

Дослідження кількісних характеристик пульсової хвилі артеріального тиску і їх кореляційних зв'язків у різних відділах артеріальної системи

Книшов Г.В., Руденко К.В., Настенко Є.А., Шаповалова В.В., Буркот О.М.,
Носовець О.К., Шардукова Ю.В.

ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН» (Київ)

Представлено перші результати дослідження компенсаторної ролі артеріальної системи при хронічній недостатності кровообігу (ХНК). Показано, що у хворих із ХНК відзначаються високі і статистично значущі кореляції периферичного артеріального тиску з тиском, який вимірюється в референтній зоні – ліве плече, порівняно з групою здорових осіб. Крім того, у хворих із серцевою недостатністю спостерігалось більш виражене підвищення середнього артеріального тиску, яке може бути пов'язане з компенсаторною роллю вазомоторики артеріальної системи. Отримані кореляційні характеристики можуть бути використані як кількісні оцінки ступеня напруження компенсаторних реакцій при серцевій недостатності.

Ключові слова: *хронічна недостатність кровообігу.*

На початку минулого століття М.В. Яновським було створено теорію «периферично-го серця» [1]. Теорія дістала розвитку в роботах його учнів і знайшла додаткове підтвердження після відкриття NO-продукуючої функції ендотелію [2]. Сутність теорії полягала в тому, що артеріальна система здійснює перистальтико-подібні рухи, синхронізовані із скороченнями серця. Це забезпечує зниження енерговитрат серця на переміщення крові і суттєво знижує його необхідну потужність. За останні роки з'явилися роботи, присвячені компенсаторній ролі судинорухової функції артеріальної системи при недостатності кровообігу [2, 6]. Дослідження цих явищ у хворих із недостатністю кровообігу є цікавим для отримання кількісних оцінок ступеня напруження компенсаторних реакцій артеріальної системи.

Метою даної роботи було дослідження кількісних характеристик пульсової хвилі тиску в різних ділянках артеріальної системи людини, їх взаємозв'язку з недостатністю кровообігу і ступенем напруженості компенсаторних механізмів організму.

Гіпотеза полягала в тому, що при серцевій недостатності компенсаторну роль відіграють механізми периферичного серця, які знаходять відображення у змінах кількісних і кореляційних характеристик пульсової хвилі тиску в різних ділянках артеріальної системи.

Матеріал і методи дослідження. Для дослідження було використано дані вимірювань артеріального тиску (АТ) у практично здорових осіб $n=38$ віком 25–59 років (перша група) та осіб із хронічною (серцевою) недостатністю (кровообігу) другого ступеня і вище (ХНК ≥ 2) $n=89$ віком 36–61 роки (друга група), проведені у ДУ «НІССХ ім. М.М. Амосова».

Виміри проводилися одноразово, цифровими тонометрами UA-787. Виміри проводилися в стані спокою, в положенні лежачи, в таких позиціях: плече ліве і праве, зап'ястя ліве і праве, стегно ліве і праве, гомілка ліва і права.

Обробка даних проводилася засобами Microsoft Excel v. 2010. та пакету програм статистичної обробки даних IBM SPSS Statistics, v. 19.

Обчислювалися кореляційні зв'язки між зазначеними показниками, і розраховувалися рівняння лінійної регресії.

Результати та обговорення. В якості референтних були обрані вимірювання артеріального тиску на лівому плечі. По відношенню до них обчислювалися коефіцієнти кореляції, їх статистична значущість та параметри лінійної регресії артеріального тиску в інших ділянках артеріальної системи. Коефіцієнти кореляції показників систолічного тиску (АТс) і параметри лінійної регресії наведено в табл. 1 і на рис. 1.

Таблиця 1

Кореляції систолічного артеріального тиску у здорових осіб і хворих із хронічною недостатністю кровообігу (ХНК ≥ 2)

Група	Місце вимірювання (артеріальний тиск систолічний)	Показники регресії	R ²	R	p
Здорові особи	Праве стегно	$y = 0,1913x + 98,693$	0,0315	0,177482	NS
	Права голімка	$y = 0,0701x + 118,95$	0,0015	0,03873	NS
	Праве плече	$y = 0,8103x + 17,891$	0,5433	0,737089	0
	Праве зап'ястя	$y = 0,1266x + 103,25$	0,0109	0,104403	NS
	Ліве стегно	$y = 0,3416x + 84,784$	0,1207	0,347419	0,03
	Ліва голімка	$y = 0,0676x + 118,41$	0,0012	0,034641	NS
	Ліве зап'ястя	$y = 0,0438x + 110,64$	0,0012	0,034641	NS
Пацієнти з ХНК ≥ 2	Праве стегно	$y = 0,5718x + 61,568$	0,2956	0,543691	0
	Права голімка	$y = 0,5203x + 66,03$	0,1565	0,395601	0
	Праве плече	$y = 0,6715x + 35,645$	0,6262	0,791328	0
	Праве зап'ястя	$y = 0,6943x + 39,402$	0,3616	0,601332	0
	Ліве стегно	$y = 0,7841x + 36,973$	0,491	0,700714	0
	Ліва голімка	$y = 0,5855x + 63,094$	0,1662	0,407676	0,001
	Ліве зап'ястя	$y = 0,7197x + 36,633$	0,4061	0,63726	0

Порівняння величин коефіцієнтів кореляції та їх статистичної значущості показало, що кореляції систолічного артеріального тиску в периферичних ділянках артеріальної системи у хворих із ХНК були істотно вищі, ніж у здорових. Крім того, позитивні кореляції свідчать про збільшення тиску в напрямку від серця до периферичних ділянок артеріальної системи. Це добре видно при графічному відображенні даних табл. 1 на рис. 1. Ліві (затемнені) стовпчики – коефіцієнти кореляції у хворих із ХНК, праві (світлі) стовпчики – коефіцієнти кореляції у здорових осіб.

Найвагоміші кореляції систолічного артеріального тиску з референтним спостереженням були в найбільш віддалених точках виміру – на стегнах та голімках (рис. 1).

Графіки взаємозв'язків показників систолічного (АТс) та діастолічного (АТд) тиску на лівому і правому стегні з відповідними показниками АТ у референтній точці (ліве плече – ПЛ) представлено на рис. 2, 3.

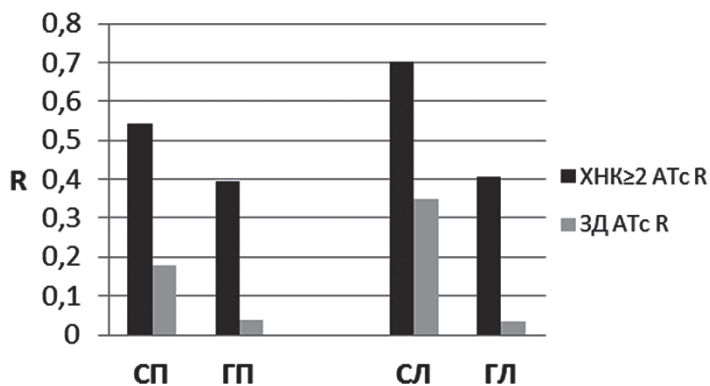


Рис. 1. Коефіцієнти кореляції референтного (ліве плече) систолічного артеріального тиску і систолічного тиску в периферичних ділянках артеріальної системи у здорових осіб та хворих із ХНК ≥ 2

Позначення: СП – стегно праве; ГП – голітка права; СЛ – стегно ліве; ГЛ – голітка ліва

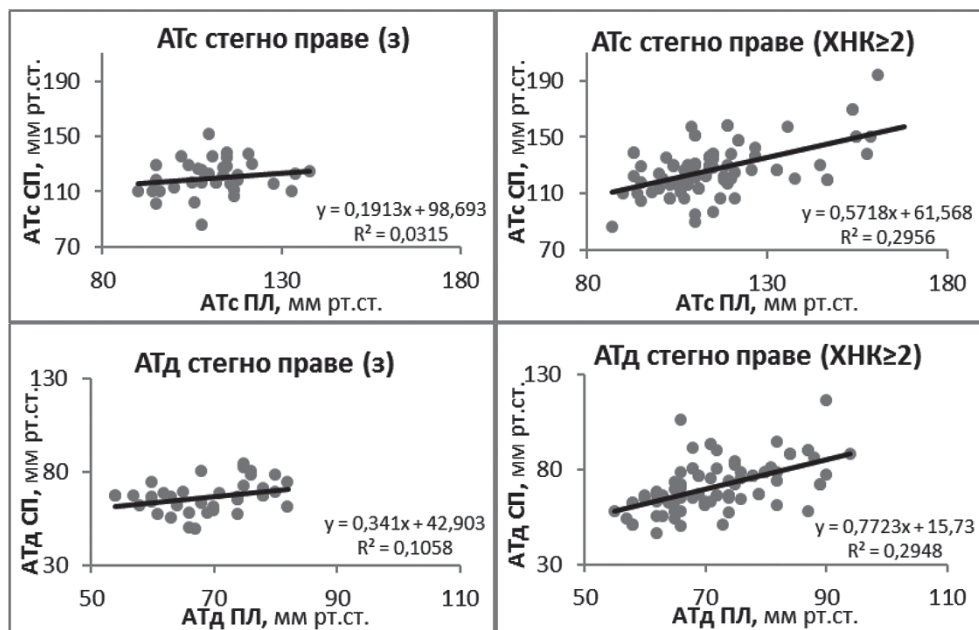


Рис. 2. Кореляція артеріального тиску «плече ліве (АТс, д ПЛ) – стегно праве (АТс, д СП)» у здорових осіб та хворих із ХНК ≥ 2

Як показують графіки, кореляція систолічного та діастолічного АТ на правому стегні (СП) з АТ у референтній зоні (плече ліве – ПЛ) у хворих із ХНК була приблизно в 3 рази вища, ніж у здорових осіб (рис. 2).

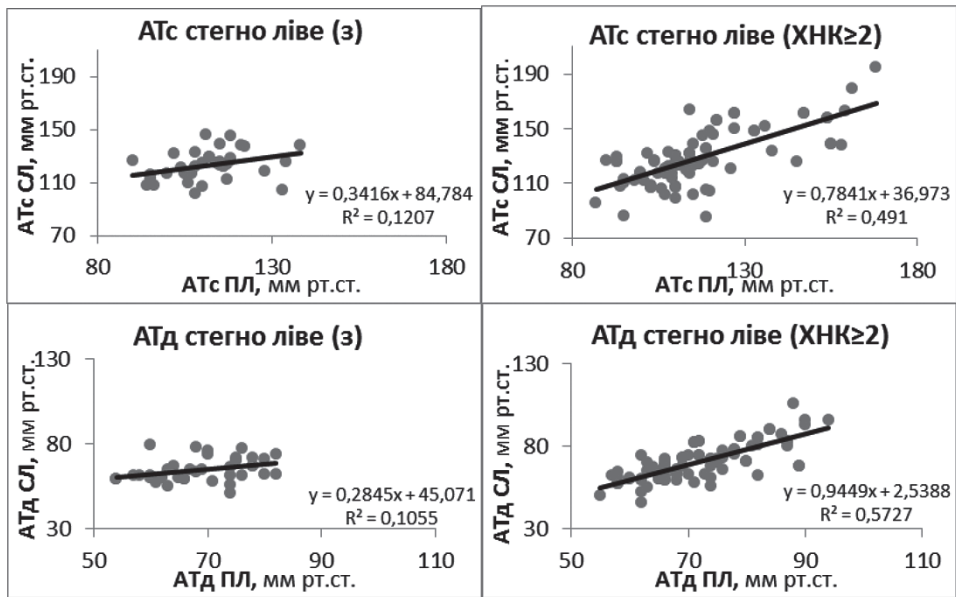


Рис. 3. Кореляція артеріального тиску «плече ліве (АТс, д ПЛ) – стегно ліве (АТс, д СЛ)» у здорових осіб (з) та хворих із ХНК ≥ 2

Аналогічні кореляційні закономірності спостерігалися й для АТ, що виміряли на лівому стегні (СЛ), тобто в точці, дещо менш віддаленій від серця, ніж на правому (рис. 3). При цьому коефіцієнти кореляції були дещо вищими, ніж для правого стегна.

Кореляційні зв'язки діастолічного артеріального тиску в референтній позиції (ліве плече) і периферичних ділянках артеріальної системи наведено в табл. 2.

Статистична значущість кореляційних зв'язків АТ у хворих із ХНК була більш високою, ніж у здорових осіб (табл. 1, 2).

В цілому у хворих із ХНК відзначається така закономірність: чим далі від серця розташована позиція вимірювання (стегно, гомілка), тим більшою є позитивна кореляція тиску, який вимірювався в цій точці, з тиском, що вимірювався на лівому плечі (референтна точка) (рис. 1–4).

Отримані результати можуть свідчити про активацію судинорухових механізмів артеріальної системи, що грають компенсаторну роль «периферичного серця» і проявляються в більш тісній їх синхронізації зі скороченнями серця. При серцевій недостатності це сприяє зниженню енерговитрат на переміщення крові.

Другим етапом дослідження було вивчення кількісних характеристик АТ у різних відділах артеріальної системи, які можуть узгоджуватися або не узгоджуватися з результатами, що описані вище.

Оскільки закон розподілу даних відповідав нормальному, ми використовували параметричні критерії для їх статистичного порівняння. Кількісні характеристики систолічного і діастолічного АТ у різних ділянках артеріальної системи наведено в табл. 3.

Зміни артеріального тиску на руках порівняно з лівим плечем інтересу не становили. Тому ми нанесли на графік середні показники АТ на нижніх кінцівках (рис. 5).

Кореляції діастолічного артеріального тиску у здорових осіб та хворих із хронічною недостатністю кровообігу (ХНК ≥ 2)

Група	Місце вимірювання (артеріальний тиск діастолічний)	Показник регресії	R ²	R	p
Здорові особи	Праве стегно	$y = 0,341x + 42,903$	0,1058	0,325269	0,04
	Права голімка	$y = 0,2885x + 54,109$	0,0515	0,226936	NS
	Праве плече	$y = 0,6317x + 23,804$	0,3672	0,60597	0
	Праве зап'ястя	$y = 0,7534x + 24,18$	0,2492	0,499199	0,001
	Ліве стегно	$y = 0,2845x + 45,071$	0,1055	0,324808	0,04
	Ліва голімка	$y = 0,8789x + 11,291$	0,3972	0,630238	0
	Ліве зап'ястя	$y = 1,1525x - 6,3848$	0,3791	0,615711	0
Пацієнти з ХНК ≥ 2	Праве стегно	$y = 0,7723x + 15,73$	0,2948	0,542955	0
	Права голімка	$y = 0,6108x + 29,226$	0,2608	0,510686	0
	Праве плече	$y = 0,7241x + 17,758$	0,4473	0,668805	0
	Праве зап'ястя	$y = 0,4788x + 42,612$	0,14	0,374166	0,001
	Ліве стегно	$y = 0,9449x + 2,5388$	0,5727	0,756769	0
	Ліва голімка	$y = 0,7688x + 19,151$	0,4188	0,647148	0
	Ліве зап'ястя	$y = 0,5616x + 35,341$	0,2136	0,462169	0

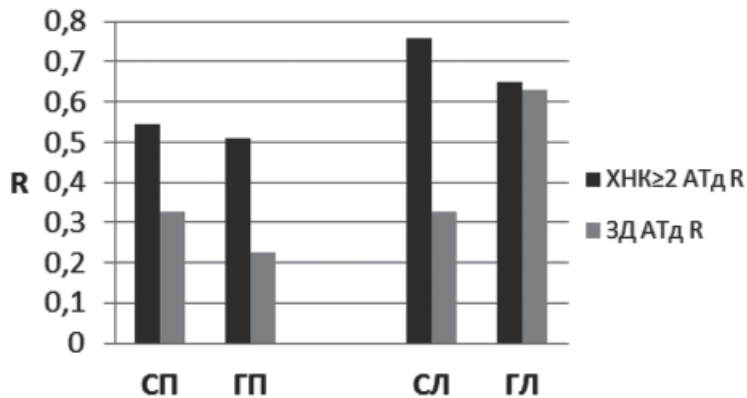


Рис. 4. Коефіцієнти кореляції референтного (ліве плече) діастолічного артеріального тиску та діастолічного тиску на периферичних ділянках артеріальної системи у здорових осіб та хворих із ХНК ≥ 2 .

СП – стегно праве; ГП – голімка права; СЛ – стегно ліве; ГЛ – голімка ліва

Середні значення та стандартні відхилення систолічного (АТс) та діастолічного (АТд) тиску в периферичних відділах артеріальної системи у здорових осіб та хворих із ХНК ≥ 2

Показники	Здорові особи	ХНК ≥ 2	Показники	Здорові особи	ХНК ≥ 2
	М (SD)	М (SD)		М (SD)	М (SD)
АТс ПЛ	112 (11)	116 (18)	АТд ПЛ	69 (8,1)	72 (9,4)
АТс СП	120 (12)*	128 (18)*	АТд СП	67 (8,0)	72 (13)
АТс ГП	127 (21)*	127 (24)*	АТд ГП	74 (10)*	74 (11)
АТс ПП	108 (12)*	114 (15)*	АТд ПП	68 (8,1)	70 (10)*
АТс ЗП	117 (14)*	121 (21)	АТд ЗП	76 (12)*	77 (12)*
АТс СЛ	123 (11)*	129 (20)*	АТд СЛ	65 (7,0)*	71 (12)
АТс ГЛ	127 (22)*	132 (26)*	АТд ГЛ	72 (11)*	75 (12)*
АТс ЗЛ	116 (14)	121 (20)	АТд ЗЛ	73 (15)*	76 (11)*

* відмінність показника порівняно з референтною точкою (АТс, д ПЛ) є статистично значимою ($p < 0,05... 0,01$)

Як і очікувалося, і у здорових, і у хворих із ХНК систолічний АТ (АТс) істотно збільшувався від серця до периферії. Для діастолічного АТ (АТд) такої тенденції не спостерігалося, діастолічний тиск був приблизно однаковим у всіх точках вимірювання.

Аналогічні представленим у попередній таблиці тенденціям зміни від серця до периферичних відділів артеріальної системи спостерігалися також для середньодинамічного та пульсового АТ.

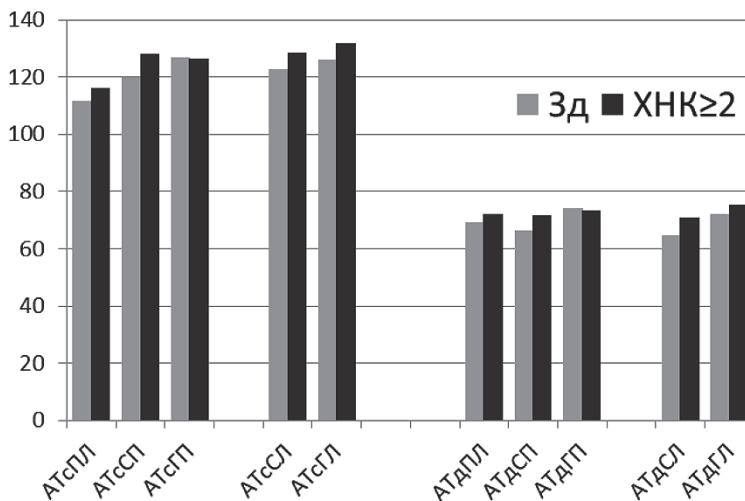


Рис. 5. Середні показники систолічного та діастолічного АТ у референтній точці, на стегнах і на гомілках

Показники	Здорові особи	ХНК ≥ 2	Показники	Здорові особи	ХНК ≥ 2
	М (SD)	М (SD)		М (SD)	М (SD)
АТсрПЛ	83 (8)	87 (12)	АТпПЛ	42 (11)	46 (22)
АТсрСП	84 (9)	90 (14)	АТпСП	54 (10)	56 (13)
АТсрГП	92 (12)	91 (14)	АТпГП	53 (17)	53 (20)
АТсрПП	81 (8)	85 (10)	АТпПП	41 (11)	44 (14)
АТсрЗП	90 (12)	92 (14)	АТпЗП	41 (9)	43 (14)
АТсрСЛ	84 (7)	90 (13)	АТпСЛ	58 (10)	58 (16)
АТсрГЛ	90 (12)	94 (14)	АТпГЛ	54 (21)	56 (23)
АТсрЗЛ	87 (14)	90 (14)	АТпЗЛ	42 (11)	47 (22)

Як показано на рис. 6, має місце деяке збільшення середньодинамічного тиску від референтної точки до стегон і гомілок. Причому ця тенденція є більш вираженою при ХНК. Це добре узгоджується з результатами аналізу кореляційних зв'язків АД, що описано вище.

Вважається загальноприйнятим, що збільшення пульсової хвилі АТ від серця до периферії артеріальної системи не змінює показника середнього АТ. В іншому випадку прирощення середньодинамічного АТ в напрямку периферичних відділів артеріальної системи може говорити про наявність додаткового («судинорухового») джерела енергії для переміщення крові. Про збільшення середнього АТ від серця до периферичних відділів артеріальної системи мають місце згадки в роботах [4, 5]. Автори досліджень [1, 6] наводять експериментальні підтвердження цього факту.

На нашу думку, локальна компенсація енерговитрат на переміщення крові може відбуватися і без додаткового джерела «судинорухової» енергії і, відповідно, без збіль-

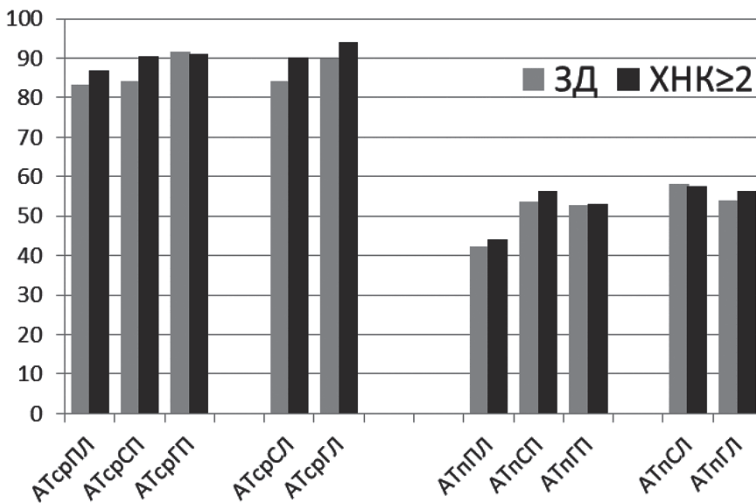


Рис. 6. Співвідношення середньодинамічного та пульсового АТ у референтній точці і на нижніх кінцівках

шення середнього артеріального тиску. Виділення ендотелієм NO може спричиняти локальне розслаблення гладких м'язів артеріальної стінки, створюючи локальний ефект всмоктування – підштовхування крові. Така перистальтична хвиля може переміщуватися від серця до периферії, істотно знижуючи опір артерії за рахунок локального збільшення – зменшення її просвіту. На користь цього припущення свідчить час існування вільного NO порівняно з часом вигнання крові в аорту. Однак це питання потребує додаткових досліджень, у тому числі із застосуванням математичного моделювання.

Отримані в даному дослідженні кореляційні характеристики артеріального тиску можуть бути використані як кількісні оцінки ступеня напруження компенсаторних механізмів при серцевій недостатності.

Висновки. У групі з недостатністю кровообігу (ХНК ≥ 2) коефіцієнти кореляції систолічного та діастолічного тиску в найбільш віддалених позиціях від референтної (ліве плече) статистично значуще ($p < 0,05 \dots 0,001$) і суттєво за показником (в 1,5... 3 рази) перевищували такі в групі здорових осіб.

Цей ефект був тим більш вираженим, чим далі від референтної позиції перебувала точка вимірювання артеріального тиску.

Значення систолічного, діастолічного, середнього артеріального тиску були близькі між собою. Однак відзначалася виражена тенденція їх збільшення в міру віддалення точки вимірювання від серця до периферії.

І у здорових, і у хворих з ХНК ≥ 2 показники АТ істотно збільшувалися від серця до периферії.

Є підстави вважати, що обчислені коефіцієнти кореляції можуть бути використані в якості кількісної оцінки ступеня напруженості компенсаторних механізмів т. з. «периферичного серця» при моніторингу або при багаторазових вимірах периферичного артеріального тиску в окремих хворих із серцевою недостатністю.

Отримані результати знаходяться у відповідності з принципами теорії «периферичного серця» та його компенсаторною роллю при недостатності кровообігу [1, 3, 6], однак потребують подальшого вивчення та уточнення.

Література

1. Обрезан А. Г., Шункевич Т. Н. Теория «периферического сердца» профессора М. В. Яновского: классические и современные представления // Вестн. С-Пб. унив. – 2008. – Сер. 11. – Вып. 3. – С. 14–23.
2. Каде А. Х., Занин С.А., Губарева Е.А., Туровая А.Ю., Богданова Ю.А., Апсалямова С. О., Мерзлякова С. Н. Физиологические функции сосудистого эндотелия // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 11. – С. 611–617.
3. Недостаточность кровообращения против сердечной недостаточности: развитие теории периферического сердца / Шуленин С.Н. и др. // Новые С-Пб. врачебные ведомости. – 2005. – № 2. – С. 15–19.
4. Каро К., Педли Т., Шротер Р., Сид У. Механика кровообращения: Пер. с англ. / Под ред. С. А. Регирера, В. М. Хаютина. – М. : Мир, 1981. – 624 с.
5. Савицкий Н. Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. – Л. : Медицина, 1974. – 311 с.
6. Бархатов Е. Ю., Долгих В. Т. О двигательной функции артериальной стенки, потенцирующей внешнюю работу сердца // <http://www.ic.omskreg.ru/~metabolism/sb97/barhat1.htm>

Исследование количественных характеристик пульсовой волны артериального давления и их корреляционных связей в различных отделах артериальной системы

Кнышов Г.В., Руденко К.В., Настенко Е.А., Шаповалова В.В., Буркот А.Н., Носовец Е.К., Шардукова Ю.В.

Представлены первые результаты исследования компенсаторной роли артериальной системы при хронической недостаточности кровообращения (ХНК). Показано, что у больных с ХНК отмечаются высокие и статистически значимые корреляции периферического артериального давления с давлением, измеренным в референтной зоне — левое плечо, по сравнению с группой здоровых лиц. Кроме того, у больных с сердечной недостаточностью наблюдалось более выраженное повышение среднего артериального давления, которое может быть связано с компенсаторной ролью вазомоторики артериальной системы. Полученные корреляционные характеристики могут быть использованы в качестве количественных оценок степени напряжения компенсаторных реакций при сердечной недостаточности.

Ключевые слова: *хроническая недостаточность кровообращения.*

Investigation of Quantitative Characteristics of Arterial Pressure Pulse Wave and their Correlation Links in Different Parts of Arterial System

Knyshev G.V., Rudenko K.V., Nastenko Ie.A., Shapovalova V.V., Burkot O.M., Nosovets O.K., Shardukova Yu.V.

The first results of the research work of the arterial system's compensatory role at congestive heart failure (CHF) have been presented. It has been shown that patients with CHF have higher and statistically significant correlations of peripheral arterial pressure with measured pressure in the reference area (left shoulder) than in healthy persons. Moreover, more significant increase of mean arterial pressure have been observed in patients with CHF, which may be associated with the compensatory role of vazomotions in arterial system. The resulting correlation characteristics can be used as quantitative estimates of the compensatory responses at heart failure.

Key words: *congestive heart failure.*