

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИВЧЕННЯ АДАПТАЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ДО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЗА МОРФОЛОГІЧНИМ, ЧАСОВИМ ТА СПЕКТРАЛЬНИМ АНАЛІЗОМ ОСЦИЛОГРАМ

**В. П. Марценюк, Д. В. Вакуленко, Л. О. Вакуленко**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет  
імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Запропоновані авторами інформаційні технології морфологічного, часового, спектрального аналізу осцилограм (зареєстрованих у стані спокою та після фізичного навантаження) із виведенням аналітично оброблених результатів дослідження для клінічної інтерпретації, оцінювання та прийняття рішень лікарем, значно підвищують інформативність процедури вимірювання артеріального тиску. Можуть бути використані для раннього виявлення донозологічних і преморбідних станів та функціональних резервів системи кровообігу, які допоможуть більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний та терапевтичний процес.

**Ключові слова:** артеріальна осцилографія, морфологічний, часовий, спектральний аналіз осцилограм, проба Руф'є.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ АДАПТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ ЗА МОРФОЛОГИЧЕСКИМ, ВРЕМЕННЫМ И СПЕКТРАЛЬНЫМ АНАЛИЗОМ ОСЦИЛЛОГРАММ

**В. П. Марценюк, Д. В. Вакуленко, Л. А. Вакуленко**

*ГБУЗ «Тернопольский государственный медицинский университет  
имени И. Я. Горбачевского МЗ Украины»*

Предложенные авторами информационные технологии морфологического, временного и спектрального анализа осциллограмм (зарегистрированных в покое и после физической нагрузки), внедрение аналитически обработанных результатов для клинической интерпретации, оценки и принятия решений врачом значительно повышает информативность процедуры измерения артериального давления. Могут использоваться для раннего выявления донозологических и преморбидных состояний и функциональных резервов системы кровообращения, помогут более эффективно спланировать профилактический, диагностический и терапевтический процесс.

**Ключевые слова:** артериальная осциллография, морфологический, временной и спектральный анализ осциллограмм, проба Руфье.

## INFORMATION TECHNOLOGIES OF STUDYING OF CARDIO-VASCULAR SYSTEM ADAPTATION ABILITY TO PHYSICAL LOADING ACCORDING TO MORPHOLOGICAL, TEMPORAL AND SPECTRAL ANALYSIS OF OSCILLOGRAMS

**V. P. Martsenyuk, D. V. Vakulenko, L. A. Vakulenko**

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

Offer Author Information Technology morphological, temporal and spectral analysis of waveforms (recorded at rest and after exercise), the introduction of analytical treated for clinical interpretation of the results, evaluation and decision-making to doctors significantly increases the information content of the procedure of blood pressure measurement. Can be used for

early detection and prenosological premorbid state and functional reserve of the circulatory system, help more effectively to plan preventive, diagnostic and therapeutic process.

**Key words:** arterial oscillography, morphological, temporal and spectral analysis of waveforms, sample Rufe.

**Вступ.** Втілення сучасних інформаційних технологій у практику охорони здоров'я дає можливість підвищити рівень профілактики, діагностики, превентивної реабілітації та лікування захворювань [7]. В першу чергу це стосується найпоширеніших захворювань людства - захворювань серцево-судинної системи. Серцево-судинна патологія реєструється у 3/4 населення України, а в 62,5 % випадків вона є причиною смерті, що значно вище, аніж у розвинених країнах [6]. Особливу небезпеку в Україні складають підлітки, у яких за 5 років частота захворювань серцево-судинної системи зросла на 27,9 % [4] Навіть серед тих підлітків, які визнані лікарями здоровими, лише третина має середній і високий рівень соматичного здоров'я [4]. Результати проведення і оцінки авторами роботи проби Руф'є у 140 школярів 5-11 класів засвідчили, що 72 % з них на уроках фізичної культури повинні займатися в спеціальній групі. Час вимагає створення єдиного технологічного комплексу для цілісної прижиттєвої динамічної діагностики стану серцево-судинної системи пацієнта із виведенням аналітично оброблених результатів дослідження для клінічної інтерпретації, оцінювання та прийняття рішень лікарем при різних патологічних станах [6].

Актуальним завданням сьогодення є пошук сучасних інформаційних технологій для раннього виявлення донозологічних і преморбідних станів та резервних можливостей організму, які допоможуть лікарю більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний та терапевтичний процеси [7]. З цією метою авторами запропоновано інформаційні технології морфологічного, часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм. Отримати інформацію можна під час вимірювання артеріального тиску (прилад ВАТ41-2) і подальшого аналізу її за допомогою запропонованих авторами спеціальних комп'ютерних програм.

**Мета досліджень.** Вивчити і оцінити функціональну здатність серцево-судинної системи адаптуватися до компресії судин плеча при вимірюванні артеріального тиску у стані спокою та після фізичного навантаження за допомогою запропонованих авторами роботи інформаційних

технологій морфологічного, часового, спектрального аналізу артеріальних осцилограм.

**Матеріал та методи дослідження.** Обстежено 68 практично здорових осіб чоловічої та жіночої статі віком 18-20 років, які не мали скарг на стан здоров'я. Осцилограми реєстрували до навантаження, після 30 присідань за 45 секунд (проба Руф'є) та через 2 чи 5 хвилин відпочинку.

У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для морфологічного аналізу осцилограми використано інформацію, впроваджену в плетизмографії і реографії [8, 9] та логічно-візуальні, наукові, теоретичні висновки авторів за результатами аналізу 1200 осцилограм 380 здорових осіб [5]. Проведено загальну візуальну характеристику усієї осцилограми та окремих її пульсацій, розроблено критерії норми. За ступенем відхилення від ознак, прийнятих за норму, запропоновано інформаційні технології вагової оцінки осцилограми за 5 категоріями. Часовий та спектральний аналіз осцилограм проведено за методами, прийнятими в електрокардіографії [3, 10, 11]. Для визначення достовірності отриманих результатів у 54 здорових осіб синхронно з осцилограмами реєстрували електрокардіограми (ЕКГ), які піддано часовому та спектральному аналізу.

#### **Результати досліджень та їх аналіз**

**Морфологічний аналіз.** Морфологічному аналізу підлягали осцилограми 68 осіб, зареєстровані до та після навантаження. Використано розроблені авторами інформаційні технології вагової оцінки осцилограми, диференційованої за 5 ступенями відхилення від ознак, прийнятих за норму. За аналогією з фізіологічною інтерпретацією електрокардіосигналу, отримані результати зіставлено з 5 варіантами градації рівня здоров'я [1, 3, 8, 9]. Аналіз осцилограм засвідчив наступне: 1-й тип - «здоровий» (оптимальна адаптація) зареєстровано у 8,8% обстежених до навантаження та у 2,9 % - після нього, 2-й - «практично здоровий» (напружена адаптація) - у 23,5 та 32,3 % відповідно, 3-й - «умовно здоровий» (перенапруження адаптації) - у 44,1 та 41,2 %, 4-й - «передхвороба» (зрив адаптації) - у 20,6 та 17,6 %, 5-й - «хворий» (адаптація до порушень) - у 2,9 і 5,9 %. Таким чином, найчастіше зустрічався 3 тип варіантів градації - умовно здоровий.

Після навантаження зміну градацій у сторону покращення зареєстровано у 41,2 % випадків (рис. 1, правий стовпчик), погіршення - у 35,3 %, без змін - у 23,5 % обстежених. Через дві хвилини відпочинку реєструвалась тенденція повернення до вихідного рівня. На осцилограмах обстеже-

ного С. (рис. 1) після навантаження спостерігається збереження ритмічності і гармонійності зростання та спадання амплітуди пульсацій, які виникли зразу після присідань, що свідчить про ефективність фізичного навантаження у обстеженого [1, 5].

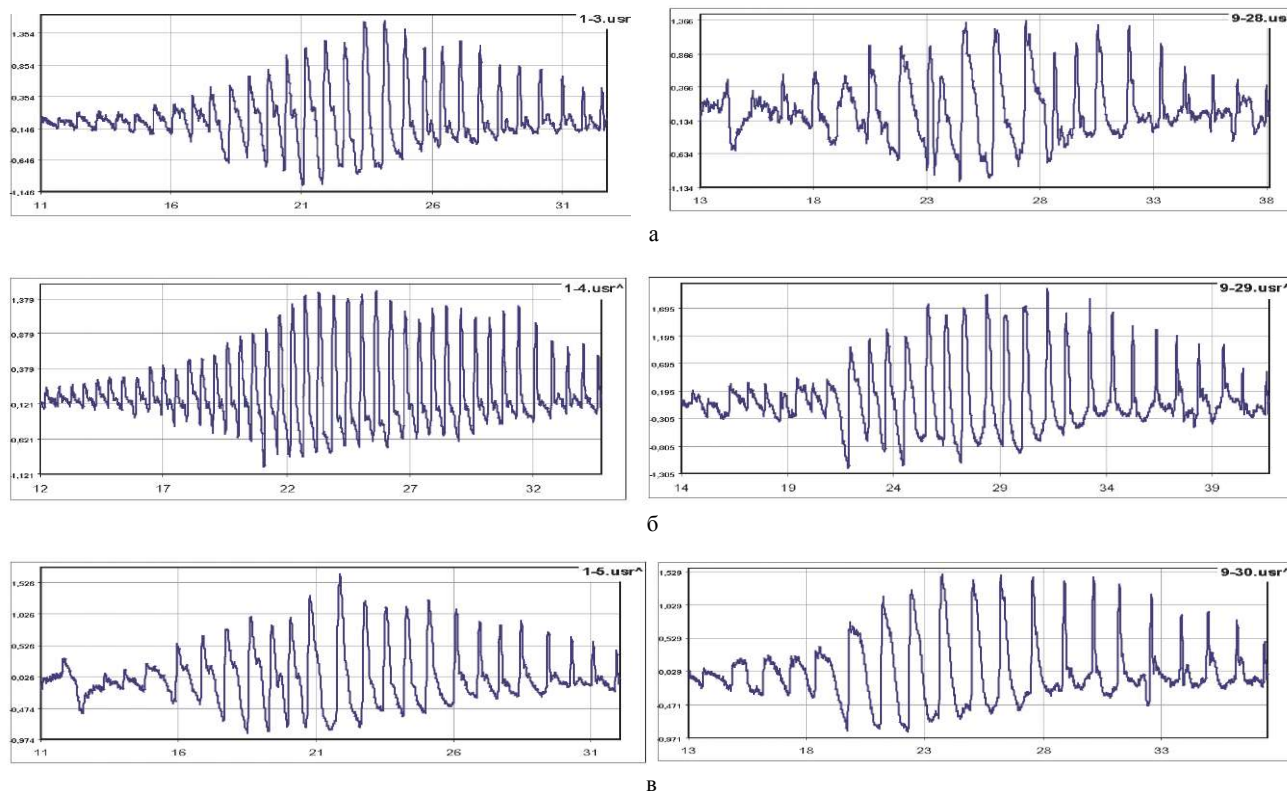


Рис. 1. Осцилограми здорових: М. (лівий стовпчик) та С. (правий стовпчик): а) до навантаження, б) після 30 присідань, в) через 2 хвилини відпочинку.

Примітка. По осі X - час реєстрації осцилограми (с), по осі Y - значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.).

**Часовий аналіз** осцилограм проведено у 110 здорових (1 група) та 68 здорових осіб, які брали участь у виконанні проби Руф'є (2 група). Часовий аналіз проведено шляхом визначення тривалості інтервалів між вершинами осциляцій в процесі зростання компресії плеча за максимальними та мінімальними екстремумами. З цією метою використані прийняті в електрокардіографії [3] наступні показники: **SDSD**, **NN50**, **pNN50**, **Mo**, **AMo**, **BP**, **Si**, **VPP**, **IN**, **HRV-індекс**, **RMSSD**, **RR std**, а також **power\_osc\_stddev** - середнє квадратичне відхилення амплітуд [5]. За аналізом тривалості R-R інтервалів осцилограм 110 здорових створено гістограми (графічне зображення частоти повторюваності часових інтервалів), скатеро-

грами (кореляційну ритмограму) та хаосограми (нелінійні «хаотичні» коливання тривалості осциляцій) [3].

При вивченні показників часового аналізу 110 осцилограм здорових визначено їх середні значення: **SDSD** –  $0,45 \pm 0,02$  с, **RMSSD** –  $0,36 \pm 0,2$  с, **pNN50** –  $10,6 \pm 0,02$ , **Mo** –  $0,87 \pm 0,02$  с, **AMo** –  $37,1 \pm 1,1$  %, **BP** –  $0,6 \pm 0,01$ ; **IVR** –  $75,2 \pm 7,6$ , **VPR** –  $0,75 \pm 0,03$ , **IN** –  $32,3 \pm 2,9$ , **HVR-index** –  $29,2 \pm 0,12$ .

Порівняно з отриманими з літературних джерел [2] показниками, зареєстрованими при аналізі ЕКГ (подано в дужках), наші дані вкладаються в діапазон їх коливань (різниця недовіривна): **Mo** ( $0,9 \pm 0,03$  с), **AMo** ( $37,5 \pm 3$  %), **RMSSD** ( $0,43 \pm 0,19$  с), **pNN50** ( $18,1 \pm 13$ ). Для підтверджен-

ня достовірності отриманих даних проведено аналіз аналогічних показників ЕКГ, зареєстро-

ваної синхронно з осцилограмою, у 54 здорових осіб (рис. 2).

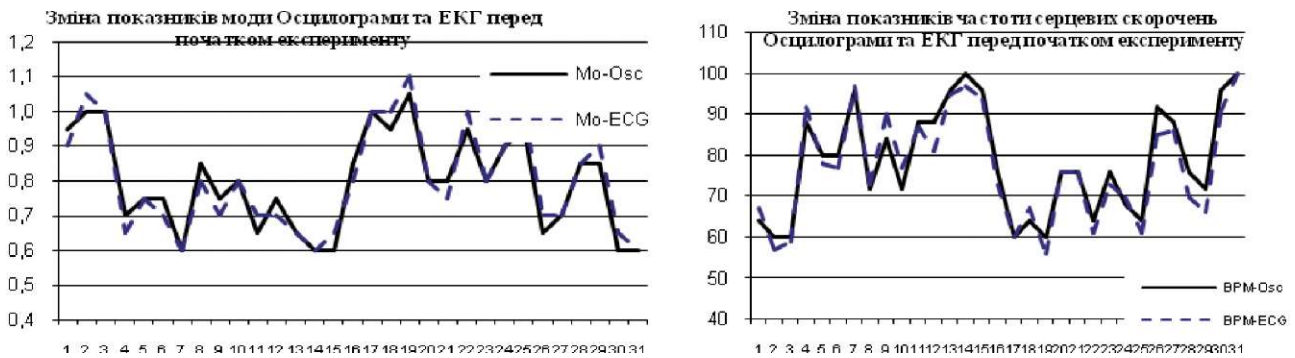


Рис. 2. Показники: моди (зліва) та частоти серцевих скорочень (справа) осцилограми та ЕКГ перед початком експерименту.

Примітка. По осі X - репрезентативна вибірка з 30 осіб, по осі Y - зліва тривалість R-R інтервалів (с), справа - частота серцевих скорочень.

Для показників моди (Mo) та частоти серцевих скорочень (ЧСС), розрахованих за аналізом інтервалів ЕКГ та осцилограм, коефіцієнт кореляції склав  $0,97 \pm 0,02$  ( $p < 0,05$ ), що вказує на сильну кореляцію між досліджуваними вибірками та підтверджує високу інформативність обраних методів дослідження. Мода відображає значення інтервалу, який найчастіше зустрічається в даному динамічному ряді і вказує на найвірогідніший рівень функціонування системи кровообігу [2, 3, 11]. Збіг його показників на ЕКГ та осцилограмі дозволяє зробити висновок, що це характеристика не лише рівня управління ритмом серця, але і «периферійного серця». Випадки сильної ( $0,97 \pm 0,02$  ( $p < 0,05$ )) кореляції між RMSSD (міра потужності високочастотних нейрогуморальних впливів, які ототожнюються з активністю парасимпатичної ланки ВНС [2, 3, 11]) свідчать про однаковий ступінь участі парасимпатичної ланки ВНС в управлінні діяльністю серця та периферійних судин. Відсутність подібних зв'язків між іншими показниками дає можливість передбачити їх залежність від пружноеластичних властивостей судинної стінки та різних нервово-рефлекторних впливів на їх діяльність.

Показники обстежених 2-ої групи до навантаження достовірно не відрізнялись від середніх показників у 1-й групі. На кожній із окремих осцилограм під час вимірювання артеріального тиску до навантаження реєструвались зменшення і стабілізація тривалості інтервалів між екстремумами в процесі зростання компресії плеча.

Ще стабільніші інтервали спостерігали після навантаження, що свідчить про зростання рівня централізації управління діяльністю системи кровообігу [2, 3, 11]. Їх показники були різними, що можна пов'язати з різним вихідним станом та рівнем адаптаційної здатності організму.

Зразу після навантаження у представників 2 групи на максимальних екстремумах зареєстровано достовірне **зниження** показників **SDSD**, **rNN50** (рис. 3-1a), **Mo** ( $P < 0,001$ ) (рис. 4-2a) та **зростання** показників **AMo** ( $P < 0,01$ ), **IVR**, **IN** та **HVR-index**, середнього квадратичного відхилення амплітуд осциляцій ( $P < 0,001$ ), що (за аналогією з ЕКГ) свідчить про зростання симпатико-адренергічних впливів та централізацію управління системою кровообігу [2, 3, 10, 11].

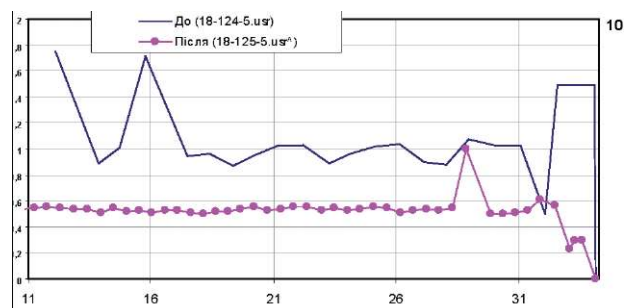


Рис. 3. Інтервали між максимальними екстремумами в процесі зростання компресії плеча обстеженого М. Ціла лінія - до навантаження, точкова - після навантаження.

Примітка. По осі X - час (с), по осі Y - тривалість інтервалів (мс).

Після 2 хвилин відпочинку вказані показники повертались до вихідних (рис. 4, б). Вважаємо, що відмічені з достовірною динамікою показни-

ки після навантаження можуть бути використані і як маркери адаптаційної здатності судинної системи.

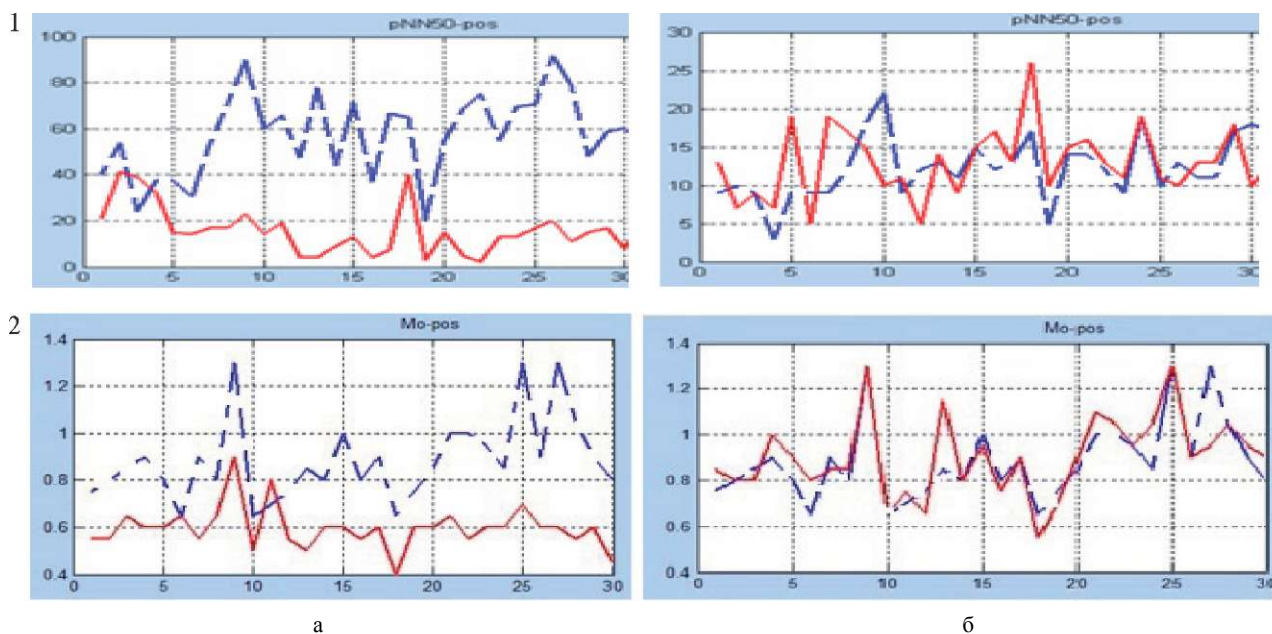


Рис. 4. Динаміка показників pNN50 (1) та Мо (2): а) до та після проби Руф'є; б) до проби Руф'є та через 2 хвилини відпочинку. Переривчаста лінія - до навантаження, суцільна лінія - після нього.

Примітки: по осі X - репрезентативна вибірка з 30 осіб; по осі Y: на рис. 4.1 - процент від числа пар R-R інтервалів, які відрізняються більше, ніж на 50 мс (pNN50); рис. 4.2. - значення тривалості інтервалів осциляцій, які зустрічаються найчастіше (Mo, с) у кожного із обстежених.

Фізичне навантаження, що супроводжувалось підвищенням тонуусу симпатичної ланки автономної нервової системи, сприяє зростанню відсотка анакротичної фази у тривалості усієї осциляції (з  $14,5 \pm 6,7\%$  до навантаження до  $26 \pm 4,1\%$  після нього,  $P < 0,05$ ), що дає можливість засвідчити підвищення тонічного напруження судинної стінки [8, 9], яке мало тенденцію до повернення до вихідного

рівня уже через 2 хвилини після закінчення тесту (до  $18 \pm 8,4\%$ ,  $P > 0,05$ ).

Після навантаження на переважній (85 %) кількості гістограм (рис. 5), хаосограм та скатерограм реєструвалось зміщення показників тривалості інтервалів вліво, що свідчить про зростання впливу симпатичної ланки ВНС та рівня централізації впливу на систему кровообігу [2, 3, 11].

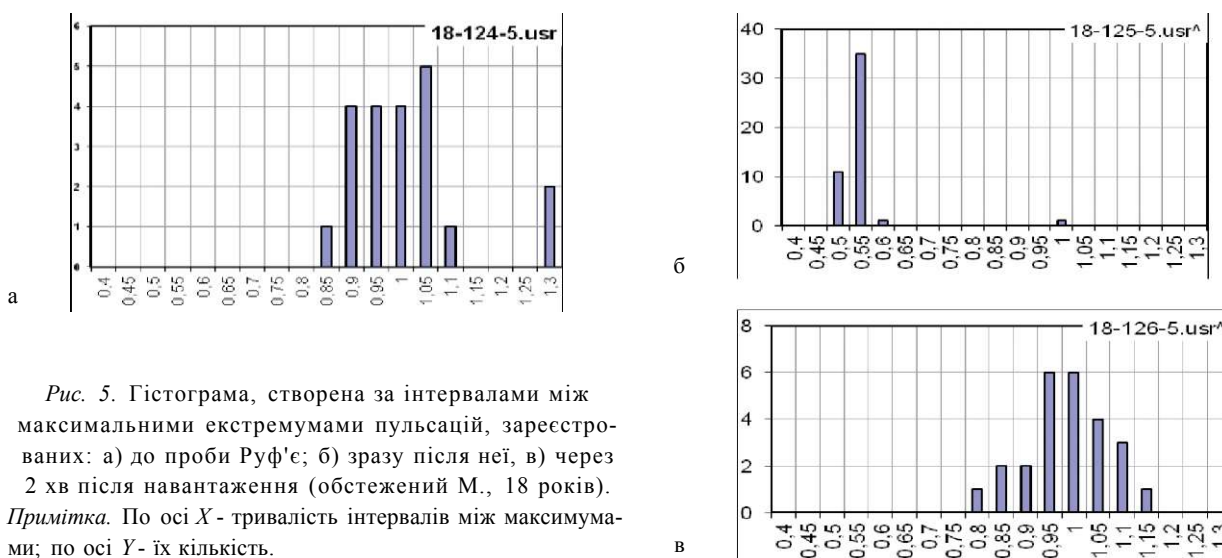


Рис. 5. Гістограма, створена за інтервалами між максимальними екстремумами пульсацій, зареєстрованих: а) до проби Руф'є; б) зразу після неї, в) через 2 хв після навантаження (обстежений М., 18 років). Примітка. По осі X - тривалість інтервалів між максимумами; по осі Y - їх кількість.

Через 2 хвилини відпочинку вищевідмічені показники повертались або наближались до вихідного рівня (рис. 4, 5), що свідчить про зниження рівня централізації управління системою кровообігу, зростання тону парасимпатичної ланки ВНС та якості відновних процесів [2, 3, 11]. Подібна динаміка спостерігалась на 54 % осцилограм.

Таким чином, часовий аналіз осцилограм відображає стан вегетативної нервової системи та рівень централізації управління діяльністю серцево-судинної системи. Використання проби Руф'є дає можливість оцінити рівень та механізми процесу адаптації організму до дозованого

фізичного навантаження та відновлення після нього.

**Спектральний аналіз.** Спектральний аналіз осцилограм, зареєстрованих у 68 осіб, проведено до та після фізичного навантаження. Фізичне навантаження сприяє підвищенню показників відсотка потужності спектра низьких (%LF -  $P < 0,01$ ) та наднизьких (%VLF -  $P < 0,01$ ) частот, потужності спектра тета-ритму ( $P < 0,01$ ) та зниженню рівня високих (%HF,  $P < 0,01$ ) частот у загальному спектрі частот (рис. 6). При цьому привертає увагу синхронність змін показників %VLF та тета-спектра.

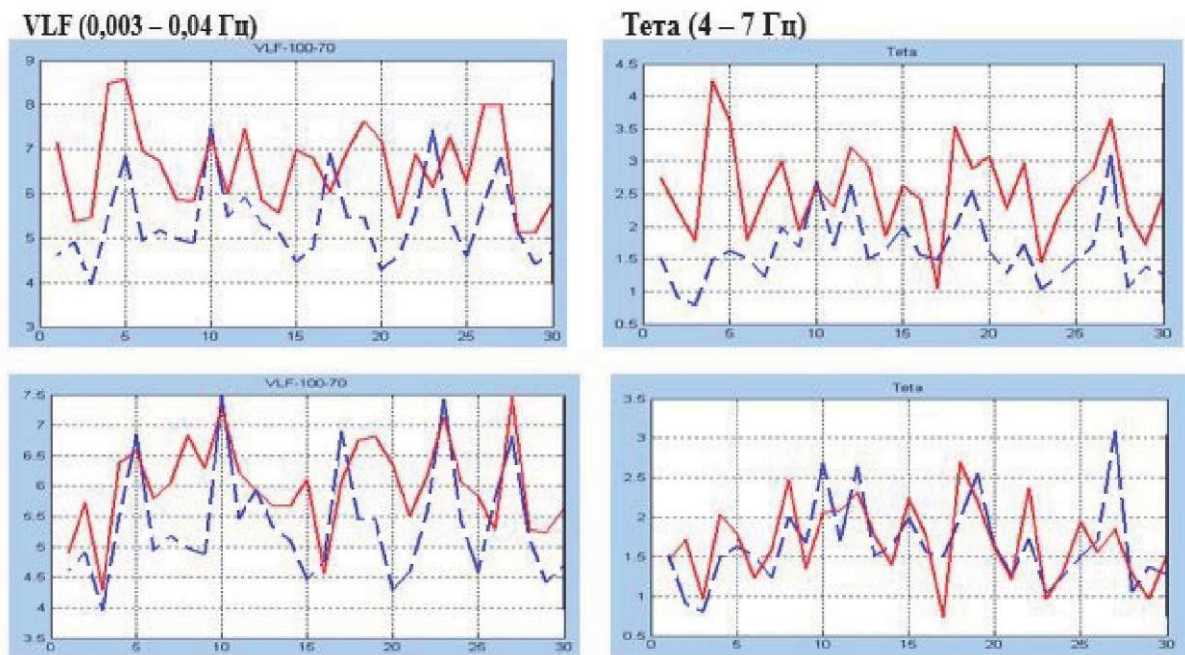


Рис. 6. Динаміка показників потужності спектра VLF (лівий стовпчик) та Тета (правий стовпчик) до та після проби Руф'є. Верхній рядок - до навантаження та після нього. Нижній рядок - до навантаження та через 5 хвилин відпочинку. До навантаження - переривчаста лінія, після навантаження - суцільна лінія.  
Примітка. По осі X - репрезентативна вибірка з 30 осіб, по осі Y - потужність спектра ( $m^2$ ).

Після відпочинку (рис. 6) досліджувані показники повертались (або наближались) до вихідних. Повернення отриманих показників до вихідного рівня через 5 хвилин свідчить про високу адаптаційну здатність організму обстеженого. Його сповільнення - про зниження адаптаційних можливостей та низьку стресостійкість організму, що є вегетативним корелятором тривоги [3].

**Обговорення отриманих результатів та перспективи подальших досліджень.** Запропоновані методи оцінки осцилограм значно підвищують інформативність процедури вимірювання артеріального тиску,

При морфологічному аналізі осцилограм виявлено, що категорії «здоровий» (оптимальна адаптація), та «практично здоровий» (напружена адаптація) реєструвались лише у 31,3 % обстежених до навантаження та у 35,4 % після нього. Це підтверджує дані інших авторів [1], що навіть серед підлітків, визнаних лікарями здоровими, лише третина має середній і високий рівень соматичного здоров'я. Найчастіше зустрічався 3 варіант градації - «умовно здоровий» - у 44,1 та 41,2 %. Низький рівень здоров'я є причиною розвитку хронічних захворювань [4], тому особам з 3 типом варіантів градації уже необхідна превентивна

реабілітація, з 4 типом - детальне вивчення стану периферійних судин та серцево-судинної системи в цілому, а з 5 типом - термінове обстеження та лікування [1, 3].

Застосування фізичного навантаження при морфологічному аналізі осцилограм дає можливість диференціювати причини відхилень від прийнятої нами норми. Покращення морфологічної картини після навантаження (яка була притаманна 41,2 % обстежених) свідчить про функціональний характер порушень, зумовлених лабільністю вегетативної нервової системи - найточнішого маркера реактивності та резистентності організму [3, 10], погіршення (23,5 %) - зниженням функціональної здатності серцево-судинної системи.

Запропоновані для часового аналізу осцилограм показники дають можливість оцінити стан вегетативної нервової системи та рівень централізації управління діяльністю серцево-судинної системи під час зростаючої компресії судин плеча у стані спокою. Порівняно з отриманими з літературних джерел [2, 3] показниками, зареєстрованими при аналізі ЕКГ (подано в дужках), окремі дані вкладаються в діапазон коливань:  $M_0$  ( $0,9 \pm 0,03$  с),  $AM_0$  ( $37,5 \pm 3$  %).  $RMSSD$  ( $0,43 \pm 0,19$  с),  $pNN50$  ( $18,1 \pm 13$ ).

Випадки сильної кореляції між показниками  $M_0$ , ЧСС,  $RMSSD$  ( $0,97 \pm 0,02$ ,  $p < 0,05$ ) на синхронно зареєстрованих авторами ЕКГ та осцилограмі також підтверджують високу інформативність обраних методів дослідження. Збіг показників  $M_0$  і  $RMSSD$  на ЕКГ та осцилограмі дозволяє зробити висновок, що це характеристика не лише рівня управління ритмом серця, але і «периферійного серця». Ці та попередні дослідження наводять на думку, що указані показники можуть бути використані і як маркери адаптаційної здатності судинної системи. Відсутність до стовірності між іншими показниками часового аналізу дає можливість передбачити їх залежність від чутливості рецепторного апарату та пружноеластичних властивостей судинної стінки. Динаміка показників часового аналізу після навантаження засвідчує достовірне зростання активності симпатичної ланки ВНС та повернення (або тенденцію до нього) до вихідного рівня після відпочинку.

Спектральний (частотний) аналіз осцилограм (за аналогією з оцінкою ЕКГ) засвідчив зростання рівня показників спектра LF після навантаження, що є ознакою збільшення активності симпатичної ланки ВНС, активації симпатичного судинного

центру; спектра VLF - про збільшення активності центру терморегуляції й енергометаболічного обміну, а тета-ритму - про зростання централізації впливу на кровообіг; зниження рівня високих (%HF,  $P < 0,01$ ) частот у загальному спектрі частот після навантаження - про зниження активності парасимпатичної ланки ВНС. Через 5 хвилин відпочинку реєструвалась зворотна реакція: указані показники поверталися до вихідних або наближалися до них.

**Висновки.** Використання стандартної проби Руф'є при застосуванні інформаційних технологій морфологічного, часового та спектрального аналізу осцилограм дає можливість оцінити рівень та механізми розвитку процесу адаптації організму до фізіологічного стресу (дозованого фізичного навантаження) та якість відновних процесів після нього. За результатами проведених досліджень для збереження гомеостазу при виконанні фізичного навантаження включаються наступні механізми: підвищення тону симпатичної ланки ВНС, зростання рівня централізації управління діяльністю системи кровообігу, збільшення тривалості анакротичної фази. Після припинення навантаження повернення до вихідного стану супроводжується підвищенням тону парасимпатичної ланки ВНС, зниженням рівня централізації впливу на діяльність системи кровообігу, скороченням тривалості анакротичної фази. Отримані результати відповідають динаміці, прийнятій для аналізу варіації серцевого ритму [2, 3, 11].

Неоднорідна реакція гладкої мускулатури судин на компресію та фізичне навантаження зумовлена різним вихідним станом організму (функціональним станом серцево-судинної та вегетативної нервової системи, централізацією управління діяльністю ССС, пружноеластичними властивостями судинної стінки) та рівнем адаптаційної здатності системи кровообігу [3, 9, 10]. Час та якість відновних процесів свідчить про здатність організму відновлюватися після зовнішніх впливів, що є також об'єктивним показником рівня здоров'я.

Запропоновані авторами інформаційні технології морфологічного, часового, спектрального аналізу осцилограм, зареєстрованих у стані спокою та після фізичного навантаження, із виведенням аналітично оброблених результатів дослідження для клінічної інтерпретації, оцінювання та прийняття рішень лікарем значно підвищують інформативність процедури вимірювання артеріального тиску, дають можливість оцінити адаптаційну здатність

організму до компресії плеча у стані спокою і після фізичного навантаження та механізми розвитку указаних процесів. Можуть бути використані для раннього виявлення донозологічних і преморбід-

них станів та функціональних резервів системи кровообігу, які допоможуть більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний та терапевтичний процес.

### Література

1. Апанасенко Г. Л. Книга о здоровье / Г. Л. Апанасенко. - К. : Медкнига, 2007. - 132 с.
2. Бабунц И. В. Азбука анализа variabilityности сердечного ритма / И. В. Бабунц, З. М. Мириджанян, Ю. А. Машаех. - Компакт-диск. Электронная версия книги. - Ставрополь, 2002. - 237 с.
3. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. - М. : Медицина, 1997. - 265 с.
4. Булич Э. Г. На пути познания сущности здоровья: достижения и опасности / Э. Г. Булич, И. В. Мурахов // Довкілля та здоров'я. - 2011. - № 1 (56). - С. 36-44.
5. Вакуленко Д. В. Інформаційна система морфологічно-го, часового, частотного та кореляційного аналізу артеріальних осцилограм у фізичній реабілітації : монографія / Д. В. Вакуленко. - Тернопіль : ТДМУ, 2015. - 212 с.
6. Клапчук В. В. Теоретико-методологічні проблеми визначення фізичного стану людини / В. В. Клапчук // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Фізичне виховання, спорт та здоров'я людини: досвід і сучасні технології», 2-4 жовтня 2014 р. - Запоріжжя, 2014. - С. 8-24
7. 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 // Запоріжський медичний журнал. - 2013. - № 1 (76). - С. 97-100.
8. Мінцер О. П. Інформатика та охорона здоров'я / О. П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. - 2010. - № 2. - С. 8-21.
9. Покровский А. В. Клиническая ангиология / А. В. Покровский. - М. : Медицина, 1979. - 366 с.
10. Смирнов И. В. Функциональная диагностика. ЭКГ, реография, спирография / И. В. Смирнов, А. М. Старшов. - М. : Эксмо, 2008. - 224 с.
11. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов : монография / Н. И. Шлык. - Ижевск : Изд-во Удмуртский университет, 2009. - 255 с.
12. Яблучанский Н. И. Variabilityность сердечного ритма в помощь практическому врачу. Для настоящих врачей / Н. И. Яблучанский, А. В. Мартыненко. - Харьков : [б. и.], 2010. - 131 с.