

Етнічні особливості реакції серцево-судинної системи та варіабельності серцевого ритму на холододову стимуляцію у студентів з різних географічних зон

В.Є. Шех, Г.Д. Дубина, Л.С. Щирова

Національний університет імені В.Н.Каразіна, Харків; e-mail: vshekh@karazin.ua

Досліджували вплив холододового стресу на артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень і варіабельність серцевого ритму (ВСР) у 80 юнаків з нормальним тиском і передгіпертонічним станом з різних географічних зон: Україна, Західна Африка, арабські країни та Індія. Виявлено, що при холододовому навантаженні систолічний, діастолічний тиск і частота серцевих скорочень підвищувались одночасно тільки у прегіпертоніків українців та індійців. Таким чином, у них значно підвищувалась активність симпатичної нервової системи та/або була гіперреактивність серцево-судинної системи та виявлялась недосконалість барорефлекторної регуляції. У африканців та арабів реакції серцево-судинної системи та ВСР на холододову стимуляцію не були статистично значущими, що може бути проявом зниженої чутливості холододових і больових рецепторів або пригнічення іншої ланки рефлекторної регуляції серцево-судинної системи. У індійців з нормальним тиском високо-і низькочастотна ділянки спектра ВСР збільшувалися від $6,558 \pm 0,464$ і $6,518 \pm 0,382$ до $7,246 \pm 0,429$ і $7,005 \pm 0,322$ Лпмс² відповідно. Це свідчить про зростання активності парасимпатичної нервової системи та про тенденцію до підвищення активності барорефлексу під час холододової проби.

Ключові слова: етнічні особливості; серцево-судинна система; варіабельність серцевого ритму; передгіпертонія і холододова стимуляція.

ВСТУП

Дисрегуляція вегетативної нервової системи спричиняє порушення гомеостазу, призводить до різних патологій та лежить в основі практично кожного захворювання, включаючи гіпертонію [1]. Нині функціональну активність вегетативної нервової системи (ВНС) оцінюють за допомогою аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР) – неінвазійного та перспективного методу – в сукупності з різними функціонально-діагностичними тестами, включаючи холододову пробу [1–6]. Підвищена реактивність серцево-судинної системи на холододову стимуляцію як маркер або механізм у патогенезі гіпертонії та ішемічної хвороби серця є предметом суперечок [4–6]. Повідомлялося, що зростання артеріального

тиску під час холододового стресу було значно вищим у суб'єктів, які мали в анамнезі гіпертонічну хворобу та у осіб з атеросклерозом [4]. Деякі автори, навпаки, стверджують, що нормотоніки виявляють більшу реактивність серцево-судинної системи під час холододової проби [6]. Водночас в інших роботах було виявлено, що серцево-судинні реакції на холододову стимуляцію були однаковими у пацієнтів з гіпертонічною хворобою та осіб з нормальним тиском [5], а літературні дані щодо вивчення передгіпертонічного стану – нечисленні. Тому важливо встановити наявність або відсутність взаємозв'язку підвищеної реакції артеріального тиску на холододову стимуляцію та патогенезу гіпертонії вже на ранньому етапі її розвитку, що має як теоретичне, так і прикладне значення [4–6].

© В.Є. Шех, Г.Д. Дубина, Л.С. Щирова

Гіпертонія є найбільш важливим фактором ризику серцево-судинних захворювань в усьому світі, включаючи Україну [1]. Існують значні відмінності у схильності до гіпертензії у афро-американців та корінних африканців порівняно з європейцями та білими американцями [7–9]. Конкретні механізми, що зумовлюють ці особливості у схильності до гіпертонії, досі не з'ясовані. Мало відомо про поширеність гіпертонії серед арабського населення [10]. Дані про розповсюдження гіпертонії у жителів південноазіатських країн, включаючи Індію, є суперечливими, на відміну від ішемічної хвороби серця [11]. Важливо встановити наскільки приналежність до тієї чи іншої етнічної групи впливає на реактивність серцево-судинної системи на холодову стимуляцію у осіб з передгіпертонічним станом порівняно з нормотоніками тієї самої етнічності та із прегіпертоніками інших досліджуваних груп, що дає змогу зробити висновки щодо індивідуальних та типових особливостей механізмів розвитку гіпертонії у цих групах населення.

Поки що не існує праць, що висвітлюють реактивність серцево-судинної системи та вегетативної нервової системи (за допомогою ВСР) у відповідь на холодний стрес у осіб з передгіпертонічним станом у контексті етнічних особливостей. Застосування комплексного підходу до дослідження реактивності серцево-судинної системи на холодову стимуляцію в різних етнічних групах у сукупності з аналізом відповіді високо- та низькочастотної ділянки спектра ВСР (HF і LF відповідно) на холодову

стимуляцію може відкрити нові перспективи як у вивченні інтегральних механізмів регуляції функціонування серцево-судинної системи в нормі та при патології, так і при профілактиці і лікуванні хвороб за допомогою так званої індивідуалізованої медицини.

Метою нашої роботи було дослідження етнічних особливостей реактивності серцево-судинної системи та ВСР на холодову стимуляцію у студентів з передгіпертонічним станом.

МЕТОДИКА

Обстежено 80 студентів з України, Західної Африки (Нігерія та Гана), арабських країн (Палестина та Сирія) та з Індії, яких було розділено на 4 групи по 20 осіб у кожній (таблиця). Всіх обстежених також розподілили за значенням систолічного артеріального тиску (САТ) на нормотоніків та прегіпертоніків (див. таблицю). До нормотоніків увійшли юнаки з САТ ≤ 120 мм рт. ст., а до прегіпертоніків – $120 < \text{САТ} \leq 140$ мм рт. ст. [12]. Діастолічний артеріальний тиск (ДАТ) у них був у межах норми. Письмова інформована згода на участь у дослідженні схвалена біоетичною комісією біологічного факультету Харківського університету імені В.Н. Каразіна, що відповідає вимогам Гельсінкської декларації Всесвітньої медичної асоціації щодо етичних принципів біологічних та медичних досліджень за участю людини як об'єкта досліджень, була отримана від усіх учасників.

Холодова проба – це стандартний метод дослідження функціонального стану серцево-судинної системи, який зазвичай використовується як симпато-збуджуючий маневр для

Антропометричні характеристики студентів з різних географічних зон

| Показник | Нормальний тиск | | | | Передгіпертонічний стан | | | |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| | Українці (n = 8) | Африканці (n = 10) | Араби (n = 7) | Індійці (n = 6) | Українці (n = 12) | Африканці (n = 10) | Араби (n = 13) | Індійці (n = 14) |
| Зріст, м | 1,81±0,07 | 1,77±0,08 | 1,74±0,07 | 1,73±0,08 | 1,79±0,07 | 1,74±0,08 | 1,75±0,04 | 1,70±0,06** |
| Маса тіла, кг | 68,34±5,76 | 75,23±11,47 | 76,12±22,64 | 71,97±12,70 | 72,83±16,75 | 75,58±9,33 | 80,84±10,00 | 71,12±10,10 |
| Індекс маси тіла, кг/м ² | 21,01±2,52 | 23,93±3,64 | 24,70±5,27 | 24,00±4,13 | 22,59±4,36 | 25,09±3,14 | 26,25±3,07 | 24,69±3,26 |

**P < 0,01 щодо значень у українців з передгіпертонічним станом.

оцінки її реактивності на стрес [4–6]. Вона супроводжувалася рефлекторним зниженням тепловіддачі через стимуляцію холодкових та больових рецепторів, викликала пригнічення парасимпатичної нервової системи та збільшувала β -адренергічний симпатичний ефект на серце, внаслідок чого виникає тахікардія. Водночас індукувалася α -адренергічна симпатична вазоконстрикція та зниження периферичного кровообігу. Обидва ефекти викликали зростання кров'яного тиску. Якщо занурення продовжується, стимуляція артеріальних барорецепторів повертає серцевий ритм до початкового значення [4–6]. У нашому дослідженні холодову пробу здійснювали зануренням правої руки учасника дослідження у крижану воду (4°C) на 5 хв.

Електрокардіограму (ЕКГ) у трьох стандартних відведеннях постійно записували протягом 5 хв у стані спокою та впродовж цього самого терміну під час холодової проби, використовуючи цифровий 12-канальний підсилювач із частотою 1000 Гц (CardioLab 2010, “XAI-Medica”, Україна) [13]. Записи були передані на персональний комп'ютер, доповнений програмним забезпеченням для моніторингу серцевого ритму, аналізу ВСР, зберігання та друку.

Аналізували частотні ділянки спектра ритмограми ВСР непараметричним методом швидкої трансформації Фур'є. Потужність спектральної щільності HF ділянки ВСР, що варіюється від 0,15 до 0,40 Гц, оцінювали як міру вагусної активності [2, 3]. Інтерпретація потужності LF, що отримується від низькочастотних коливань 0,04–0,15 Гц, є більш суперечливою. Ми виходили з припущення, що вона відображає міру активності барорефлексу та, зокрема, його симпатогібіруючого плеча [14–16]. Потужність ділянок спектра HF і LF виражали в абсолютних одиницях (квадратних мілісекундах).

CAT і DAT визначали за допомогою автоматичного цифрового сфігмоманометра (Nissei WS-1011, “Nihon Seimitsu Sokki Co”, Японія). Артеріальний тиск вимірювали в

положенні лежачи на спині на тридцятій секунді фоновій та холодової проби і потім через кожні півтори хвилини, тричі у стані спокою та тричі під час холодового стресу. Середні значення використали для аналізу. Пульсовий тиск визначали як різницю між CAT та DAT.

Результати представляли як середнє значення \pm стандартна помилка для нормально розподілених змінних. Якщо вони не були нормально розподілені (LF і HF), змінні логарифмували, щоб відповідати припущенням для множинного дисперсійного аналізу (MANOVA) з повторними вимірюваннями. Для перевірки можливого впливу етнічності та холодового стресу використовували трибічний MANOVA з повторними вимірюваннями з етнічною приналежністю та наявністю прегіпертонії як незалежними міжгруповими змінними та холодним стресом як незалежною внутрішньогруповою змінною. Двобічний MANOVA був використаний для порівняння віку, маси тіла, індексу маси тіла (ІМТ), а також відповіді частоти серцевих скорочень (ЧСС), CAT, DAT, LnLF та LnHF на холодний стрес. У зв'язку з тим, що зріст індійців з передгіпертонічним станом відрізнявся від такого в українців (див. таблицю), використали трибічний множинний дисперсійний коваріаційний аналіз (MANCOVA) з повторними вимірюваннями. “Прості” ефекти (simple effects) були проаналізовані за допомогою командного синтаксису комп'ютерної програми для статистичної обробки результатів – SPSS. Статистичний аналіз було зроблено за допомогою SPSS 22.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вплив холодового стресу, етнічності та прегіпертонії на CAT, DAT та пульсовий тиск. Ми спостерігали вірогідний “головний” вплив (main effect) холодового стресу на CAT, який підвищився в усіх етнічних групах ($P < 0,001$). Аналіз “простих” ефек-

тів показав, що холодний стрес супроводжувався вірогідним підвищенням САТ у африканців, арабів та індійців з нормальним тиском, а також у українців та індійців з передгіпертонічним станом (рис. 1). ДАТ підвищувався в тих самих групах, що і САТ, тому результати не наведено.

САТ зазвичай використовується як основний критерій для діагностики та лікування артеріальної гіпертензії. ДАТ пов'язаний з коронарною перфузією і його прогностичне значення для ішемічної хвороби серця, особливо у молодих людей, відображено в літературі [17]. Основними причинами підвищення тиску під час холодного стресу є периферичне звуження судин шкіри, а також посиленний серцевий викид [4–6, 18]. Ця відповідь зумовлена насамперед нейрогенними рефлексамі, ініційованими збудженням больових та температурних рецепторів, та залежать від інтактної периферичної іннервації. Так, вегетативна нейропатія у хворих на діабет характеризується зниженим інкрементом артеріального тиску у відповідь на холодний стрес порівняно зі здоровими добровольцями [19].

Підвищення САТ і ДАТ у відповідь на холодову стимуляцію у українців з перед-

гіпертонічним станом, африканців і арабів з нормальним тиском, та в обох групах індійців у нашому дослідженні може бути відображенням суперечливих літературних даних, що свідчать про підвищений інкремент САТ у пацієнтів з гіпертонічною хворобою порівняно з особами з нормальним тиском крові [4], або демонструють результати щодо більшого інкременту артеріального тиску у нормотоніків, ніж у гіпертоніків [6], або вказують на відсутність різниці у реакції САТ на холодний стрес між нормотоніками та учасниками дослідження з передгіпертонічним станом або гіпертоніками [5]. Наші результати частково збігаються з даними щодо взаємозв'язку реактивності на холодову стимуляцію та ризику розвитку гіпертонії серед вихідців з Європи, але не серед африканців [20].

Серед українців відповідь САТ і ДАТ на холодний стрес була вірогідною тільки у осіб з передгіпертонічним станом, що узгоджується з окремими літературними даними [4, 20]. Можливо, підвищений інкремент тиску крові у разі передгіпертонічного стану асоціюється у них з реакцією на холодний стрес у європейців і білих американців, які разом в американській

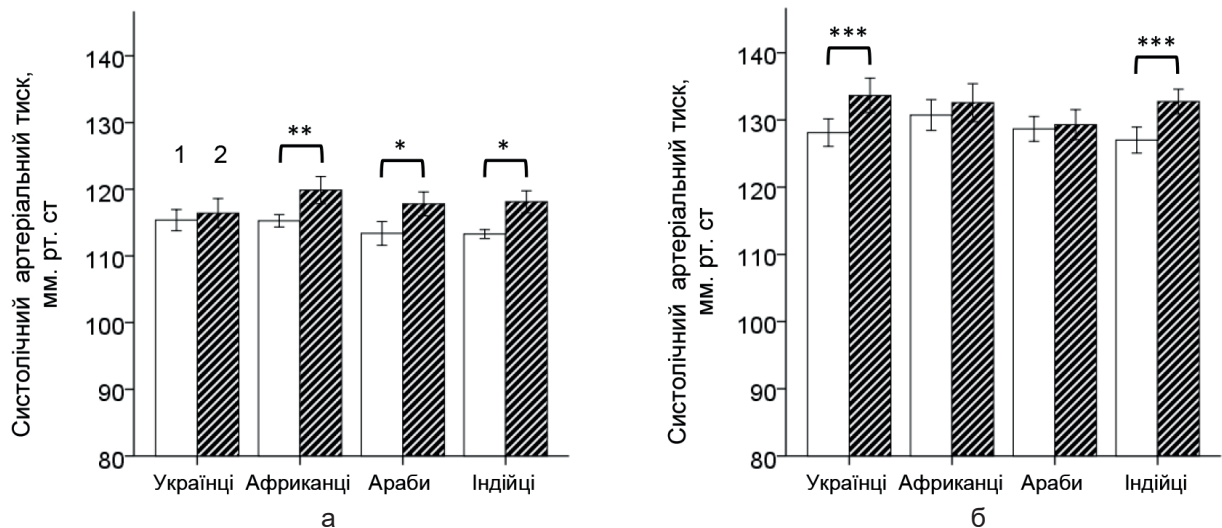


Рис. 1. Вплив етнічності на систолічний артеріальний тиск у осіб з нормальним тиском (а) та передгіпертонічним станом (б). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

науковій літературі зветься “Caucasians”, та може бути проявом підвищеної реактивності симпатичної нервової системи, вірогідно, на рівні ЦНС, а також важливим показником розвитку гіпертонічної хвороби. Українці з нормальним артеріальним тиском не продемонстрували збільшення САТ і ДАТ під час холодової проби.

Серед африканців та арабів, навпаки, тільки у нормотоніків значуще підвищувався артеріальний тиск під час холодової проби, що може вказувати на відсутності адаптації до неї порівняно з українцями. Але у африканців і арабів з передгіпертонічним станом не виявлено підвищення САТ. Це, ймовірно, свідчить про знижену рефлекторну регуляцію артеріального тиску на фоні підвищеної тонічної активності симпатичної нервової системи [19]. У арабів з передгіпертонічним станом цей показник підвищувався на $0,026 \pm 1,262$ мм рт. ст., що вірогідно менше порівняно з українцями ($6,313 \pm 1,327$ мм рт. ст.) та індійцями ($5,164 \pm 1,259$ мм рт. ст.).

У індійців з нормальним тиском і особливо з передгіпертонічним станом спостерігалось статистично значуще підвищення САТ і ДАТ (див. рис. 1). Можливо, що у індійців, як у українців з передгіпертонічним станом, реактивність симпатичної нервової системи підвищена. Зростання САТ у індійців з нормальним тиском може свідчити про відсутність адаптації до холодового стресу. Ці результати узгоджуються з даними авторів, які не виявили впливу гіпертонії або «позитивного» сімейного анамнезу у разі відповіді артеріального тиску на холодний стрес [5].

Пульсовий тиск не змінювався під час холодової проби. Але він відрізнявся між українцями з нормальним тиском та передгіпертонічним станом під час спокою ($P = 0,008$) та під час холодової стимуляції ($P = 0,013$), у африканців ($P = 0,029$) та арабів ($P = 0,018$) тільки в стані спокою. У індійців передгіпертонічний стан не впливав на пульсовий тиск. Добре відомо, що цей показник збільшується з віком, відображає жорсткість

стінки артерій та вважається сильним незалежним предиктором серцево-судинних ускладнень [17]. Таким чином, підвищена жорсткість артерій є причиною розвитку гіпертонії в українців, але не у індійців.

Вплив холодового стресу, етнічності та передгіпертонії на ЧСС. Слід відмітити, що під час холодового стресу спостерігався статистично значимий “головний” вплив холоду на ЧСС у українців ($P = 0,032$) та індійців ($P = 0,001$), проте аналіз “простих” ефектів показав, що вірогідне збільшення цього показника спостерігалось лише у разі з передгіпертонічного стану (рис. 2). Таким чином, у них одночасно підвищувався САТ, ДАТ та ЧСС, що може свідчити про значну активацію симпатичної нервової системи, та/або гіперреактивність серцево-судинної системи і недостатність барорефлекторної регуляції [21, 22]. ЧСС підвищилась у індійців з передгіпертонічним станом на $4,040 \pm 0,958$ хв⁻¹, що було більше порівняно зі значенням у арабів – $0,334 \pm 0,961$ хв⁻¹ ($P = 0,011$).

Вплив холодового стресу, етнічності та передгіпертонічного стану на потужність LF-спектра ВСР. Ми спостерігали статистично значимий “головний” вплив холоду на потужність LF-спектра ВСР у індійців ($P = 0,035$). Інтерпретація LF є більш суперечливою, ніж HF. Раніше було припущено, що потужність LF-ділянки, особливо виражена в нормалізованих одиницях, є маркером симпатичної модуляції або відображає як симпатичну, так і вагусну активність [2]. Але з останніх досліджень випливає, що потужність LF – це не показник симпатичного тону, а швидше барорефлекторної модуляції вегетативних впливів на функціональну активність серця [14, 15], можливо, тієї частки барорефлексу, що інгібує симпатичну нервову систему [16]. Тому наші результати можуть свідчити про підвищення барорефлекторної активності у індійців під час холодової проби. Проте аналіз “простих” ефектів показав, що збільшення

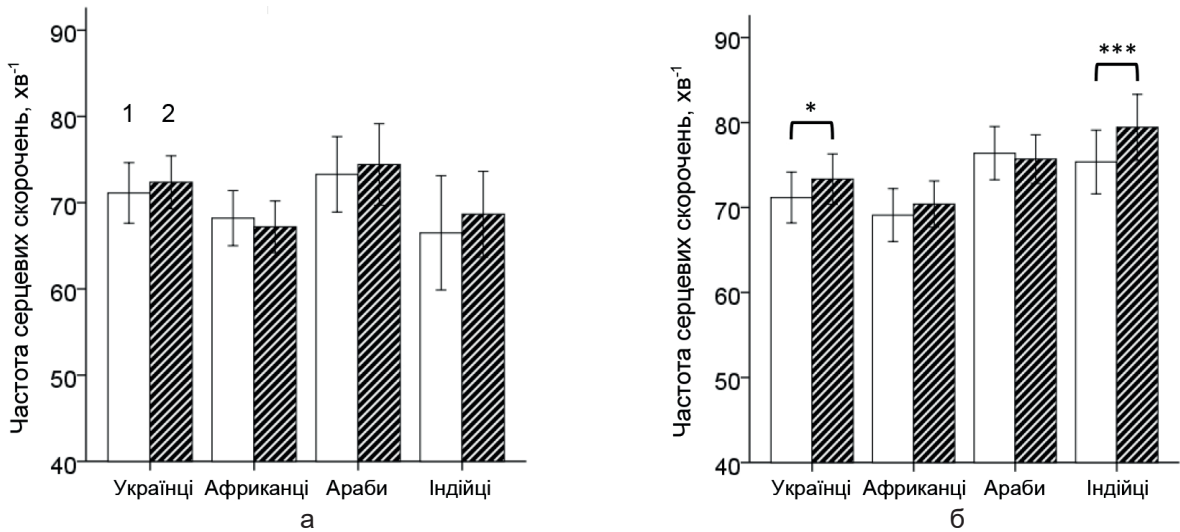


Рис. 2. Вплив етнічності на частоту серцевих скорочень у осіб з нормальним тиском (а) та передгіпертонічним станом (б). *P < 0,05, ***P < 0,001

LnLF не сягало статистично значущого рівня у індійців з нормальним тиском, ні з передгіпертонічним станом (рис. 3). Однак у нормотоніків цей показник мав тенденцію підвищуватися, що вказує на ймовірне підвищення барорефлекторної активності [21, 22]. Наші результати можуть пояснювати той факт, що, незважаючи на підвищення САТ і ДАТу індійців з нормальним тиском і передгіпертонічним станом, ЧСС зроста-

ла одночасно тільки у останніх внаслідок недосконалості барорефлекторної регуляції.

Вплив холодового стресу, етнічності та прегіпертонії на потужність HF-спектра ВСП. Цей показник зростав тільки у індійців (P = 0,009). Потужність низької частоти однозначно визнана мірою активності парасимпатичної нервової системи [2, 14, 15], а саме впливу *n. vagus* на роботу серця. Це може свідчити про підвищення

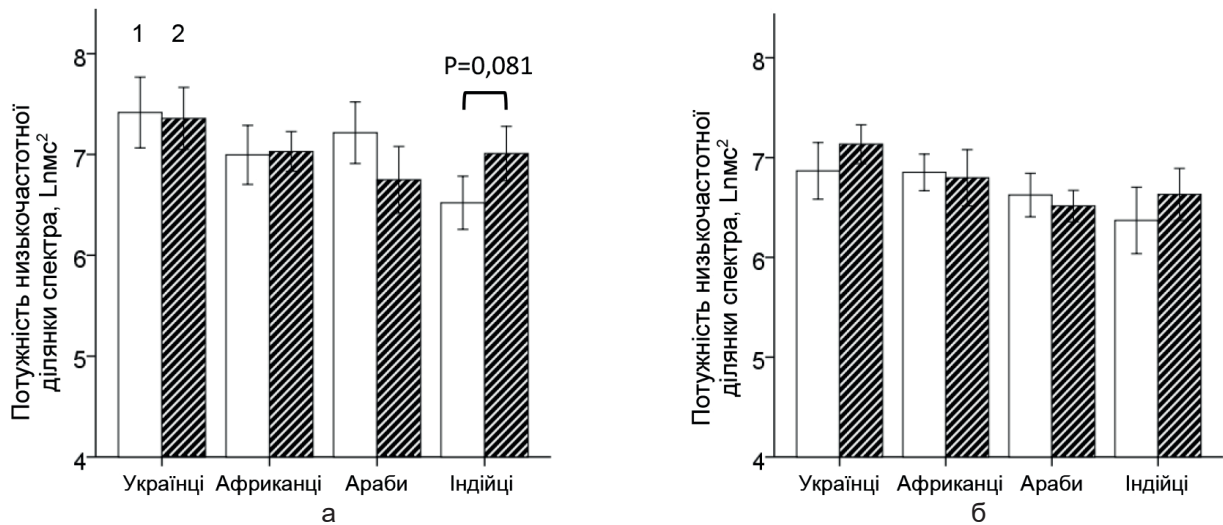


Рис. 3. Вплив етнічності на потужність низькочастотної ділянки спектра у осіб з нормальним тиском (а) та передгіпертонічним станом (б)

його впливу на функціональну активність серця у цієї категорії обстежених під час холодового стресу. Аналіз “простих” ефектів показав, що LnHF вірогідно підвищувався тільки у індійців з нормальним тиском (рис. 4), що може говорити про активацію парасимпатичної нервової системи під час холодового стресу та пояснювати відсутність збільшення ЧСС.

При використанні трибичного MANCOVA з повторними вимірюваннями та отримані міжгрупові відмінності не змінювалися, тому можна зробити висновок, що менший зріст індійців з передгіпертонічним станом порівняно з українцями не впливав на результат дослідження.

Таким чином, у українців та індійців з передгіпертонічним станом одночасно підвищувалися САТ, ДАТ та ЧСС. У африканців та арабів з передгіпертонічним станом не виявлено підвищення САТ і ДАТ під час холодової проби. У індійців з нормальним тиском LnLF мав тенденцію до підвищення, а LnHF достовірно підвищувався.

Дякуємо професору В.А. Бондаренко, який тонко і ретельно керував нашими науковими дослідженнями; колегам Р.Ф. Забродському,

Т.А. Чугай, А.Є. Жуйковій та О.В. В'язовській за технічну допомогу; студентам за їх бажання взяти участь у цьому дослідженні.

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.

В.Є. Шех, Г.Д. Дубина, Л.С. Щирова

ЭТНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА НА ХОЛОДОВУЮ СТИМУЛЯЦИЮ У СТУДЕНТОВ ИЗ РАЗНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН

Исследовали влияние холодового стресса на артериальное давление, частоту сердечных сокращений и вариабельность сердечного ритма (ВСР) у 80 юношей с нормальным давлением и прегипертоническим состоянием из разных географических зон: Украина, Западная Африка, арабские страны и Индия. Обнаружено, что при холодовой нагрузке систолическое, диастолическое давление и частота сердечных сокращений повышались одновременно только в прегипертоников украинцев и индийцев. Таким образом, у них значительно повышалась активность симпатической нервной системы и/или была гиперреактивность сердечно-

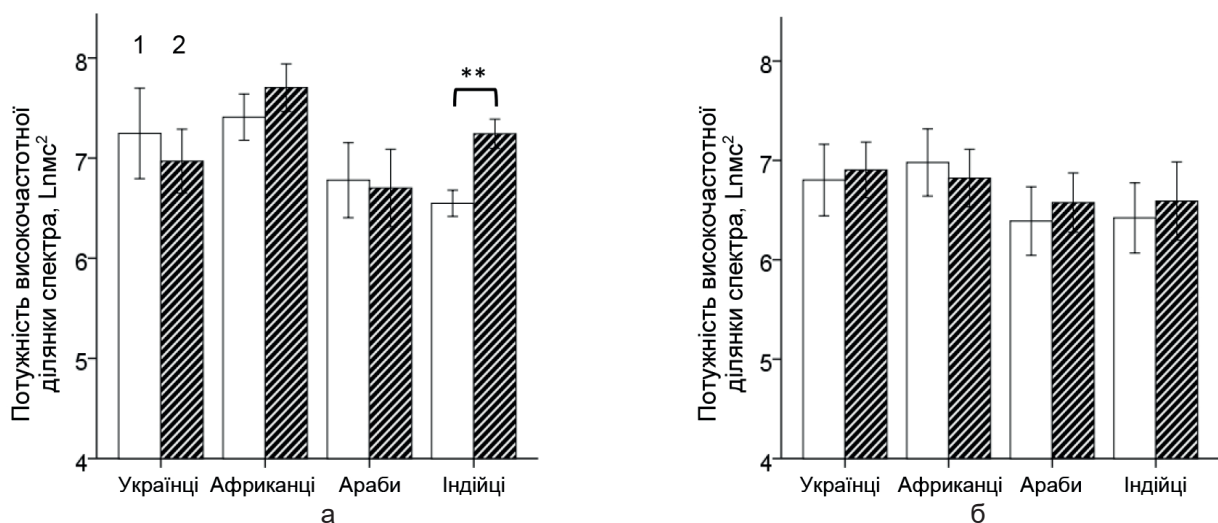


Рис. 4. Вплив етнічності на потужність високочастотної ділянки спектра у осіб з нормальним тиском (а) та передгіпертонічним станом (б). $**P < 0,01$

сосудистой системы и недостаточность барорефлекторной регуляции. У африканцев и арабов реакция сердечно-сосудистой системы и ВНС на холодовую стимуляцию не была статистически значимой, что может быть проявлением сниженной чувствительности холодových и болевых рецепторов либо угнетением иного звена рефлекторной регуляции сердечно-сосудистой системы. У индейцев с нормальным давлением высоко- и низкочастотная участки спектра ВСР увеличивались от $6,558 \pm 0,464$ и $6,518 \pm 0,382$ до $7,246 \pm 0,429$ и $7,005 \pm 0,322$ Lnms² соответственно. Это свидетельствует о росте активности парасимпатической нервной системы и о тенденции к повышению активности барорефлекса при холодовой стимуляции.

Ключевые слова: этнические особенности; сердечно-сосудистая система; вариабельность сердечного ритма; прегипертензия, холодовая стимуляция.

V.E. Shekh, G.D. Dubina, L.S. Shchyrova

ETHNIC DIFFERENCES OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM AND HEART RATE VARIABILITY REACTIVITY ON COLD STIMULATION IN STUDENTS FROM DIFFERENT GEOGRAPHIC REGIONS

The effect of cold stress on blood pressure, heart rate, and heart rate variability (HRV) was studied in 80 young men with normal pressure and prehypertensive status from different geographical areas: Ukraine, West Africa, Arab countries, and India. It was found that under cold stress systolic, diastolic pressure and heart rate increased simultaneously only in prehypertensive Ukrainians and Indians. Thus, they significantly increased the activity of the sympathetic nervous system and/or had hyperreactivity of the cardiovascular system and lack of baroreflex regulation. In Africans and Arabs, the response of the cardiovascular system and HRV to the cold pressor test were not statistically significant, which may be a manifestation of decreased sensitivity of cold and pain receptors or inhibition of another part of cardiovascular reflex regulation. In normotensive Indians the high- and low-frequency power of the HRV spectrum increased from 6.558 ± 0.464 and 6.518 ± 0.382 to 7.246 ± 0.429 and 7.005 ± 0.322 Lnms², respectively. This indicates an increase of the activity of parasympathetic nervous system and a tendency to increase the activity of baroreflex during the cold test.

Keywords: ethnic differences; cardiovascular system; heart rate variability; prehypertension, cold stimulation.

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv;
e-mail: vshekh@karazin.ua

REFERENCES

1. Schroeder EB, Liao D, Chambless LE, Prineas RJ, Evans GW, Heiss G. Hypertension, blood pressure, and heart rate variability: The atherosclerosis risk in communities

- (ARIC) study. *Hypertension*. 2003;42(6):1106-11.
2. Task force of the European society of cardiology, and the North American society of pacing and electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J*. 1996;17(3):354-81.
3. Chizh NA. Physiological interpretation of heart rate-variability spectral analysis data. *Fiziol Zh*. 2019;65(2):31-42.
4. Loyke HF. Cold pressor test as a predictor of the severity of hypertension. *South Med J*. 1995;88(3):300-4.
5. Murgan I, Beyer S, Kotliar KE, Weber L, Bechtold-Dalla Pozza S, Dalla Pozza R, Wegner A, Sitnikova D, Stock K, Heemann U, Schmaderer C, Baumann M. Arterial and retinal vascular changes in hypertensive and prehypertensive adolescents. *Am J Hypertens*. 2013;26(3):400-8.
6. Lambert EA, Schlaich MP. Reduced sympathoneural responses to the cold pressor test in individuals with essential hypertension and in those genetically predisposed to hypertension. No support for the "pressor reactor" hypothesis of hypertension development. *Am J Hypertens*. 2004;17(10):863-8.
7. Heffernan KS, Jae SY, Wilund KR, Woods JA, Fernhall B. Racial differences in central blood pressure and vascular function in young men. *Am J Physiol. Heart Circ Physiol*. 2008; 295(6):H2380-H87.
8. Jarvis SS, Shibata S, Okada Y, Levine BD, Fu Q. Neural-humoral responses during head-up tilt in healthy young white and black women. *Front Physiol*. 2014;5(86).
9. Lindhorst J, Alexander N, Bignaut J, Rayner B. Differences in hypertension between blacks and whites: an overview. *Cardiovasc J Afr*. 2007;18(4):241-7.
10. Tailakh A, Evangelista LS, Mentis JC, Pike NA, Phillips LR, Morisky DE. Hypertension prevalence, awareness, and control in Arab countries: A systematic review. *Nurs Health Sci*. 2014;16(1):126-30.
11. Agvemang C, Bhopal RS. Is the blood pressure of people from African origin adults in the UK higher or lower than that in European origin white people? A review of cross-sectional data. *J Hum Hypertens*. 2003;17(8):523-34.
12. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL Jr, Jones DW, Materson BJ, Oparil S, Wright JT Jr, Roccella EJ. National high blood pressure education program coordinating committee. The seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure: the JNC 7 report. *Hypertension*. 2003;42:1206-52.
13. Shekh VE, Ofoegbu EI-E, Adenuga EG, Shchyrova LS. Different LF and HF HRV responses to cold pressor test in normotensive and prehypertensive men. *BIOLOGIJA*. 2018;64(4):314-20.
14. Goldstein DS, Benthoo O, Park MY, Sharabi Y. LF power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. *Exp Physiol*. 2011;96(12):1255-61.
15. Heathers JA. Everything Hertz: methodological issues

- in short-term frequency-domain HRV. *Front Physiol.* 2014;5(177).
16. Shekh VE. LF HRV power as an index of sympathetic inhibition. *FASEB J.* 2018. 32(1). Suppl: lb460.
17. Kong MG, Kim H-L, Kim M-A, Kim M, Park SM, Yoon HJ, Shin MS, Hong K-S, Shin GJ, Shim W-J. Relationships between blood pressure measurements and target organ damage: Data from the Korea women's chest pain registry. *J Clin Hypertens.* 2018;20:1724-30.
18. Lovallo W. The cold pressor test and autonomic function: a review and integration. *Psychophysiology.* 1975;12(3):268-82.
19. Sayinalp S, Sözen T, Ozdoğan M. Cold pressor test in diabetic autonomic neuropathy. *Diabetes Res Clin Pract.* 1994;26(1):21-8.
20. Matthews KA, Katholi CR, McCreath H, Whooley MA, Williams DR, Zhu S, Markovitz JH. Blood pressure reactivity to psychological stress predicts hypertension in the CARDIA study. *Circulation.* 2004;110(1):74-8.
21. La Rovere MT, Pinna GD, Raczak G. Baroreflex sensitivity: measurement and clinical implications. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2008;13(2):191-207.
22. Sheiko NI, FeketaVP. Dynamics of indicators of heart rate variability under the influence of 10-day course of breathing gymnastics of "yoga" in young men. *Fiziol Zh.* 2019;65(5):28-32.

*Матеріал надійшов
до редакції 07.10.2019*