якісними змінами центральної гемодинаміки [3]. Функціонування системи кровообігу спрямоване на підтримання міокардіально-гемодинамічної рівноваги [4], тісно пов'язане зі станом вегетативної нервової системи (ВНС), діяльністю цент-

ральної нервової системи (ЦНС), активністю підкіркових центрів, властивостями основних нервових процесів [5].

Згідно з поглядами Вейна [6], динаміка та напрямок вегетативних перебудов істотно залежать від вроджених властивостей нервової системи тієї або іншої особи – її темпераменту. Тому на один і той самий стимул кожна людина реагує по-своєму. Це стосується і змін певних вегетативних показників, які для кожної особи є відносно «стабільними» і демонструють індивідуальну специфічність такої відповіді. Доказом генетичної детермінованості основних параметрів гемодинаміки людини є те, що її індивідуальні

© Л.І. Юхименко, ²М.Ю. Макарчук

особливості проявляються вже з дитячого віку [7]. Вроджені типологічні властивості вищих відділів нервової системи, у тому числі і функціональна рухливість нервових процесів (ФРНП) [8], суттєво пов'язані з характером гемодинамічних реакцій людини. Високий коефіцієнт Хольцінгера, встановлений для ФРНП, переконливо доводить, що це генетично детермінована властивість вищої нервової діяльності (ВНД) [9], яка доповнює і розширює загальноприйнятні типологічні ознаки людини. З'ясування динаміки кровообігу і механізмів вегетативного реагування в умовах вертикалізації тіла в просторі має медичний [10, 11] і прикладний аспекти [12], а останнім часом викликає інтерес у наукових колах [13, 14]. Важливо встановити те, наскільки рівень розвитку ФРНП може впливати на характер гемодинамічних реакцій, які виникають у відповідь на постуральні навантаження, що висвітлювалося лише у деяких працях [5, 15]. До того ж, вирішення цих питань може відкрити нові перспективи у сферах лікування, освіти, професійної діяльності, поліпшити соціальний прогноз і якість життя людей з кардіоваскулярною патологією. Однак нині поки що не існує загальної картини пристосувальних особливостей центральної гемодинаміки та регуляторних процесів серцевого ритму (СР) в умовах постуральних (гравітаційних) навантажень, залежно від рівня ФРНП. Таке становище вимагає застосування комплексного підходу до вивчення індивідуальних та типологічних особливостей механізмів регуляції функціонування серцево-судинної системи (ССС).

Мета нашої роботи – проаналізувати компенсаторні можливості ВНС та центральної гемодинаміки людей з різним рівнем ФРНП в умовах постуральних навантажень.

МЕТОДИКА

У 108 чоловіків віком від 18 до 21 років у вихідному положенні (лежачи), а також у пасивному ортостатичному і пасивному

антиортостатичному положеннях тіла, отриманими при переміщенні поворотного стола-кушетки на $+90^\circ$ та -25° відповідно, реєстрували показники центральної гемодинаміки та електрокардіоритмограми впродовж 5 хв. Центральну гемодинаміку досліджували за допомогою реографа ReoCom XAI Medica (Україна). Електрокардіоритмограму фіксували приладом Cardiolab + (Україна). Комплексний запис всіх показників робили послідовно у такому порядку: спочатку «лежачи», потім у положенні «ортостаз», далі знову «лежачи» та у положенні «антиортостаз». Для досягнення стабілізації функціональних показників ССС, обстежуваний у кожному положенні перебував не менше ніж 8 хв, а запис сигналів починався з 9-ї хвилини. Характеристики реограм визначали за значеннями хвилинного (ХОК) та систолічного об'єму крові (СОК), загального периферичного опору судин (ЗПО), середнього артеріального тиску (САТ), серцевого індексу (СІ) і частоти серцевих скорочень (ЧСС). Параметри електрокардіоритмограми аналізували за квадратичним відхиленням (SDNN), сумарною потужністю спектра (TP) та його трьома головними компонентами періодичних складових: потужністю спектра на дуже низьких частотах, (VLF, mc^2 ; менше ніж 0,05 Гц), низьких (LF, mc^2 ; 0,05–0,15 Гц) та високих частотах (HF, mc^2 ; 0,15–0,4 Гц) [16]. Вагосимпатичний баланс визначали за співвідношенням LF/HF. Аеробні можливості серцевого м'яза оцінювали за допомогою подвійного добутку (індексу Робінсона, ПД) за формулою: $\text{ПД} = (\text{САТ} \cdot \text{ЧСС}) / 100$ та шкалою: ≥ 111 ум.од. – низький, 95–110 ум.од. – нижчий за середній, 85–94 ум.од. – середній, 70–84 ум.од. – вищий за середній, ≤ 69 ум.од. – високий рівні [17].

Рівень ФРНП встановлювали за допомогою діагностичної комп'ютерної системи за авторською методикою і програмою «Діагностика – 1М» [18]. Для вивчення здатності до диференціювання слухової інформації застосовували чисті звукові тони (300, 600

чи 1000 Гц). Два з них (300 і 1000 Гц) були позитивними, на пред'явлення яких обстежуваний мусив натискати на відповідні клавіші лівою або правою рукою, і один гальмівний (600 Гц), при пред'явленні якого не треба було натискати жодну з них. Мірою ФРНП був час виконання тестового завдання з переробки 120 сигналів (секунди). Чим швидше обстежуваний виконував завдання, пов'язане з диференціюванням слухових подразників, тим вища в нього була ФРНП. Тестування проходило у режимі «зворотний зв'язок», який давав змогу обстежуваному підлаштовувати подачу слухових стимулів до оптимального для себе темпу (швидкість подачі стимулів варіювала в межах ± 20 мс залежно від помилкових реакцій: у разі помилки вона знижувалась, а після правильної відповіді збільшувалась).

Результати обробляли методами математичної статистики із застосуванням пакетів програм «Microsoft Excel – 2010» та «Statistica 6.0 for Windows» («StatSoft Inc.», США). Достовірність змін і відмінностей між порівнювальними величинами оцінювали за непараметричним критерієм Вілкоксона–Манна–Уїтні. Відмінності між групами вважали вірогідними при $P < 0,05$.

Усі дослідження проведено згідно з нормами біоетики та дотриманням положень МОЗ України від 13.03.2006, № 66 і Гельсінкської Декларації (1975 р., пізніші редакції 1996–2013 рр.).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відповідно до часу, витраченого на диференціювання та переробку інформації, всі обстежувані методом сигмальних відхилень були розподілені на групи із високим (20 чоловіків; час виконання завдання не більше ніж 69 с), середнім (65 чоловіків; час виконання завдання в межах 69–77 с) і низьким (23 обстежених; час виконання завдання більше ніж 77 с) рівнями ФРНП.

Показники функціонування ССС, отримані нами у різних положеннях тіла вказані

у таблиці. У положенні лежачи всі параметри ССС знаходились у межах норми, а між показниками центральної гемодинаміки і характеристиками СР обстежуваних різних груп вірогідних відмінностей не виявлено. Інші дослідники також вказують на відсутність відмінностей між показниками серцево-судинної діяльності у людей з різною ФРНП за схожих умов [5, 8, 15]. Імовірно, положення лежачи не потребує жорсткого контролю регуляції СР та підтримується функціонуванням лише інтракардіальних механізмів. Водночас у разі високої і середньої ФРНП ТР була дещо вищою порівняно з низькою, що може вказувати на існування тенденції до більшого напруження регуляторних процесів у обстежуваних з вищим рівнем досліджуваної типологічної властивості [16].

Аналіз функціонування ССС в умовах ортостатичного навантаження свідчить про адаптивні перебудови центральної гемодинаміки та регуляторних механізмів СР у відповідь на зміну положення тіла в просторі. Динаміка показників у всіх групах була односпрямованою та проявлялася зменшенням значень СІ, СОК, ХОК, ТР, SDNN і збільшенням ЗПО та ЧСС. Разом з тим вираженість таких змін при різному рівні ФРНП була неоднаковою, що підтверджувалось існуванням достовірних відмінностей між більшістю показників.

Серед найголовніших факторів, що визначали стан кровообігу та його ефективність, слід виділити ХОК та ЗПО. Встановлено, що у разі високого рівня ФРНП у людей в ортостатичному положенні тіла значення ХОК, СІ, СОК були меншими порівняно з низьким ($P < 0,05$). ЗПО виявився достовірно вищим, що вказувало на існування менш сприятливих умов для кровообігу, ніж в осіб двох інших досліджуваних груп ($P < 0,05$). Показники ССС у чоловіків з середнім рівнем ФРНП займали проміжне положення між значеннями осіб крайніх груп. Як відомо, баланс рідинного середовища в організмі, підтримка сталої температури, тиску, клітинний мета-

болізм, транспорт «шлаків життя» до органів екскреції залежать від безперервного циркулювання крові по судинах [19]. Отже, аналіз компенсаторних реакцій центральної гемодинаміки при різній ФРНП, які розвинулись у відповідь на ортостаз, показав, що вони спрямовувалися на підтримання постійного тиску крові в судинах і є кінцевим інтегративним результатом регуляції кровообігу. Проте встановлені відмінності між показниками центральної гемодинаміки осіб з різним рівнем ФРНП вказують на використання не однакових регуляторних механізмів [20].

ТР у осіб з високою ФРНП за умов ортостазу була вірогідно вищою порівняно з обстеженими з низьким її рівнем. Значення

HF у чоловіків з високою і середньою градаціями досліджуваної типологічної властивості ВНД були вищими порівняно з такими у осіб з низьким її рівнем ($P < 0,05$; рисунок). У них не виявлено суттєвих відмінностей у значеннях HF ($P > 0,05$). Імовірно, зниження HF-складової СР за умов ортостазу, особливо в осіб з низьким рівнем ФРНП, вказує на розвиток гіперсимпатикотонічної реакції. Слід відмітити більшу потужність LF у осіб з високим рівнем ФРНП порівняно з низьким ($P < 0,01$). Стандартне відхилення кардіоінтервалів обстежуваних з низьким рівнем ФРНП було достовірно вищим порівняно з високим, що свідчило про більшу варіабельність СР у них ($P < 0,05$). Варто зазначити,

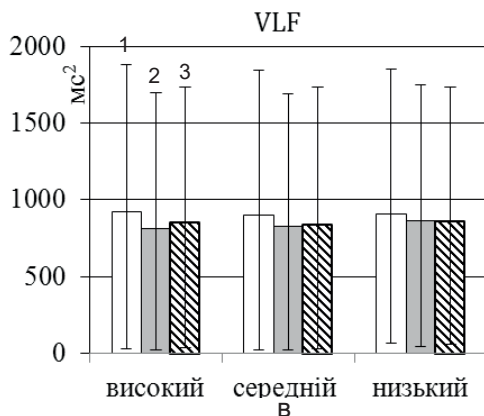
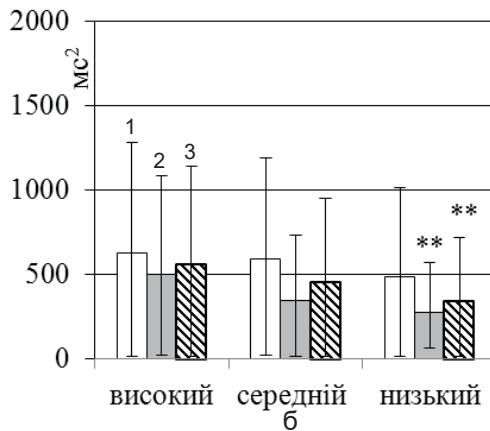
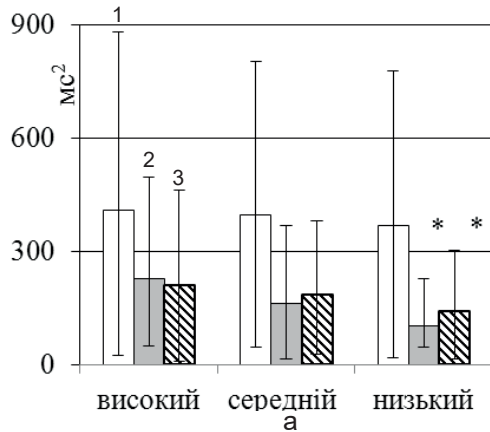
Показники функціонування серцево-судинної системи обстежуваних з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів в положенні лежачи та в умовах постуральних навантажень (медіана, верхній та нижній квантилі)

Досліджувані Показники	Рівень функціональної рухливості нервових процесів		
	високий	середній	низький
положення лежачи			
Систолічний об'єм крові, мл	69,5[75,3;62,9]	70,5[77,7;65,6]	72,7[83,3;69,1]
Серцевий індекс, л/хв·м ²	2,2[2,6;1,8]	2,5[3,0;2,0]	2,6[3,1;2,1]
Хвилинний об'єм крові, л	4,2[4,9;3,8]	4,5[5,6;4,1]	5,1[6,2;4,9]
Загальний периферичний опір, Н·с·см ⁻⁵ /м ²	2100[2234,7;2072,0]	1700[1793,1;1679,4]	1220[1277,3;1179,7]
Квадратичне відхилення, мс	63,5[73,2;59,1]	55,1[62,3;49,6]	58,4[63,5;50,0]
Сумарна потужність спектра, мс ²	2037,5[2205,1;1987,4]	1948,5[2002,7;1909,2]	1869,8[1899,4;1828,1]
ортостатичне положення			
Систолічний об'єм крові, мл	51,6[61,2;48,7]	57,43[62,3;52,3]	70,0[82,8;68,6]**
Серцевий індекс, л/хв·м ²	1,5[2,3;1,1]	1,8[2,5;1,3]	2,0[3,3;1,8]**
Хвилинний об'єм крові, л	2,8[3,9;2,3]	3,6[4,4;3,1]	3,9[4,9;3,1]**
Загальний периферичний опір, Н·с·см ⁻⁵ /м ²	2250[2298,1;2215,6]*	1880[1914,1;1863,1]	1474[1529,4;1407,1]**
Квадратичне відхилення, мс	45,2[48,2;40,5]	48,9[54,9;41,9]	58,3[62,1;52,0]**
Сумарна потужність спектра, мс ²	1510,7[1547,1;1489,3]	1415,7[1469,5;1394,2]	1266,4[1289,3;1240,3]**
антиортостатичне положення			
Систолічний об'єм крові, мл	106,1[121,2;97,8]	94,1[105,2;89,4]	80,0[87,1;78,6]**
Серцевий індекс, л/хв·м ²	3,7[4,0;2,8]	3,4[3,8;2,9]	3,1[3,7;2,6]**
Хвилинний об'єм крові, л	7,0[7,8;6,5]	6,4[7,6;5,9]	6,0[6,9;5,6]**
Загальний периферичний опір, Н·с·см ⁻⁵ /м ²	1800[1823,7;1792,7]*	1507[1584,6;1496,1]***	1120[1193,1;1045,7]**
Квадратичне відхилення, мс	54,1[62,4;49,0]	45,8[51,2;40,3]	38,6[45,8;36,4]**
Сумарна потужність спектра, мс ²	1738,1[1783,1;1691,2]*	1514,7[1599,5;1493,2]***	1310,4[1369,3;1290,3]**

* $P < 0,05$ між значеннями обстежуваних з високим і середнім рівнями; ** з високим і низьким рівнями;

*** з середнім і низьким рівнями ФРНП

що у всіх обстежуваних за таких умов зростає вагосимпатичний баланс LF/HF, тобто знижувалась активність центрального контуру



Потужність спектра серцевого ритму на високих (а), низьких (б) та дуже низьких (в) частотах (медіана, верхній та нижній квантилі) в осіб з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів у положеннях лежачи (1), ортостази (2) та антиортостази (3); * $P < 0,05$ щодо значень у осіб з високим і середнім рівнями ФРНП, ** $P < 0,01$ щодо значень у осіб з високим рівнем ФРНП

управління СР ($P < 0,05$). Не виключено, що нижча вагусна активність щодо ССС у осіб з низькою ФРНП може свідчити про зменшення економності серцево-судинної діяльності та збільшення ймовірності швидкого вичерпання енергетичних резервів серця.

Найбільші відмінності між компенсаторними реакціями центральної гемодинаміки у відповідь на пасивну ортопробу у обстежуваних з різним рівнем ФРНП спостерігалися за показниками ЗПО і СОК. У разі високого і середнього рівнів ФРНП ЗПО змінювався найменше (5,8–10,5%), а СОК – найбільше (19,4–25,8%). У осіб з низьким рівнем досліджуваної типологічної властивості зафіксовано найповільнішу динаміку зниження СОК (3,1–4,2%) та виражений приріст ЗПО (понад 25%). Водночас більш виражені компенсаторні зміни спостерігались у спектральних характеристиках СР. Так, у осіб з високим і середнім рівнем ФРНП ТР змінювалася на 19,5–28,8%, а у осіб із низьким – на 42,4%. Зміни LF в осіб з низьким рівнем ФРНП порівняно з обстежуваними з високим були на 25,3% більшими.

Аналіз показників, зареєстрованих в умовах антиортостатичного гравітаційного навантаження, виявив його суттєвий вплив на функціонування ССС обстежуваних. Як і в положенні стоячи, ЧСС і САТ у осіб з різним рівнем ФРНП суттєво зростали. При низькій ФРНП значення САТ виходили за верхню межу норми, сягаючи 105,5 [110,1; 99,5] мм рт. ст., що було вищим щодо аналогічних показників у осіб з високим і середнім рівнем (95,9 [101,3; 90,6] та 94,1 [100,2; 88,2] відповідно; $P < 0,05$). У цьому положенні в усіх обстежуваних встановлено збільшення порівняно з положенням лежачи значень СІ, СОК, ХОК, LF/HF та зниження ТР, HF, LF, VLF, SDNN і ЗПО. В осіб з високою ФРНП спостерігались вищі значення СІ, СОК, ХОК та ЗПО порівняно з показниками обстежуваних, які мали низьку градацію досліджуваної типологічної властивості ВВД ($P < 0,05$). У разі середнього рівня ФРНП значення СОК,

ХОК та ЗПО зайняли проміжне положення між аналогічними показниками обстежуваних крайніх груп.

Слід зазначити, що на відміну від положення ортостазу, під час антиортостатичного навантаження значення SDNN обстежуваних з низьким рівнем ФРНП були достовірно нижчими, ніж у чоловіків з високим її рівнем, що свідчило про менший діапазон варіабельності та більшу напруженість їх СР ($P < 0,05$). Показники варіативності СР осіб з середнім рівнем ФРНП були дещо вищими від таких у осіб з низьким її рівнем. Виявлено вищі значення TP в осіб з високим та середнім рівнями ФРНП відносно до низького рівня ($P < 0,05$). Подальший аналіз спектральних характеристик СР, отриманих в умовах антиортостазу, встановив вищі значення HF і LF у осіб з високим рівнем ФРНП щодо низького ($P < 0,01$).

Отже, в умовах антиортостатичного навантаження порівняно із вихідним станом у осіб з вищими градаціями ФРНП спостерігалася більша вираженість компенсаторних реакцій центральної гемодинаміки, ніж у обстежених з низьким її рівнем. На це вказувало значення SDNN, яке після зменшення у відповідь на антиортостаз, залишалось в осіб з високим рівнем ФРНП більшим відносно низького ($P < 0,05$). Інші показники центральної гемодинаміки за цих умов щодо положення лежачи (СОК, ХОК, СІ) у осіб з високою ФРНП змінювалися в середньому на 40,4% інтенсивніше, ніж в осіб з низьким її рівнем. Найбільш стійким виявився ЗПО в обстежуваних з високим і середнім рівнями ФРНП, який коливався у межах 11,8–15,2%. Водночас його динаміка була майже вдвічі відчутнішою, ніж у осіб з низьким рівнем ФРНП ($P < 0,05$).

Темп та спрямування змін спектральних характеристик СР за цих умов у обстежуваних різних груп були подібними. У всіх них більша хвилеподібність динаміки показників спостерігалась у діапазонах HF- і LF-хвиль СР (28,5–35,7%), тоді як зниження потужно-

сті хвиль VLF не перевищувало 5,2–7,4%. Разом з тим компенсаторні реакції обстежуваних з високою і середньою градаціями ФРНП потребували високого рівня функціонування ССС за рахунок як серцево-судинних, так і екстракардіальних механізмів, що супроводжувалося більш значним напруженням регуляторних процесів порівняно з низьким рівнем досліджуваної типологічної властивості ВНД.

Імовірно, виявлені особливості центральної гемодинаміки та спектральних характеристик СР, були зумовлені, по-перше, переміщенням крові під дією сил гравітації, по-друге – вмиканням компенсаторних реакцій, що виникають у відповідь на підтримання адекватного повернення крові до серця, та механізмів, що їх регулюють [21]. По-третє, очевидно, що на функціонування ССС чинили вплив індивідуально-типологічні властивості основних нервових процесів, що інтегрували розвиток компенсаторних реакцій на основі швидко-часових властивостей, які проявлялись у рецепції (сприйнятті), передачі нервового імпульсу до центральних ланок ЦНС, ВНС та від них, у забезпеченні синаптичних зв'язків тощо.

Отже, встановлені нами в умовах постуральних проб відмінності центральної гемодинаміки та характеристик регуляторних процесів СР осіб з різною ФРНП дають змогу вважати, що вона є необхідною умовою розвитку адаптивних перебудов. Не виключено, що від ФРНП залежить розгортання ефекторних реакцій вазоконстрикції (під час ортостазу) чи вазодилатації (під час антиортостазу) створюючи нейродинамічну основу вісцерального реагування та інтра- і екстракардіальних впливів.

Слід зазначити, що в наших дослідженнях низький рівень ФРНП частіше збігався з порівняно невисокою активізацією симпатичного відділу ВНС та найнижчим ЗПО в положенні лежачи. Згідно з законом «вихідного рівня» Уайлдера [22], вища вихідна активність фізіологічної системи зумовлює

менші її відносні зміни у відповідь на подразнюючі імпульси. Можливо, саме тому приріст ЗПО, під час вертикалізації тіла в просторі був найбільшим. Враховуючи те, що цей показник є неарифметичною сумою опорів судин різних відділів тіла [19], імовірно, ФРНП може опосередковано брати участь у механізмі «централізації» гемодинаміки, що вмикається в умовах зміни положення тіла, відповідає за перерозподіл крові та нормалізацію кровообігу (насамперед, головного мозку та міокарда).

Зіставлення та оцінка індексу Робінсона обстежуваних з різним рівнем ФРНП в умовах ортостазу, як і в положенні лежачи, не виявило суттєвих міжгрупових відмінностей, а в умовах антиортостазу засвідчило можливість існування нижчих аеробних можливостей серцевого м'яза у осіб з низьким її рівнем. Так, ПД осіб з низькою градацією ФРНП становив 79,1 [84,6; 72,9] ум. од. щодо значень осіб з високим і середнім рівнями 62,3 [67,5; 58,9] та 63,9 [68,9; 60,1] ум. од. відповідно, що, можливо, вказувало на дещо краще забезпечення киснем організму в умовах застосованого гравітаційного навантаження в останніх ($P < 0,05$).

Таким чином, результати наших досліджень свідчать про істотну роль індивідуальних та типологічних властивостей вищих відділів ЦНС у розвитку центральних компенсаторних і активації автономних механізмів регуляції гемодинаміки у відповідь на пасивні постуральні навантаження. Для адаптивної реакції САТ осіб з високим рівнем ФРНП у разі переміщення тіла в положення ортостазу характерною була менш виражена участь інтра- і домінування екстракардіальних механізмів регуляції. У обстежуваних з низькою ФРНП у цьому положенні оптимальний рівень САТ підтримувався за допомогою більшої участі інтра- і меншої екстракардіальної регуляції. Значення CI і SDNN у осіб з високим рівнем ФРНП в умовах ортостатичного навантаження були достовірно нижчими, ніж у осіб з низьким її

рівнем. Пристосувальні реакції чоловіків з середнім рівнем характеризувалися нижчою варіативністю кардіоінтервалів та меншими значеннями СОК порівняно з низьким рівнем ФРНП, але вищими значеннями SDNN та ХОК відносно таких у осіб з високим рівнем (хоч і не достовірно).

Компенсаторні реакції гемодинаміки осіб з різними градаціями ФРНП під час перебування в положенні антиортостазу характеризувались одночасним напруженням як інтра-, так і екстракардіальних механізмів регуляції, але відрізнялися рівнем функціонування ССС. В осіб з високою ФРНП оптимізація САТ вимагала більшого напруження судинних і серцевих, а також парасимпатичного, симпатичного і метаболічно-гуморального екстракардіальних механізмів регуляції ВНС. Значення CI, SDNN та TP осіб з високою ФРНП були вірогідно вищими, ніж з низькою, що вказувало на більш сприятливі для кровообігу умови, але водночас потребувало високого напруження регуляторних механізмів. Адаптивні перебудови обстежуваних з низькою ФРНП відзначалися менш ефективним варіантом змін центральної гемодинаміки і вегетативної регуляції: нижчим рівнем функціонування ССС, звуженням діапазону компенсаторного реагування (за варіативністю CP) та меншими аеробними можливостями міокарда. За функціональними показниками центральної гемодинаміки та CP обстежуваним з середнім рівнем ФРНП притаманними були вищі значення ЗПО потоку крові, ніж у разі низького рівня, але менші порівняно з особами з високим рівнем. Такий варіант пристосувально-компенсаторної реакції потребував меншого напруження вищих вегетативних центрів, ніж у осіб з високою градацією досліджуваної типологічної властивості ВНД, що робило його відносно оптимальним функціонально та економічно вигіднішим.

Як підсумок, можна зазначити, що встановлені відмінності гемодинаміки і CP осіб з різним рівнем досліджуваної індивідуаль-

но-типологічної властивості ВНД свідчать, що поструральні навантаження викликають складні перебудови у функціонуванні ССС, які можна розглядати як зумовлені нейродинамічно патерни вегетативного реагування. Звичайно, враховуючи недостатню вивченість аспектів компенсаторної реактивності ССС та її регуляторних механізмів на поструральні навантаження, наші результати не претендують на цілковите вирішення проблеми, а є лише спробою поглибити уявлення про типологічні особливості розглянутих адаптивних перебудов, що потребує подальших досліджень у цьому напрямку. Отримані результати доповнюють уявлення про особливості центральної гемодинаміки та стану ВНС в умовах поструральних навантажень. Зокрема, визначені типологічні варіанти компенсаторних реакцій можуть бути використані для удосконалення професійної орієнтації і відбору, проведення профілактичних та скринінгових медичних обстежень.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Л.И. Юхименко, Н.Е. Макачук

СОСТОЯНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ЛИЦ С РАЗНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ПОСТУРАЛЬНЫХ НАГРУЗОК

Определены варианты компенсаторно-приспособительных реакций центральной гемодинамики и вегетативной нервной системы (ВНС) людей в условиях поструральных нагрузок в зависимости от уровня функциональной подвижности нервных процессов (ФПНП). Во время ортостатической нагрузки реакции лиц с высоким уровнем ФПНП характеризовались доминированием экстракардиальных, а с низкими – интракардиальных механизмов регуляции. Независимо от уровня ФПНП установлено увеличение

вагосимпатического баланса, что свидетельствовало о снижении активности центрального контура управления сердечным ритмом (СР). У лиц с низкой ФПНП выявлено меньшую вагусную активность, что указывает на снижение экономичности функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС) и высокий риск развития недостаточности энергетических резервов сердца. Антиортостатическая нагрузка вызывала активацию как сосудистых и сердечных, так и экстракардиальных механизмов регуляции ВНС. В этих условиях выявлена более выразительная динамика показателей вариабельности сердечного ритма в диапазоне высоко- и низкочастотных волн (28–35%). В то же время снижение мощности волн очень низкой частоты СР не превышало 5–7%. При высоком уровне ФПНП функционирование ССС характеризовалось наибольшей степенью напряжения регуляторных механизмов и наиболее широким диапазоном компенсаторного реагирования. Обследованные с низким уровнем ФПНП отличались меньшей степенью напряжения регуляторных механизмов, а также недостаточной эффективностью адаптационных реакций в соответствии с невысокими аэробными возможностями миокарда. При среднем уровне ФПНП выявлена наиболее оптимальная степень напряжения высших вегетативных центров наряду с высокой вариативностью и экономностью сердечной деятельности.

Ключевые слова: функциональная подвижность нервных процессов; поструральные нагрузки; приспособительные реакции; центральная гемодинамика; вегетативная нервная система.

L.I. Yukhymenko^{1,2}, M.Y. Makarchuk²

STATUS OF THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM AND CENTRAL HEMODYNAMICS IN THE PERSONS WITH DIFFERENT FUNCTIONAL MOBILITY OF NERVOUS PROCESSES UNDER POSTURAL LOADS

The variants of compensatory-adaptive reactions of central hemodynamics and the autonomic nervous system (ANS) of people under the conditions of postural stress were determined depending on the level of functional mobility of the nervous processes (FMNP). During an orthostatic load, the reactions of individuals with a high level of FMNP were characterized by the predominance of extracardiac regulation mechanisms and with a low level - intracardial. The antiorthostatic load caused activation of vascular and cardiac, as well as extracardiac mechanisms of ANS regulation. Under these conditions, a more expressive dynamic of heart rate variability (HR) in the range of a high and low frequency waves (28–35%) was revealed. At the same time, the decrease of waves of very low HR frequency did not exceed 5–7%. In individuals with a high level of FMNP, the functioning of the cardiovascular system was characterized by a higher degree of tension of regulatory mechanisms and a wider range of compensatory responses. Persons with a low level of FMNP were distinguished by a low

degree of tension in the regulatory mechanisms, which was accompanied by a lower efficiency of adaptation reactions in accordance with low aerobic capabilities of the myocardium. The studied typological variants of compensatory reactions can be useful as a prognostic criteria in conducting preventive medical examinations as well as in the field of vocational guidance and selection.

Key words: functional mobility of nerve processes; postural loads; adaptive reactions; central hemodynamics; autonomic nervous system.

^{1,2} Cherkasy B. Khmelnytsky National University, e-mail: liyukhimenko@ukr.net

² Kyiv Taras Shevchenko National University

REFERENCES

1. Tsybenko VA. Blood circulation physiology with the basics of pathophysiology. Cherkasy: CNTI; 2010. [Ukrainian].
2. Laukkanen AJ, Kurl S. Blood pressure responses during exercise testing-is up best for prognosis? *Ann Med.* 2012;44(3):218-24.
3. Marakushyn DI, Isaeva II. Evaluation of the state of the sympathoadrenal system of the organism in primary arterial hypotension. *Bull Biol Med Probl.* 2015;2:164-8. [Ukrainian].
4. Minina EN, Fainzilberg LS. Analysis of the functional state of the cardiovascular system on the totality of signs of a phase portrait of a single-channel ECG. *Rus J Cardiol.* 2015;12:7-13. [Russian].
5. Makarenko MV, Lizogub VC. Ontogenesis of psychophysiological functions of a person. Cherkasy: Vertical; 2011. [Ukrainian].
6. Wayne AM. Vegetative disorders: Clinic, treatment, diagnosis. M: Med. Inform Agency; 2000. [Russian].
7. Kozharskaya LG, Goldovskaya DSh. Functional diagnostics at children's age. M: Sofia; 1979. [Russian].
8. Makarenko NV. Psychophysiological functions of a person and work operators. Kiev: Nauk Dumka; 1991. [Russian].
9. Makarenko MV. Fundamentals of professional selection of military specialists and methods of studying individual physiological differences between people. Kyiv: O.O. Research Center of Humanitarian Problems of the Armed Forces of Ukraine; 2006. [Ukrainian].
10. Marushko YUV, Havrylenko TI, Hyshchak TV, Pidhayna OA. Results of study of endothelial-dependent factors of vasoconstriction and vasodilatation in children with primary hypertension. *Ukr Cardiol J.* 2015;6:59-63. [Ukrainian].
11. Jae SY, Bunsawat K, Fadel PJ, Fernhall B, Choi YH, Park JB, Franklin B A. Attenuated heart rate recovery after exercise testing and risk of incident hypertension in men. *Am J Hypertens.* 2016;1:28.
12. Mykhalyuk YE L, Didenko MV, Malakhova SM. Features of autonomic regulation of cardiac rhythm, central hemodynamics and physical efficiency in runners for short distances. *Zaporozh Med J.* 2014;2:64-8. [Ukrainian].
13. Romanchuk OP. Vegetative criteria of physical efficiency. *Sci and Education.* 2013;4:196-9. [Ukrainian].
14. Vdovina NV, Denisov AS. Variants of changes in heart rhythm in school-aged children with an orthostatic test. SPb: Publishing house KultInformPress; 2014. [Russian].
15. Kovalenko SO, Makarenko MV. Central hemodynamics of the persons with different level of nervous processes functional mobility at the conditions of rest, mental and physical loadings. *Physiol J.* 2005;51(6):58-62. [Ukrainian].
16. The Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation.* 1996; 93:1043-65.
17. Marchyk VI, Minzhorina IL. Functional tests and indices in the study of physical condition of a person: methodical recommendations. Kryvy Rih: KPPU; 2016. [Ukrainian].
18. Makarenko MV, Lyzohub VS, Halka MS, Yukhymenko LI, Khomenko SM. A method for assessing the psychophysiological state of the auditory analyzer. Patent for invention No. 96496; State Intellectual Property Service of Ukraine IPC A 61B5/16. UA Application No. 2010 02225; stated. 01.03.2010; published Nov 10. 2011; Bul. No. 21.
19. Malyshev VD, Vedenina IV, Omarov IT. Intensive therapy. M: Medicine; 2002. [Russian].
20. Shlyk NI. Rapid assessment of the functional readiness of the body of athletes for training and competitive activity (according to the analysis of heart rate variability). *Science and Sport: Modern Trends.* Izhevsk.: UdSU. 2015;9(4):5-15. [Russian].
21. Furlan R, Porta A, Costa F, Tank J, Baker L, Schiavi R, Robertson D, Malliani A, Mosqueda-Garcia R. Oscillatory patterns in sympathetic neural discharge and cardiovascular variables during orthostatic stimulus. *Circulation.* 2000;29:886-92.
22. Wilder J. Stimulus and Response – The Law of Initial Value. Bristol: Jonh Wright; 1967.

Матеріал надійшов до редакції 30.05.2019