

**Abstract****Baiduja O.***KU "Central Hospital of Ordzhonikidze district"**24, Heroes of Stalingrad St.,**Zaporizhzhya, 69095, Ukraine***VISCO-ELASTIC PROPERTIES OF BLOOD VESSELS AND ENDOTHELIAL FUNCTION IN PATIENTS WITH ESSENTIAL HYPERTENSION OF II STAGE**

**Purpose:** to determine the visco-elastic properties of blood vessels and endothelial function and their relationship in patients with essential hypertension (EH) of II stage.

**Materials and methods.** The study enrolled 150 patients with average age  $51,6 \pm 10,9$  years. The main group consisted of patients with EH of II stage. The control group consisted of 30 healthy individuals of comparable age.

**Discussion.** It was determined that in patients with II stage of EH there were significant changes in the visco-elastic properties of arterial vessels of musculo-elastic and muscular type. This was manifested in increased tone of large, medium and small arteries and reduced slow fast blood flow and in them. These changes prevailed in the shoulder and the internal carotid artery basin with advantage in the last one.

The direct dependence of these changes in the vessels from blood pressure level with advantage in the grade 3 of hypertension was revealed. Similar changes were observed in parameters of pulse wave velocity.

Using compressive brachial artery hyperaemia we determined that significant changes of endothelial function took place already in patients with the grade 1 of arterial hypertension. Such changes were depended from the degree of blood pressure elevation and have its maximum significant changes in subjects with grade 3 of arterial hypertension. Correlation between parameters of visco-elastic properties of arterial vessels and endothelial dysfunction confirms important pathogenic role of the last one in the development and progression of remodelling process and process of blood flow disturbances in vessels at the II stage of hypertension.

**Keywords:** visco-elastic properties of blood vessels, endothelial dysfunction, essential hypertension, arterial hypertension.

**Corresponding author:** \* asu@ukr.net**Резюме****Байдужа О.М.***КУ «Центральна лікарня Орджонікідзевського району»  
вул. Героїв Сталінграду 24,  
Запоріжжя, 69095, Україна***ПРУЖНОЕЛАСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АРТЕРІАЛЬНИХ СУДИН ТА ЕНДОТЕЛІАЛЬНА ФУНКЦІЯ У ХВОРИХ НА ГІПЕРТОНІЧНУ ХВОРОБУ II СТАДІЇ**

**Мета дослідження:** визначення пружно-еластичних властивостей артеріальних судин та ендотеліальної функції і їх взаємозв'язку у хворих на гіпертонічну хворобу (ГХ) 2-ї стадії.

Обстежено 150 пацієнтів середнього віку  $51,6 \pm 10,9$  років. Основну групу склали хворі на ГХ II стадії. Контрольну групу склали 30 практично здорових осіб співставного віку.

Встановлено, що у хворих на ГХ II стадії мали місце достовірні зміни з боку пружно-еластичних властивостей артеріальних судин м'язово-еластичного та м'язового типу, що проявлялось підвищенням тонузу крупних, середніх та дрібних артерій та зниженням повільного та швидкого кровотоку у них. Зазначені зміни превалювали в басейні плечової та внутрішньої сонної артерії з перевагою в останній.

Виявлена пряма залежність зазначених змін в судинах від рівня артеріального тиску з перевагою при 3 ступені АГ. Подібні зміни проявлялися і за показниками швидкості розповсюдження пульсової хвилі. За показниками компресійної гіперемії плечової артерії вже при 1 ступені АГ виявлені достовірні зміни показників ендотеліальної функції, які збільшувались у залежності від ступеня АГ та були максимальними при 3 ступені АГ. Знайдені кореляційні взаємозв'язки між показниками пружно-еластичних змін судинних артеріальних басейнів та ендотеліальною дисфункцією підтверджують важливе патогенетичне значення останньої в розвитку прогресування ремоделювання та порушення кровоплину в судинах при II стадії АГ.

**Ключові слова:** пружноеластичні властивості артеріальних судин, ендотеліальна дисфункція, гіпертонічна хвороба, артеріальна гіпертензія.

#### Резюме

**Байдужая Е. Н.\***

*КО «Центральная больница Орджоникидзевского района»  
ул. Героев Сталинграда 24,  
Запорожье, 69095, Украина*

#### УПРУГО-ЭЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АРТЕРИАЛЬНЫХ СОСУДОВ И ЭНДОТЕЛИАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ У БОЛЬНЫХ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ II СТАДИИ

**Цель исследования:** определение упруго-эластичных свойств артериальных сосудов, эндотелиальной функции и их взаимосвязи у больных гипертонической болезнью (ГБ) II стадии. Обследовано 150 пациентов средним возрастом  $51,6 \pm 10,9$  лет. Основную группу составили больные ГБ II стадии. Контрольную группу составили 30 практически здоровых лиц сопоставимого возраста.

Установлено, что у больных со II стадией ГБ имели место достоверные изменения со стороны упруго эластических свойств артериальных сосудов мышечно-эластичного и мышечного типа, что проявлялось повышением тонуза крупных, средних и мелких артерий и снижением медленного и быстрого кровотока в них. Указанные изменения превалировали в бассейне плечевой и внутренней сонной артерии с преобладанием в последней.

Виявлена пряма залежність зазначених змін в судинах від рівня артеріального тиску, максимально – при 3 ступені АГ. Подібні зміни виявлені і при дослідженні швидкості розповсюдження пульсової хвилі. По показателям компресійної гіперемії плечової артерії уже при 1 ступені АГ виявлені достовірні зміни показників ендотеліальної функції, які збільшувались у залежності від ступеня АГ та були максимальними при 3 ступені АГ. Знайдені кореляційні взаємозв'язки між показниками пружно-еластичних змін судинних артеріальних басейнів та ендотеліальною дисфункцією підтверджують важливе патогенетичне значення останньої в розвитку прогресування ремоделювання та порушення кровоплину в судинах при II стадії АГ.

последней в развитии прогрессирования ремоделирования и нарушения кровотока в сосудах при II стадии АГ.

**Ключевые слова:** упругоэластические свойства артериальных сосудов, эндотелиальная дисфункция, гипертоническая болезнь, артериальная гипертензия.

**Автор, відповідальний за листування:** \* asu@ukr.net

## Вступ

Гіпертонічна хвороба (ГХ) є однією з найбільш розповсюджених серцево-судинних захворювань, фактором ризику смертності працездатного населення в більшості країн світу [3,5]. Протягом останніх років метою лікування ГХ, відповідно до міжнародних та національних рекомендацій щодо профілактики та лікування артеріальної гіпертензії (АГ) – досягнення максимального зниження довгострокового ризику серцево-судинних захворювань та смертності, яка досягається контролем артеріального тиску (АТ) на цільовому рівні з обов'язковою корекцією всіх виявлених факторів ризику, а також асоційованих клінічних станів [5, 6, 7, 8]. В даний час стратифікація та оцінка серцево-судинного ризику направлена на раннє виявлення субклінічних вражень органів-мішеней, в т.ч. на визначенні швидкості розповсюдження пульсової хвилі (ШПХ), як маркера підвищення жорсткості артеріальних судин. Важливість вивчення пружно-еластичних властивостей артерій у розвитку і прогресуванні АГ підтверджуються високою прогностичною значимістю [J. Vlacher et al., 1999], які на базі обстеження більш як 700 пацієнтів з АГ та патологією нирок показали, що зазначений показник може використовуватися, як незалежний маркер серцево-судинного ризику. В одному з останніх обстежень в популяції округу Копенгаген було встановлено, що підвищення ШПХ більше 12 м/с було пов'язане з 50% підвищеним ризиком розвитку серцево-судинних ускладнень [9]. Відомо, що формування АГ зв'язане не тільки з втратою адекватного контролю судинного тонуусу та пружно-еластичних властивостей артеріальних судин, але й асоціюється з порушенням релаксацийних властивостей ендотелію [1, 6, 8]. Разом з цим, досліджень щодо виявленого прямого взаємозв'язку між станом пружно-еластичних властивостей артеріальних судин, ШПХ та їх ендотеліальною функцією у доступній літературі нами не знайдено.

**МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ.** Визначення пружно-еластичних властивостей артеріальних судин та ендотеліальної функції і їх взаємозв'язку у хворих на гіпертонічну хворобу II стадії.

**МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.** Обстежено 150 пацієнтів віком від 25 до 65 років (середній вік склав  $51,6 \pm 10,9$  років). У 120 пацієнтів (52 чоловічого та 68 жіночого роду) діагностовано ГХ II стадії за класифікацією ВООЗ та міжнародного товариства гіпертензії, 1999р; рекомендаціями Європейського товариства кардіологів, 2008, рекомендаціями Українського товариства кардіологів 2012 р. 30 пацієнтів того ж віку, практично здорових склали групу співставлення. 120 хворих на ГХ за рекомендаціями Українського товариства кардіологів були роз приділені за ступенем АГ на 3 групи (по 40 хворих у кожній групі): м'яка форма АГ з цифрами артеріального тиску (АТ) до 160 і 100 мм.рт.ст.; середнього ступеня АГ з цифрами АТ – до 180 і 110 мм.рт.ст. і важкого ступеня АГ з цифрами АТ вище за 180 і 110 мм.рт.ст.

Середній вік хворих у групах вірогідно не відрізнявся та складалась від 49,8 до 52,4 років. Із збільшеним ступенем АГ у групах, збільшувалась і тривалість АГ та підвищувалися цифри АТ. Тривалість АГ у першій групі склали  $6,92 \pm 1,20$  років. Відповідно – у другій групі –  $8,45 \pm 2,10$  та у третій групі –  $9,40 \pm 2,40$  років.

Разом з рутинними лабораторними та біохімічними методами, які за протоколом є обов'язковими для обстеження АГ, використовувалися і інструментальні методи (вимірювання АТ за методом Н.С. Короткова, електрокардіографія у 12-ти відведеннях, ехокардіографія та доплерографія, добове моніторування АТ).

Дослідження пружно-еластичних властивостей артеріальних судин у басейнах плечової та басейну внутрішньої сонної артерії проводили за допомогою комплексу «РЕОКОМ» (ХАІ-Медіка, Харків), а також визначали швидкість розповсюдження пульсової хвилі по аорто-стегновому сегменту.

Досліджували наступні показники: час швидкого (tQKH<sub>c</sub>) та повільного кровонаповнення (tSKH<sub>c</sub>), амплітуду систолічної хвилі (АСХ, Ом), коефіцієнт периферичного опору (КПО), тонус крупних артерій (ТКА), тонус середніх та дрібних артерій (ТСДА), міжамплітудний показник діастолічної хвилі і інцизури (МАДХ, МАІ).

Функціональний стан ендотелію оцінювали за допомогою ультразвукової методики визначення ендотелій-залежної вазодилатації (ЕЗВД) плечової артерії (ПА) при проведенні проби з механічною стимуляцією кровотоку відповідно до рекомендацій Іванової О.В., Рогози А.Н., Балахової Т.В. [2] на УЗ-апараті «ULTIMA-PRO-30» за допомогою лінійного мультисекторного датчика з частотою 7 Гц. Попередньо вимірювали діаметр ПА у фазу діастолі шлуночків серця (момент часу, що відповідає зубцю R на ЕКГ) на плечі на відстані 2-10 см від ліктьової ямки. Визначали максимальну (V<sub>max</sub>) та мінімальну (V<sub>min</sub>) швидкість кровотоку в ПА, середню швидкість в період всього серцевого циклу.

Вихідний діаметр ПА в контрольній групі 1 (здорові особи) склав 3,74 мм, у хворих з першим ступенем АГ (2-га група) – 3,72 мм, достовірно не відрізняючись від 1-ї групи (P>0,05); з другим ступенем АГ (3-я група) вихідний діаметр ПА склав 3,69 мм і достовірно (P<0,05) відрізнявся від контрольної групи 1. При 3-му ступені АГ (4-та група) вихідний діаметр ПА склав 3,66 мм, достовірно (P <0,05) відрізняючись від показників першої та другої груп.

Реактивна гіперемія ПА створювалася шляхом компресії її за допомогою манжетки для вимірювання АТ. Компресія перевищувала на 50 мм.рт.ст. систолічний АТ на протязі 5 хв. Після проводилась декомпресія та повторні вимірювання показників кровотоку в ПА протягом 15-20 секунд.

Діаметр ПА оцінювали через 45-60 секунд після проведеної декомпресії. Показник ЕЗВД розраховували за формулою:  $EZVD = \frac{d_{\text{сх.}} - d}{d} * 100\%$ ; де d<sub>вих</sub> – початковий, вихідний діаметр ПА; d – діаметр ПА після проби з реактивною гіперемією. Показник t визначали після реактивної гіперемії, він менше залежить від діаметру ПА:  $t = \frac{4\eta * V_{\text{max}}}{d}$ , де η – в'язкість крові (в середньому = 0,05 Пз); V<sub>max</sub> – максимальна швидкість кровотоку; d – діаметр ПА. Показник здатності до вазодилатації (K) вираховували за фор-

мулою:  $K = (\Delta d_{\text{вих}}/d) * \Delta t/t_0$ , де Δt – напруга зсуву; Δd – зміни діаметру ПА.

Статистичне опрацювання матеріалу проводилося на базі Microsoft Excel і за допомогою пакету «Statistica 6.0 for Windows». Статистичний аналіз динаміки отриманих параметрів проводили за допомогою t-тесту, непараметричних методів статистичного аналізу, кореляційного аналізу за методом Пірсона або Спірмена залежно від розподілу показників. За допомогою параметричних методів визначалися: середнє значення, похибка середнього значення, стандартне відхилення. Різниця досліджування параметрів вважалась достовірною при P<0,05.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.

Встановлено що вже при 1-му ступені АГ група 2 (табл. 1) мали місце достовірні зміни з боку показників, що характеризують тонус та кровоплин судин плеча у порівнянні з контрольною групою 1 – здорових осіб. Достовірно збільшувались показники tQKH – на 15,1% (P<0,02), tSKH – на 22,9% (P<0,01), ТСДА – на 16,1% (P<0,02), ТКА – на 9,6 (P<0,05). Показники: АСХ, КПО та МАДХ лише мали тенденцію щодо збільшення та збільшувалися недостовірно (P>0,05). При 2, а, особливо при 3 ступені АГ всі показники, які характеризують пружно-еластичні зміни плечової артерії, збільшувалися в тому ж напрямку, та ще більш достовірно у порівнянні з групою здорових осіб (табл. 1).

При порівнянні показників реограми у хворих з першим та третім ступенем АГ також виявлена значна достовірність їх збільшення: tQKH – на 12,8% (P<0,05), tSKH – на 8,9% (P<0,05), АСХ – на 16,3% (P<0,02), КПО – на 5,1% (P<0,05), ТКА – на 25,5% (P<0,02), ТСДА – на 13,8% (P<0,02), МАДХ – на 16,2% (P<0,02). Менш висока достовірність виявляється між показниками третього та другого ступеня АГ. При 3 ступені АГ достовірно підвищувались ТКА – на 6,2% (P<0,05), ТСДА – на 5,5% (P<0,05), МАДХ – на 5,4% (P<0,05). Показники tQKH, tSKH, АСХ і КПО підвищувалися недостовірно (P>0,05).

Аналізуючи показники, що характеризують пружно-еластичні можливості судин гомілки (табл. 2), встановлено, що при 1-му ступені АГ у порівнянні з контрольною групою здорових осіб достовірно підвищувалися показники: tSKH – на 10,5% (P<0,05), АСХ – на 11,4% (P<0,05), ТСДА – на 10,6% (P<0,05) та знижувався КПО – на 6,5% (P<0,05).

Таблиця 1.

Пружноеластичні властивості судин плеча у хворих на гіпертонічну хворобу II стадії (M±m)

Група пацієнтів	t QKH, с	t SKH, с	АСХ, ом	КПО	ТКА	ТСДА	МАДХ
Група 1 (практично здорові особи) (n=30)	0,28±0,004	0,047±0,002	0,039±0,007	86,0±8,2	0,66±0,008	0,52±0,04	41,8±4,8
Група 2 (ГХ 1-го ступеня) (n=20) P 1-2	0,033±0,005	0,061±0,003	0,041±0,004	85,0±6,4	0,73±0,006	0,62±0,02	43,9±4,2
	<0,02	<0,01	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05	>0,05
Група 3 (ГХ 2-го ступеня) (n=40) P 1-3 P 2-3	0,037±0,004	0,066±0,004	0,046±0,003	88,6±11,5	0,92±0,008	0,68±0,03	48,5±9,6
	<0,02	<0,02	<0,05	>0,05	<0,01	<0,02	<0,05
	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05
Група 4 (ГХ 3-го ступеня) (n=40) P 1-4 P 2-4 P 3-4	0,039±0,006	0,67±0,006	0,049±0,002	89,5±10,4	0,98±0,007	0,72±0,03	52,4±9,8
	<0,02	<0,02	<0,05	>0,05	<0,01	<0,02	<0,02
	<0,05	<0,05	<0,02	<0,005	<0,02	<0,05	<0,05
	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Таблиця 2.

Пружноеластичні властивості судин гомілки у хворих на гіпертонічну хворобу II стадії (M±m)

Група пацієнтів	t QKH, с	t SKH, с	АСХ, ом	КПО	ТКА	ТСДА	МАДХ
Група 1 (здорові особи) (n=30)	0,025±0,005	0,085±0,007	0,031±0,002	95,4±0,005	1,17±0,27	0,67±0,08	44,5±3,2
Група 2 (ГХ 1-го ступеня) (n=40) P 1-2	0,028±0,004	0,76±0,005	0,035±0,005	89,6±3,36	1,14±0,15	0,75±0,07	46,8±4,6
	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	<0,05	>0,05
Група 3 (ГХ 2-го ступеня) (n=40) P 1-3 P 2-3	0,31±0,006	0,069±0,003	0,037±0,003	86,4±3,30	1,11±0,17	0,68±0,04	48,9±5,3
	<0,02	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	>0,05	<0,05
	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05
Група 4 (ГХ 3-го ступеня) (n=40) P 1-4 P 2-4 P 3-4	0,34±0,003	0,072±0,002	0,039±0,004	84,5±4,20	1,03±0,16	0,65±0,04	43,7±6,2
	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	>0,05	>0,05
	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Показники tQKH та МАДХ мали лише тенденцію щодо підвищення (P>0,05), а ТКА – до зниження (P>0,05). При 2 ступені АГ у порівнянні з групою за виключенням показників ТСДА (P>0,05), всі інші були більш значимо достовірні, а при 3-му ступені всі показники були достовірними (табл. 3).

Встановлено, що при 2 ступені АГ у порівнянні з 1 ступенем мало місце достовірного підвищення: tQKH – на 9,6% (P<0,05), tSKH – на 18,8% (P<0,02), АСХ – на 5,4% (P<0,05) та зниження ТСДА – на

9,3% (P<0,05). Показники КПО, ТКА і МАДХ змінювалися недостовірно (P>0,05). У порівнянні з 2 ступенем АГ, при 3 ступені АГ достовірності досягали лише показники tQKH, який збільшувався на 8,8% (P<0,05), ТКА збільшувався на 7,2% (P<0,05), ТСДА – на 13,3% (P<0,05), МАДХ – на 6,9% (P<0,05). Показники: tSKH, АСХ мали тенденцію до підвищення (P>0,05), а показник КПО – до зниження (P>0,05).

Таблиця 3.

Пружноеластичні властивості судин басейну внутрішньої сонної артерії у хворих на гіпертонічну хворобу II стадії (M±m)

Група пацієнтів	t QKH, с	t SKH, с	АСХ, ом	КПО	ТКА	ТСДА	МАДХ
Група 1 (здорові особи) (n=)	0,033±0,002	0,066±0,005	0,030±0,007	111,6±10,5	1,44±0,08	0,56±0,06	87,5±2,4
Група 2 (ГХ 1-го ступеня) (n=20) P 1-2	0,034±0,004 >0,05	0,105±0,004 <0,01	0,036±0,005 <0,05	107,6±9,5 <0,05	1,65±0,04 <0,02	0,51±0,08 <0,05	65,5±4,6 <0,02
Група 3 (ГХ 2-го ступеня) (n=20) P 1-3 P 2-3	0,040±0,005 <0,05 <0,05	0,111±0,008 <0,01 <0,05	0,42±0,004 <0,02 <0,05	103,6±8,6 <0,05 >0,05	1,54±0,03 <0,05 <0,05	0,47±0,05 <0,05 >0,05	54,8±6,6 <0,02 <0,05
Група 4 (ГХ 3-го ступеня) (n=20) P 1-4 P 2-4 P 3-4	0,044±0,003 <0,02 <0,02 <0,05	0,114±0,005 <0,01 <0,05 >0,05	0,045±0,005 <0,01 <0,02 <0,05	106,4±9,4 <0,05 >0,05 >0,05	1,56±0,06 <0,05 <0,05 >0,05	0,42±0,04 <0,02 <0,02 <0,05	52,7±5,7 <0,01 <0,02 >0,05

Таблиця 4.

Показники ендотеліальної функції у хворих на гіпертонічну хворобу II стадії в залежності від рівня артеріальної гіпертензії (M±m)

Група пацієнтів	Показник, одиниця вимірювання				
	d, мм	V max, см/сек	ЕЗВД, %	T, дін/см <sup>2</sup>	K, ум.од.
Група 1 (здорові особи) (n= 30)	4,08±0,15	42,80±7,05	9,60±1,40	35,60±5,10	0,082±0,009
Група 2 (ГХ 1-го ступеня) (n=40) P 1-2	4,15±0,18 <0,05	47,50±3,10 <0,05	8,70±0,80 <0,05	39,90±6,80 <0,05	0,071±0,007 <0,05
Група 3 (ГХ 2-го ступеня) (n=40) P 1-3 P 2-3	4,38±0,25 <0,05 <0,05	57,40±4,20 <0,02 <0,05	7,60±0,50 <0,02 <0,05	48,70±4,30 <0,02 <0,02	0,054±0,008 <0,01 <0,02
Група 4 (ГХ 3-го ступеня) (n=40) P 1-4 P 2-4 P 3-4	4,59±0,35 <0,05 <0,02 <0,05	70,30±5,10 <0,001 <0,01 <0,02	5,80±0,82 <0,01 <0,01 <0,02	56,90±4,3 <0,02 <0,02 <0,05	0,045±0,006 <0,001 <0,01 <0,05

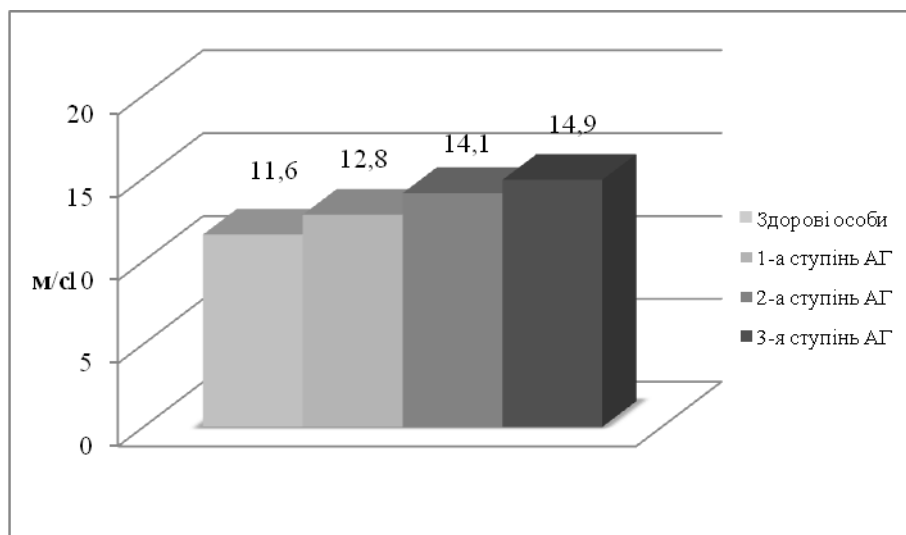


Рисунок 1.

Швидкість пульсової хвилі в залежності від ступеня АГ.

В таблиці 3 наведені показники, що характеризують пружно-еластичні властивості артеріальних судин басейну внутрішньої сонної артерії та встановлено, що у порівнянні з контрольною групою при першому ступені АГ мало місце підвищення показників: t SKH – на 37, 5% ( $P < 0,001$ ), АСХ – на 16,6% ( $P < 0,05$ ), ТКА – на 32,3% ( $P < 0,01$ ), ТСДА – на 8,9 % ( $P < 0,05$ ), МАДХ – на 25,2% ( $P < 0,02$ ). Показник tQKH підвищувався не достовірно ( $P > 0,05$ ). При 2 та 3 ступені АГ зазначені показники у порівнянні з групою контролю мали ще більш значну достовірність. У порівнянні з 1 ступенем при 2 ступені АГ мали достовірні відмінності всі показники: підвищувалися tQKH – на 15,0% ( $P < 0,05$ ), tSKH – на 5,4% ( $P < 0,05$ ), АСХ – на 14,2% ( $P < 0,05$ ), ТКА – на 6,6 % ( $P < 0,05$ ) та знижувалися показники – ТСДА – на 6,6% ( $P < 0,05$ ). МАДХ – на 12,3% ( $P < 0,05$ ). Тільки показник КПО був зниженим не достовірно ( $P > 0,05$ ). Порівнюючи 2 та 3 ступінь АГ визначено, що при 3 ступені достовірно підвищувалися показники: tQKH – на 9,9 % ( $P < 0,05$ ), ТСДА – на 10,5 % ( $P < 0,05$ ), АСХ – на 6,6% ( $P < 0,05$ ). Всі інші показники лише мали тенденцію ( $P > 0,05$ ), щодо підвищення (tSKH, ТКА) та зниження (КПО, МАДХ).

Таким чином, у хворих на II стадію ГХ прослідковуються певні зміни з боку пружно-еластичних властивостей артеріальних судин, як м'язові-еластичного так і м'язового типів, які супроводжуються ремоделюванням їх стінки та позначається підвищенням тонуру крупних, середніх та дрібних артерій та порушенням часу

швидкого їх кровонаповнення. Більш значимо у зазначених змінах страждають судинні басейни м'язові-еластичного та м'язового типів (плечова артерія та басейн внутрішньої сонної артерії). Виявлена пряма залежність достовірних змін в бік підвищення тонуру всіх гілок басейну та більш помірне зниження в них швидкого та повільного кровотоку. В басейні плечової артерії показники швидкого та повільного кровотоку були більш значимими при 2 ступені АГ. Більш значимо проявлялися вказані зміни, що проявлялися в плечовій артерії також при 2 ступені АГ і в басейні внутрішньої сонної артерії. В басейні гомілкової артерії з підвищенням рівня АГ названі зміни проявлялися більш помірно.

На рисунку 1 показана динаміка показника ШПХ в залежності від рівня АГ. У групі контролю здорових осіб ШПХ склала 11,6 м/с. У хворих ГХ II стадії з 1 ступенем АГ цей показник склав 12,8 м/с та був на 9,3% ( $P < 0,05$ ) вищим за показник групи контролю. При 2 ступені АГ зазначений показник склав 14,1 м/с та підвищувався на 9,2% у порівнянні з 1 ступенем АГ. При 3 ступені АГ ШПХ виявилась на 5,1 % ( $P < 0,005$ ) вищою, ніж при 2 ступені. Таким чином, виявлена пряма залежність ШПХ по аорто-стегновому сегменту від ступеня АГ, що відповідало збільшенню від 1 до 3 ступеня АГ.

В таблиці 4 вказані показники, що характеризують ендотеліальну функцію за даними реактивної гіперемії плечової артерії у хворих на ГХ II стадії в залежності від рівня АГ. Встановлено, що вже при 1 ступені АГ виявлені достовірні зміни всіх показників, що характеризують ендотеліальну функцію у порівнянні з контро-

льною групою. Показники діаметру плечової артерії (d), максимальної швидкості кровотоку (Vmax), показники напруги зсуву на ендотелії (t) достовірно підвищувалися, відповідно – d – на 16,8 % (P<0,05), Vmax – на 10,0% (P<0,05), t – на 10,9% (P<0,05), разом з цим показник ЕЗВД та К – знижувалися відповідно – на 9,9% (P<0,05) та на 13,4% (P<0,05). У порівнянні з контрольною групою в тому ж напрямку та достовірно змінювалися всі показники, що характеризують ендотеліальну функцію при 2 і, особливо, при 3 ступені АГ.

Достовірність змін показників ендотеліальної функції також зростала з рівнем АГ. Так при 2 ступені АГ мали місце достовірні зміни у порівнянні з 1 ступенем АГ показників: – d – на 6,1 % (P<0,05), Vmax – на 17,1% (P<0,05), t – на 28,4% (P<0,01), та зниження показників: ЕЗВД – на 10,2 % (P<0,05) та К – на 23,9% (P<0,02). В бік підвищення у порівнянні з 2 ступенем змінювалися показники: d – на 5,1 % (P<0,05), Vmax – на 18,3% (P<0,02), t – на 14,4% (P<0,05). Достовірно знижувалися показники: ЕЗВД – на 23,5% (P<0,02) та К – на 18,5% (P<0,05). Таким чином, у хворих на ГХ II стадії виявлена ендотеліальна дисфункція та її пряма залежність від ступеня АГ.

Визначені прямі високої сили кореляційні взаємозв'язки між показниками ендотеліальної функції – між ЕЗВД та К ( $r=0,60$ , P<0,001). Високої сили зворотній кореляційний взаємозв'язок знайдено між показниками Vmax та t ( $r=-0,50$ , P<0,001). Виявлені парні позитивні кореляційні взаємозв'язки високої сили між показниками ендотеліальної функції та пружно-еластичними показниками артеріального русла: між ЕЗВД та QКН відповідно в ПА ( $r=0,65$ , P<0,001), гомілковій артерії ( $r=0,52$ , P<0,001), внутрішньої сонної артерії ( $r=0,67$ , P<0,001); ЕЗВД та tSKN відповідно у ПА ( $r=0,68$ , P<0,001), гомілковій артерії ( $r=0,48$ , P<0,01) та внутрішній сонній артерії ( $r=0,71$ , P<0,001); t та ТКА, відповідно у ПА ( $r=0,65$ , P<0,001), гомілковій артерії ( $r=0,50$ , P<0,01), внутрішній сонній артерії ( $r=0,72$ , P<0,001).

Зворотні парні кореляційні високої сили зв'язки знайдено між показниками Vmax та ТСДА, відповідно у ПА ( $r=-0,66$ , P<0,001), гомілковій артерії ( $r=-0,44$ , P<0,01), сонній артерії ( $r=-0,76$ , P<0,001); між показниками К та ТСДА, відповідно у ПА ( $r=-0,57$ , P<0,001), гомілковій артерії ( $r=-0,40$ , P<0,01), та у внутрішній сонній артерії ( $r=-0,74$ , P<0,001). Парні кореляційні

взаємозв'язки між основними показниками, що характеризують пружно-еластичні властивості артеріальних судин, їх ремоделювання та показники ендотеліальної функції показують, патогенетичне значення останньої в прогресуванні змін артеріальних судин м'язового та м'язово-еластичного типу.

### Висновки

1. У хворих на ГХ II стадії мають місце порушення пружно-еластичних властивостей м'язово-еластичного і м'язового типів артеріальних судин з проявами ремоделювання їх стінки, з підвищенням часу швидкого їх кровонаповнення. Виявлені достовірно більш значні (P<0,05) зміни при третьому ступені АГ.
2. Швидкість поширення пульсової хвилі по аорто-стегновому сегменту прямо залежить від ступеня АГ, достовірно збільшуючись від першого до третього ступеня АГ.
3. За результатами компресійної проби на плечовій артерії у хворих на ГХ II стадії виявлена ендотеліальна дисфункція, яка достовірно (p<0,05) залежить від ступеня АГ, збільшуючись від першого до третього ступеня.
4. Поширення АГ обумовлює актуальність подальшого пошуку маркерів, які є простими для визначення та з високою достовірністю визначають ризик великих серцево-судинних подій, у хворих на ГХ та можуть використовуватись як сурогатні маркери тяжкості перебігу та ефективності лікування. Визначення показників реограми периферичних судин та дисфункції ендотелію в такій якості потребує подальших досліджень, зокрема великих популяційних, та створення реєстрів хворих на ГХ для тривалого спостереження.

### References (список літератури)

1. Vizir VA, Berezin AE. [The role of endothelial function in formation and progression of essential hypertension. Prognostic importance and prospects of treatment]. *Ukr. Med. Chasopys.* 2000;(5):23–33.
2. Ivanova OV, Rohozova LN, Balakhonova TV. [Definition of shoulder artery sensitivity to tension shear on endothelia as method of detection of endothelial-induced vasodilatation with high definition ultrasound in patients with hypertension]. *Cardiology.* 1998;38(3):37–41.



3. Kovalenko VN, Kornatsky VN. *Rehional'ni medyko-sotsial'ni problemy khvorob systemy krovoobihu – statyst. posibnyk* [Regional health and social problems of cardiovascular diseases - extras. guidances]. Kyiv, 2013. 239 p.
4. Kovalenko VM, Sirenko YuM, Dorohoy AP. [The program of prevention and treatment of hypertension in Ukraine]. *Ukr. Card. Journal*. 2010;Suppl.1:3–13.
5. Svishchenko YeP, Bahriy AYe, Yena LM. et al. *Robocha hrupa z arterial'noyi hipertenziiy Ukrainyins'koyi asotsiatsiyi kardiologiv* [Working Group on hypertension Ukrainian Heart Association]. Kyiv, 2008. 55 p.
6. Sirenko YM. *Arterial'na hipertenziya* [Hypertension]. Kyiv: Morion Publ., 2001. 176 p.
7. *Profilaktika serdechno-sosudistyh zbolevanij: populjacionnaja strategija i individualizirovannaja programma (na osnove Evropejskih rekomendacij po profilaktike serdechno-sosudistyh zbolevanij v klinich-eskoj praktike 2012)* [Profylaxis of cardiovascular diseases: population private strategy and programs (based on Europe prevention recommendations for cardio-vascular diseases in clinical practice 2012)]. Kiev, 2013. 89 p.
8. Mancia G, Laurent S, Agabiti-Rosei E et al. Reappraisal of European guidelines on hypertension management: a European Society of Hypertension Task Force document. *J. Hypertens*. 2009;27(11):2121-2158.
9. Sehestedt T, Jeppesen J, Hansen TW et al. Which marker of subclinical organ damage to measure in individuals which high normal blood pressure? *J. Hypertens*. 2009;27(6):1165-1171.

(received 02.09.2014, published online 23.12.2014)

(отримано 02.09.2014, опубліковано 23.12.2014)

