

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ КРОВООБИГУ В ОСІБ З РІЗНОЮ ТЕПЛОЧУТЛИВІСТЮ

©С. Н. Вадзюк, В. О. Гук

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України

РЕЗЮМЕ: Вступ. Однією із найактуальніших загроз людству є глобальна зміна клімату на планеті. Універсальним індикатором пристосувальної здатності організму людини до цієї зміни є функціональний стан серцево-судинної системи. Тому важливо оцінювати стан системи кровообігу для встановлення механізмів, що забезпечують високу терморезистентність.

Мета – встановити особливості центральної та периферійної гемодинаміки в осіб з різною теплочутливістю.

Матеріал і методи. Оцінку центрального та периферійного кровообігу в попередньо встановлених групах осіб із вищою та нижчою теплочутливістю проводили за допомогою комп'ютерного комплексу «Реоком» («НТЦ ХАІ-Медика», Харків, Україна) до та після короткочасного теплового впливу.

Результати. У групі осіб із нижчою теплочутливістю у вихідному стані у 20 % обстежуваних встановлено гіпокінетичний тип кровообігу, у 77 % – еукінетичний тип, і лише у 3 % – гіперкінетичний. Серед обстежуваних із вищою теплочутливістю більшість осіб була із гіперкінетичним типом кровообігу (52 %), а у решти встановлено еукінетичний тип (48 %). Короткочасний тепловий вплив у групі осіб із вищою теплочутливістю обумовлював тенденцію до збільшення хвилинного об'єму крові та величини серцевого викиду на фоні зниження периферійного опору. У групі осіб із нижчою теплочутливістю після короткочасного впливу тепла встановлено наступне: усі показники центральної гемодинаміки незначно знизилися, а загальний периферичний опір суттєво не змінився. В обстежуваних із вищою чутливістю до теплового фактора зміни периферійної гемодинаміки у вихідному стані характеризуються збільшенням артеріального кровонаповнення досліджуваних ділянок і нижчим тонусом судин, порівняно з особами із нижчою чутливістю до теплового фактора. Після короткочасного теплового впливу в них установлено менший тонус і вищу еластичність судин середнього і дрібного калібрів, а також посилене артеріальне кровонаповнення верхніх кінцівок. У групі осіб із нижчою теплочутливістю достовірної різниці між показниками периферійної гемодинаміки після короткочасного теплового впливу, порівняно із вихідними даними, не встановлено.

Висновки. Виявлені особливості центральної та периферійної гемодинаміки в осіб із вищою та нижчою теплочутливістю свідчать про те, що серцево-судинна система осіб із нижчою чутливістю до теплового фактора характеризується високою стійкістю та економічністю функціонування, не зважаючи на підвищення середньорічної температури навколишнього середовища. А в осіб із вищою теплочутливістю, в результаті високої енергозатратності і напруженості роботи системи кровообігу, швидше настане зрив адаптаційних процесів в умовах глобального потепління.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: вища теплочутливість; нижча теплочутливість; глобальне потепління; центральна гемодинаміка; периферійна гемодинаміка.

Вступ. Однією із найактуальніших загроз людству є глобальна зміна клімату на планеті [1]. Зокрема, за останні 30 років середньорічна температура в Україні збільшилася майже на 1,5 °C [2].

Вживання у таких умовах визначається адаптаційним потенціалом організму. Універсальним індикатором його пристосувальної здатності є функціональний стан серцево-судинної системи [3,4]. В умовах глобального потепління виникають передумови для зриву цих адаптаційних процесів, так як створюється підвищене навантаження на неї [5].

Крім того, ключовою, проте маловивченою функцією серцево-судинної системи є забезпечення терморегуляції. Перенесення тепла системою кровообігу є найважливішим шляхом теплообміну всередині організму людини [6]. Зміна кровотоку в шкірі людини при нагріванні є важливою для терморегуляції, а серцево-судинна система має вирішальне значення для підтримки температурного гомеостазу [7–9].

Науковці стверджують, що люди значно відрізняються за своєю реакцією на вплив довкілля, деякі вразливі більше, ніж інші. Такі індивідуальні відмінності в чутливості до дії навколишнього середовища підтверджуються численними дослідженнями [10, 11, 12]. Проте не знайдено даних про індивідуальну теплову чутливість у здорових людей.

Враховуючи вищесказане можна стверджувати, що сьогодні є надзвичайно актуальним вивчення стану системи кровообігу в здорових осіб із різною теплочутливістю для встановлення механізмів, які забезпечують високу терморезистентність.

Мета – встановити особливості центральної та периферійної гемодинаміки в осіб із різною теплочутливістю.

Матеріал і методи дослідження. Обстежуваних попередньо було поділено на дві групи – із вищою та нижчою теплочутливістю – на основі опитувальника «Рівні теплочутливості» (авторське

Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення свідоцтво № 115529 від 01.11.2022 р.), теплової проби та математичного аналізу серцевого ритму [13]. Із 150 студентів віком 17–20 років 56 віднесено до групи із вищою теплочутливістю, 94 – із нижчою чутливістю до тепла.

Оцінку центрального та периферійного кровообігу проводили за допомогою комп'ютерного комплексу «Реоком» («НТЦ ХАИ-Медика», Харків, Україна) до та після короточасного теплового впливу, який створювався за допомогою занурення обох кистей рук у ємності із водою, температура якої була 45°C, на 5 хвилин.

Для оцінки центральної гемодинаміки проводилася тетраполярна трансторакальна реографія (за методикою Kubichek W.) [14]. Визначали такі показники, як частота серцевих скорочень (ЧСС, уд/хв), ударний об'єм крові (УО, мл), хвилинний об'єм кровообігу (ХОК, л/хв), ударний індекс (УІ, мл/м²), серцевий індекс (СІ, л/хв/м²), загальний периферичний опір (ЗПО, дин·с/см⁻⁵), питомий периферичний опір (ППО, дин·с/см⁻⁵), робота лівого шлуночка (РЛШ, кг·м), індекс роботи лівого шлуночка (ІРЛШ, кг·м/м²), потужність лівого шлуночка (ПЛШ, ват). Аускультативно визначали значення систолічного і діастолічного артеріального тиску (САТ, ДАТ, мм рт. ст.).

Згідно з отриманими даними проводилося встановлення типу кровообігу за співвідношенням СІ і ЗПО. При цьому виділяють три типи кровообігу: еу- (СІ і ЗПО в межах норми), гіпер- (СІ > і ЗПО < норми) і гіпокінетичний (СІ < і ЗПО > норми) [15].

Периферійну гемодинаміку на верхніх кінцівках оцінювали за такими показниками, як амплітуда систолічної хвилі (Ом); амплітуда діастолічної хвилі (Ом); максимальна швидкість кровонаповнення (Ом/с); час швидкого кровонаповнення (с);

час повільного кровонаповнення (с); середня швидкість повільного кровонаповнення, Ом/с; тонус великих артерій, ум. од.; тонус середніх і дрібних артерій, ум. од. Аналіз параметрів реовазограми проводили за часовими, амплітудними та інтегральними показниками.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою програм «Microsoft Excel» та «Statistica 12». Для порівняння достовірності відмінностей двох вибірок використовували непараметричну статистику (ранговий критерій Манна–Уїтні).

Під час проведення дослідження дотримувалися біоетичних стандартів в Україні та світі (протокол засідання Комісії з біоетики Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського № 72 від 6 січня 2023 р.).

Результати й обговорення. У вихідному стані в обстежуваних із вищою теплочутливістю, порівняно із особами з нижчою теплочутливістю, переважають значення таких показників центральної гемодинаміки, як: ЧСС (p<0,05), ХОК (p<0,05), УІ (p<0,05), СІ (p<0,05), РЛШ (p<0,05), але показники ЗПО і ППО – нижчі (p<0,05). Тобто в групі осіб із вищою чутливістю до тепла бачимо інтенсивнішу діяльність серця. При цьому в цій групі обстежуваних у 29 осіб виявлено гіперкінетичний тип кровообігу, що складає 52 %, а у 27 – еукінетичний (48 %). Серед осіб із нижчою теплочутливістю у вихідному стані у 20 % випадків був гіпокінетичний тип кровообігу, у 77 % - еукінетичний, і лише у 3 % – гіперкінетичний тип (рис. 1, табл. 1).

Таким чином, в осіб із вищою чутливістю до тепла у вихідному стані переважає гіперкінетичний тип кровообігу, для якого характерною є робота серця в найменш економному режимі, і, від-

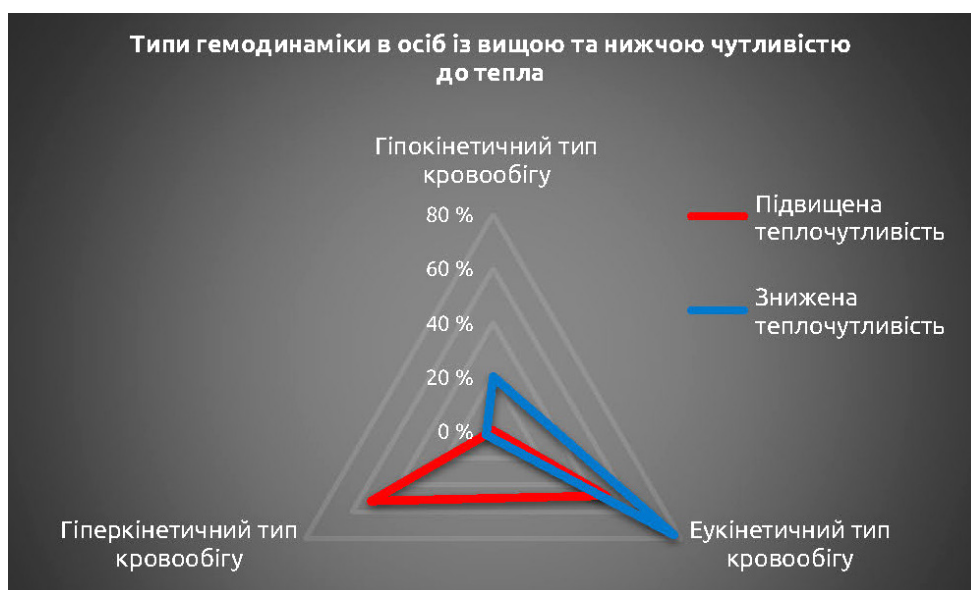


Рис. 1. Типи кровообігу у вихідному стані в обстежуваних молодого віку з різними рівнями теплочутливості.

Таблиця 1. Показники центральної гемодинаміки в осіб із вищою та нижчою теплочутливістю до та після короткочасного теплового впливу.

Показники гемодинаміки, М±м	Вища теплочутливість (n=56)		Нижча теплочутливість (n=94)	
	до теплового впливу	після теплового впливу	до теплового впливу	після теплового впливу
САТ, мм рт. ст	121,4±2,26	120,2±3,15	122,5±1,08	120,4±2,06
ДАТ, мм рт. ст	82,6±2,02	81,5±1,05	83,5±0,99	82,5±2,24
ЧСС, уд/хв	91,2±1,13	98,4±3,26***	83,6±2,08*	77,3±3,62** ***
УО, мл	69,6±1,67	71,2±2,14	63,4±0,86	60,2±1,05**
ХОК, л/хв	5,75±0,14	5,94±1,05	4,88±0,12*	4,75±0,62**
УІ, мл/м ²	42,8±1,04	44±2,24	36,3±0,89*	34,2±1,12**
СІ, л/хв/м ²	3,35±0,08	3,98±1,52	2,91±0,08*	2,65±0,43**
ЗПО, дин·с/см ⁻⁵	1124,5±60,2	1108,6±50,8	1490,2±56,4*	1502,4±42,4**
ППО, дин·с/см ⁻⁵	1843,5±45,7	1792,5±51,3	2253,6±72,1*	2298,5±42,1**
РЛШ, кг·м	7,02±0,28	7,45±0,23	6,01±0,31*	5,71±0,42**
ІРЛШ, кг·м/м ²	4,13±0,07	4,29±0,15	3,53±0,11	3,15±0,13**
ПЛШ, ват	3,98±0,18	4,07±0,11	3,24±0,09	3,02±0,14**

Примітка. * – $p < 0,05$ при порівнянні показників центральної гемодинаміки до теплового навантаження у групі осіб із нижчою теплочутливістю із вихідними даними у групі обстежуваних із вищою чутливістю до тепла; ** – $p < 0,05$ при порівнянні показників центральної гемодинаміки після теплового навантаження у групі обстежуваних із нижчою теплочутливістю із групою осіб із вищою чутливістю до тепла; *** – $p < 0,05$ при порівнянні показників центральної гемодинаміки до та після теплового впливу в осіб із вищою та нижчою теплочутливістю.

повідно, вузькі межі компенсаторних можливостей системи кровообігу [16]. Напруження в роботі серця в осіб із гіперкінетичним типом також підтверджується виявленими високими значеннями частоти серцевих скорочень. Згідно з попередніми дослідженнями [13], в обстежуваних із вищою теплочутливістю переважає вплив на діяльність серця симпатoadреналової системи, що обумовлює інтенсивність у роботі серця.

У 20 % осіб із нижчою теплочутливістю встановлено гіпокінетичний тип кровообігу, що вказує на досить економну роботу серця і відповідно свідчить про збереження достатньої кількості ресурсів для адекватного реагування на тепловий стрес [16, 17].

Більшість у групі з нижчою теплочутливістю (77 %) становлять особи з еукінетичним типом кровообігу. Цей тип займає проміжне положення між гіпокінетичним і гіперкінетичним типами кровообігу, і є гемодинамічно найоптимальнішим. Особи з еукінетичним типом мають достатні резерви серця і необхідний для підтримки нормального функціонального стану організму адаптаційний потенціал [16].

Короткочасний тепловий вплив у групі обстежуваних із вищою теплочутливістю обумовлював тенденцію до збільшення показників центральної гемодинаміки, а ЗПО та ППО незначно знижувалися. У групі осіб із нижчою теплочутливістю при цьому встановлено тенденцію до зниження усіх показників центральної гемодинаміки, а загальний і питомих периферійні опори дещо зросли (див. табл. 1). Це свідчить про те, що в обстежу-

ваних із вищою теплочутливістю навіть короткочасний вплив тепла викликає посилення інтенсивності серцевої діяльності, в результаті чого швидко може настати дезадаптація, а в осіб із нижчою – зміни показників вказують на високу стійкість функціонування системи кровообігу і достатній адаптаційний потенціал.

У осіб із вищою теплочутливістю та еукінетичним типом кровообігу (див. табл. 2) після короткочасного теплового впливу достовірно збільшилися ЧСС і СІ ($p < 0,05$) і незначно збільшилися УО, УІ, ХОК, РЛШ, ІРЛШ, ПЛШ та дещо зменшилися ЗПО і ППО, проте достовірної різниці між цими показниками і вихідними даними не встановлено ($p > 0,05$). Це свідчить про певне зростання інтенсивності в роботі серця. Можливо, що тривалий вплив тепла у цих осіб сприятиме переходу гемодинаміки на більш напружений режим функціонування.

При порівнянні показників центральної гемодинаміки в обстежуваних із вищою теплочутливістю та гіперкінетичним типом кровообігу до та після короткочасного впливу тепла можна побачити достовірне зростання ЧСС та УІ ($p < 0,05$) та незначне зростання УО, СІ, ХОК, РЛШ, ІРЛШ, ПЛШ на фоні майже незмінних периферійного та питомого опору судин. Тому, можливо, у цих осіб за умови тривалих теплових впливів є більша ймовірність настання зриву адаптаційних процесів.

У групі обстежуваних із нижчою теплочутливістю після теплового впливу спостерігається зростання кількості осіб із гіпокінетичним типом кровообігу до 23,4 %. Це відбулося внаслідок зміни еукінетичного типу кровообігу. Показники

Таблиця 2. Показники центральної гемодинаміки в осіб із вищою та нижчою теплочутливістю та різними типами кровообігу до і після короткочасного теплового впливу

Показники центральної гемодинаміки, М±м	Вища теплочутливість (n=56)					Нижча теплочутливість (n=94)				
	еукінетичний тип		гіперкінетичний тип		гіпокінетичний тип		еукінетичний тип		гіперкінетичний тип	
	до впливу тепла (n=27)	після впливу тепла (n=27)	до впливу тепла (n=29)	після впливу тепла (n=29)	до впливу тепла (n=19)	після впливу тепла (n=22)	до впливу тепла (n=72)	після впливу тепла (n=70)	до впливу тепла (n=3)	після впливу тепла (n=2)
САТ, мм рт. ст	120,5±1,68	121,1±1,99	128,4±1,99	126,2±1,49	115±2,88	114,3±1,32	117,3±0,81	115,5±0,39	125,1±1,22	125,6±1,67
ДАТ, мм рт. ст	77,9±1,43	78,4±1,22	87,3±2,07	85,3±1,06	80±4,08	79,2±2,13	82,2±0,83	80,4±1,05	88,3±1,15	87,3±0,67
ЧСС, уд/хв	88,6±0,98	94,6±1,35*	90,8±2,66	98,3±2,15*	71,7±2,17	68,3±3,12	84,9±1,55	77,5±1,21*,**	91,2±1,89	90,3±1,23
УО, мл	62,7±1,36	63,4±1,29	74,4±1,15	78,4±1,23	58,6±1,28	57,2±1,15	61,9±0,74	58,3±1,06	70,9±0,65	69,3±0,91
ХОК, л/хв	5,14±0,07	5,54±0,89	6,16±0,12	6,76±0,26	3,98±0,13	3,57±0,19	5,01±0,05	4,77±0,56**	5,6±0,38	5,2±0,45
Уі, мл/м²	38,4±0,61	40,2±0,91	44,2±0,73	48,2±0,56*	30,23±0,88	29,21±1,02	37,2±0,64	36,6±0,82	40,5±2,58	40,8±1,34
Сі, л/хв/м²	2,98±0,06	3,21±0,39*	3,85±0,01	3,98±0,07	2,18±0,08	2,02±0,67	2,97±0,04	2,67±0,84	3,8±0,8	3,7±1,5
ЗПО, дин·с/см ⁻⁵	1253,2±26,1	1204,3±13,1	1096,7±20,1	1092,5±15,2	1939±65,1	1989±43,2	1286±26,3	1295,1±45,6	1143±6,5	1185±4,1
ППО, дин·с/см ⁻⁵	1943,4±28,9	1905,1±52,3	1825,4±42,8	1815,3±34,2	2523,4±61,7	2582,3±40,1	1985,2±21,8	2003,8±34,1	1885,8±51,9	1924,4±42,2
РЛШ, кг·м	6,78±0,22	6,95±0,45	7,05±0,31	7,42±0,29	6,03±0,27	5,81±0,52	6,62±0,15	6,51±0,38	6,98±0,46	6,87±0,12
ІРЛШ, кг·м/м²	4,02±0,31	4,18±0,21	4,22±0,12	4,45±0,17	3,62±0,19	3,09±0,15	3,89±0,32	3,55±0,26	4,05±0,42	3,92±0,19
ПЛШ, ват	3,68±0,28	3,92±0,34	3,99±0,12	4,11±0,23	3,32±0,19	3,11±0,17	3,57±0,21	3,21±0,18	4,01±0,35	3,92±0,22

Примітка. * – $p < 0,05$ при порівнянні показників центральної гемодинаміки до та після теплового впливу в обстежуваних із вищою та нижчою теплочутливістю і різними типами кровообігу; ** – $p < 0,05$ при порівнянні показників центральної гемодинаміки після короткочасного теплового впливу в осіб із еукінетичним типом кровообігу та вищою і нижчою теплочутливістю.

центральної гемодинаміки в обстежуваних із гіпокінетичним типом після короткочасного впливу тепла не зазнали суттєвих змін.

Показники центральної гемодинаміки осіб із еукінетичним типом кровообігу після короткочасного впливу тепла характеризувалися достовірним зниженням ЧСС ($p < 0,05$) на фоні незначних змін інших показників центральної гемодинаміки.

У одного обстежуваного із 3, що були у вихідному стані з гіперкінетичним типом кровообігу, після короткочасного впливу тепла гемодинаміка змінилася на еукінетичний тип. Таким чином бачимо, що в обстежуваних із групи з нижчою теплочутливістю короткочасний тепловий вплив не викликав суттєвої зміни роботи серцево-судинної системи, вона продовжувала стабільно функціонувати в економному режимі, тобто її діяльність характеризується значним адаптаційним потенціалом.

Якщо порівнювати показники центральної гемодинаміки в осіб із еукінетичним типом кро-

вообігу та вищою і нижчою теплочутливістю, то можна побачити, що не зважаючи на однакові типи кровообігу, показники роботи серцево-судинної системи в цих осіб дещо відрізняються. Встановлено тенденцію до підвищення серцевого викиду та більшу напруженість роботи серцево-судинної системи в обстежуваних із вищою теплочутливістю до тепла, а ЗПО і ППО у них дещо нижчі. Порівнюючи реакцію на короткочасний тепловий вплив у осіб обох груп з еукінетичним типом кровообігу, бачимо, що в обстежуваних із нижчою теплочутливістю достовірно нижчі ЧСС та ХОК. Тобто система кровообігу в обстежуваних із еукінетичним типом кровообігу і вищою теплочутливістю, порівняно з нижчою, в певній мірі все ж функціонує більш напружено, в результаті чого швидше може настати дезадаптація.

При дослідженні периферійної гемодинаміки в обстежуваних із вищою та нижчою теплочутливістю до та після короткочасного теплового впливу встановлено її зміни, показані в таблиці 3.

Таблиця 3. Показники периферійної гемодинаміки в обстежуваних із вищою та нижчою теплочутливістю до та після короткочасного теплового впливу

Показники периферійної гемодинаміки, М±m	Вища теплочутливість (n=56)		Нижча теплочутливість (n=94)	
	до теплового впливу	після теплового впливу	до теплового впливу	після теплового впливу
Амплітуда систолічної хвилі, Ом	1,135±0,05	1,151±0,02***	1,129±0,03	1,124±0,05
Амплітуда діастолічної хвилі, Ом	0,048±0,01	0,042±0,03	0,055±0,02	0,062±0,04
Максимальна швидкість кровонаповнення, Ом/с	1,21±0,24	1,29±0,22	1,18±0,16	1,12±0,21
Час швидкого кровонаповнення, с	0,053±0,08	0,058±0,03	0,041±0,04*	0,038±0,01**
Час повільного кровонаповнення, с	0,065±0,02	0,053±0,01***	0,069±0,04	0,072±0,06
Середня швидкість повільного кровонаповнення, Ом/с	0,527±0,21	0,534±0,18	0,503±0,34*	0,498±0,22
Тонус великих артерій, ум. од.	0,98±0,41	0,91±0,39	1,12±0,56	1,19±0,31**
Тонус середніх і дрібних артерій, ум. од.	0,398±0,15	0,388±0,09	0,408±0,27	0,413±0,19

Примітка. * – p<0,05 при порівнянні вихідних даних в обстежуваних із нижчою і вищою чутливістю до тепла; ** – p<0,05 при порівнянні даних після теплового впливу в обстежуваних із нижчою і вищою чутливістю до тепла; *** – p<0,05 при порівнянні даних після теплового впливу, порівняно із вихідними показниками, в групах із вищою та нижчою теплочутливістю.

В осіб із вищою теплочутливістю у вихідному стані, порівняно із нижчою, встановлено переважання часу швидкого кровонаповнення і середньої швидкості повільного кровонаповнення. Час швидкого кровонаповнення відображає функціональний стан магістральних судин і його значення узгоджується із встановленим зростанням ударного об'єму крові та посиленням серцевої діяльності. Переважання середньої швидкості повільного кровонаповнення в осіб із вищою теплочутливістю, порівняно із нижчою, свідчить про більшу в них еластичність артерій середнього калібру. Після короткочасного теплового впливу в осіб із вищою теплочутливістю встановлено

збільшення амплітуди систолічної хвилі, що свідчить про зростання ударного об'єму крові та зниження тону магістральних судин, і, відповідно, посилення артеріального кровонаповнення обстежуваних ділянок верхніх кінцівок. При цьому також спостерігалось зменшення часу повільного кровонаповнення, що підтверджує нижчий тонус артерій середнього і дрібного калібру.

Короткочасний тепловий вплив не викликав суттєвої зміни периферійної гемодинаміки в обстежуваних із нижчою чутливістю до тепла, що свідчить про достатню стійкість системи кровообігу.

Аналізуючи дані, вказані в таблиці 4, бачимо, що в осіб із вищою теплочутливістю та еукінетич-

Таблиця 4. Показники периферійної гемодинаміки в осіб із вищою та нижчою теплочутливістю і різними типами кровообігу до та після короткочасного теплового впливу

Показники периферійної гемодинаміки, М±m	Вища теплочутливість				Нижча теплочутливість			
	еукінетичний тип кровообігу		гіперкінетичний тип кровообігу		гіпокінетичний тип кровообігу		еукінетичний тип кровообігу	
	до теплового впливу (n=27)	після теплового впливу (n=27)	до теплового впливу (n=29)	після теплового впливу (n=29)	до теплового впливу (n=19)	після теплового впливу (n=22)	до теплового впливу (n=72)	після теплового впливу (n=70)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Амплітуда систолічної хвилі, Ом	1,136±0,04	1,139±0,08	1,142±0,07	1,157±0,04*	1,105±0,07	1,099±0,02	1,134±0,06	1,130±0,02
Амплітуда діастолічної хвилі, Ом	0,057±0,07	0,048±0,04*	0,053±0,03	0,047±0,05	0,055±0,05	0,061±0,07	0,049±0,05	0,053±0,08

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Максимальна швидкість кровонаповнення, Ом/с	1,19±0,25	1,28±0,16	1,23±0,19	1,31±0,16	1,16±0,21	1,09±0,13	1,23±0,32	1,17±0,13***
Час швидкого кровонаповнення, с	0,051±0,06	0,056±0,03	0,061±0,04	0,065±0,02	0,041±0,05	0,036±0,03	0,049±0,05	0,044±0,07
Час повільного кровонаповнення, с	0,083±0,07	0,074±0,02	0,077±0,04	0,064±0,03*	0,080±0,06	0,086±0,03	0,077±0,05	0,083±0,03
Середня швидкість повільного кровонаповнення, Ом/с	0,526±0,11	0,535±0,19*	0,531±0,19	0,539±0,22	0,501±0,16	0,493±0,14	0,505±0,12**	0,498±0,18***
Тонус великих артерій, ум. од.	0,108±0,13	0,101±0,16	0,99±0,23	0,92±0,31	1,07±0,35	1,13±0,22	0,98±0,11	0,103±0,21
Тонус середніх і дрібних артерій, ум. од.	0,388±0,14	0,384±0,17	0,368±0,11	0,357±0,15	0,412±0,18	0,419±0,26	0,394±0,21	0,399±0,18

Примітка: * – $p < 0,05$ при порівнянні показників периферійної гемодинаміки до та після теплового впливу в осіб із вищою та нижчою теплочутливістю і різними типами гемодинаміки; ** – $p < 0,05$ при порівнянні вихідних даних осіб із еукінетичним типом кровообігу з вищою та нижчою теплочутливістю; *** – $p < 0,05$ при порівнянні даних після короткочасного теплового впливу в осіб із еукінетичним типом кровообігу та вищою і нижчою теплочутливістю.

ним типом кровообігу після теплового впливу, порівняно із вихідними даними, вища середня швидкість повільного кровонаповнення, що вказує на більшу еластичність артерій середнього калібру, а нижчий показник амплітуди діастолічної хвилі – про швидший відтік крові з досліджуваних ділянок верхніх кінцівок.

В обстежуваних із вищою чутливістю до тепла та гіперкінетичним типом кровообігу, після впливу тепла, порівняно із вихідними даними, встановлено менший час повільного кровонаповнення, що свідчить про зниження тонузу і зростання еластичності судин середнього і дрібного калібрів, а також більший показник амплітуди систолічної хвилі, що вказує на посилене артеріальне кровонаповнення верхніх кінцівок.

У групі обстежуваних із нижчою теплочутливістю достовірної різниці між показниками периферійної гемодинаміки в осіб із гіпокінетичним і еукінетичним типом кровообігу після короткочасного теплового впливу, порівняно із вихідними даними, не встановлено.

Отже, згідно з отриманими даними реографії можна стверджувати, що в осіб із нижчою

теплочутливістю система кровообігу стабільно функціонує в економному режимі, а короткочасний тепловий вплив не викликає значних змін у її роботі, що свідчить до достатній адаптаційні можливості. В обстежуваних із вищою чутливістю до теплового фактора периферійна гемодинаміка характеризується збільшенням артеріального кровонаповнення досліджуваних ділянок внаслідок нижчого тонузу судин. Це узгоджується з інтенсивною діяльністю серця.

Як встановлено, основною причиною летальних випадків під час теплових хвиль, одного з проявів глобального потепління, є серцево-судинні розлади [18–20]. Тому є підстави прогнозувати, що в осіб із вищою теплочутливістю в умовах сучасних кліматичних змін, в роботі системи кровообігу зрив адаптаційних процесів настане швидше.

Система кровообігу в осіб з нижчою теплочутливістю характеризується меншою інтенсивністю та більшою стійкістю діяльності, що дозволить довше зберігати належний функціональний стан.

Висновки. 1. Універсальним індикатором адаптаційних можливостей організму людини в умовах глобального потепління є функціональний

Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення стан серцево-судинної системи. Висока стійкість функціонування системи кровообігу встановлює механізми, що забезпечують достатню терморезистентність.

2. У групі осіб із нижчою теплочутливістю у вихідному стані у 20 % обстежуваних встановлено гіпокінетичний тип кровообігу, у 77 % – еукінетичний тип, і лише у 3 % – гіперкінетичний. Серед обстежуваних із вищою теплочутливістю більшість осіб із гіперкінетичним типом кровообігу (52 %), а у решти встановлено еукінетичний тип (48 %).

3. Короткочасний тепловий вплив у групі обстежуваних із вищою теплочутливістю обумовлював тенденцію до збільшення хвилинного об'єму крові та величини серцевого викиду на фоні зниження периферійного опору. У групі осіб із нижчою теплочутливістю після короткочасного впливу тепла встановлено наступне: усі показники центральної гемодинаміки незначно знизилися, а загальний периферичний опір суттєво не змінився.

4. В обстежуваних із вищою чутливістю до теплового фактора зміни периферійної гемодинаміки у вихідному стані характеризуються збіль-

шенням артеріального кровонаповнення досліджуваних ділянок і нижчим тонусом судин, порівняно з особами з нижчою чутливістю до теплового фактора. Після короткочасного теплового впливу в них встановлено менший тонус і вищу еластичність судин середнього і дрібного калібрів, а також посилене артеріальне кровонаповнення верхніх кінцівок.

5. У групі обстежуваних із нижчою теплочутливістю достовірної різниці між показниками периферійної гемодинаміки після короткочасного теплового впливу, порівняно із вихідними даними, не встановлено.

6. Встановлені особливості центральної та периферійної гемодинаміки в осіб із вищою та нижчою теплочутливістю свідчать про те, що серцево-судинна система осіб із нижчою чутливістю до теплового фактора характеризується високою стійкістю та економією функціонування, не зважаючи на підвищення середньорічної температури навколишнього середовища. А в осіб із вищою теплочутливістю в результаті високої енергозатратності і напруженості роботи системи кровообігу швидше настане зрив адаптаційних процесів в умовах глобального потепління.

ЛІТЕРАТУРА

1. IPCC: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani [et al.] // Cambridge University Press. – 2021. In Press. Access mode: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>.

2. Copernicus Climate Change Service / European State of the Climate 2020. – 2020. <https://climate.copernicus.eu/esotc/2020>

3. Баевский Р. М. Прогнозирование состояния на грани нормы и патологии / Р. М. Баевский. – М.: Медицина, 2001. – С. 118.

4. Глазков Е. О. Адаптивні можливості серцево-судинної системи організму студентів у процесі навчання у вищому навчальному закладі / Е. О. Глазков // Буковинський медичний вісник. – 2013. – Т. 17, № 2 (66). – С. 25–28.

5. Bein T. Climate change, global warming, and intensive care / T. Bein, C. Karagiannidis, M. Quintel // Intensive Care Medicine. – 2020. – Vol. 46 (3). – P. 485–487. DOI: 10.1007/s00134-019-05888-4.

6. González-Alonso J. Human thermoregulation and the cardiovascular system / J. González-Alonso // Experimental Physiology. – 2012. – Vol. 97. – P. 340–346.

7. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans / N. Charkoudian // J. Appl. Physiol. – 2010. – Vol. 109. – P. 1221–1228

8. Lim C. L. Fundamental Concepts of Human Thermoregulation and Adaptation to Heat: A Review in the Context of

Global Warming / C. L. Lim // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2020. – Vol. 17. – P. 7795. DOI: 10.3390/ijerph17217795.

9. Miles Marchand. The Cardiovascular System in Heat Stroke / Marchand Miles, Gin Kenneth // CJC Open. – 2022. – Vol. 4 (2). – P. 158–163. DOI: 10.1016/j.cjco.2021.10.002.

10. Pluess M. Individual Differences in Environmental Sensitivity / M. Pluess // Child Development Perspectives. – 2015. – Vol. 9 (3). – P. 138–143. DOI: 10.1111/cdep.12120.

11. Obradovic J. Individual differences in behavioral, physiological, and genetic sensitivities to contexts: implications for development and adaptation / J. Obradovic, W. T. Boyce. // Developmental Neuroscience. – 2009. – Vol. 31 (4). – P. 300–308.

12. People Differ in their Sensitivity to the Environment: An Integrated Theory and Empirical Evidence / M. Pluess, F. Lionetti, E. N. Aron, A. Aron // PsyArXiv. – 2020. DOI: 10.31234/osf.io/w53yc.

13. Prognostic criteria for the selection of individuals with different heat sensitivity / S. N. Vadzyuk, T. V. Kharkovska, V. O. Huk [et al.] // Wiadomosci Lekarskie (Warsaw, Poland, 1960). – 2022. – Vol. 275 (5, pt. 2). – P. 1370–1375. DOI: 10.36740/WLek202205225.

14. Kubichek W. Development and evaluation of an impedance cardio output system / W. Kubichek. // Aerospace Med. – 1994. – Vol. 37. – P. 1208–1212.

15. Гончарук М. Д. К методике определения типов центральной гемодинамики / М. Д. Гончарук // Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу Києво-Могилянська академія]. Серія: Техногенна безпека. – 2014. – № 238, Вип. 226. – С. 40–44.

Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення

16. Гончаренко М. С. Дослідження адаптаційних можливостей та фрактальних характеристик кардіоритму студентів Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна з різними типами кровообігу / М. С. Гончаренко, Т. М. Чикало // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: біологія. – 2011. – С. 170–175.

17. Крючко І. О. Дослідження функціонального стану серцево-судинної системи організму людини / І. О. Крючко, Л. І. Петросян, Й. І. Стенцель // Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля; Сєвєродонецька багатoproфільна лікарня. – С. 97–102.

18. Circulatory failure among hospitalizations for heatstroke in the United States / T. Bathini, C. Thongprayoon, T. Petnak [et al.]. // *Medicines (Basel)*. – 2020. – Vol. 7. – P. 32.

19. Elevation of cardiac troponin I during non-exertional heat-related illnesses in the context of a heatwave / P. Hausfater, B. Doumenc, S. Chopin [et al.]. // *Crit. Care*. – 2010. – Vol. 14. – P. 99.

20. Stress-induced cardiomyopathy caused by heat stroke / W. T. Chen, C. H. Lin, M. H. Hsieh [et al.]. // *Ann. Emerg. Med.* – 2012. – Vol. 60 (63). – P. 6.

REFERENCES

1. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., & Pirani, A. (2021). IPCC: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press*. Retrieved from: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>.

2. European State of the Climate 2020. (2020). Copernicus Climate Change Service. Retrieved from: <https://climate.copernicus.eu/esotc/2020>.

3. Baevskiy, R.M. (2001). *Prognozirovaniye sostoyaniya na grani normy i patologii [Forecasting the state on the verge of norm and pathology]*. Moscow: Meditsyna [in Russian].

4. Glazkov, E.O. (2013). Adaptativni mozhyvosti sercevo-sudynnoyi systemy organizmu studentiv u procesi navchannya u vyshhomu navchalnomu zakladi [Adaptive capabilities of the cardiovascular system of the body of students in the process of studying at a higher educational institution]. *Bukovynskiy medychnyj visnyk. – Bukovyna Medical Herald*, 17, 2(66), 25-28 [in Ukrainian].

5. Bein, T., Karagiannidis, C., & Quintel, M. (2020). Climate Change, Global Warming, and Intensive Care. *Intensive Care Medicine*, 46, 485-487. DOI: 10.1007/s00134-019-05888-4.

6. González-Alonso, J. (2012). Human thermoregulation and the cardiovascular system. *Experimental Physiology*, 97, 340-346.

7. Charkoudian, N. (2010). Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J. Appl. Physiol.*, 109, 1221-1228. Retrieved from: <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00298.2010>.

8. Lim, C.L (2020). Fundamental Concepts of Human Thermoregulation and Adaptation to Heat: A Review in the Context of Global Warming. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 7795. DOI: 10.3390/ijerph17217795.

9. Miles, Marchand, & Kenneth, Gin (2022). The Cardiovascular System in Heat Stroke. *CJC Open*, 4(2), 158-163. DOI: 10.1016/j.cjco.2021.10.002.

10. Pluess, M. (2015). Individual Differences in Environmental Sensitivity. *Child Development Perspectives*, 9(3), 138-143. DOI: 10.1111/cdep.12120.

11. Obradovic, J., & Boyce, W.T. (2009). Individual differences in behavioral, physiological, and genetic sensitivi-

ties to contexts: implications for development and adaptation. *Developmental Neuroscience*, 31(4), 300-308.

12. Pluess, Michael, Lionetti, Francesca, Aron, Elaine, & Aron, Arthur (2020). People Differ in their Sensitivity to the Environment: An Integrated Theory and Empirical Evidence. *PsyArXiv*. DOI: 10.31234/osf.io/w53yc.

13. Vadzyuk, S.N., Kharkovska, T.V., Huk, V.O., Dzhyvak, V.H., Papinko, I. Y., & Nikitina, I.M. (2022). Prognostic criteria for the selection of individuals with different heat sensitivity. *Wiadomosci Lekarskie (Warsaw, Poland: 1960)*, 75(5, 2), 1370-1375. DOI: 10.36740/WLek202205225.

14. Kubichek, W. (1994). Development and evaluation of an impedance cardio output system. *Aerospace Med.*, 37, 1208-1212.

15. Goncharuk, M.D. (2014). K metodyke opredeleniyya tipov centralnoj gemodynamiky [To the method of determining the types of central hemodynamics]. *Naukovi praci Chornomorskogo derzhavnogo universytetu imeni Petra Mohyly kompleksu Kyievo-Mogylyanska akademiya. Seriya: Texnogenna bezpeka. – Scientific works of the Petro Mohyla Black Sea State University of the Kyiv-Mohyla Academy Complex. Series: Man-made safety*, 238, 226, 40-44 [in Ukrainian].

16. Goncharenko, M.S., & Chykalo, T.M. (2011). Doslidzhennya adaptaciiynykh mozhyvostei ta fraktalnykh kharakterystyk kardiorytmu studentiv Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina z riznyimi typamy krovoobihu [Study of adaptive capabilities and fractal characteristics of the cardiorythm of students of Kharkiv National University named after V. N. Karazin with different types of blood circulation]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya: biolohiya. – Bulletin of Kharkiv National University named after V. N. Karazin. Series: biology*, 170-175 [in Ukrainian].

17. Kryuchko I.O., Petrosyan L.I. & Stencil J.I. Doslidzhennya funktsionalnoho stanu sertsevo-sudynnoyi systemy organizmu lyudyny. [Study of the functional state of the cardiovascular system of the human body]. *Skhidnoukrayinskyi natsionalnyi universytet imeni Volodymyra Dalya, Sieverodonetska bahatoprofilna likarnya – Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl. Severodonetsk multidisciplinary hospital*, 97-102 [in Ukrainian].

18. Bathini, T., Thongprayoon, C., & Petnak, T. (2020). Circulatory failure among hospitalizations for heatstroke in the United States. *Medicines (Basel)*, 7, 32.

Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення

19. Hausfater, P., Doumenc, B., & Chopin, S. (2010). Elevation of cardiac troponin I during non-exertional heat-related illnesses in the context of a heatwave. *Crit. Care*, 14, 99.

20. Chen, W.T., Lin, C.H., Hsieh, M.H., Huang, C.Y., & Yeh, J.S. (2012). Stress-induced cardiomyopathy caused by heat stroke. *Ann. Emerg. Med.*, 60, 63-66.

FEATURES OF THE CIRCULATORY SYSTEM IN PEOPLE WITH DIFFERENT HEAT SENSITIVITY

©S. N. Vadzyuk, V. O. Huk

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University

SUMMARY. One of the most urgent threats to humanity is global climate change on the planet. A universal indicator of the adaptive capacity of the human body to this change is the functional state of the cardiovascular system. Therefore, it is important to assess the state of the circulatory system in order to establish mechanisms that ensure high thermal resistance.

The aim – to establish the peculiarities of central and peripheral hemodynamics in people with different heat sensitivity.

Material and Methods. Assessment of central and peripheral blood circulation in pre-established groups of persons with higher and lower heat sensitivity was carried out with the help of the computer complex "Reokom" (NTC HAI-Medyka, Kharkiv, Ukraine) before and after short-term heat exposure.

Results. In the group of people with lower heat sensitivity in the initial state, hypokinetic type of blood circulation was established in 20 % of examinees, eukinetic type in 77 %, and hyperkinetic type in only 3 %. Among the examinees with higher heat sensitivity, the majority of people have a hyperkinetic type of blood circulation (52 %), and the rest have a eukinetic type (48 %). Short-term heat exposure in the group of people with higher heat sensitivity led to a tendency to increase the minute blood volume and cardiac output against the background of a decrease in peripheral resistance. In the group of people with lower thermal sensitivity after short-term exposure to heat, the following was established: all indicators of central hemodynamics slightly decreased, and the total peripheral resistance did not change significantly. In subjects with a higher sensitivity to the heat factor, changes in peripheral hemodynamics in the initial state are characterized by an increase in arterial blood filling of the studied areas and lower vascular tone, compared to individuals with a lower sensitivity to the heat factor. After short-term heat, they have a lower tone and higher elasticity of vessels of medium and small caliber, as well as increased arterial blood filling of the upper extremities. In the group of people with lower heat sensitivity, no significant difference between the indicators of peripheral hemodynamics after short-term heat exposure, compared to the initial data, was established.

Conclusions. The established features of central and peripheral hemodynamics in people with higher and lower heat sensitivity indicate that the cardiovascular system of people with lower sensitivity to the heat factor is characterized by high stability and economy of functioning, regardless of the increase in the average annual temperature of the environment. And in people with higher heat sensitivity, as a result of high energy consumption and tension of the blood circulation system, adaptation processes will sooner fail in the conditions of global warming.

KEY WORDS: higher heat sensitivity; lower heat sensitivity; global warming; central hemodynamics; peripheral hemodynamics.

Отримано 10.03.2023

Електронна адреса для листування: huk_vo@tdmu.edu.ua