

### Література

1. Аксьонова О.П. Нова фізична культура: система методів. *Теорія та методика фізичного виховання*. 2011. №3. С. 25-31.
2. Іщук О.А., Цьось А.В. Теоретичні та методичні основи формування здоров'язберігальної компетенції студентів закладів вищої освіти. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві*. 2018. № 4(44). С. 21–28.
3. Носко М. О., Воєділова О. М., Гаркуша С. В., Носко Ю. М., Вертель О.В. Забезпечення інтерактивної здоров'язбережувальної навчально-виховної діяльності у процесі фізичного виховання. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки*. 2018. Вип. 152(2). С. 119-125.
4. Фіцула М.М. Педагогіка: навч. посіб. Київ: Акалемвидав, 2003. 528 с.
5. Шаповалова Т. Г. Формування здоров'язбережувальної компетентності гуртківців у позашкільному навчальному закладі. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2012, № 2(20). С. 191–199.

### Reference

1. Aksonova, O.P. (2011). New physical culture: a system of methods. *Theory and methodology of physical education*. № 3. P. 25-31. [in Ukrainian].
2. Ishchuk, O.A., Tsos, A.V. (2018). Theoretical and methodological foundations of the formation of health care competence of students of higher education institutions. *Physical education, sports and health culture in modern society*. № 4(44). P. 21–28. [in Ukrainian].
3. Nosko M.O. & etc. (2018). Provision of interactive health-preserving educational activities in the process of physical education. *Bulletin of the Chernihiv National Pedagogical University. Series: Pedagogical sciences*. Issue 152(2). P. 119-125. [in Ukrainian].
4. Fitsula, M.M. (2003). *Pedagogy: education. manual*. 528 p. [in Ukrainian].
5. Shapovalova, T.H. (2012)/ Formation of health care competence in an extracurricular educational institution. *Pedagogical sciences: theory, history, innovative technologies*. № 2(20). P. 191–199. [in Ukrainian].

DOI 10.31392/NPU-nc.series15.2023.9(169).04  
УДК 616-71.616-092.11

**Вакуленко Д.В.**  
*доктор біологічних наук, професор*  
**Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського, м.Тернопіль**  
**Вакуленко Л.О.**  
*кандидат медичних наук, доцент*  
**Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль**  
**Барладин О.Р.**  
*кандидат медичних наук, доцент*  
**Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль**  
**Храбра С.З.**  
*кандидат біологічних наук, доцент*  
**Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль**  
**Демборинський І.С.**  
*магістрант за спеціалізацією «Фізкультурно-спортивна реабілітація»*  
**Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль**

### АРТЕРІАЛЬНА ОСЦИЛОГРАФІЯ ЯК ПОКАЗНИК АДАПТАЦІЇ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ПРИ АКТИВНІЙ ОРТОПРОБІ

Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О., Барладин О.Р., Храбра С.З., Демборинський І.С. Артеріальна осцилографія як показник адаптації серцево-судинної системи при активній ортопробі. Стаття присвячена вивченню ефективного засобу завчасної діагностики преморбідних станів, контролю ефективності результатів лікування, занять фізичними вправами та у спорті, а саме ортостатичній пробі, а також методам реєстрації, які дають можливість оцінити стан серцево-судинної системи та функціональні резерви механізмів регуляції кровообігу. Для морфологічного аналізу артеріальної осцилограми використано розроблений авторами Програмний комплекс (ПК) Оранта-АО. Оцінено тип артеріальної осцилограми, рівень здоров'я, адаптаційні можливості обстежених. Ортопроба супроводжується підвищенням артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, що свідчить про її стимулюючий вплив на стан симпатичної ланки автономної нервової системи. За результатами артеріальної осцилограми у положенні лежачи відмінні і добрі були лише у 33% обстежених. Після вставання у 47% обстежених якість артеріальної осцилограми покращилась, що свідчить про функціональний характер порушень зумовлених лабільністю автономної нервової системи та позитивний вплив ортопроби на пульсаційну здатність судин.

**Ключові слова:** ортопроба, артеріальна осцилограма, серцево-судинна система, адаптаційні можливості.

**Dmytro Vakulenko, Lyudmila Vakulenko, Olga Barladyn, Khrabra Svitlana, Dembrynskyi Ivan. Arterial oscillography as an indicator of adaptation of the cardiovascular system during active orthostatic test.** The article is devoted to the study of an effective means of early diagnosis of premorbid conditions, control of the effectiveness of treatment results, physical exercises and sports, namely the orthostatic test, as well as registration methods that make it possible to assess the state of the cardiovascular system and the functional reserves of blood circulation regulation mechanisms. The orthostatic test is the simplest and most accessible method, which makes it possible to assess the state of the cardiovascular system and the functional reserves of blood circulation regulation mechanisms. 21 people aged 18-22 years without health complaints were examined. Arterial oscillograms were recorded during blood pressure measurement with an electronic tonometer in the supine position and after standing up. For the morphological analysis of the arterial oscillogram, the Oranta-AO Software Complex (PC) developed by the authors was used. The type of arterial oscillogram, the level of health, and the adaptation capabilities of the subjects were evaluated. Orthoprobe is accompanied by an increase in blood pressure and heart rate, which indicates its stimulating effect on the state of the sympathetic link of the autonomic nervous system. According to the results of the arterial oscillogram in the supine position, only 33% of the examined were excellent and good. After standing up, the quality of the arterial oscillogram improved in 47% of the examinees, which indicates the functional nature of disorders caused by the lability of the autonomic nervous system and the positive effect of the orthoprobe on the pulsatility of blood vessels.

Deterioration refers to a decrease in the functional capacity of the cardiovascular system and its regulatory mechanisms. The use of PC Oranta-AO enables the doctor (as well as the patient) in offline or online mode, immediately after measuring blood pressure, to obtain conclusions about the state of the cardiovascular system and its regulatory mechanisms.

**Key words:** orthostatic test, arterial oscillogram, cardiovascular system, adaptive capabilities.

**Постановка проблеми.** Ортостатична проба – найбільш проста і доступна проба (серед функціональних тестів), яка дає можливість оцінити функціональні резерви механізмів регуляції кровообігу. При цьому ортостатичний вплив (гравітаційне навантаження) безпосередньо спрямоване на механізм регуляції кровообігу і практично звичайно не впливає на енергетичні та метаболічні процеси в організмі [1]. В нормі у відповідь на ортостаз відбувається перерозподіл значної частини об'єму циркулюючої крові з короточасним застоєм її в емкісних судинах. Це призводить до зниження притоку крові у праві відділи серця і зменшення серцевого викиду. Внаслідок цього знижується артеріальний тиск, запускаються механізми регуляції кровообігу [1, 2].

Реакція організму на ортостатичний вплив містить два компоненти: специфічний і неспецифічний. Перший – вазомоторний, пов'язаний з регуляцією судинного тону. Він реалізується через вазомоторний центр і заключається у його активації у відповідь на ортостатичний вплив. Другий – зумовлений мобілізацією необхідних інформаційних і енергетичних резервів, що супроводжується механізмами активації симпатичного відділу автономної нервової системи (АНС), такими ж, як і при відповіді організму на інші інші стресорні впливи. Обидва ці механізми при ортостатичних впливах забезпечують єдину відповідь організму, адекватні новим умовам кровопостачання тканин та органів [3]. Їх стан добре відображається показниками кардіоінтервалів [4]. Застосування інформативних технологій в сучасній реабілітології може значно розширити ефективність її застосування, застосування артеріальної осцилографії (за розробленими авторами роботи методами) може дати можливість оцінити роль периферійного кровообігу у ортостатичній пробі та механізми його регуляції [5].

**Аналіз літературних джерел.** В літературних джерелах ми не знайшли робіт присвячених вивченню морфологічних характеристик артеріальних осцилограм, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску при проведенні ортостатичної проби.

**Мета статті (постановка завдань).** Вивчити і оцінити функціональну здатність системи кровообігу адаптуватися до компресії судин плеча при вимірюванні артеріального тиску у стані спокою та після активної ортостатичної проби за допомогою (запропонованих авторами роботи) інформаційних технологій морфологічного аналізу артеріальних осцилограм.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Обстежено 21 особу віком 18-22 років без скарг на стан здоров'я. Дослідження проводились на базі ТНПУ. Вивчено показники систолічного, діастолічного артеріального тиску (АТс, АТд), частоти серцевих скорочень (ЧСС) та індексу Кердо (ІК). Для їх реєстрації використано електронний вимірювач ВАТ 1440. Відмічений прилад дав можливість також отримати артеріальні осцилограми (АОГ), які піддані візуальному морфологічному аналізу за допомогою розробленого авторами роботи програмного комплексу (ПК) Оранта-АО [6]. Результати базуються на досвіді аналізу більше 4000 АОГ, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску здорових та осіб з відхиленнями у стані здоров'я. АОГ реєстрували у стані спокою та під впливом різноманітних чинників та їх комбінацій: фізичних (проба Руф'є, Мартіне-Кушелевського, сходження на 3-й поверх), термічних (лазня, «моржування»), механічних (масаж), психоемоційних (перегляд різноманітних відео) та ін. [5].

Аналізу підлягала як уся АОГ, так і її окремі пульсації. При загальному аналізі вивчалась ритмічність пульсацій, характер зростання та зниження амплітуд, кількість максимальних пульсацій. При оцінці окремих пульсацій вивчали характер висхідної та нисхідної частин та наявність додаткових пульсацій на її нисхідній частині, ступінь загострення вершин. Розроблені показники норми. За ступенем відхилення від показників норми АОГ поділено на 5 типів. Саме за ними і оцінювали результати морфологічного аналізу АОГ 21 обстеженої нам особи [5]. Метод впроваджений в Україні та за кордоном [7, 8].

Дослідження проводили (відповідно вимог до стандартів проведення указаних досліджень) у стані спокою та після активної ортостатичної проби.

**Аналіз гемодинамічних показників.** Аналіз показників систолічного артеріального тиску (АТс) засвідчив, що у стані спокою показники АТс коливались в межах 112-166, середній показник –  $127 \pm 4,5$  мм рт.ст., що відповідає нормі. Після ортопроби діапазон коливань зменшився до 113-153, середній показник дещо знизився, до  $126 \pm 2,7$  мм рт. ст.

Аналіз показників діастолічного артеріального тиску (АТд) засвідчив, що у положенні лежачи середній показник АТд був  $78 \pm 3,1$  мм рт.ст., коливався в межах 59-107 мм. рт. ст. Після ортопроби середні показники АТд змістились у бік підвищення (до  $81 \pm 2,5$  мм рт. ст.) у 17 обстежуваних. Це свідчить про збільшення напруження стінки периферійних судин, зумовленого перерозподілом крові. А в 3 обстежуваних (№ 5,14,16) тону периферійних судин знизився, що свідчить про неадекватну

адаптацію їх гемодинаміки до зміни положення (ортопроби).

Частота серцевих скорочень у положенні лежачи коливалась в межах 60-80, середній  $68,7 \pm 2,1$  уд/хв, у положенні стоячи вони зросли до  $79,1 \pm 2,1$  уд/хв (на 20%), збільшилась у 20 обстежених. Відмічене підтверджує зростання активності Сл АНС при виконанні активної ортопроби.

Вегетативний індекс Кердо (за формулою  $IK = 1 - (ATд/ЧСС) \times 100$  у положенні лежачи складав  $-13$  у.о., стоячи  $-2$  у.о. Динаміка свідчить про зміщення вегетативного балансу у бік активності Сл АНС [9].

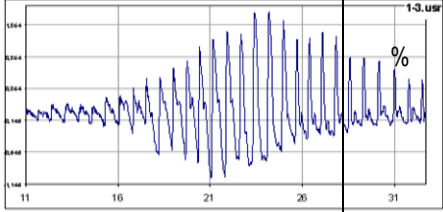
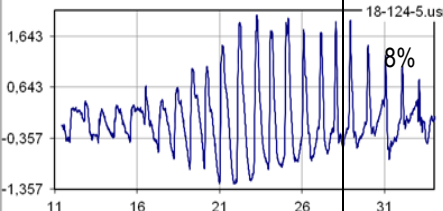
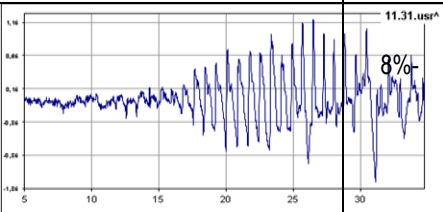
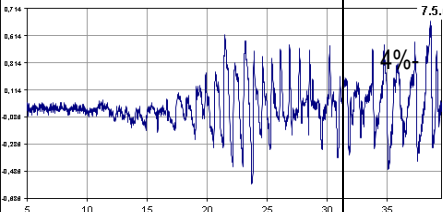
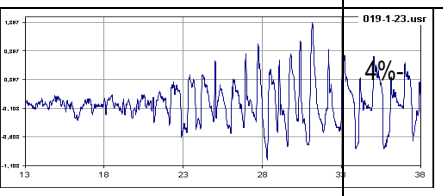
Висновки за розглянутими дослідженнями. При переході у положення стоячи гравітаційне навантаження сприяє зміщенню активності АНС у бік зменшення активності парасимпатичної ланки АНС, незначному зменшенню систолічного викиду, зростанню напруження судинного чинника гемодинаміки, зумовленого перерозподілом крові.

**Морфологічний аналіз артеріальних осцилограм**

Морфологічна характеристика типу артеріальних осцилограм до та після ортопроби, їх фізіологічна інтерпретація [10] представлені у табл.1.

Таблиця 1

**Морфологічна характеристика типу артеріальних осцилограм до та після ортопроби, їх фізіологічна інтерпретація**

Типи осцилограм, оцінка	Кількість (у %)	Фізіологічна інтерпретація (за Р.М.Баєвським)			
		Період обстеження		Рівень здоров'я	Рівень адаптації
		лежа-чи	стоячи		
1-й тип <b>Відмінно</b>		%-	Здоровий	Оптимальна адаптація	
2-й тип <b>Добре</b>		8%	Практично здоровий	Напружена адаптація	
3-й тип <b>Задовільно</b>		7%-	Умовно здоровий	Перенапруження адаптації	
4-й тип <b>Незадовільно</b>		14%	Стан передхвороби	Зрив адаптації	
5-й тип <b>Вкрай незадовільно</b>		5%	Хворий	Адаптація до порушень	

Як видно з таблиці, у положенні лежачи візуальна характеристика також мала різноманітний характер: від 1 до 5 типу. Це, відповідно до інтерпретації рівня здоров'я характеризує різні рівні здоров'я та адаптаційну здатність: переходу від стану здоров'я до хвороби. Найчастіше зустрічається 2, 3, 5-й типи АОГ. У 37% обстежених до ортопроби рівень здоров'я був оцінений як стан передхвороби (14%) та хворий (24%).

Зміну градацій у сторону покращення після ортопроби зареєстровано у 41,2%, погіршення – у 23,5%, обстежених. При цьому АОГ 5 типу зменшився з 24% до 5%, перемістились у бік покращення – до показники 3 типу (умовно здоровий) з 28 до 57%.

**Висновки** за розглянутими дослідженнями. Позитивна динаміка візуальних характеристик як окремих пульсацій, так і усієї осцилограми обстежених свідчить про функціональний характер порушень зумовлених лабільністю АНС (найбільш точного маркера реактивності і резистентності організму) [5, 11] та позитивний вплив навантаження (навіть у вигляді ортопроби) на пульсаційну здатність судин. Погіршення – про зниження функціональної здатності ССС та її регуляторних механізмів [5, 11].

Відмічене свідчить про доцільність використання АОГ для оцінки стану здоров'я та адаптаційної здатності при масових обстеженнях, при заняттях фізичною культурою та спортом. Особам з 3 типом АОГ необхідна корекція способу життя,

4-м – обстеження та превентивна реабілітація, з 5 – негайне обстеження та лікування. Особливо інформативна – при зміні рухової активності хворих, що знаходяться на ліжковому режимі. Відмічене дає можливість оцінити адекватність отриманого навантаження. Позитивна динаміка – показник для розширення режиму рухової активності.

На рис. 1 зображено варіанти динаміки морфологічних характеристик АОГ на активну ортопробу.

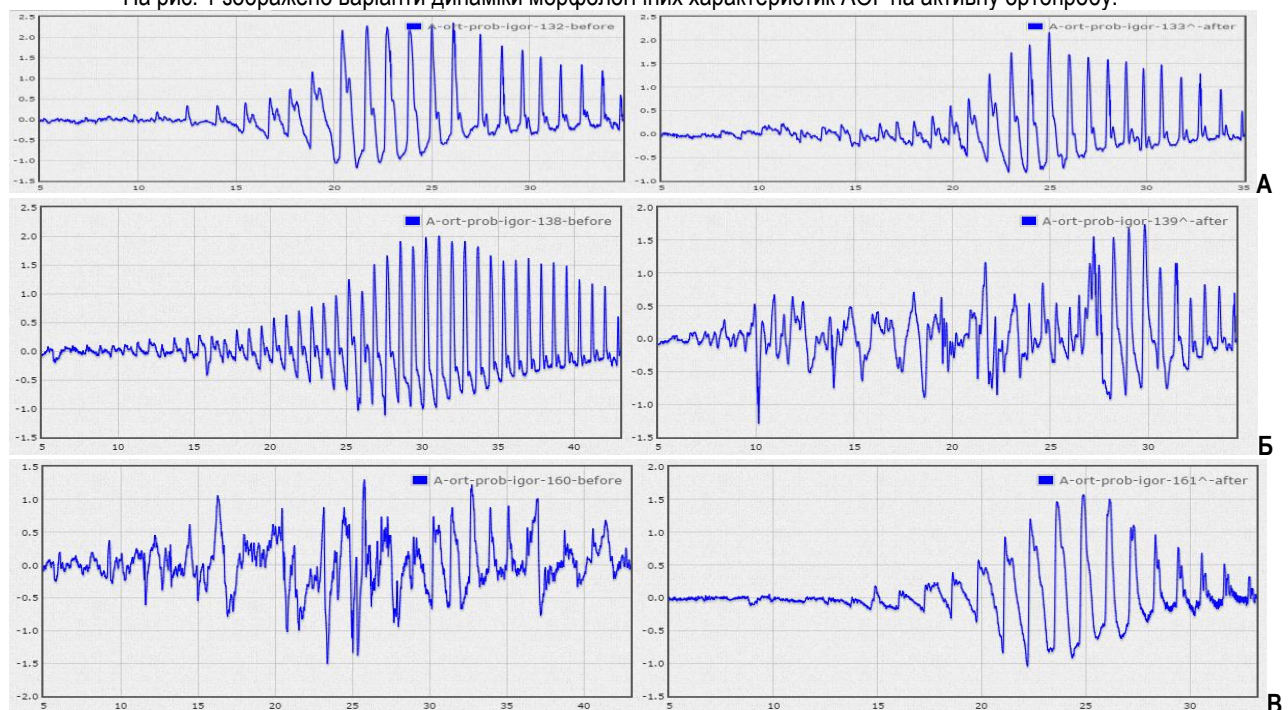


Рис.1. Варіанти осцилограм обстежених до (лівий стовпчик) та після (правий стовпчик) ортопроби.

Як видно із зазначених малюнків, осциляції у відповідь на компресію плеча анжекою у стані спокою та після ортопроби у можуть бути різні. У верхньому рядку (А) зареєстрована відмінна реакція судин на компресію як у положенні лежачи, так і після переходу у вертикальне положення. Звертає на себе увагу осцилограми у середньому рядку (Б). Вони належать спортсменці, кандидату у майстри спорту (спортивна ходьба). Порушення гармонійності пульсацій після ортопроби насторожує щодо стану ССС, її регуляторних механізмів (можливого стану перетренованості). Застосування морфологічного аналізу АОГ дає можливість ранньої діагностики преморбідних станів [5,11]. Відмічена спортсменка потребує поглибленого обстеження. На нижніх (В) осцилограмах після ортопроби відмічається покращення гармонійності пульсацій. АОГ належить особі №8 у якій при обстеженні виявлено підвищений АТ (166/80 лежачи та 153/86 мм рт.ст. стоячи). Результати свідчать про функціональний характер зареєстрованих змін і позитивний вплив на них навіть мінімального фізичного навантаження у вигляді ортопроби тому показана нормалізація функціонального стану АНС за допомогою фізичних тренувань. Адже перехід від норми до патології, від здоров'я до хвороби відбувається поступово у міру зниження адаптаційних можливостей організму, у міру переходу від напруги регуляторних систем до їх перенапруження і виснаження [11].

**Висновки.** Загальні висновки свідчать, що активна ортостатична проба супроводжується підвищенням АТс, АТд, ЧСС, що підтверджує загально прийняті твердження щодо її стимулюючого впливу на стан симпатичної ланки АНС. Застосування АОГ при проведенні активної ортостатичної проби може стати ефективним засобом завчасної діагностики преморбідних станів, контролю ефективності результатів лікування та занять фізичними вправами, у спорті. Використання при цьому розробленого авторами ПК Оранта–АО дає можливість лікарю (як і пацієнту) в офлайн чи онлайн режимі, зразу після вимірювання артеріального тиску отримати висновки щодо стану ССС та її регуляторних механізмів.

**Перспективи подальших досліджень.** На перспективу плануємо продовжити дослідження щодо динаміки морфологічних, часових, спектральних показників артеріальних осцилограм, зареєстрованих при вимірюванні артеріального тиску, оцінених за допомогою Програмного комплексу Оранта-АО (розробленого авторами роботи). Поглибити вивчення впливу

наступних чинників: фізичних (проби Руф'є, Мартіне-Кушелєвського, ортостатична, тренування і змагання у футболі), термічних («моржування», сауна), механічних (масаж), психо-емоційних впливів. Відмічене дасть можливість оцінити у стані спокою адаптаційні можливості організму до компресії плеча під час вимірювання артеріального тиску, стан серцевого і судинного чинників гемодинаміки, автономної нервової системи, рівень централізації впливу на діяльність серцево-судинної системи. Вивчення впливу зовнішніх чинників – оцінити механізм адаптації до навантаження та адекватність зазначених впливів, коректувати їх у разі необхідності; оцінити півень відновлення організму після тренувань та змагань, попереджувати стан перетренованості.

#### Література

1. Вакулєнко Д. В. Інформаційна система морфологічного, часового, частотного та кореляційного аналізу артеріальних осцилограм у фізичній реабілітації : монографія. Тернопіль: ТДМУ, 2015. 212 с.
2. Клапчук В.В., Пічурін В.В. Методи дослідження серцево-судинної системи при фізичній реабілітації: Метод. рекомендації до самостійної роботи студентів з дисципліни «Основи функціональної діагностики». Дніпропетровськ: 2007. 23 с.
3. Патент на корисну модель №104133 Україна, МПК А61В 5/02 (2006.01). Спосіб побудови кореляційного портрету серцево-судинної системи на основі аналізу артеріальної осцилограми / Д.В.Вакулєнко, Л.О.Вакулєнко, Н.О.Кравець. – № u201507212 ; заявл. 17.07.15 ; опубл. 12.01.16, Бюл. № 1.
4. Способ раннего выявления, прогнозирования и оценки эффективности лечения заболевания сердечно-сосудистой, нервной и легочной систем: Патент зарегистрированный у Всесвітній організації інтелектуальної власності: Номер публикации wo/2021/246995. Дата публикации 09.12.2021.
5. Уилмор Дж. Х. Физиология спорта. К.: Олимпийская литература, 2005. 502 с.
6. Чабан Т. І. Сучасні методи дослідження автономної нервової системи при серцевій недостатності. Укр. кардіол. журн. 1998. № 4. С. 59-63.
7. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // Circulation. 1996. Vol. 93. P. 1043-1065.
8. Kérdö I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage. Acta neurovegetativa. 1966. d.29, № 2. S. 250-268.
9. Roman M. Baevsky, Anna G. Chernikova. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods; Cardiometry No.10 (May 2017) 66-76.
10. Vakulenko Dmytro V. Cardiovascular system adaptability to exercise according to morphological, temporal, spectral and correlation analysis of oscillograms. Family Medicine & Primary Care Review 2019; 21(3): 253–263. DOI: <https://doi.org/10.5114/fmpcr.2019.88385>.
11. Vakulenko, D., Vakulenko, L., Zaspа, H. et al. (2022) Components of Oranta–AO software expert system for innovative application of blood pressure monitors. J Reliable Intell Environ. <https://doi.org/10.1007/s40860-022-00191-4>

#### Reference

1. Vakulenko D. V. (2015). Information system of morphological, temporal, frequency and correlation analysis of arterial oscillograms in physical rehabilitation: monograph. Ternopil: TDMU. 212 p.
2. V.V. Klapchuk, V.V. Pichurin (2007). Methods of research of the cardiovascular system during physical rehabilitation: Method. recommendations for independent work of students in the discipline "Fundamentals of functional diagnostics". Dnipropetrovsk. 23 p.
3. Utility model patent No. 104133 Ukraine, IPC A61B 5/02 (2006.01). The method of building a correlational portrait of the cardiovascular system based on the analysis of the arterial oscillogram / D.V. Vakulenko, L.O. Vakulenko, N.O. Kravets. – No. u201507212; statement 17.07.15; published 12.01.16, Bul. No. 1.
4. Method of early detection, prognosis and evaluation of the effectiveness of treatment of cardiovascular, nervous and pulmonary diseases: Patent registered in the World Intellectual Property Organization: Publication number wo/2021/246995. Date of publication 09.12.2021.
5. Wilmore J.H. (2005). Physiology of sports. K.: Olimpiyskaya literatura. 502 p.
6. Chaban T. I. (1998). Modern methods of research of the autonomic nervous system in heart failure. Ukraine cardiol journal. No. 4. P. 59-63.
7. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // Circulation. 1996. Vol. 93. P. 1043-1065.
8. Kérdö I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage. Acta neurovegetativa. 1966. d.29, № 2. S. 250-268.
9. Roman M. Baevsky, Anna G. Chernikova. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods; Cardiometry No.10 (May 2017) 66-76.
10. Vakulenko Dmytro V. Cardiovascular system adaptability to exercise according to morphological, temporal, spectral and correlation analysis of oscillograms. Family Medicine & Primary Care Review 2019; 21(3): 253–263. DOI: <https://doi.org/10.5114/fmpcr.2019.88385>.
11. Vakulenko, D., Vakulenko, L., Zaspа, H. et al. (2022) Components of Oranta–AO software expert system for innovative application of blood pressure monitors. J Reliable Intell Environ. <https://doi.org/10.1007/s40860-022-00191-4>