

УДК 616.12-008.46+616.132.2  
[https://doi.org/10.31612/2616-4868.3\(21\).2022.03](https://doi.org/10.31612/2616-4868.3(21).2022.03)

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ФАЗАГРАФІЇ В ЯКОСТІ МАРКЕРА ІШЕМІЧНИХ ЗМІН В МІОКАРДІ У КАРДІОХІРУРГІЧНИХ ХВОРИХ, ЯКІ ПЕРЕНЕСЛИ АОРТОКОРОНАРНЕ ШУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО КРОВООБІГУ

В. І. Черній<sup>1</sup>, Л. С. Файнзільберг<sup>2</sup>, Я. В. Куриленко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Державна наукова установа «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» Державного управління справами, Київ

<sup>2</sup>Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України, Київ

### Резюме

**Актуальність.** Варіабельність серцевого ритму – неінвазивний метод, що використовується для оцінки модуляції вегетативної нервової системи у синусовому вузлі серця, який відображає мінливість тривалостей послідовних інтервалів R-R на електрокардіограм. Фазаграфія – інноваційний метод кардіології, який дозволяє оцінювати показник  $\beta_T$  – симетрію зубця T, котрий відображає період ранньої реполяризації серця.

**Мета дослідження:** Розширити діагностичні критерії періопераційних порушень гемодинаміки у пацієнтів, які перенесли оперативне втручання – аорто-коронарне шунтування зі штучним кровообігом.

**Матеріали та методи.** У Державній науковій установі «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» Державного управління справами було прооперовано 500 пацієнтів. Усім виконувалася операція аорто-коронарного шунтування зі штучним кровообігом. Відібрано 80 пацієнтів, які були обстежені на Фазаграфі<sup>®</sup>, аналізувалися показники  $\beta_T$  і LF/HF. До основної групи увійшли 35 пацієнтів, у яких в ранньому післяопераційному періоді виникли гемодинамічні розлади. Для стабілізації гемодинаміки застосовувалася інотропна підтримка добутаміном та метаболічна підтримка поєднанням левокарнітину та аргініну. До контрольної групи увійшли 45 пацієнтів, у яких гемодинамічних розладів не було.

**Результати та обговорення.** Зафіксовано стабільність значень показника LF/HF, що свідчить про адекватність періопераційної анестезії та аналгезії. Показник LF/HF у доопераційному періоді основної групи відрізнявся від показника контрольної групи. Після стабілізації гемодинаміки LF/HF досягав референтних значень. Після корекції гострої лівошлуночкової недостатності із застосуванням добутаміну та поєднання левокарнітину та аргініну у пацієнтів основної групи, показник  $\beta_T$  змістився в зону, яка відповідає «здоров'ю» міокарда.

**Висновки.** Показник LF/HF достовірно відображає співвідношення симпатичної та парасимпатичної ланок вегетативної нервової системи. Підвищення LF/HF до операції свідчить про ризик розвитку гемодинамічних розладів після операції, а його зниження у післяопераційному періоді – про стабілізацію стану пацієнтів. Показник  $\beta_T$  має зв'язок з клінічними даними стану міокарда і може бути використаний для визначення показника здоров'я міокарда у пацієнтів з ІХС. Поєднання левокарнітину та аргініну має виражений метаболічний ефект щодо міокарда, що переніс операцію в умовах штучного кровообігу.

**Ключові слова:** АКШ, гостра лівошлуночкова недостатність, варіабельність серцевого ритму, фазаграфія.

## АКТУАЛЬНІСТЬ

Електрокардіографія (ЕКГ) є стандартним методом реєстрації електричної активності серця і заснована на фіксації процесів деполяризації та реполяризації міокарда за допомогою реєструючих електродів, розташованих у різних відведеннях.

Процес деполяризації серця (передсердь і шлуночків) починається з утворення диполя деполяризації, що має векторний вираз, який просувається поверхнею міокарда і заряджає всю поверхню клітин міокарда негативними зарядами. Реєструючий електрод, звернений до голови вектора, реєструє позитивний результат. Надалі процес реполяризації починається з утворення реполяризаційного диполя, який також має векторний вираз. У ході цього процесу відновлюються позитивні заряди зовнішньої поверхні клітин [1].

Електрична активність серця була вперше зареєстрована наприкінці дев'ятнадцятого століття Августом Д. Уоллером, який у 1887 р. записав криві електричної активності людського серця за допомогою трубчастих електродів, заповнених фізіологічним розчином, та капілярного електрометра, розробленого Габріелем Ліппманом. Віллем Ейнтховен зміг передбачити правильну форму ЕКГ людини та підтвердив свої висновки за допомогою струнного гальванометра, розробленого у 1902 році. Франк Вілсон у 1931 р. опублікував методику реєстрації «уніполярних» (aVR, aVL, aVF) та «грудних» відведень з використанням відведень від кінцівок в якості еталона. [1]

Надалі вивчення ЕКГ тривало. У поле зору дослідників потрапили такі важливі напрямки, як варіабільність серцевого ритму та амплітудно-швидкісні параметри елементів ЕКГ – фазаграфія.

Дослідження варіабільності серцевого ритму (ВСР) розпочато 1965 р., коли дослідники Non і Lee зазначили, що стану дистресу плоду передувала альтернація інтервалів між серцевими скороченнями дити, як відбулися будь-які помітні зміни у серцевому ритмі. Тільки через 12 років Wolf і співавтори виявили взаємозв'язок більшого ризику смерті у хворих, які перенесли інфаркт міокарда зі зниженою ВСР. Результати Фремінгемського дослідження протягом 4-річного спостереження (736 осіб похилого віку) переконливо довели, що ВСР містить незалежну і прогностичну інформацію, що знаходиться за межами традиційних факторів ризику. У 1981 р. Akselrod з колегами використовували спектральний аналіз коливань серцевого ритму для кількісного визначення показників серцево-судинної системи від систоли до систоли. [2].

Bootsma і Swenne у 1994 році у своєму дослідженні довели, що лінійна залежність між низькочастотними (LF) та високочастотними (HF) імпульсами підтверджує потенційне значення варіабільності серцевого

ритму як неінвазивного засобу оцінки симпатовагального балансу[3].

У 1996 р. робоча група експертів Європейського товариства кардіологів та Північноамериканського товариства кардіостимуляції та електрофізіології розробила стандарти використання показників ВСР у клінічній практиці та кардіологічних дослідженнях, відповідно до яких зараз виконується більшість досліджень[2].

У Японії в 2021 році проведено дослідження, в якому показник LF/HF зіставлявся з такими шкалами як SatisfactionWithLifeScale (SWLS), PositiveandNegativeAffectSchedule (PANAS), FlourishingScale (FS) в режимі реального часу. Виявлено зв'язок підвищення LF/HF зі втомою, почуттям «невдоволення собою», погіршенням суб'єктивного самопочуття. Високий пік LH/FH знайшов свій відбиток у стані напруги, яке заважає почуватися позитивно[4]. На підставі чого можна дійти висновку у тому, що співвідношення LF/HF можна використовувати, як глобальний показник «дистреса організму».

Варіабельність серцевого ритму – неінвазивний метод, що використовується для оцінки модуляції вегетативної нервової системи у синусовому вузлі серця, який відображає мінливість тривалостей послідовних інтервалів R-R на електрокардіограмі[5].

Визначаються низькочастотні та високочастотні спектри коливань, які відповідають активності симпатичної та парасимпатичної нервової системи. Низькі частоти (low frequency, LF) характеризують вплив симпатичного відділу вегетативної нервової системи на серцевий ритм, зокрема активність вазомоторного центру довгастого мозку та барорефлексів. Високі частоти (high frequency, HF) відповідають показнику вагусної активності. Співвідношення цих впливів, «показник LF/HF», відображає симпато-вагусний баланс, що несе діагностичну цінність[6].

Вивчення амплітудних та швидкісних параметрів елементів ЕКГ розпочато у 1986 р. Так Халфен та Сулковська у своєму дослідженні продемонстрували клінічну цінність аналізу симетрії хвилі Т. Коваленко, Чайковський, Файнзільберг та ін. у 2007 р. описали діагностичну цінність електрокардіографії у фазовому просторі для скринінгу ішемічної хвороби серця [7]. У 2010 р. Файнзільберг описав сутність методу фазаграфії та принцип роботи приладу Фазаграф® [8].

Фазаграфія – інноваційний метод кардіології, який дозволяє обробити ЕКГ-сигнал  $z(t)$  на фазовій площині с координатами  $z(t)$ ,  $\dot{z}(t)$ , де  $\dot{z}(t)$  – швидкість зміни сигналу, що несе інформацію про електричну активність серця. Це відрізняє фазаграфію від інших методів, заснованих на відображенні сигналу так званому псевдофазовому просторі з координатами  $z(t)$ ,  $z(t-\tau)$ , де  $\tau$  – затримка в часі.

Метод дозволяє оцінювати показник  $\beta_T$  – симетрію зубця Т, який відображає період ранньої реполяризації. Залежно від значення показника  $\beta_T$ , розраховується показник здоров'я міокарда. Так, значення показника до 0,7 відбивають «здоров'я», від 0,7 до 1,05 – «пороговий стан», а вище 1,05 – «патологію» [9].

## МЕТА

Розширити діагностичні критерії періопераційних порушень гемодинаміки у пацієнтів, які перенесли оперативне втручання – аорто-коронарне шунтування (АКШ) зі штучним кровообігом (ШК).

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У Державній науковій установі «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» Державного управління справами було прооперовано 500 пацієнтів. Усім виконувалася операція аорто-коронарного шунтування зі штучним кровообігом. Динаміка функціонального стану серцево-судинної системи вивчалася за даними ЕхоКГ, ЕКГ-патернів, варіаційної пульсометрії та методу фазаграфії, що дозволяє досліджувати симетрію – асиметрію зубця Т електрокардіограми як маркера ішемічних змін міокарда. Виконували фазаграфію на серійному апараті Фазаграф® (Україна). Дослідження проводили у стані спокою за допомогою монітора артеріального тиску та електрокардіосигналів добового SDM 23, виробництва ТОВ «ІКС-Техно», реєструючи електрокардіограму у першому стандартному відведенні з подальшою комп'ютерною обробкою сигналу. Програмно-технічний комплекс Фазаграф® розроблений у Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України та випускається серійно [10].

Відібрано 80 пацієнтів, які були обстежені на Фазаграфі®. Проводився аналіз наступних параме-

трів: показник  $\beta_T$ , який характеризує симетрію зубця Т і показник LF/HF, який відображає симпато-вагусний баланс. Обстеження проводилося до операції, відразу після закінчення операції та в ранньому післяопераційному періоді в динаміці. Пацієнти були поділені на дві групи.

До основної групи увійшли 26 чоловіків та 9 жінок віком від 37 до 74 років, середня фракція викиду лівого шлуночка склала  $53.69 \pm 11.24\%$ , середня кількість шунтів –  $3,16 \pm 0.67$ . Це група пацієнтів, у яких ранньому післяопераційному періоді виникли гемодинамічні розлади. Для стабілізації гемодинаміки застосовувалася інотропна підтримка добутаміном та метаболічна підтримка поєднанням левокарнітину та аргініну. Дозування добутаміну проводилося (відповідно до інструкції виробника) в діапазоні від 2 мкг/кг/хв до 15 мкг/кг/хв, під контролем гемодинаміки та показників газів крові; дозування левокарнітину та аргініну – препарат Тіворель (також відповідно до інструкції) – по 2000/4200 мг на 24 години лікування.

До контрольної групи увійшли 36 чоловіків та 9 жінок віком від 40 до 75 років, середня фракція викиду лівого шлуночка склала  $52.89 \pm 7.58\%$ , середня кількість шунтів –  $3.26 \pm 0.49$ . У цій групі пацієнтів гемодинамічних розладів не було. Статистично значущих відмінностей у групах (за статтю, віком, фракцією викиду, кількістю шунтів, що накладаються) не виявлено,  $p > 0.05$ .

Для аналізу результатів використано програму MedStat. При аналізі використано критерії порівняння для незв'язаних вибірок. Критичний рівень значущості дорівнював  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У досліджуваних групах пацієнтів одержано наступні показники співвідношення LF/HF (Таб. 1).

Таблиця 1

Показники LF/HF в основній та контрольній групах

Показник LF/HF	До операції	Після операції	Стабілізація
Основна група	1.14[0.52:1.72]	0.5[0.18:1.05]	0.69[0.43:1.2]
Контрольна група	0.62[0.31:1.7]	0.7[0.23:1.2]	-

У контрольній групі до операції показник LF/HF склав 0.62[0.31:1.7] і статистично не змінився після операції, 0.7[0.23:1.2],  $p > 0.05$  (Рис. 1).

Він характеризувався практично балансным тономусом з неясково вираженим переважанням парасимпатичної нервової системи.

В основній групі, (у групі, в якій спостерігалися гемодинамічні розлади після АКШ з ШК) показник LF/HF до операції склав 1.14 [0.52: 1.72], що статис-

тично відмінно від такого в контрольній групі до операції,  $p < 0.05$  (Рис. 2).

Тут можна назвати явне переважання ірритатції симпатичної нервової системи у основній групі. Показники довірчого інтервалу LF/HF до операції достовірно ( $p < 0,05$ ) відрізнялися від показників контрольної групи. З цього можна припустити, що підвищений показник LF/HF у доопераційному періоді може опосередковано свідчити про потенційний ризик розвитку гострої лівошлуночкової недостатності (ГЛШН) після АКШ з ШК.

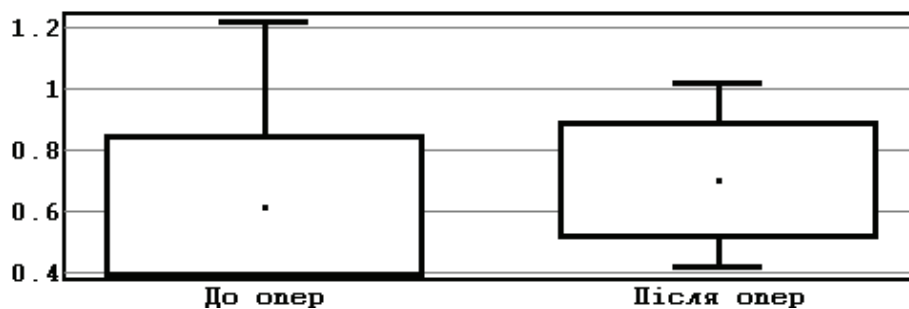


Рис. 1. Довірчий інтервал показника LF/HF до та після операції у контрольній групі.

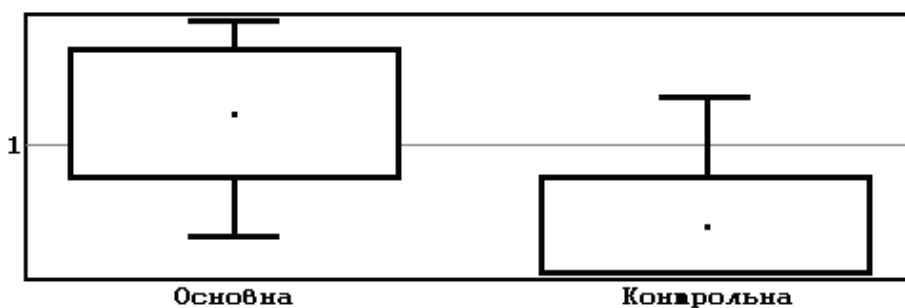


Рис. 2. Довірчий інтервал показника LF/HF до операції в основній та контрольній групах.

В другому часовому інтервалі (по завершенні операції) показник LF/HF у пацієнтів основної групи знижувався до 0.5 [0.18:1.05]. Це може спричинити думку, що у цей період ауторегуляція знижує вплив симпатичної нервової системи. Проте, найімовірніший сценарій розвитку подій – це пригнічення симпатичної нервової системи за рахунок надходження великої кількості симпатичних впливів ззовні. А саме, в основній групі після операції 100% пацієнтів отримували адреноміметичну підтримку. А адреноміметики в цілому і добутамін, зокрема, мають виражений «симпатичний» ефект.

У період стабілізації, коли використання адреноміметичної підтримки в основній групі закінчено,

показник LF/HF досягає 0.69 [0.43:1.2] і наближається до такого в контрольній групі після операції. При розрахунку W-критерію Вілкоксону статистичних відмінностей у цих двох вибірках не виявлено ( $p > 0.05$ ). Таким чином, фаза гемодинамічної нестабільності у пацієнтів основної групи закінчилася у той момент, коли показники LF/HF в обох групах зрівнялися (Рис. 3).

У досліджуваних групах пацієнтів отримано такі показники фазаграфії (Таб.2).

У контрольній групі до операції показник  $\beta_T$  становив 0.96 [0.78:1.13] і статистично не змінився після операції, 0.95 [0.74:1.12],  $p > 0.05$  (Рис. 4).

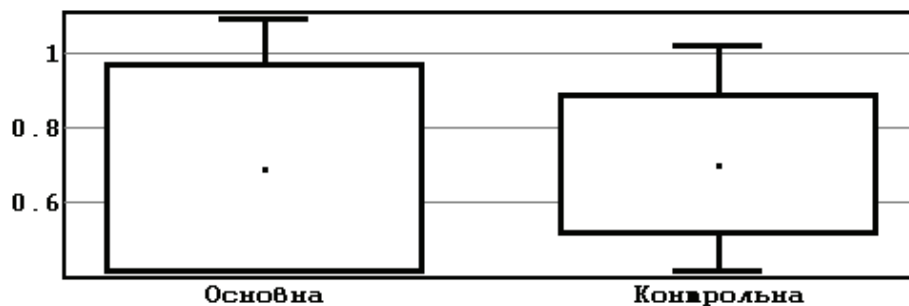


Рис. 3. Довірчий інтервал показника LF/HF у період стабілізації в основній групі та після операції у контрольній групі.

Показники  $\beta_T$  в основній та контрольній групах

Таблиця 2

Показник $\beta_T$	До операції	Після операції	Стабілізація
Основна група	0.98+-0.29	0.94 [0.72:1.31]	0.63[0.44:0.92]
Контрольна група	0.96 [0.78:1.13]	0.95[0.74:1.12]	-

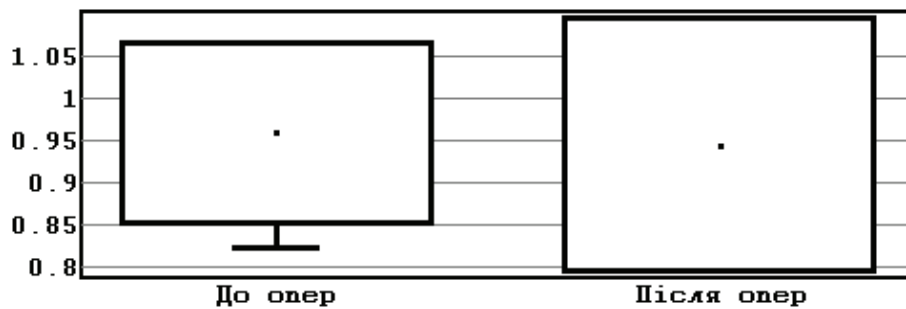


Рис 4. Довірчий інтервал показника  $\beta_T$  контрольної групи пацієнтів у двох часових періодах: до та після операції.

Такі значення показника відповідають «пороговому значенню» показника здоров'я міокарда. Таким чином, у контрольній групі стан кардіоміоцитів відповідав хронічній ішемічній хворобі серця та суттєво не змінився у ранньому післяопераційному періоді. Однак, виникло питання, чи не зміниться показник  $\beta_T$  через кілька днів після операції. Було підраховано, що гемодинамічні розлади пацієнтів основної групи закінчувалися через 25 [17:38] годин після операції. З бази даних периопераційного обстеження пацієнтів контрольної групи було відібрано показники  $\beta_T$ , зафіксовані через 24 та 48 годин після операції. Після статистичної обробки з'ясувалося, що показник знизився до 0.81 [0.63:1.03], але, як і раніше, залишався в «пороговій зоні» і не відрізнявся ( $p > 0.05$ ) від показника  $\beta_T$  пацієнтів контрольної групи, зареєстрованого після закінчення операції.

В основній групі показник  $\beta_T$  до операції становив  $0.98 \pm 0.29$ , що, як і в контрольній групі, відповідає «пороговому» значенню показника здоров'я міокарда. Тобто стан серцевого м'яза у пацієнтів обох груп до операції знаходився в ідентичній кондиції. У ранньому післяопераційному періоді  $\beta_T$  суттєво не змінився і в основній групі становив 0.94 [0.72:1.31]. Така сама тенденція простежувалася й у пацієнтів контрольної групи. З тією відмінністю, що цей період в основній групі відповідає маніфесту ГЛШН та початку адреноміметичної підтримки. Надалі, через кілька годин від призначення інотропів та фіксації показників фазаграфії, пацієнти починали отримувати метаболічну терапію поєднанням левокарнітину та аргініну, при цьому міметична підтримка не припинялася до моменту стабілізації гемодинаміки. На момент виходу пацієнтів основної групи з ГЛШН, показник  $\beta_T$  становив 0.63 [0.44:0.92], що вже відповідало здоровому міокарду (Рис. 5).

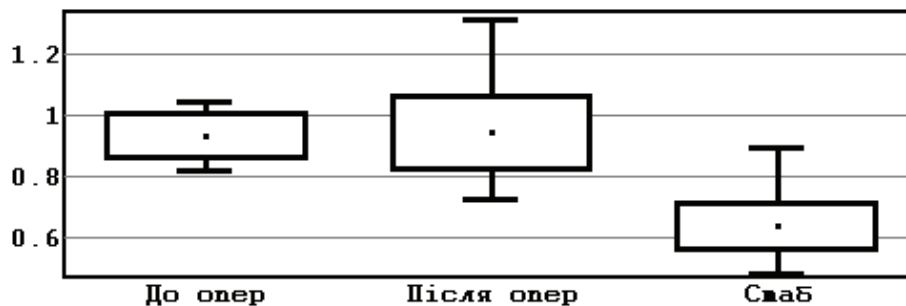


Рис 5. Довірчий інтервал показника  $\beta_T$  основної групи пацієнтів у трьох часових періодах: до операції, після операції, у період стабілізації гемодинаміки.

Таким чином, додавання поєднання левокарнітину та аргініну до традиційної терапії ГЛШН істотно покращило метаболізм міокарда, що відбилося в показниках фазаграфії.

У процесі обробки матеріалу багаторазово записувалися показники комплексу Фазаграф®. Розглянемо динаміку фазаграфії на прикладі вимірів показників пацієнта М, 78 років, з діагнозом ІХС. Стенокардія напруги ФК III. Атеросклеротичний кардіосклероз. Стенозуючий атеросклероз КА (КВГ 29.01.2021р: Гирло ЛКА – стеноз 60%, ПМШГ ЛКА – стеноз 1 порції 60%, стеноз 2 порції 80%. ОГ ЛКА – стеноз 1 порції 80%. ПКА – Стеноз 2 порції порції 99%. ГХ III ст., 2ст.,

ризик 4, СН ІА (ФВ ЛШ 63%), якому було виконано операцію АКШ з ШК. У доопераційному періоді показник  $\beta_T$  становив  $1.01 \pm 0.027$ , що відповідає «пороговому» показнику здоров'я міокарда (Рис. 6).

У післяопераційному періоді у пацієнта розвинулися гемодинамічні розлади, що потребувало призначення інотропної підтримки. Показник  $\beta_T$  становить  $1.21 \pm 0.019$ , що відповідає «патології» (Рис. 7).

Внаслідок застосування метаболічної терапії поєднанням Левокарнітину та Аргініну на фоні інотропної підтримки, у період стабілізації гемодинаміки, показник  $\beta_T$  становив  $0.63 \pm 0.017$ , що відповідає «здоров'ю» міокарда. (Рис. 8).



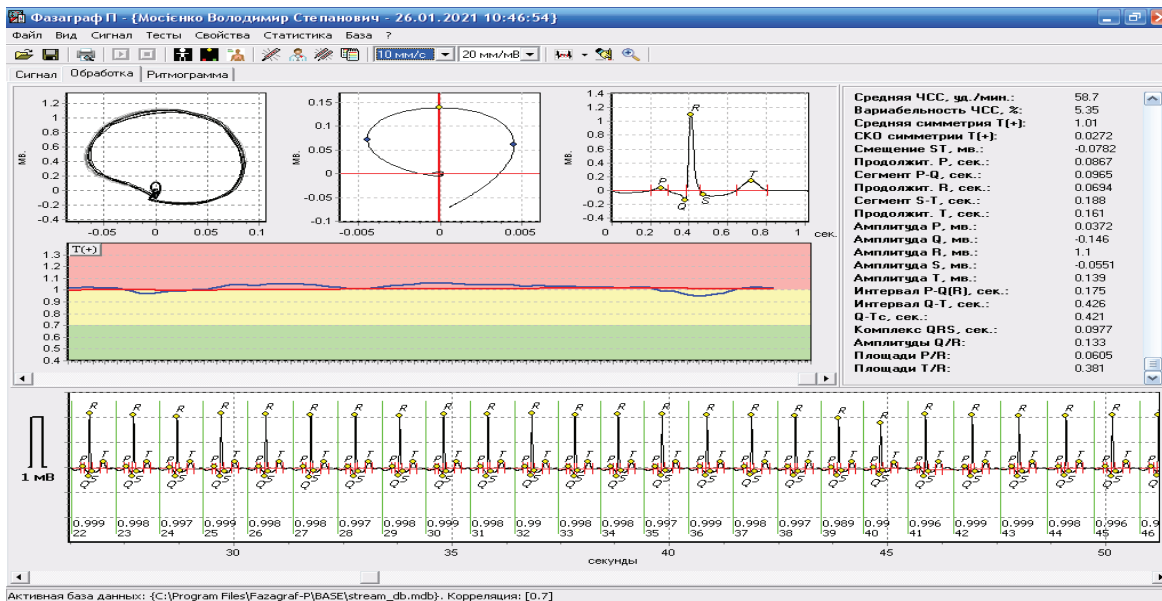


Рис 6. Показник  $\beta_1$  у передопераційному періоді.

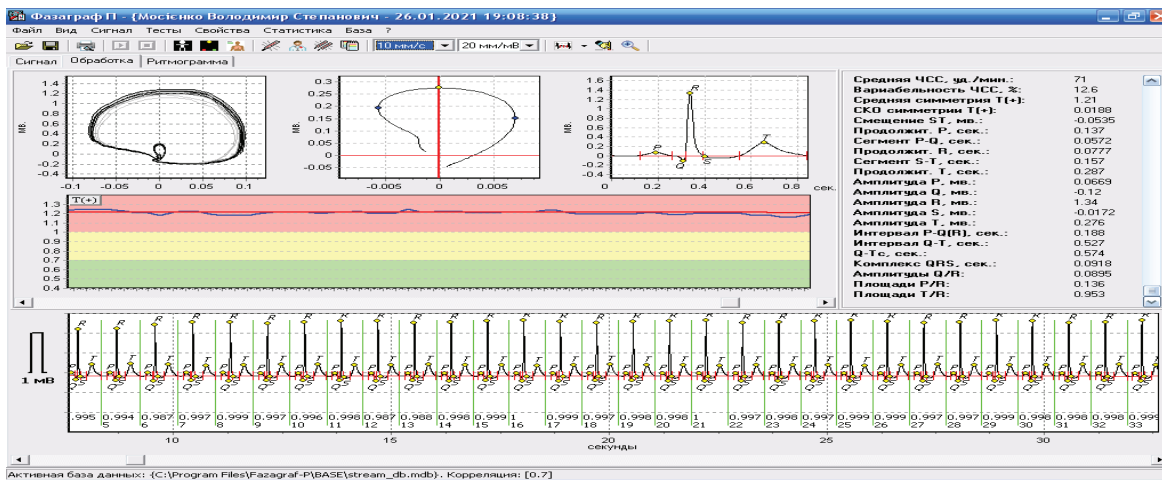


Рис 7. Показник  $\beta_1$  у післяопераційному періоді.

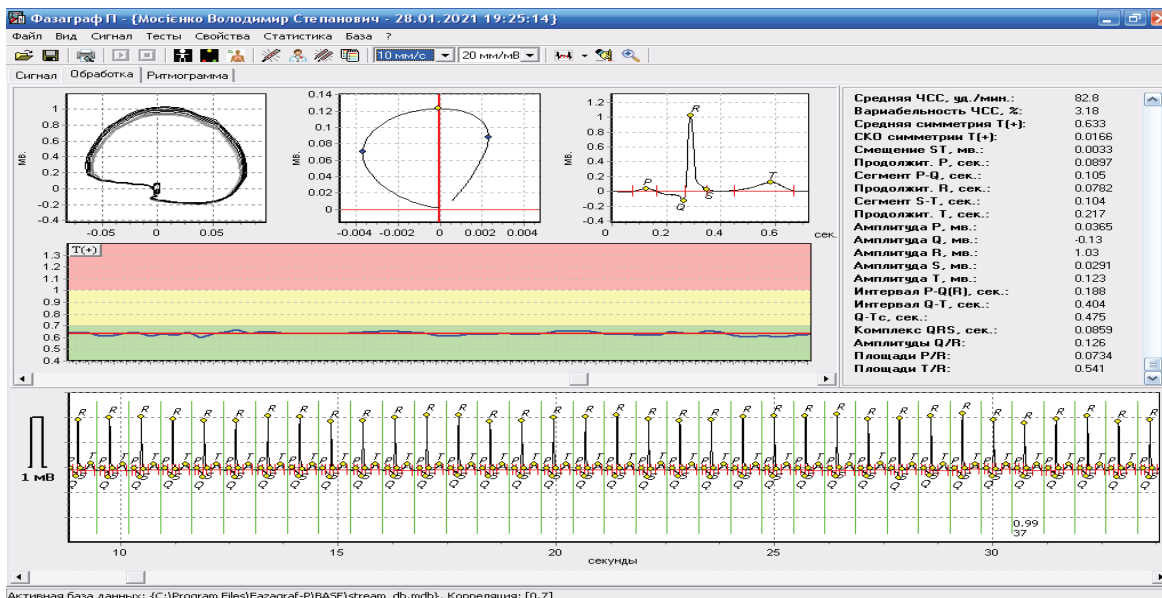


Рис 8. Показатель  $\beta_1$  в период стабилизации гемодинамики.

У загальній практиці зміни показників варіаційної пульсометрії вказують на вираженість вегетативної реакції на операційний стрес. Проте, на етапах даного дослідження зафіксовано стабільність значень показника LF/HF, що свідчить про адекватність періопераційної анестезії та аналгезії.

Показник LF/HF у доопераційному періоді основної групи відрізнявся від показника контрольної групи, що свідчить про ризик розвитку ГЛШН після операції. Після стабілізації гемодинаміки показник LF/HF досягав референтних значень.

За допомогою фазаграфії встановлено, що в основній та контрольній групах до операції стан кардіоміоцитів відповідав хронічній ішемічній хворобі серця та суттєво не змінювався у ранньому післяопераційному періоді. Однак, після корекції ГЛШН із застосуванням добутаміну та метаболічної терапії поєднанням левокарнітину та аргініну у пацієнтів основної групи, показник  $\beta_T$  змістився в зону, яка відповідає «здоров'ю» міокарда. Таким чином, метод фазаграфії є надійним маркером подолання ГЛШН та відновлення функції міокарда. Необхідно зазначити, що метод фазаграфії має обмеження у використанні: 10-15% вимірів можуть виявитися неінформативними у зв'язку з негативним зубцем T.

## ВИСНОВКИ

1. Показник LF/HF достовірно відображає співвідношення симпатичної та парасимпатичної ланок вегетативної нервової системи. Підвищення відношення LF/HF до операції свідчить про ризик розвитку ГЛШН після ШК.
2. Зниження показника LF/HF у післяопераційному періоді на фоні закінчення гемодинамічних

розладів свідчить про стабілізацію стану пацієнтів, які перенесли АКШ з ШК.

3. Результати досліджень свідчать про можливість використання методу фазаграфії, зокрема аналізу симетрії зубця T, як маркера ішемічних змін у міокарді у кардіохірургічних хворих, що перенесли аортокоронарне шунтування з використанням штучного кровообігу.

4. Показник  $\beta_T$  методу фазаграфії має зв'язок з клінічними даними стану міокарда і може бути використаний для визначення показника здоров'я міокарда у пацієнтів з ІХС.

5. Враховуючи покращення показника «здоров'я» міокарда у пацієнтів основної групи в період стабілізації гемодинаміки, поєднання левокарнітину та аргініну має виражений метаболічний ефект щодо міокарда, що переніс операцію в умовах ШК.

## КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори підтверджують відсутність конфліктів інтересів.

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО ФІНАНСУВАННЯ

Надані рукописи роботи виконані за рахунок державного фінансування в межах науково-дослідної роботи.

Дотримання етичних норм. Автори дотримуються норм Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації, а також Міждисциплінарних норм та регламентуючого положення щодо використання тварин у дослідженнях, тестуваннях та освітніх програмах, які опубліковані відповідним комітетом, який займається дослідженнями на тваринах при Академії наук у м. Нью-Йорк. Надані рукописи роботи стосуються пацієнтів та підготовлені відповідно до етичних норм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Baye's de Luna A., Fiol-Sala M. Clinical electrocardiography: a textbook. NJ: Wiley. 2022. 608 p.
2. Коваленко В. Н. Руководство по кардиологии. К.: МОРИОН. 2008. 1424 с.
3. Bootsma M., Swenne C. A., VanBolhuis H. H., Chang P. C., Cats V. M., & Brusckhe A. V. Heart rate and heart rate variability as indexes of sympathovagal balance. *The American journal of physiology*. 1994. 266 (4 Pt 2). H1565–H1571.
4. Shiga K., Izumi K., Minato K., Sugio T., Yoshimura M., Kitazawa M., Hanashiro S., Cortright K., Kurokawa S., Momota Y., Sado M., Maeno T., Takebayashi T., Mimura M., & Kishimoto T. Subjective well-being and month-long LF/HF ratio among deskworkers. *PloSone*. 2021. 16(9). e0257062.
5. Catai A. M., Pastre C. M., Godoy M. F., Silva E. D., Takahashi A., & Vanderlei L. Heart rate variability: are you using it properly? Standardisation checklist of procedures. *Brazilian journal of physical therapy*. 2020. 24(2). P. 91-102.
6. Черній В., Куриленко Я. Діагностика та інтенсивна терапія серцевої недостатності у пацієнтів, що перенесли шунтування коронарної артерії з використанням штучного кровообігу. *Клінічна та профілактична медицина*. 2021. 4(18). С. 4-9.
7. Коваленко В. Н., Чайковский И. А., Файнзильберг Л. С. Диагностическая ценность электрокардиографии в фазовом пространстве для скрининга ишемической болезни сердца. *Український кардіологічний журнал*. 2007. 6. С. 13-19.

8. Файнзильберг Л. С. Фазаграф – эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца. Клиническая информатика и телемедицина. 2010. Т. 6. Вып. 7. С. 22-30.
9. Дячук Д. Д., та ін. Скрининг ишемии миокарда методом оценки фазы реполяризации. Український кардіологічний журнал. 2016. 6. С. 82-89.
10. Файнзильберг Л. С. Основы фазаграфии. Киев: Освіта України. 2017. 264 с.

## REFERENCES

1. Baye's de Luna, A., Fiol-Sala, M. (2022). Clinical electrocardiography: a textbook. NJ: Wiley., 608.
2. Kovalenko, V.N. (2008). Rukovodstvo po kardiologii [Cardiology guide]. K.: Morion., 1424.
3. Bootsma, M., Swenne, C. A., Van Bolhuis, H. H., Chang, P. C., Cats, V. M., & Bruschke, A. V. (1994). Heart rate and heart rate variability as indexes of sympathovagal balance. *The American journal of physiology*, 266(4 Pt 2), H1565–H1571. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1994.266.4.H1565>
4. Shiga, K., Izumi, K., Minato, K., Sugio, T., Yoshimura, M., Kitazawa, M., Hanashiro, S., Cortright, K., Kurokawa, S., Momota, Y., Sado, M., Maeno, T., Takebayashi, T., Mimura, M., & Kishimoto, T. (2021). Subjective well-being and month-long LF/HF ratio among deskworkers. *PloS one*, 16(9), e0257062. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257062>
5. Catai, A. M., Pastre, C. M., Godoy, M. F., Silva, E. D., Takahashi, A., & Vanderlei, L. (2020). Heart rate variability: are you using it properly? Standardisation checklist of procedures. *Brazilian journal of physical therapy*, 24(2), 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.02.006>
6. Cherniy, V. I., Kurylenko, Y. V. (2021). Diagnostics and intensive care of heart failure in patients who underwent coronary artery bypass graft surgery with artificial circulation. *Klinichna ta profilaktychna medycyna*, 4(18), 4-9. [https://doi.org/10.31612/2616-4868.4\(18\).2021.01](https://doi.org/10.31612/2616-4868.4(18).2021.01)
7. Kovalenko, V.N., Chajkovskij, I.A., Fainzilberg, L.S. et al (2007). Diagnosticheskaja cennost elektrokardiografii v fazovom prostranstve dlja skrininga ishemicheskoi bolezni serdca [Diagnostic value of phase space electrocardiography for screening for ischemic heart disease]. *Ukrainskij kardiologichnij zhurnal*, 6, 13-19. [http://www.rql.kiev.ua/cardio\\_j/2007/6/kovalenko.htm](http://www.rql.kiev.ua/cardio_j/2007/6/kovalenko.htm)
8. (2010). Fazagraf – effektivnaja informacionnaja tehnologia obrabotki EKG v zadache skrininga ishemicheskoi bolezni serdca [Phasagraph is an effective information technology for ECG processing in the task of screening for ischemic heart disease]. *Klinicheskaja informatika i telemedicina*. Vol. 6, 7, 22-30. [http://kit-journal.com.ua/ru/viewer\\_ru.html?doc/2010\\_7/22-30\\_Fainzilbergt.pdf](http://kit-journal.com.ua/ru/viewer_ru.html?doc/2010_7/22-30_Fainzilbergt.pdf)
9. Djachuk, D.D. et al. (2016). Skrinig ishemii miokarda metodom ocenki fazy repolarizacii [Screening for myocardial ischemia by repolarization phase assessment]. *Ukrainskij kardiologichnij zhurnal*, 6, 82-89. [http://journal.ukrcardio.org/wp-content/uploads/2016/06/9\\_6\\_2016.pdf](http://journal.ukrcardio.org/wp-content/uploads/2016/06/9_6_2016.pdf)
10. Fainzilberg, L.S. (2017). *Osnovy fazagrafii [Phasagraphy basics]*. K: Osвіta Ukrainy. 264.



## Summary

### POSSIBILITIES OF USING THE PHASEGRAPHY METHOD AS A MARKER OF ISCHEMIC CHANGES IN THE MYOCARDIA IN CARDIAC SURGICAL PATIENTS WHO HAVE UNDERGONE ARTOCORONARY BYPASS WITH THE USE OF ARTIFICIAL CIRCULATION

V. I. Chernii<sup>1</sup>, L. S. Feinzilberg<sup>2</sup>, Ya. V. Kurylenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Institution of Science «Research and Practical Center of Preventive and Clinical Medicine» State Administrative Department, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>International scientific and educational center of information technologies and systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and the Ministry of Education and Culture of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Introduction.** Heart rate variability is a non-invasive method used to assess the modulation of the autonomic nervous system in the sinus node of the heart, which reflects the variability of the durations of successive R-R intervals on electrocardiograms. Phasagraphy is an innovative method of cardiology that allows to estimate the indicator of  $\beta_T$  – symmetry of the T wave, which reflects the period of early repolarization of the heart.

**The aim.** To expand the diagnostic criteria for perioperative hemodynamic disorders in patients who underwent surgery – coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass.

**Materials and methods.** 500 patients were operated on at the State Institution of Science «Research and Practical Center of Preventive and Clinical Medicine» State Administrative Department. All underwent coronary artery bypass graft surgery with cardiopulmonary bypass. 80 patients were selected and examined by Fazagraf®,  $\beta_T$  and LF / HF were analyzed. The main group included 35 patients who developed hemodynamic disorders in the early postoperative period. Inotropic support with dobutamine and metabolic support with a combination of levocarnitine and arginine were used to stabilize hemodynamics. The control group included 45 patients who did not have hemodynamic disorders.

**Results.** At the stages of this study, the stability of LF/HF values was recorded, which indicates the adequacy of perioperative anesthesia and analgesia. The LF/HF in the preoperative period of the main group differed from the control group. After stabilization of hemodynamics LF/HF reached reference values. In order to correct acute left ventricular failure with dobutamine and the combination of levocarnitine and arginine in the main group of patients, the  $\beta_T$  index shifted to the zone corresponding to the «health» of the myocardium.

**Conclusions.** The LF/HF value reliably reflects the ratio of sympathetic and parasympathetic parts of the autonomic nervous system. An increase in LF/HF before surgery indicates the risk of hemodynamic disorders after surgery, and its decrease in the postoperative period – to stabilize the patient's condition.  $\beta_T$  is associated with clinical data on myocardial status and can be used to determine myocardial health in patients with coronary heart disease. The combination of levocarnitine and arginine has a pronounced metabolic effect on the myocardium, which underwent surgery with cardiopulmonary bypass.

**Key words:** CABG, acute left ventricular failure, heart rate variability, phasagraphy.