

Vakulenko D. V., Vakulenko L. A., Pleshkanova A. S. Порівняльний аналіз стану судин лівої та правої верхньої кінцівки з використанням інформаційної технології морфологічного аналізу артеріальних осцилограм = Comparative analysis of vascular left and right upper extremity using information technology morphological analysis of arterial oscillograms. Journal of Education, Health and Sport. 2015;5(7):590-603. ISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.44550>
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/2015%3B5%287%29%3A590-603>
<https://pbn.nauka.gov.pl/works/690103>
Formerly Journal of Health Sciences. ISSN 1429-9623 / 2300-665X. Archives 2011–2014
<http://journal.rsw.edu.pl/index.php/JHS/issue/archive>

Deklaracja.

Specyfika i zawartość merytoryczna czasopisma nie ulega zmianie.
Zgodnie z informacją MNIŚW z dnia 2 czerwca 2014 r., że w roku 2014 nie będzie przeprowadzana ocena czasopism naukowych; czasopismo o zmienionym tytule otrzymuje tyle samo punktów co na wykazie czasopism naukowych z dnia 31 grudnia 2014 r.
The journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education of Poland parametric evaluation. Part B item 1089. (31.12.2014).

© The Author (s) 2015;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland and Radom University in Radom, Poland Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.
Received: 20.06.2015. Revised 15.07.2015. Accepted: 25.07.2015.

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ СУДИН ЛІВОЇ ТА ПРАВОЇ ВЕРХНЬОЇ
КІНЦІВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ АРТЕРІАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАМ**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF VASCULAR LEFT AND RIGHT UPPER
EXTREMITY USING INFORMATION TECHNOLOGY MORPHOLOGICAL
ANALYSIS OF ARTERIAL OSCILLOGRAMS**

Д. В. Вакуленко, Л. О. Вакуленко, А. С. Плешканьова
D. V. Vakulenko, L. A. Vakulenko, A. S. Pleshkanova

**ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет
імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»**
SHEI "Ternopil State Medical University
I.Ya. Gorbachevskogo Ministry of Health of Ukraine"

Summary

In carrying out morphological analysis of oscillograms right and left shoulder asymmetry state of the peripheral circulation is registered in each of the 31 surveyed. Severity of asymmetries was different. It depended on the evaluated criteria and individual patients. The smallest asymmetry been registered at the study duration ripple rising parts (25%), the largest - the downlink (44% surveyed). Other criteria difference was smaller. . . However, two persons were registered significant deviations from normal parameters studied. They must be urgent in-depth examination.

Keywords: arterial oscilloscopes, electronic blood pressure meters, morphological analysis of arterial waveforms.

Резюме

При проведенні морфологічного аналізу осцилограм правого і лівого плеча асиметрія стану периферійного кровообігу зареєстровано у кожного із 31 обстежених. Ступінь проявів асиметрій була різною. Вона залежала від оцінюваного критерію та індивідуальних особливостей обстеженого. Найменшою асиметрія реєструвалась при вивченні тривалості висхідної частин пульсації, (у 25%), найбільшою – низхідної (у 44% обстежених). За іншими критеріями різниця була меншою. . . Проте, у 2 осіб було зареєстровано значні відхилення досліджуваних параметрів від норми. Вони підлягають терміновому поглибленому обстеженню.

Ключові слова: артеріальна осцилограма, електронні вимірювачі артеріального тиску, морфологічний аналіз артеріальних осцилограм.

Резюме

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СОСУДОВ ЛЕВОЙ И ПРАВОЙ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АРТЕРИАЛЬНЫХ ОСЦИЛЛОГРАММ. При проведении морфологического анализа артериальных осциллограмм правого и левого плеча 32 обследованных (без жалоб на состояние здоровья) асимметрия периферического кровообращения зарегистрирована у каждого из них. Степень проявления асимметрий была разной. Она зависела от критериев, подлежащих оценке и индивидуальных особенностей обследуемого. Менее выраженной она была при оценке длительности восходящей части пульсации (у 25%), наиболее – нисходящей (у 44% обследованных). По другим критериям разница оказалась меньшей. Однако, у 2 лиц зарегистрированы значительные отклонения от нормы. Они подлежат срочному углубленному обследованию.

Ключевые слова: артериальная осциллография, электронные измерители артериального давления, морфологический анализ артериальных осциллограмм.

Вступ. Захворювання серцево-судинної системи - основна причина смертності та інвалідності населення економічно розвинених країн [2]. Система кровообігу - чутливий індикатор адаптаційних реакцій цілісного організму [1]. Значне

«помолодшання» судинної патології свідчить про малу ефективність застосовуваних методів її діагностики та лікування [3]. Актуальною є потреба створення новітніх медичних технологій візуалізації та моніторингу функції серцево-судинної системи [2]. На благополуччя кровообігу значний вплив має стан периферійних судин (основної складової „периферійного серця”) [4]. Сьогодні суспільство обмежене в ефективних технологіях раннього виявлення судинної патології, а також не існує алгоритмів доклінічної діагностики судинних негараздів [2].

Сучасна медична техніка має надавати фахівцю достовірну інформацію разом із певними діагностичними алгоритмами, спеціальними засобами аналізу і синтезу для аналізування конкретного випадку та допомоги в прийнятті рішень [5]. Застосування для вимірювання артеріального тиску сучасного електронного обладнання дає можливість лікарю отримати окрім рівня артеріального тиску та частоти серцевих скорочень набагато більше інформації про стан серцево-судинної системи взагалі та периферійних судин – зокрема. [6,7]. Актуальність даної проблеми спонукала нас до вивчення і оцінки стану периферійних судин у студентів віком 18-24 років.

Мета досліджень. Дослідити, вивчити, оцінити, провести порівняльний аналіз стану периферійних судин правого і лівого плеча шляхом реєстрації артеріальної осцилограми електронним вимірювачем тиску та її оцінки за допомогою методів морфологічного аналізу [6,7]. Розглянути можливості застосування отриманої інформації для оцінки адаптаційних можливостей серцево-судинної системи, ранньої діагностики та моніторингу захворювань серцево-судинної системи в [6,7].

Матеріали та методи дослідження. Обстежено 31 особа, без скарг на стан здоров'я, віком 18-24 років. Вимірювання артеріального тиску з подальшою реєстрацією артеріальної осцилограми проведено за допомогою електронного вимірювача тиску ВАТ41-2 (виробник «ІКС- ТЕХНО») на лівому та правому плечі. Формування та запис артеріальної осцилограми відбувався в автоматичному режимі, синхронно з нагнітанням повітря в манжету і реєстрацією відповіді артерії на стискання протягом усього періоду компресії.

Для зручності візуального аналізу осцилограми, залежно від стадії зростання компресії, виділено три її частини (рис. 1) [6. 7].

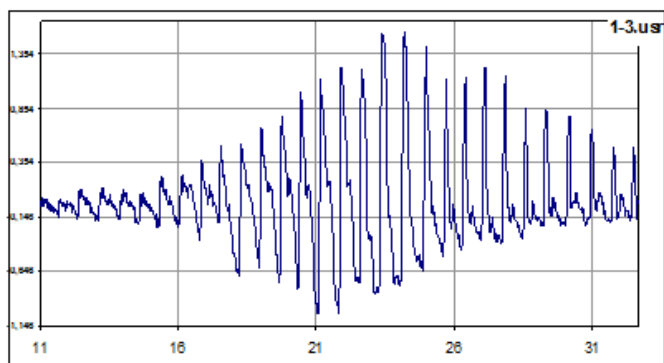


Рис. 1. Артеріальна осцилограма особи М. 18 років.

Примітка: по осі Х – час реєстрації артеріальної осцилограми (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом пульсацій судинної стінки (мм.рт.ст.).

Перша – початок компресії (від початку компресії до моменту стрімкого зростання амплітуди осциляцій, значення діастолічного тиску, у нашому прикладі – до 18 с.; друга - наростання компресії (від моменту стрімкого зростання амплітуди осциляцій до її стрімкого зниження, значення систолічного тиску – 18 - 31 с); третя – максимальної компресії (тиск у манжеті більший від рівня систолічного тиску – 32 - 33 с). [5]

Аналіз літературних джерел [8, 9, 10, 11] та проведення попереднього аналізу 1680 осцилограм [6, 7] дав можливість виділити і об'єднати основні характеристики морфологічного аналізу осцилограм у 3 основні групи: 1) форма осцилограми; 2) характер окремих осциляцій (пульсацій); 3) наявність, локалізація, величина, дикротичної та додаткових хвиль). Дослідження дали можливість прийти до висновку, що для осцилограми здорової особи (рис 1) притаманне наступне [6, 7].

1. **Форма осцилограми:** ритмічність осциляцій, поступове рівномірне зростання їх амплітуд, досягнення максимуму та зниження до кінця реєстрації; збереження в процесі зростання компресії декількох однакових за амплітудою максимальних осциляцій (в період початку повного перетискання судин під час діастоли); симетричне розміщення огинаючих, створених за максимальними та мінімальними екстремумами, їх куполоподібна форма з рівномірним зростанням та зниженням, поява піків за максимумами слідом за мінімальними екстремумами; більш виражене зростання амплітуди осциляцій на висхідній частині осцилограми – показник діастолічного, зниження на низхідній – систолічного тиску.

2. **Характер окремих осциляцій** (пульсацій) в різних фазах компресії: амплітуда кожної пульсової хвилі пропорційна змінюваному під впливом тиску в

манжеті провіту магістральної артеріальної судини: поступово зростає, досягає максимуму і поступово знижується; вершини верхніх екстремумів загострені, на початку компресії їх кут більший, в процесі зростання компресії – спочатку зменшується, а потім наближається до нуля: верхня частина катакроти значно наближається до анакроти або співпадає з нею; площа висхідної частини менша, низхідної – більша. Вони співвідносяться між собою як 1 до 6; тривалість фази повільного вигнання крові в процесі збільшення компресії поступово зростає, фаза діастоли – скорочується.

3. Наявність, локалізація, величина дикротичної та додаткових хвиль на окремих осциляціях: на висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні; на низхідній частині осциляцій, в кінці систоли, реєструється дикротична хвиля. На початку компресії вона розміщена на середній частині катакроти, зникає при максимальній амплітуді осциляцій, в процесі наростання компресії з'являється знову, але вже на нижній частині катакроти і в кожній наступній пульсації поступово наближається до її нижнього краю. Амплітуда дикротичної хвилі при цьому зростає; в процесі зростання компресії на низхідній частині осциляцій слідом за дикротичною хвилею, реєструються дрібні однотипні додаткові хвилі; повну компресію судин (або систолічний тиск) можна визначити не лише за стрімким зменшенням амплітуди осциляцій, але і за зникненням дикротичної хвилі на низхідній частині. Поява хвилі слідом за закінченням катакротичної фази – ознака повного стиснення судин як у фазу діастоли, так і систоли, однотипні дрібні осциляції в період, коли судина повністю стиснута є результатом дії інерційних сил, вони утримуються до появи наступного гідравлічного удару [8].

Оцінку зареєстрованих 62 артеріальних осцилограм проводили шляхом візуального аналізу. Використано 8 критеріїв: 1) форма огинаючих за максимальними та мінімальними екстремумами; 2) наявність порушення ритмічності осциляцій, 3) реакція судин на початок компресії (до досягнення діастолічного тиску); 4) реакція судин ділянки плеча на компресію за амплітудою, наявністю та кількістю екстремальних (з нерівномірним збільшенням амплітуд) осциляцій (гармонійність зростання та зниження амплітуди коливань); 5) кількість максимальних за амплітудою осциляцій; 6) форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії; 7) характер зміни площі висхідної частини осциляцій; 8) характер зміни площі низхідної частини осциляцій [6, 7].

Аналіз за кожним із указаних критеріїв проводився в блоці аналізу біосигналів інформаційної системи медичної (фізичної) реабілітації шляхом порівняння з погрупованими за ваговими коефіцієнтами на 5 типів у кожному з них окремо (залежно від ступеня відхилення від основних критеріїв, прийнятих нами за норму). Ознаки „погіршення” характеристик зростають від 1 до 5. [6, 7].

Результати досліджень та їх аналіз. Результати візуального аналізу артеріальних осцилограм за кожним із критеріїв дав можливість зареєструвати наступні результати.

Таблиця 1.

Порівняльна оцінка стану периферійних судин правого і лівого плеча за результатами морфологічного аналізу осцилограм осіб 18-24 років (здорові)

Критерії оцінки осцилограм		Оцінка критерію за ваговими коефіцієнтами				Різниця між ваговими коефіцієнтами обох плечей	
№	Назва	Ліве плече		Праве плече		0-1*	3 ** і >
		Серед-не значення M ±m	Пере-важний номер кри-терію	Серед-не значення M ±m	Пере-важний номер кри-терію		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Форма огибаючих	2,4 ±0,266	2	3,8 ±0,219	4	56%	13%
2	порушення ритмічності осциляцій	3,2 ±0,182	2	2,7 ±0,197	2	71%	3%
3	Реакція судин на початок компресії	2,4 ±0,166	2	1,8 ±0,139	1	68%	6%
4	Гармонійність зміни амплі-туди коливань наявність та кількість екстремальних осциляцій	2,5 ±0,161	3	3,0 ±0,149	1	68%	3%
5	Кількість максимальних за амплітудою осциляцій	2,4 ±0,194	3	2,5 ±0,148	2	62%	3%
6	Форма верхніх екстре-ремів осциляцій на початку компресії;	2,7 ±0,116	3	2,6 ±0,225	3	68%	2%
7	Характер зміни площі висхідної частини осциляцій	3,0 ±0,209	3	3,5 ±0,155	3	75%	3%
8	Характер зміни площі низхідної частини осциляцій	3,5 ±0,238	4	4,0 ±0,156	4	56%	21%
	Середнє значення та достовірність	2,94 ±0,208	2,75	2,95 ±0,210	2,5	65,5%	6,7%

Примітка: 0-1* - вагові коефіцієнти відрізняються не більше, ніж на 1 критерій (були схожі), 3 і >** - вагові коефіцієнти відрізнялися на 3 критерії і більше.

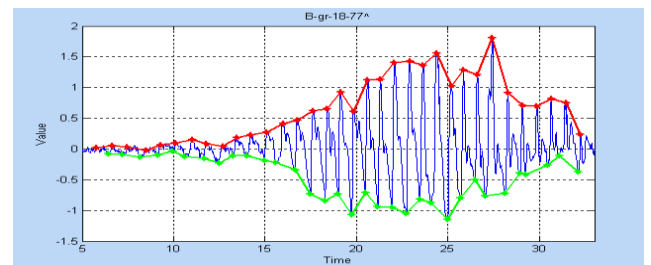
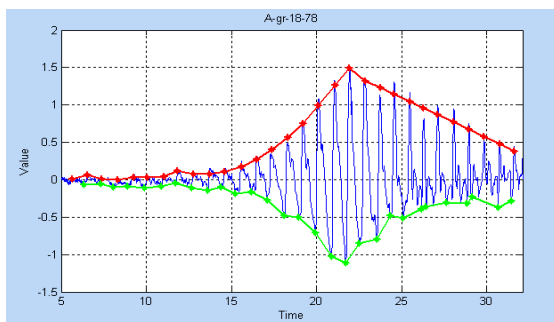
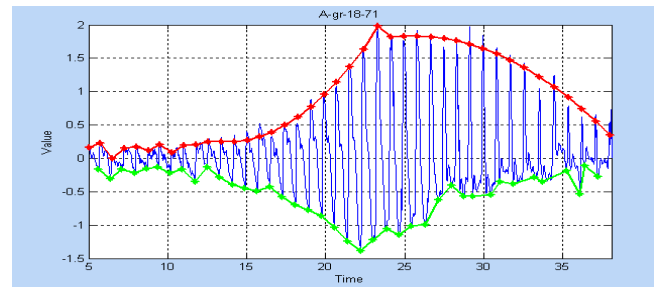
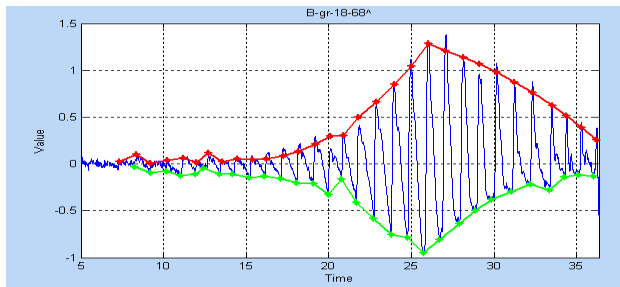
Як видно з таблиці реакція судин правого і лівого плеча на зростаючу компресію манжетою була неоднакова за усіма критеріями, в окремих випадках – значно відрізнялась. Найменша різниця реєструвалась при визначенні характеру зміни площі висхідної частини осциляцій. У 75% випадків (це у 23 обстежених) вони виявились однаковими або відрізнялись лише за 1 критерієм, тобто, тривалість швидкого вигнання крові з шлуночків під час систоли виявилась однаковою на обох плечах. Тривалість висхідної частини осциляцій відображає потужність пульсової хвилі створеної систолічним викидом. [9]. Відсутність значної різниці свідчить про однакову швидкість поширення пульсової хвилі, зумовленої швидким вигнанням крові із лівого шлуночка під час систоли на маршруті серце-плече з обох боків у 75% обстежених. У той же час, тривалість катакрати (повільне вигнання крові із шлуночків, дикротична хвиля (зворотній удар крові об замкнуті аортальні клапани) та діастоли) виявились однаковими лише у 56% (17 осіб) обстежених. Це зумовлено тим, що великі судини, у тому числі, аорта – судини еластичного типу, тому протягом систоли вони діють як ємність, яка накопичує частину вигнаного об'єму крові, який потім під час діастоли проштовхується в периферійні судини [9]. Неоднорідність реакції судинної стінки на наростання компресії зумовлені різними рівнями функціональної здатності нервово-рефлекторних механізмами регуляції артеріального тиску та в'язко-пружних властивостей судинної стінки [9].

Лише у 17 обстежених (56%) була відсутня або мінімальна різниця в характеристиках огинаючих: що свідчить про адекватну реакцію судин передпліччя на поступово зростаючу компресію. У 14 осіб вони відрізнялись за 3 і більше критеріями. При цьому на правому плечі ці відхилення були більш виражені (середнє значення відхилень за ваговими критеріями – 3,8, зліва – 2,4)

За усіма іншими показниками різниця у вагових критеріях була 3 та більше. При цьому за реакцією судин на початок компресії та гармонійністю зміни амплітуди коливань, наявністю і кількістю екстремальних осциляцій вагові характеристики на правому плечі були кращими (усі 1 тип), ніж на лівому (2-3 тип). За іншими характеристиками вони практично не відрізнялись. Різний (часом протилежний) напрямок змін досліджуваних критеріїв на правому і лівому плечі сприяли тому, що різниця між ними не виявила достовірності ($2,94 \pm 0,208$ на лівому і $2,95 \pm 0,210$ – на правому плечі).

Незначна асиметрія показників морфологічного аналізу (в межах 1-2 критеріїв) може бути зумовлена індивідуальними особливостями обстеженого, послідовністю (а не одночасністю) реєстрації осцилограм, деякою суб'єктивністю їх оцінки.

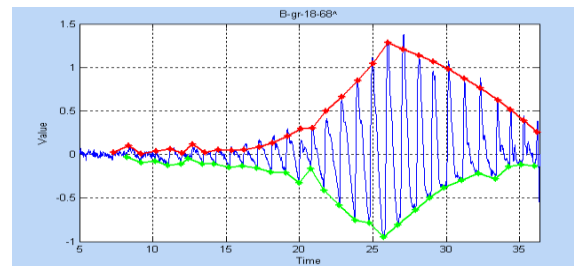
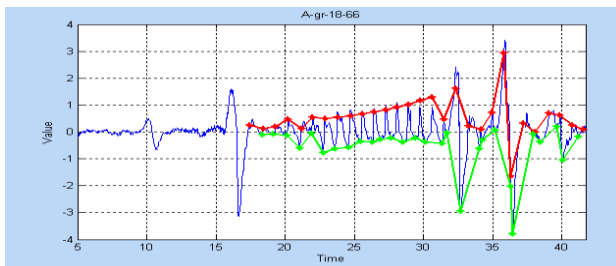
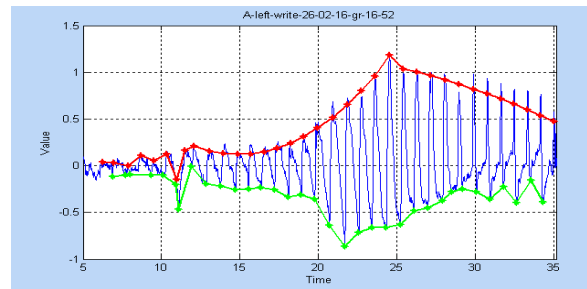
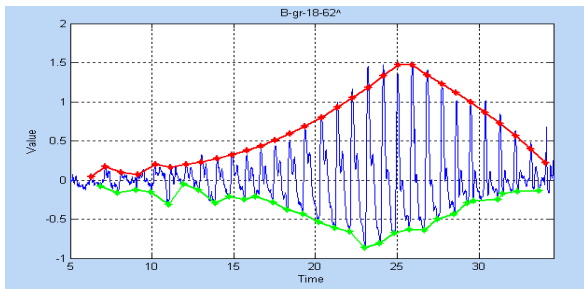
На окремих осцилограмах реєструвались значні відхилення від визначених нами критеріїв норми. Осцилограми, на яких реєструвалось найменше і найбільше відхилень від визначеної нами норми представлені на подальших рисунках (рис. 2, 3).



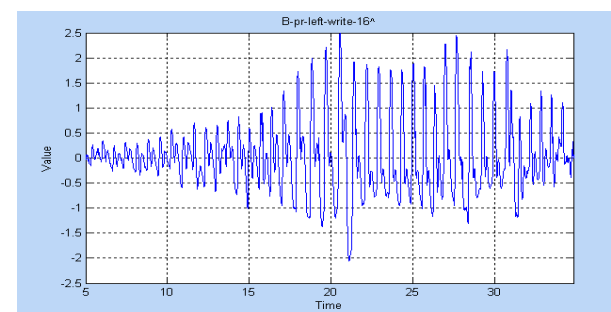
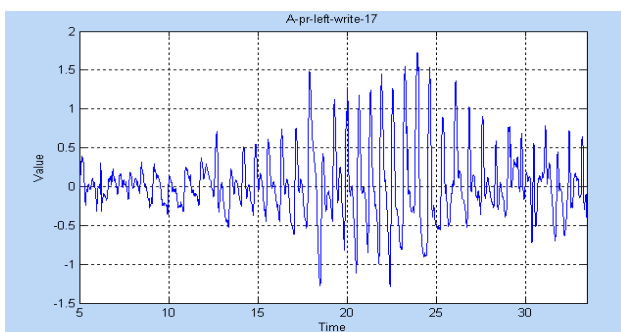
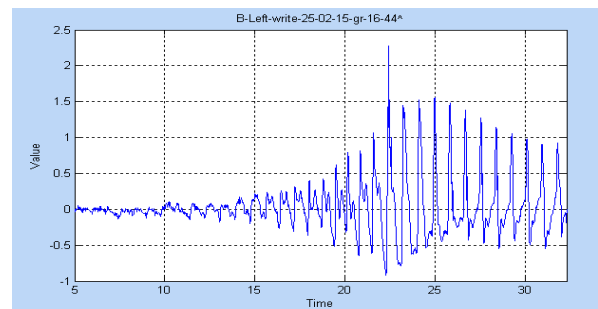
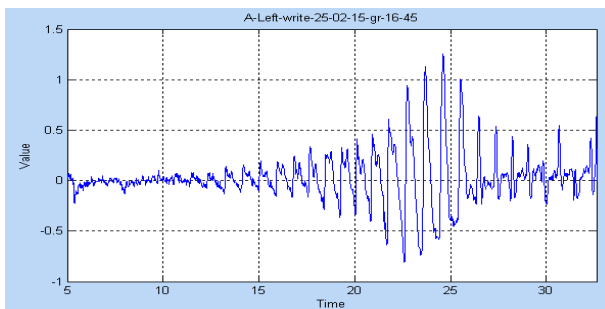
2. Другий критерій – порушення ритмічності осциляцій (П., 20 та П., 18)

У лівому стовпчику розміщені осцилограми лівого плеча, справа – правого; у верхньому рядку кожного критерію осцилограми правого і лівого плеча, які найменше, у нижньому – найбільше відрізнялись між собою. У дужках подані заковані номери обстежених: перший код – осцилограми обстеженого верхнього рядка, другий – нижнього.

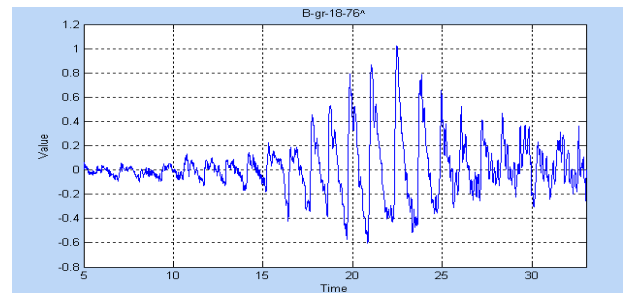
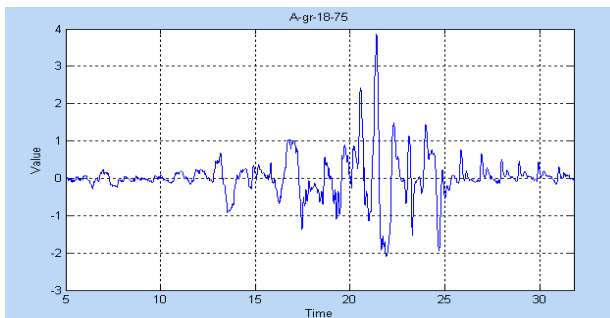
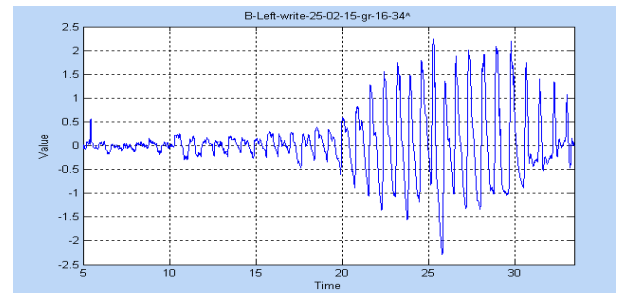
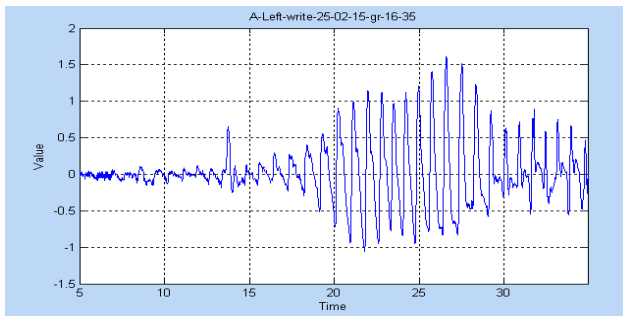
1. Перший критерій – аналіз огинаючої (С., 19 та Ш. 18)



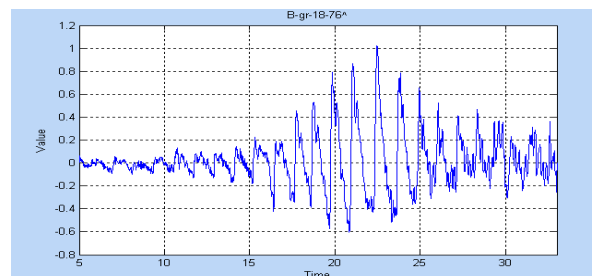
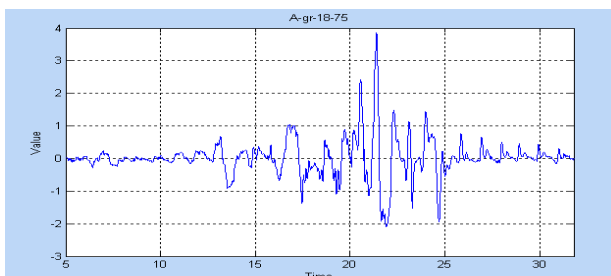
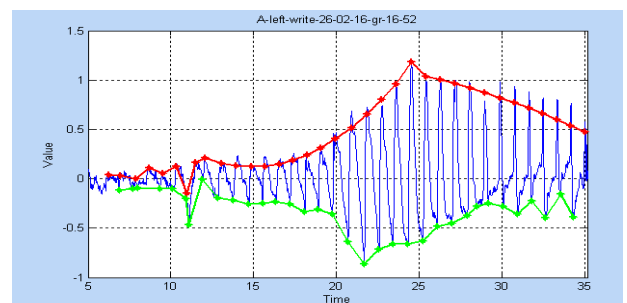
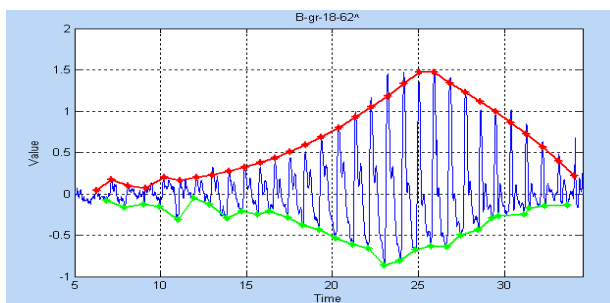
3. Третій критерій – реакція судин на початок компресії (Л.18 та Т.19)



4. Четвертий критерій - реакція судин ділянки плеча на компресію за амплітудою, кількістю та наявністю екстремальних осциляцій (Л.18 та Б. 19)



5. П'ятий критерій - кількість максимальних за амплітудою осциляцій –(П.20 та Б.19)



6. Шостий критерій - форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії (Т. 18 та Б 19)

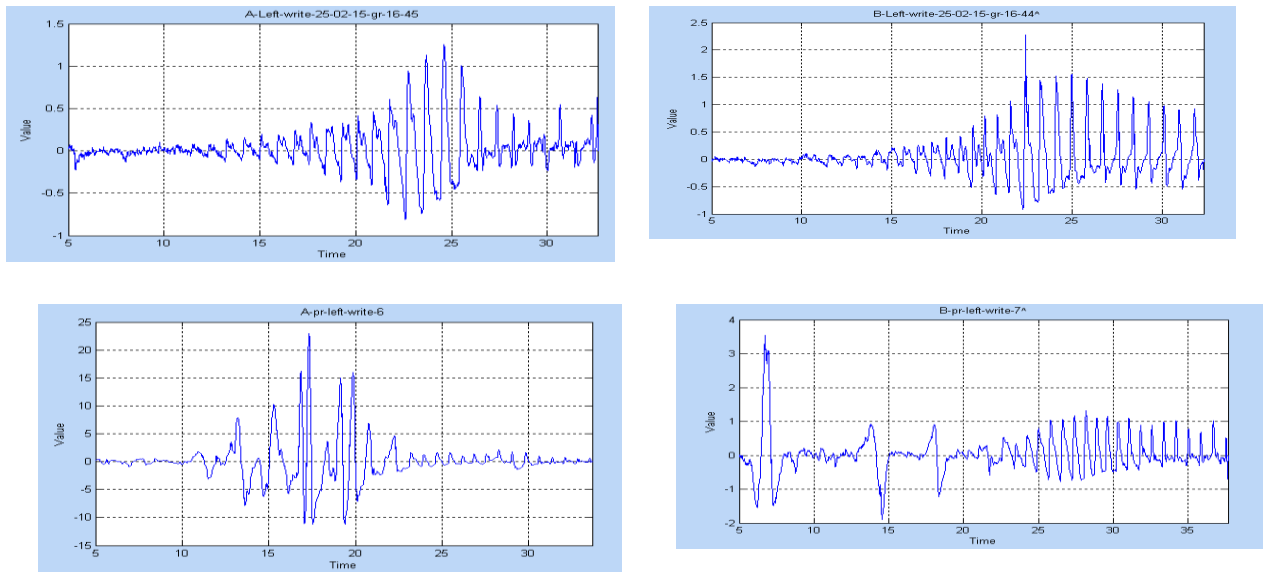
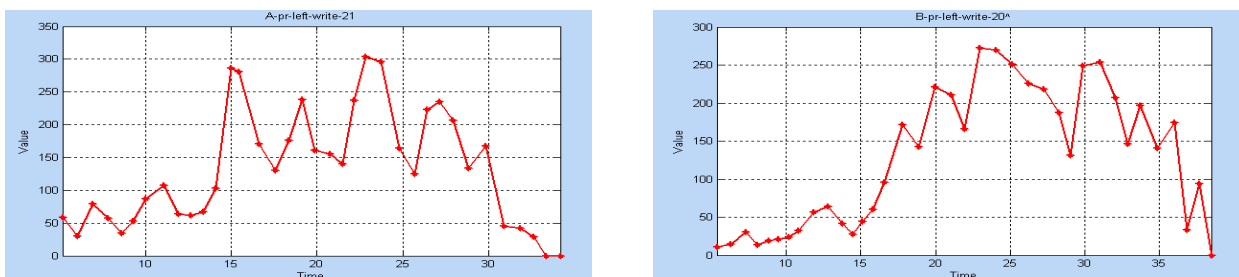
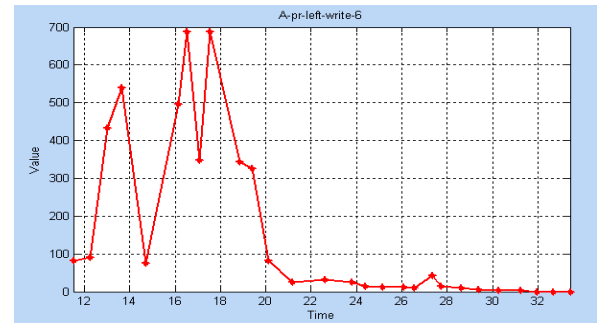
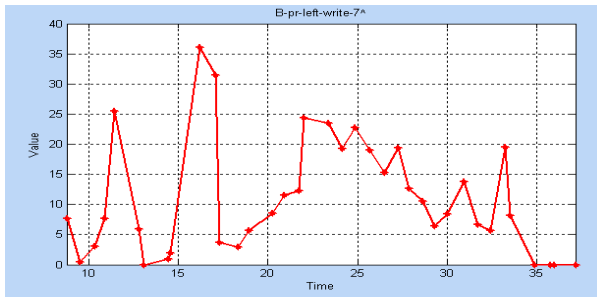


Рис. 2. Осцилограми, на яких реєструвалось найменше (верхній рядок) і найбільше (нижній рядок) відхилень від визначеної нами норми на лівому (зліва) та правому (справа) плечі кожного із 6 критеріїв

Примітка: по осі X – час реєстрації артеріальної осцилограми (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом пульсацій судинної стінки (мм. рт. ст.).

7. Сьомий критерій - характер зміни площі висхідної частини осциляцій (К. 18 та К. 19 р).





8. Восьмий критерій – характер зміни площі низхідної частини осциляцій (Т.19, Б. 19)

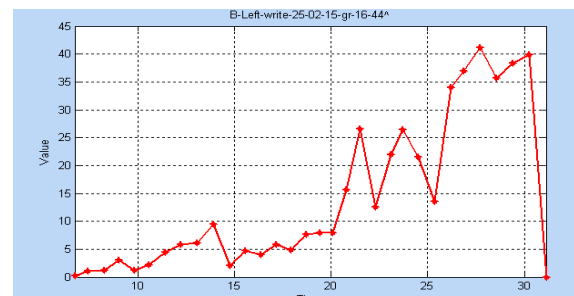
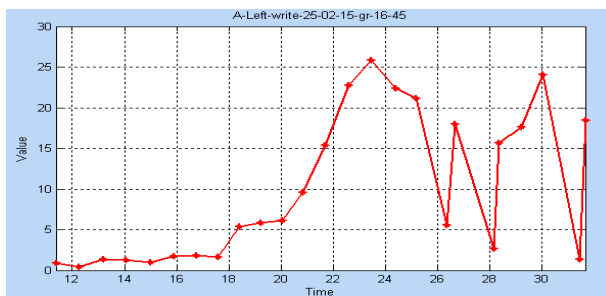
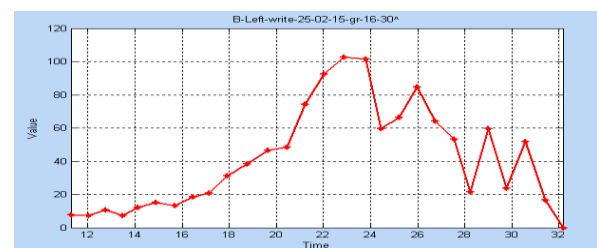
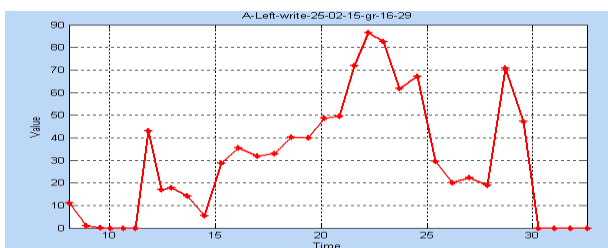


Рис. 3. Площі висхідної (№7) та низхідної (№8) частин пульсацій осцилограм, на яких реєструвалось найменше (верхній рядок) і найбільше (нижній рядок) відхилень від визначеної нами норми на лівому (зліва) та правому (справа) плечі

Примітка по осі X – час реєстрації артеріальної осцилограми (с), по осі Y - №7 - площі висхідної, №8 - площі низхідної частини осциляцій (мм-2)

Висновки. При проведенні морфологічного аналізу артеріальних осцилограм правого і лівого плеча асиметрія стану периферійного кровообігу зареєстровано у кожного із 31 обстеженого. Ступінь проявів асиметрій була різною. Вона залежала від оцінюваного критерію та індивідуальних особливостей обстеженого. Найменше відхилень від визначеної нами норми та різниці між осцилограмами обох плечей виявлено при визначенні характеру зміни площі висхідної частини осциляцій (25%), найбільше - характеру зміни площі низхідної частини осциляцій та за формою

огиначаючих (44%). При цьому за формою огиначаючі виявились „гіршими ” на правому плечі, у той час, як за реакцією судин на початок компресії, гармонійністю зміни амплітуди коливань, наявністю і кількістю екстремальних осциляцій на правому плечі були „кращими”.

Ступінь та якість реакції судин на компресію залежить від пружно-еластичних властивостей судинної стінки, які зумовлені особливостями їх структури (індивідуальними, віковими, патологічними), тонічним напруженням м'язового шару судинної стінки, ступенем пасивного напруження судинної стінки і підлягають нервово-рефлекторним впливам [9]. До останніх відносять циркуляторні реакції нервового походження - барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію ЦНС, які контролюють різні параметри кровообігу і постійно інформують центральну нервову систему про зміни, що виникають [1].

На осцилограмах окремих обстежених зареєстрована не лише асиметрія кровонаповнення обох плечей, але і значні відхилення від визначених нами критеріїв норми на кожному з них (рис. 2, 3 - нижній ряд). Так обстеженим Б. 19 та П. 18 необхідно звернутися до лікаря для поглибленого обстеження з метою визначення причини виявлених відхилень.

Порівняльний аналіз осцилограм правого і лівого плеча може бути використаний для оцінки адаптаційних можливостей серцево-судинної системи до впливу різних рівнів поступово зростаючої компресії судин плеча (та інших факторів), ранньої діагностики та моніторингу захворювань серцево-судинної системи в [6,7].

Джерела інформації:

1. Баєвский Р. М. Оцінка адаптаційних можливостей організму і ризик розвитку захворювань / Р. М. Баєвський, А. П. Берсенєва. М.: Медицина, 1992.
2. Лущик У.Б. Обґрунтування потреби інноваційних медичних технологій у сучасних інформаційних програмних носіях на прикладі технологій діагностики та корекції серцево-судинної патології / У.Б. Лущик, В.В. Новіцький // Запорозький медичний журнал №1 (76), 2013, с. 97-100
3. Булич Елла Спортивна медицина та лікувальна фізкультура: опір середовища і запити суспільства / Елла Булич, Ігор Муравов // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Фізичне виховання, спорт та здоров'я людини: досвід і сучасні технології» 2–4 жовтня 2014 р. - Запоріжжя, 2014. - С. 159-172.

4. Обрезан А.Г. Теория «периферического сердца» профессора М.В.Яновского: классические и современные представления / А.Г. Обрезан, Т.Н. Шункевич // Вестник Санкт-Петербургского университета. – Сер. 11. – 2008. – Вып. 3 – С. 14-22.
5. Минцер О.П. Медицинские информационные системы: пути развития и перспективы в реальной жизни / О.П. Минцер // Кибернетика и вычислительная техника. – 2001. – № 2. – С. 37-60.
6. Вакуленко Д.В. Інформативне значення окремих показників осцилограм судин верхньої кінцівки зареєстрованих в процесі вимірювання артеріального тиску. / Д.В. Вакуленко // Медична інформатика та інженерія. – 2013. – № 4. – С. 67-80.
7. Вакуленко Д.В. Застосування інформаційних технологій морфологічного аналізу осцилограми для визначення функціональних резервів серцево-судинної системи / Д.В. Вакуленко // Медична інформатика та інженерія.— 2014. —№ 4. — С. 98 – 104.
8. Каро, К.Механика кровообращения / К. Каро, Т. Педли, Р. Ротер, У. Сид // Перевод с англ. . – М.: Мир, 1981. – 624 с.
9. Педли Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов / Т. Педли. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 400 с.
10. Рогоза, А.Н. Сучасні неінвазивні методи вимірювання артеріального тиску для діагностики артеріальної гіпертонії та оцінки ефективності антигіпертензивної терапії Посібник для лікарів. / О.М. 78 Рогоза, Е.В. Ощепкова, Е.В. Цагарейшвілі, Ш.Б. Горієва. - Москва: МЕДИКА, 2007. - 72
11. Комплекс аппаратно-программный неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии «КАП ЦГ осм- «Глобус». Инструкция по применению. – Белгород: ООО «Глобус», 2004. – 51 с.