

УДК: 519. 876.2: 611.018.4

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ОСЦИЛОГРАМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РЕЗЕРВІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

Д. В. Вакуленко¹, Л. О. Вакуленко²

ДВНЗ „Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України”¹

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка²

Використання інформаційних технологій для реєстрації осцилограм і проведення їх морфологічного аналізу до та після фізичного навантаження дає можливість визначити резервні можливості серцево-судинної системи, диференціювати органічні та функціональні причини порушення стану судин.

Ключові слова: інформаційні технології, морфологічний аналіз осцилограм до та після фізичного навантаження

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОСЦИЛЛОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Д. В. Вакуленко¹, Л. О. Вакуленко²

ДВНЗ “Тернопольский государственный медицинский университет имени И. Я. Горбачевского МОЗ Украины”¹

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка²

Использование информационных технологий для регистрации осциллограмм и проведения их морфологического анализа до и после физической нагрузки дает возможность определить резервные возможности сердечно-сосудистой системы, дифференцировать органические и функциональные изменения состояния сосудов.

Ключевые слова: информационные технологии, морфологический анализ осциллограмм до и после физической нагрузки

THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY MORPHOLOGICAL ANALYSIS WAVEFORMS TO DETERMINE THE FUNCTIONAL RESERVES OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

D. V. Vakulenko¹, L. A. Vakulenko²

SHEI «Ternopil State Medical University by I. Ya. Horbachevsky of MPH of Ukraine»

Ternopil National Pedagogical University by Volodymyr Hnatyuk²

Information technology for the registration of the waveforms and their morphological analysis, before and after exercise allows us to determine the reserve capacity of the cardiovascular system, to differentiate organic and functional changes in the state of blood vessels are used.

Keywords: Information Technology, morphological analysis of waveforms before and after exercise

Вступ. Організаційні перетворення в сфері охорони здоров'я потребують переосмислення багатьох постулатів, активізації резервів, і головне – залучення найсучасніших технологій [1].

Застосування сучасних інформаційних технологій для морфологічного аналізу осцилограм дали можливість розробити та обґрунтувати критерії вивчення та оцінки стану периферійних судин. Вони вклю-

чають: ритмічність, частоту, форму, амплітуду осциляцій та тривалість їх фаз, а також наявність, розміри, локалізацію дикротичного зубця і додаткових хвиль на низхідній частині осциляцій та їх динамку в процесі зростання компресії. Їх вивчення та оцінка дають можливість оцінити не лише рівень артеріального тиску, але і стан периферійних судин („периферійного серця” за М. В. Яновським) та функціональну спроможність організму адаптуватися до компресії судин передпліччя [2].

Реакція судин передпліччя на компресію свідчить про стан координації місцевих саморегуляторних механізмів та центральної нейрогуморальної регуляції діяльності серцево-судинної системи [3, 4], рівень функціонування вегетативної нервової системи, функціональну спроможність серця, рефлекторну реакцію серцево-судинної системи [5, 6], стан русла периферійних судин (тонус, еластичність, пружність, прохідність) [5, 6, 7, 8], активність механізмів термінової реакції на компресію (барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію) та ін. [4, 6, 9].

Мета дослідження. Вивчити зміни морфологічних характеристик осцилограми після фізичного навантаження (30 присідань за 45 с – проба Руф’є).

Матеріал та методи дослідження. Для вирішення поставленої мети нами в пакеті Matlab R 2010a у 75 практично здорових осіб з кривою артеріального тиску, отриманої за допомогою електронного вимірювача тиску ВАТ41-2, виділено артеріальні осцилограми та проведено їх морфологічний аналіз. Формування та запис кривої відбувалися в автоматичному режимі, синхронно з нагнітанням повітря в манжету і реєстрацією відповіді артерії на компресію шляхом зміни тиску в ній протягом усього періоду компресії. Дослідження проводились до та після фізичного навантаження.

Результати досліджень та їх аналіз

Для демонстрації результатів морфологічного аналізу обрано найбільш типові артеріальні осцилограми двох практично здорових осіб.

Приклад 1

Осцилограма пацієнта М., 20 років, практично здорового, зареєстрована в стані спокою зображена на рисунку 1, після фізичного навантаження – на рисунку 2. Артеріальний тиск до навантаження 109 і 63 мм рт. ст. після навантаження – 131 і 70 мм рт. ст.

1. Осцилограма судин плеча, зареєстрована до навантаження

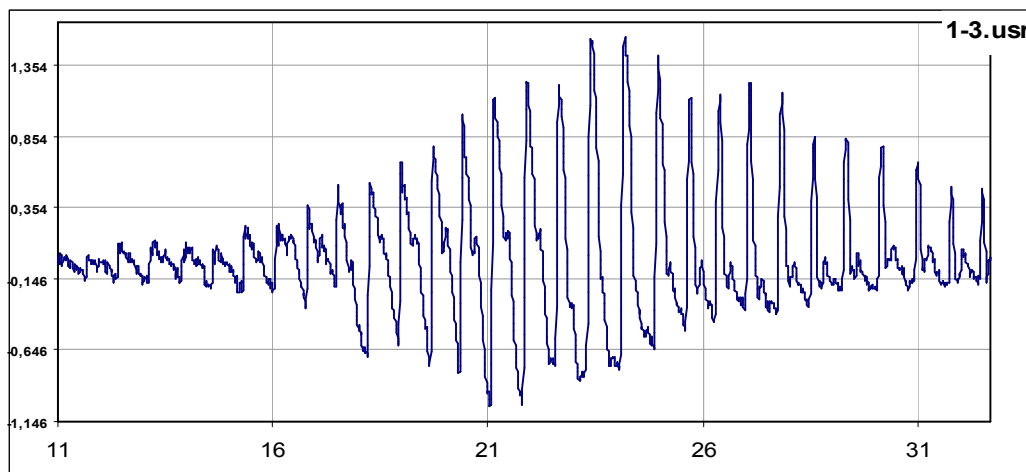


Рис. 1. Осцилограма судин плеча обстеженого М., 20 років, до навантаження.

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

Як видно з рисунка 1, для осцилограми практично здорової особи, записаної у стані спокою, характерні ритмічні осциляції, амплітуда яких поступово зростає, досягає максимуму і поступово знижується. В процесі зростання компресії реєструються дві однакові максимальні осциляції. Симетричне розміщення огинаючих, створених за максимальними та мінімальними екстремумами, мають куполоподібну форму, з

рівномірним зростанням та зниженням, піки за максимумами появляються слідом за мінімальними екстремумами.

Вершини максимумів загострені. На початку компресії їх кут більший, в процесі зростання компресії – спочатку зменшується, а потім наближається до нуля: верхня частина катакоти значно наближається до анакоти або збігається з нею. Тривалість фази по-

вільного вигнання крові в процесі збільшення компресії поступово зростає, фаза діастолі – скорочується [2].

На висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні. На низхідній частині осциляцій, в кінці систолі, реєструється дикротична хвиля. На початку компресії вона розміщена на середній частині катакроти, зникає при максимальній амплітуді осциляцій. В процесі наростання компресії появляється знову, але вже на нижній частині катакроти і в кожній наступній пульсації поступово наближається до її нижнього краю. Амплітуда дикротичної хвилі при цьому зростає.

На низхідній частині осциляцій слідом за дикротичною хвилею реєструються дрібні однотипні додаткові хвилі. При максимальній компресії судин після закінчення фази повільного вигнання крові реєструються хвиля, зумовлена гідравлічним ударом, “перекиданням” пульсової хвилі і утворенням ударної хвилі, та однотипні дрібні осциляції, які утримуються до появи наступного гідравлічного удару [2].

2. Осцилограма судин плеча, зареєстрована після навантаження

На рисунку 2 зображена осцилограма попереднього обстеженого, записана після фізичного навантаження (30 присідань за 45 секунд – проба Руф’є).

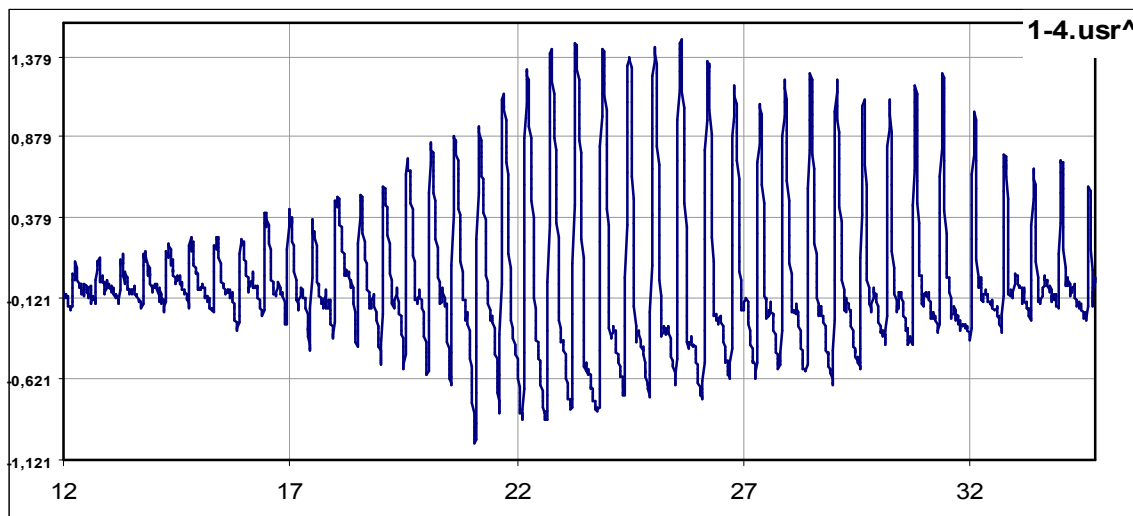


Рис. 2. Осцилограма судин плеча обстеженого М, 20 років, після фізичного навантаження.

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

При порівняльному загальному аналізі осцилограм, записаних до та після навантаження, звертає на себе увагу збільшення частоти пульсацій зразу після присідань та зменшення її вже до кінця вимірювання. За 5 секунд в проміжку між 12–17 с їх було 9, між 27–32 с – стало 8. До 23 с реєструється плавне зростання амплітуди осциляцій. Протягом 23–25 с амплітуда практично не змінюється, після 26 с – дещо знижується і зберігається з незначними змінами до 31 с. Після 31 с відмічається виражене зниження амплітуди пульсацій, які в подальшому також відрізняються незначно. При цьому на 16 с зареєстровано більш різке зростання та на 33 с – зниження осциляцій.

Збереження між 22 і 26 секундами шести осциляцій приблизно однакової амплітуди свідчить про те, що незважаючи на поступове зростання компресії, тиск всередині артерії (трансмуральний тиск) зали-

шається незмінним. Значення трансмурального тиску свідчить в першу чергу про навантаження, проти якого повинне працювати серце, стан русла периферійних судин, рефлекторні реакції серцево-судинної системи, а також про багато інших фізіологічних процесів, які досягаються завдяки координації діяльності між місцевими саморегулюючими механізмами і центральною нейрогуморальною регуляцією [8]. Здатність підтримувати трансмуральний тиск судин передпліччя обстежуваного після навантаження стабільним в умовах зростання компресії свідчить про високий рівень функціональних резервів вище указаних механізмів адаптації.

Після навантаження низхідна частина максимальних осциляцій займає 26 % площі усієї осциляції, низхідна – 74 % (до навантаження, відповідно, 14,5 і 85,5 %). Вони співвідносяться між собою як 1:2,8 (до навантаження – 1 до 5,9). Збільшення площі

(і, відповідно, тривалості) фази швидкого вигнання крові після навантаження свідчить про зростання потужності систолічного викиду [6], що характеризує рівень адаптаційної здатності серцево-судинної системи.

Дикротичний зубець до досягнення максимуму осциляцій розміщується нижче, ніж до навантаження, відповідно, зменшується тривалість діастолі. Зменшення тривалості діастолічної фази свідчить про збільшення серцевого викиду [6].

Вершини максимумів більш загострені уже на початку компресії, що може бути зумовлене збільшенням частоти серцевих скорочень. На нижніх екстремумах у період зростання осциляцій реєструються гострі кути. Додаткові хвилі під час діастолі з'являються пізніше, після 30 с компресії (до навантаження – після 26 с).

Відмічена вище динаміка свідчить про рівень гнучкості пристосування серця і судин до змінюваних умов функціонування внаслідок адекватної діяльності досконалих механізмів регуляції кровообігу [12].

В початковий період обтискання плеча пульсації ритмічні, амплітуда зростає поступово, вершини стають більш загострені, дикротична хвиля розміщується нижче її середини, кількість додаткових хвиль зменшується. Це свідчить про високий рівень кореляції між складовими, які контролюють різні параметри кровообігу та адаптаційної здатності серцево-судинної системи до змінюваних умов зовнішнього середовища, зумовлених фізичним навантаженням [Баєвський].

Після досягнення діастолічного тиску звертає на себе увагу більш низьке розміщення дикротичних хвиль, які зникають ще до досягнення максимальних осциляцій.

Період максимальних осциляцій характеризується тривалим збереженням приблизно однакових осциляцій від 23 до 26 с. Дикротична хвиля менш виражена, ніж до навантаження. Додаткові хвилі після дикротичного зубця з'являються пізніше, після 30 с.

Заключна частина осцилограми (після досягнення систолічного тиску) характеризується більш тривалим зближенням вершин висхідної та низхідної частин окремих пульсацій. Реєструються однотипні (менші за амплітудою, ніж до навантаження) дикротичні зубці та додаткові хвилі в кінці низхідних частин осциляцій, які утримуються до появи наступного гідралічного удару [Рогоза, Каро].

Таким чином, при порівнянні осцилограм, записаних до та після фізичного навантаження можна прийти

до висновку, що адекватна реакція супроводжується наступною динамікою:

1. Під кінець реєстрації артеріального тиску частота осциляцій зменшується.

2. Вершини максимальних екстремумів – більш загострені, додаткові осциляції на нижніх екстремумах відсутні.

3. Амплітуда максимальних осциляцій практично не змінюється.

4. Максимальна амплітуда зберігається на більшій (ніж до навантаження) кількості осциляцій.

5. Тривалість анакротичної фази збільшується. Відсоток площі висхідної частини на максимальних осциляціях зростає. Вона відноситься до площі низхідної частини як 1 до 3,0 (до навантаження – як 1 до 6,0).

6. Тривалість фази повільного вигнання крові протягом усього періоду дослідження більша, ніж до навантаження.

7. Дикротична хвиля на початку компресії розміщується нижче, в нижній третині катакроти, зникає ще до появи максимальних осциляцій, з'являється знову на останніх максимальних осциляціях і утримується до кінця компресії.

8. Амплітуда дикротичної хвилі після навантаження менша.

Приклад 2

Для порівняння використана осцилограма, записана до (рис. 3) та після проби Руф'є (рис. 4) практично здорового юнака віком 20 років, який займається вільною боротьбою, має 1-й спортивний розряд. АТ до навантаження 129 і 70, після навантаження – 153 і 75 мм рт. ст.

При аналізі даної осцилограми звертає на себе увагу відсутність гармонійного зростання та зменшення амплітуди осциляцій, кутів максимумів, закономірностей в наявності та розміщенні дикротичної хвилі (для прикладу – 21, 22, 23, 24 с). За дикротичною хвилею реєструються різнохарактерні за розмірами та локалізацією додаткові хвилі (1 та 3 частини осцилограми), спуск кривої до меж нижчих, ніж при попередній осциляції (19, 22 с), пресистолічні хвилі (29, 32, 34, 35 с). На 19 с на висхідній частині зареєстровано додатковий зубець. На 14 с наростання компресії пульсова хвиля виявилась більшою, ніж попередня і наступна. Після 23 с з'являється позачергова пульсова хвиля, що свідчить про порушення ритму серцевої діяльності [9]. Указані дані свідчать про порушення функціонального стану судин передпліччя, неадекватну реакцію судинної стінки на наростання компресії у спортсмена С.

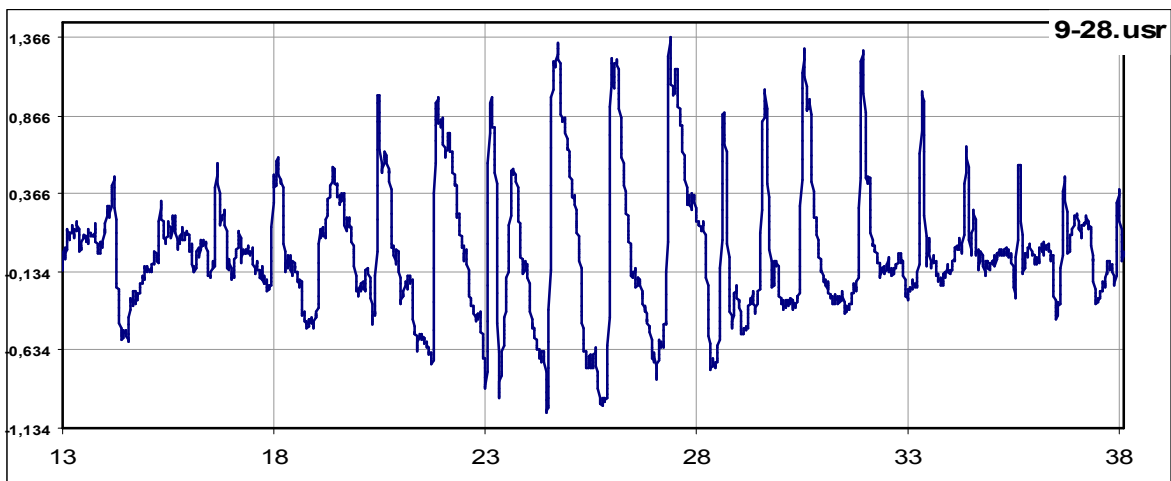


Рис. 3. Осцилограма судин плеча обстеженого С, 20 років, до навантаження.

Примітка: по осі *X* – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі *Y* – значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.)

Осцилограма судин плеча обстеженого С, 20 років, зареєстрована після фізичного навантаження, зображена на рисунку 4.

Як видно з рисунку 4, на артеріальній осцилограмі обстеженого С після навантаження реєструється тенденція до покращення осцилографічної картини за усіма досліджуваними морфологічними кри-

теріями, що свідчить про певну роль функціонального фактора у виникненні відмічених вище відхилень. Функціональний стан артеріальних судин залежить від їх пружноеластичних властивостей, зумовлених нервово-рефлекторними впливами, і свідчить про рівень функціональних резервів системи кровообігу [6].

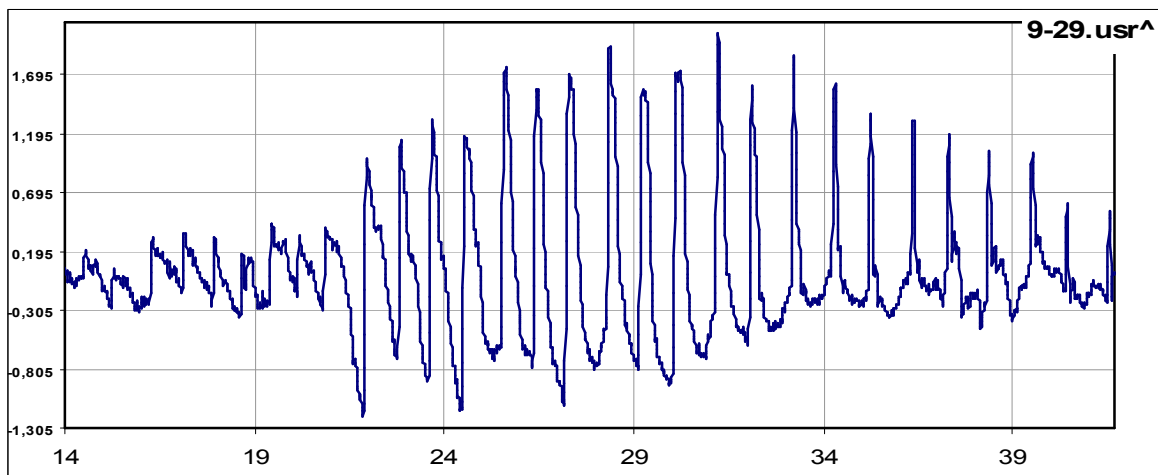


Рис. 4. Осцилограма судин плеча обстеженого С, 20 років, після фізичного навантаження.

Примітка: по осі *X* – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі *Y* – значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.).

Висновки. Використання інформаційних технологій для реєстрації осцилограм і проведення їх морфологічного аналізу до та після фізичного навантаження дає можливість визначити резервні можливості серцево-судинної системи, диференціювати органічні та функціональні причини порушення стану судин.

Результати досліджень можуть бути використані як в клінічній, так і в експериментальній медицині для виявлення захворювань серцево-судинної системи, порушення її функціональної здатності, а також в спортивній медицині.

Література

1. Панченко О. А. Применение информационных технологий в современной реабилитологии / О. А. Панченко, О. П. Минцер. – К. : КВИЦ, 2013. – 136 с. : ил
2. 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.
3. Аринчин Н. И. Периферические «сердца» человека. – Н. И. Аринчин. – Мн. : Наука и техника, 1980. – 236 с.
4. Местные механизмы регуляции кровообращения <http://fiziologiya.info/nozdrachev-kniga-vtoraya/8-6-1-mestnye-mexanizmu-regulyacii-krovoobrashheniya.html> с. 241.
5. Покровский А. В. Клиническая ангиология / А. В. Покровский. – М. : Медицина, 1979. – 366 с.
6. Педли Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов : пер. с англ. – Т. Педли. – М. : Мир, 1983. – 400 с.
7. Комплекс аппаратно-программный неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии «КАП ЦГ осм- «Глобус» : инструкция по применению. – Белгород : ООО «Глобус», 2004. – 51 с.
8. Каро К. Механика кровообращения / К. Каро, Т. Педли, Р. Ротер, У. Сид : перевод с англ. – М. : Мир, 1981. – 624 с.
9. Патент РФ № 2360596 Способ определения артериального давления, параметров гемодинамики и состояния сосудистой стенки с использованием осциллометрии высокого разрешения / Заявитель и патентообладатель Цупко Игорь заявник; заявл. 24.01.2008; опубл. 10. 07.2009 року.