

ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЧНОГО АНАЛІЗУ ІШЕМІЧНОГО ПАТЕРНУ ВИСОКОГО РИЗИКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСТОТНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ

В. К. Ташчук¹, С. В. Мельничук², С. В. Первозванський², М. В. Ташчук¹, Т. М. Амеліна¹¹ Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна² Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна**Ключові слова:***електрокардіографія, транзиторна ішемія міокарда, синдром ранньої реполяризації, аналіз Фур'є.*

Клінічна та експериментальна патологія 2025. Т.24, №2 (92). С. 8-13.

DOI 10.24061/1727-4338.XXIV.2.92.2025.02

E-mail: vtashchuk@ukr.net

Мета дослідження – об'єктивізувати можливість використання частотної класифікації біомедичних сигналів при аналізі електрокардіографії в розподілі норми, змін фази реполяризації за ішемії міокарда проти проявів патерну ранньої реполяризації. **Матеріали і методи.** Проаналізовано ЕКГ пацієнтів із різними порушеннями фази реполяризації: норма, транзиторна ішемія міокарда (депресія сегмента ST), гострий коронарний синдром (ГКС) з елевацією сегмента ST, доброякісний патерн ранньої реполяризації. Усім хворим виконано діджиталізацію фази реполяризації ЕКГ та дискретний аналіз Фур'є сегмента ST-T для оцінки загальної потужності сигналу (H) та суми амплітуд частотної Фур'є-компоненти (P0).

Результати. Фур'є-аналіз продемонстрував суттєві відмінності між групами в розподілі загальної потужності (H) та суми модулів дискретного спектру (P0) на основі її комплексних Фур'є-коефіцієнтів: норма демонструвала $P0=70,7311$; $H=10,9928$; ішемія з депресією ST – $P0=51,7153$; $H=3,1074$; ГКС (елевація ST) – $P0=88,1329$; $H=15,0590$; натомість, патерн ранньої реполяризації супроводжувався суттєвою розбіжністю з ГКС при зростанні показників вдвічі – $P0=169,3262$; $H=48,6844$. Отримані дані показують значну диференціацію між патологічними та доброякісними змінами фази реполяризації.

Висновки. Запропонований частотний аналіз біомедичних сигналів електрокардіограми на основі перетворення Фур'є дає змогу об'єктивізувати діагностику ішемії міокарда. Зниження загальної потужності сигналу (H) та суми модулів дискретного спектру (P0) є маркерами слабкої електричної активності серцевого м'яза та недостатньої синхронізації реполяризації при ішемії з депресією сегмента ST. На відміну від цього, підвищення показників P0 і H характерне для гострого коронарного синдрому з елевацією сегмента ST, а ще більш виражене зростання цих параметрів спостерігається при синдромі ранньої реполяризації. Отже, частотний аналіз сприяє оптимізації диференціальної діагностики гострого коронарного синдрому.

Key words:*electrocardiography, transient myocardial ischemia, early repolarization syndrome, Fourier analysis.*

Clinical and experimental pathology 2025. Vol.24, № 2 (92). P. 8-13.

PERSONALIZATION OF ELECTROCARDIOGRAPHIC ANALYSIS OF HIGH-RISK ISCHEMIC PATTERNS USING FREQUENCY-BASED CLASSIFICATION

V. K. Tashchuk¹, S. V. Melnychuk², S. V. Pervozianskyi², M. V. Tashchuk¹, T. M. Amelina¹¹ Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine² Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The aim of the study – to objectify the feasibility of using frequency classification of biomedical signals in electrocardiographic analysis to differentiate between normal findings, alterations in the myocardial ischemia repolarization phase, and manifestations of the early repolarization pattern.

Materials and methods. Electrocardiograms of patients with different repolarization phase disturbances were analyzed, including normal findings, transient myocardial ischemia (ST-segment depression), acute coronary syndrome (ACS) with ST-segment elevation, and benign early repolarization pattern. All patients underwent digitalization of the ECG repolarization phase and discrete Fourier analysis of the ST-T segment to assess total signal power (H) and sum of amplitudes of the frequency Fourier component (P0).

Results. Fourier analysis demonstrated significant differences between groups in the distribution of total power (H) and the sum of the modules of the discrete spectrum (P0) based on its complex Fourier coefficients: normal showed $P0 = 70,7311$; $H = 10,9928$; ischemia with ST-segment depression, respectively, $P0 = 51,7153$; $H = 3,1074$; ACS (ST-segment elevation) indicated $P0 = 88,1329$; $H = 15,0590$; instead, the early repolarization pattern was accompanied by a significant discrepancy with ACS as the indicators doubled – $P0 = 169,3262$; $H = 48,6844$. The obtained data demonstrate significant differentiation between pathological and benign changes in the repolarization phase.

Conclusions. The proposed frequency analysis of biomedical electrocardiographic signals based on Fourier transformation enables the objective assessment of ischemia manifestations. A decrease in total signal power (H) and amplitude of frequency

components (P0) serves as an indicator of weak electrical myocardial activity and insufficient synchronization of repolarization in ischemia with ST-segment depression. In contrast, an increase in total signal power (P0) and amplitude (H) is characteristic of acute coronary syndrome with ST-segment elevation, while an even greater increase is observed in early repolarization syndrome. Thus, frequency analysis contributes to the optimization of acute coronary syndrome diagnostics.

Вступ

Важливість стратифікації ризику для пацієнтів із болем у грудях виходить за рамки діагностики та негайного лікування, а оцінка електрокардіограми (ЕКГ) для стратифікації ризику смертності від усіх причин у таких хворих є надзвичайно важливою, що спонукає до створення моделей машинного навчання з використанням морфологічних характеристик ЕКГ. Багато клінічних показників ризику, які об'єднують дані ЕКГ, традиційно покладаються на класичні характеристики, включаючи такі параметри, як відхилення сегмента ST та інверсія зубця Т, однак експоненціально зростаючий обсяг літератури підкреслює вищу прогностичну цінність нових часово-просторових характеристик, отриманих із сигналів ЕКГ, для стратифікації ризику та прогнозування смертності [1].

Електрокардіограма, яка фіксує електричну активність серця з поверхні тіла людини, – один із найпоширеніших і неінвазивних діагностичних інструментів, що використовуються для моніторингу серцевих розладів [2] і є складним сигналом, який характеризується набором часових характеристик. Аналіз такого сигналу передбачає надійну роздільну здатність за часом.

Існують два можливих підходи до аналізу нестационарних сигналів такого типу. По-перше, можна розбити сигнал ЕКГ на окремі ділянки, на яких сигнал змінюється повільно, вважати сигнал квазістационарним на цій ділянці і застосувати для його частотного аналізу перетворення Фур'є. Частотно-часова класифікація біомедичних сигналів (ЕКГ) у частотній ділянці на основі перетворення Фур'є активно використовується в сьогоденному машинному навчанні [3], оскільки відомо, що функції, засновані на частотних і частотно-часових представленнях ЕКГ, краще відображають динамічні зміни та дискримінаційну інформацію і забезпечують високу точність у визначенні типів

аритмій при використанні з класифікаторами [2]. Інший варіант – здійснити вейвлет-аналіз цього сигналу, який на сьогодні вважається найбільш послідовним, оскільки відповідно до літератури, вейвлет-аналіз має переваги порівняно з перетворенням Фур'є.

Дослідження змін ЕКГ високого ризику в ділянці фази реполяризації, а саме сегмента ST і зубця Т з оцінкою використання можливості діагностики J-wave синдромів, зосереджене на розпізнаванні та лікуванні небезпечних для життя станів, зокрема інфаркту міокарда з підйомом сегмента ST (STEMI), інших форм гострого коронарного синдрому (ГКС) високого ризику та ряду некоронарних захворювань [4]. Особливо складною є диференціація між ознаками ішемії в їх варіантах (синдроми Wellens, De Winter, гіпергострий зубець Т, патерн Aslanger, прекордіальні «завихрення», інфаркт з «північною оклозією» тощо) [5] та ЕКГ проявами патерну ранньої реполяризації [6].

Мета роботи

Об'єктивізувати можливість використання частотної класифікації біомедичних сигналів при аналізі електрокардіограми в розподілі норми, змін фази реполяризації за ішемії міокарда проти проявів патерну ранньої реполяризації.

Матеріал і методи дослідження

На першому етапі дослідження аналізу піддано ЕКГ 4 хворих зі змінами фази реполяризації в умовах зіставлення норми, транзиторної ішемії міокарда з розвитком депресії сегмента ST, ГКС з проявами елевації сегмента ST в зіставленні з пацієнтом із доброякісним патерном ранньої реполяризації (рис. 1). Усі ЕКГ відібрані з ЕКГ-блога St. W. Smith [7] із доведеною документальною базою представлених для подальшої математичної обробки сценаріїв.

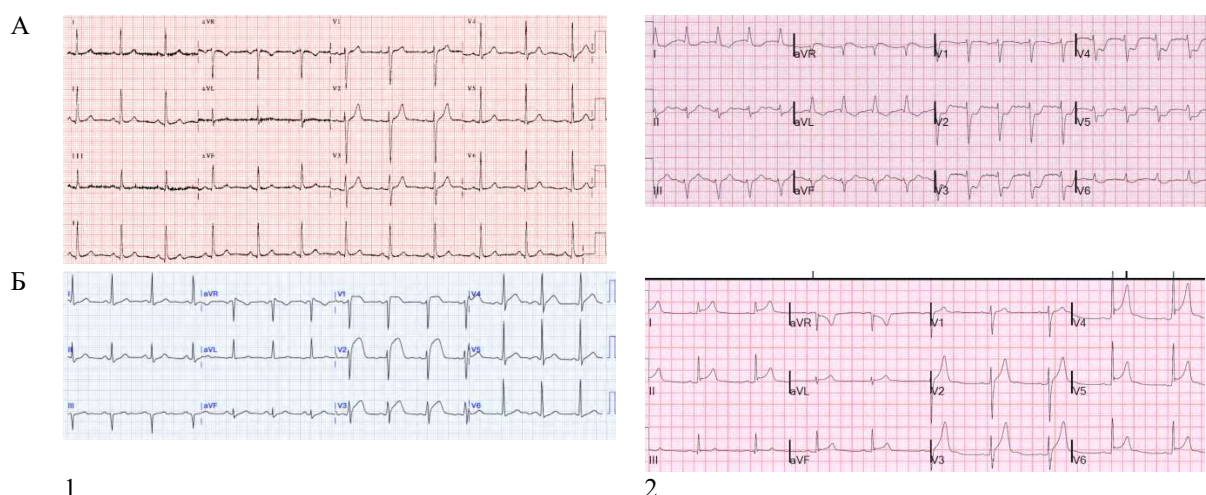


Рис. 1. Електрокардіограми пацієнтів: 1А) норма; 2А) транзиторна ішемія з депресією сегмента ST; 1Б) ішемія за гострого коронарного синдрому з елевацією сегмента ST; 2Б) патерн ранньої реполяризації

Другий етап дослідження полягав у виділенні фази реполяризації (рис. 2) в межах від J-point (перехід

зубця S в сегмент ST) до кінця зубця T (Tend) із метою подальшої діджиталізації цієї ділянки (J-point-Tend).

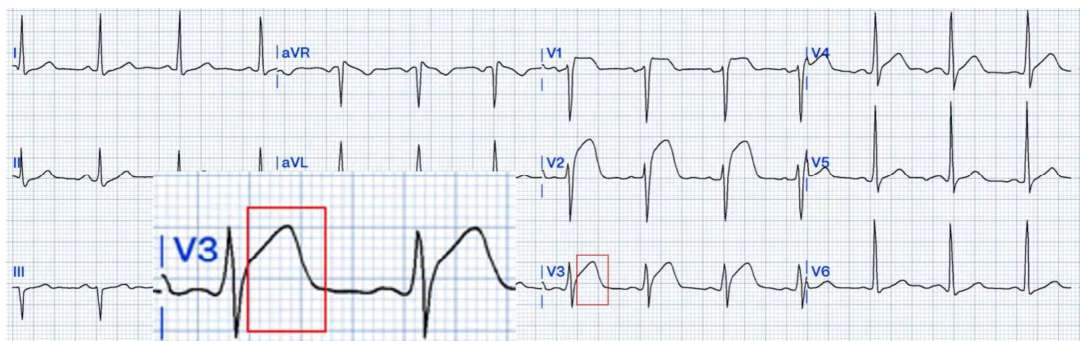


Рис. 2. Електрокардіограма пацієнта з ішемією за гострого коронарного синдрому з елевацією сегмента ST із виділенням фази реполяризації (J-point-Tend) у відведенні V3

Третій етап дослідження (рис. 3) полягав у математичній обробці виділеної фази реполяризації

J-point-Tend (рис. 3А) з оцифровуванням ЕКГ (рис. 3Б, В) та проведенням дискретного Фур'є-аналізу (рис. 3Г).

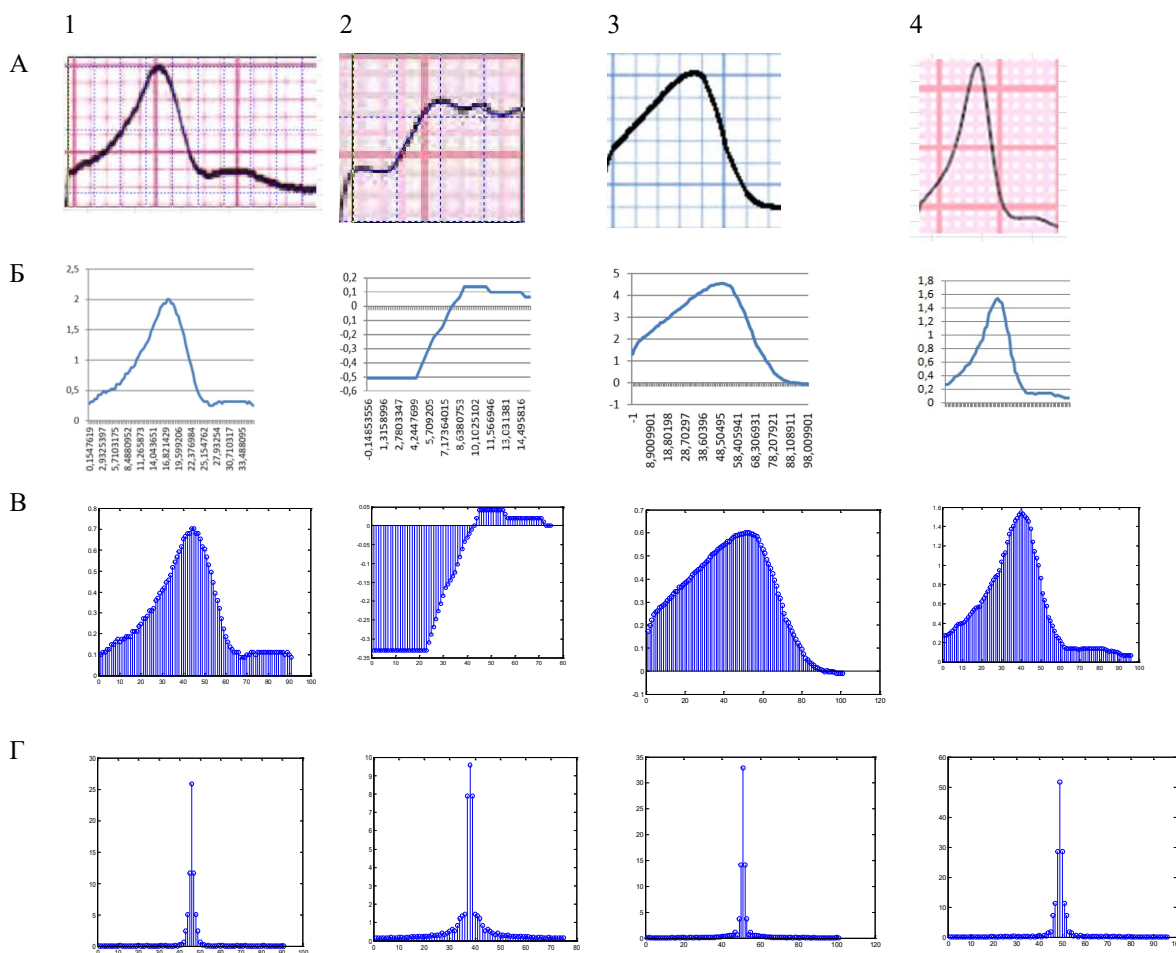


Рис. 3. Фрагмент ЕКГ в ділянці фази реполяризації (сегмент ST і зубець T): 1) здорового; 2) пацієнта з ішемією у вигляді депресії сегмента ST; 3) пацієнта з ішемією у вигляді елевації сегмента ST; 4) пацієнта із синдромом ранньої реполяризації на етапах оцифрування (1-4Б, В) і дискретного Фур'є-аналізу (1Г-4Г)

Можливості методу дискретного Фур'є-аналізу після оцифрування ЕКГ зі створенням сукупності відліків проаналізована на четвертому етапі дослідження з використанням системи Matlab. Отже, дискретний сигнал подано у вигляді одновимірного масиву (або вектора), елементами якого є значення сигналу у визначені моменту часу $x[n] = x(t_n)$, $t_n = nT_s$, $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$ (рис. 1 В).

Дискретне перетворення Фур'є описується виразом

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-i \frac{2\pi n k}{N}} \quad (1)$$

Спектр X_k сигналу дискретний, а частоти гармонік $w_k = \frac{2\pi k}{N}$, $k = 0, 1, \dots, N-1$. Зазвичай прийнято розглядати спектр на симетричному відрізку частот $[-\frac{w_s}{2}, \frac{w_s}{2}]$. Оскільки спектр дискретного сигналу періодичний, то спектральні

Клінічна та експериментальна патологія. 2025. Т.24, № 2 (92)

складові, які розташовані на інтервалі $[-\frac{w_s}{2}, 0]$, такі ж, як на інтервалі $[\frac{w_s}{2}, w_s]$ (рис. 2Г).

Кількісно приведені сигнали можна характеризувати сумою модулів дискретного спектру:

$$Y_k = \text{abs}(X_k);$$

$$P_0 = \sum(Y_k);$$

або приведеною потужністю сигналу:

$$H = \sqrt{\text{real}(X_k) \cdot \text{real}(X_k) + (\text{imag}(X_k) \cdot \text{imag}(X_k))}.$$

Це дає змогу запропонувати клінічне використання оцінки показників P_0 – суми модулів дискретного спектру і потужності сигналу, що виражена через частотні компоненти сигналу ЕКГ.

Результати та їх обговорення

Диференціація між гострою ішемією міокарда та доброякісною етіологією змін ЕКГ-патерну ранньої реполяризації за синдрому ранньої реполяризації (СРР), що відображено на рисунку 2Б, може потребувати диференційної діагностики з ГКС за типом

STEMI. Прецизійний аналіз такої ЕКГ ускладнюється і можливістю розвитку динамічних змін за СРР в межах погодинного розподілу або залежно від частоти серцевих скорочень чи фізичних вправ [8]

Згідно математичної моделі власних досліджень у результаті проведеного дискретного Фур'є-аналізу спектр здорового пацієнта склав у розподілі суми модулів дискретного спектру (P_0) або потужності частотних компонент (H): $P_0=70,7311$ і $H=10,9928$; натомість визначені показники (P_0 , H) для пацієнта з ішемією у вигляді депресії сегмента ST дорівнювали $P_0=51,7153$ і $H=3,1074$; для хворого з ішемією з елевацією сегмента ST відповідно представлені у вигляді $P_0=88,1329$ і $H=15,0590$; водночас час суми модулів дискретного спектра і потужності частотних компонент за патерну ранньої реполяризації суттєво переважали досліджені параметри – $P_0=169,3262$ і $H=48,6844$, тобто в останньому випадку продемонстрована істотна диференційна різниця, як представлено на рис. 4.

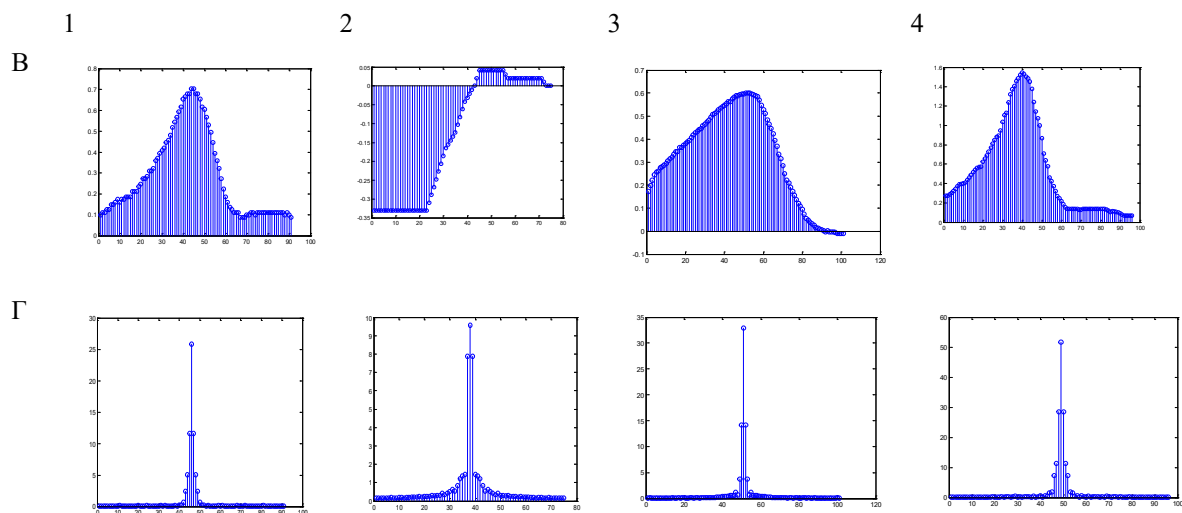


Рис. 4. Суми модулів дискретного спектру і потужності частотних компонент (P_0 і H) в результаті дискретного Фур'є-аналізу: 1) здорового; 2) пацієнта з ішемією у вигляді депресії сегмента ST; 3) пацієнта з ішемією у вигляді елевації сегмента ST; 4) пацієнта із синдромом ранньої реполяризації

Отже, запропонований математичний розподіл засвідчує про зменшення показників суми модулів дискретного спектра і потужності частотних компонент (P_0 і H) в результаті дискретного Фур'є-аналізу в оцінці фази реполяризації від нормальної ЕКГ в умовах депресії сегмента ST, їх зростання за елевації сегмента ST і суттєве збільшення – за СРР (рис. 3), а отже, метод дає змогу об'єктивізувати розподіл пацієнтів в групі ГКС за типом STEMI і СРР, тобто вирішує суттєву задачу невідкладної кардіології – оцінки змін фази реполяризації за ішемії міокарда проти проявів патерну ранньої реполяризації.

Вважають, що ключову роль у прогнозуванні смертності відіграють показники дисперсії фази реполяризації [1], оскільки дисперсія реполяризації, яка характеризується різною швидкістю електричного відновлення в різних ділянках серця, залежить від кількох критичних факторів: пошкодження міокарда, що призводять до рубців, структурні захворювання серця, зокрема кардіоміопатії та гіпертрофія Клінічна та експериментальна патологія. 2025. Т.24, № 2 (92)

шлуночків, а також дисбаланс у вегетативній нервовій системі, а отже, тимчасові та просторові диспропорції фази реполяризації можуть спричинити підвищення електричної чутливості міокарда, що робить його схильним до аритмій та небезпеки раптових серцевих подій, які загрожують життю. Запропонований власний підхід використання можливостей методу дискретного Фур'є-аналізу дав змогу чітко віддиференціювати пацієнтів з ішемією міокарда у вигляді депресії та елевації сегмента ST і відокремити складну групу диференційної ЕКГ-діагностики за патерну ранньої реполяризації, а отже, покращити можливості ЕКГ у стратифікації ризику.

Зростання або зменшення показників P_0 (суми модулів дискретного спектру) і H (потужності сигналу в представлені частотних компонент) у фазі реполяризації на ЕКГ може засвідчувати про різні аспекти електричної активності серця. Наприклад, збільшення суми модулів дискретного спектру (P_0) може вказувати на підвищену електричну активність

міокарда, що може бути пов'язано з гіпертрофією серця або іншими патологічними станами, а зростання потужності частотних компонент (Н) може засвідчити про наявність аритмій або інших порушень, які впливають на реполяризацію, що власне і продемонстровано у випадку ГКС за типом STEMI і більш виражено за СРР. Натомість зниження суми модулів дискретного спектру (Р0) може бути ознакою слабкої електричної активності міокарда, що може засвідчити про ішемію або інші патології, а зменшення потужності сигналу в цій ділянці спектра (Н) може вказувати на порушення проведення імпульсів або недостатню синхронізацію реполяризації, що представлено у пацієнта з ішемією у вигляді депресії сегмента ST.

Водночас, як засвідчує література, вейвлет-аналіз [2] дає змогу здійснити оцінку функції, що заснована на частотно-часових (TF) представленнях ЕКГ. При цьому краще відображаються динамічні зміни сигналу ЕКГ та його дискримінаційна інформація та забезпечується краща точність. Представлення TF надає двовимірну карту розподілу енергії сигналу, враховуючи нестаціонарну природу сигналів ЕКГ, аналіз TF добре підходить для виявлення тонких і дискримінаційних ознак, оскільки можна спостерігати, коли і на яких частотах змінюються властивості ЕКГ-сигналу.

Висновки

Запропонований частотний аналіз біомедичних сигналів електрокардіограми на основі перетворення Фур'є дає змогу об'єктивізувати прояви ішемії через зниження суми модулів дискретного спектру (Р0) і потужності частотних компонент (Н) в якості ознаки слабкої електричної активності міокарда і недостатньої синхронізації реполяризації за ішемії з депресією сегмента ST, на відміну від збільшення Р0 і Н за гострого коронарного синдрому з підйомом сегмента ST проти ще більш вираженого збільшення в умовах синдрому ранньої реполяризації, а отже, оптимізує діагностику гострого коронарного синдрому.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження спрямовані на оцінку зіставлення аналіз Фур'є і вейвлет-аналізу, двох потужних методів для дослідження біомедичних сигналів (ЕКГ), кожен з яких має свої особливості та переваги, оскільки перший перетворює сигнал із часової ділянки в частотну, розділяючи його на складові синусоїдальні частоти, а другий використовує набори вейвлетів (коротких функцій), які надають можливість аналізувати сигнал одночасно як у часовій, так і в частотній ділянках.

Список літератури

1. Bouzid Z, Sejdic E, Martin-Gill C, Faramand Z, Frisch S, Alrawashdeh M, et al. Electrocardiogram-based machine learning for risk stratification of patients with suspected acute coronary syndrome. *Europ Heart J*. 2025;46(10):943-54. doi: 10.1093/eurheartj/ehae880
2. Kirkbas A, Kizilkaya A. Automated ECG Arrhythmia Classification Using Feature Images with Common Matrix Approach-Based

Classifier. *Sensors (Basel)* [Internet]. 2025[cited 2025 Jun 18];25(4):1220. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11860794/pdf/sensors-25-01220.pdf> doi: 10.3390/s25041220

3. Jeong S, Kim HY. Convolutional Fourier Analysis Network (CFAN): A Unified Time-Frequency Approach for ECG Classification. *Computer Science*. 2025;3:1-13. doi: 10.48550/arXiv.2502.00497
4. Brady WJ, Muck AE, Moak JH. High-risk electrocardiogram presentations in the acute coronary syndrome patient – Beyond ST-segment elevation myocardial infarction. *Turk J Emerg Med*. 2025;25(1):1-9. doi: 10.4103/tjem.tjem_150_24
5. Ricci F, Martini C, Scordo DM, Rossi D, Gallina S, Fedorowski A, et al. ECG Patterns of Occlusion Myocardial Infarction: A Narrative Review. *ECG Patterns of Occlusion Myocardial Infarction: A Narrative Review*. *Ann Emerg Med*. 2025;85(4):330-40. doi: 10.1016/j.annemergmed.2024.11.019
6. Macfarlane PW. ECG diagnosis of early repolarization pattern. In: Márquez-Murillo MF. *Electrocardiography of Channelopathies: A Primer for the Clinical Cardiologist*. 1st ed. Academic Press; 2024, p. 193-204.
7. Frick W. Dr. Anteroseptal OMI? Accurate ECG interpretation is essential to correctly interpreting the angiogram. *Smith's ECG blog* [Internet]. 2025[cited 2025 Jun 18]. Available from: <https://hqmeded-ecg.blogspot.com/>
8. Smith S. Increasing ST elevation. STEMI vs. dynamic early repolarization vs. pericarditi. *Smith's ECG blog* [Internet]. 2013[cited 2025 Jun 18]. Available from: <https://hqmeded-ecg.blogspot.com/2013/07/increasing-st-elevation-stemi-vs.html>

References

1. Bouzid Z, Sejdic E, Martin-Gill C, Faramand Z, Frisch S, Alrawashdeh M, et al. Electrocardiogram-based machine learning for risk stratification of patients with suspected acute coronary syndrome. *Europ Heart J*. 2025;46(10):943-54. doi: 10.1093/eurheartj/ehae880
2. Kirkbas A, Kizilkaya A. Automated ECG Arrhythmia Classification Using Feature Images with Common Matrix Approach-Based Classifier. *Sensors (Basel)* [Internet]. 2025[cited 2025 Jun 18];25(4):1220. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11860794/pdf/sensors-25-01220.pdf> doi: 10.3390/s25041220
3. Jeong S, Kim HY. Convolutional Fourier Analysis Network (CFAN): A Unified Time-Frequency Approach for ECG Classification. *Computer Science*. 2025;3:1-13. doi: 10.48550/arXiv.2502.00497
4. Brady WJ, Muck AE, Moak JH. High-risk electrocardiogram presentations in the acute coronary syndrome patient – Beyond ST-segment elevation myocardial infarction. *Turk J Emerg Med*. 2025;25(1):1-9. doi: 10.4103/tjem.tjem_150_24
5. Ricci F, Martini C, Scordo DM, Rossi D, Gallina S, Fedorowski A, et al. ECG Patterns of Occlusion Myocardial Infarction: A Narrative Review. *ECG Patterns of Occlusion Myocardial Infarction: A Narrative Review*. *Ann Emerg Med*. 2025;85(4):330-40. doi: 10.1016/j.annemergmed.2024.11.019
6. Macfarlane PW. ECG diagnosis of early repolarization pattern. In: Márquez-Murillo MF. *Electrocardiography of Channelopathies: A Primer for the Clinical Cardiologist*. 1st ed. Academic Press; 2024, p. 193-204.
7. Frick W. Dr. Anteroseptal OMI? Accurate ECG interpretation is essential to correctly interpreting the angiogram. *Smith's ECG blog* [Internet]. 2025[cited 2025 Jun 18]. Available from: <https://hqmeded-ecg.blogspot.com/>
8. Smith S. Increasing ST elevation. STEMI vs. dynamic early repolarization vs. pericarditi. *Smith's ECG blog* [Internet]. 2013[cited 2025 Jun 18]. Available from: <https://hqmeded-ecg.blogspot.com/2013/07/increasing-st-elevation-stemi-vs.html>

Клінічна та експериментальна патологія. 2025. Т.24, № 2 (92)

Відомості про авторів:

Ташук В. К. – д. мед. н., професор, завідувач кафедри внутрішньої медицини, фізичної реабілітації та спортивної медицини Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: vtashchuk@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7988-5256>

Мельничук С. В. – д. фіз.-мат. н., професор кафедри комп'ютерних систем і мереж Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна.

E-mail: s.melnichuk@chnu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-4325-2342>

Первозванський С. В. – комерційний директор газети «Молодий буковинець», фізик-дослідник.

E-mail: pervozvansky@yahoo.com

Ташук М. В. – аспірант кафедри пропедевтики внутрішніх хвороб Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: axaosovitsh@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/>

Амеліна Т. М. – к. мед. н., доцент кафедри внутрішньої медицини, фізичної реабілітації та спортивної медицини, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна.

E-mail: amelinatania@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7629-914X>

Information about the authors:

Tashchuk V. K. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Internal Medicine, Physical Rehabilitation and Sports Medicine, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: vtashchuk@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7988-5256>

Melnichuk S. V. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, the Department of Computer Systems and Networks, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: s.melnichuk@chnu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-4325-2342>

Pervozvansky S. V. – Commercial Director of the newspaper «Young Bukovynets», Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, research physicist, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: pervozvansky@yahoo.com

Tashchuk M. V. – Postgraduate Student, Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: axaosovitsh@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5353-3340>

Amelina T. M. – PhD, Associate Professor, Department of Internal Medicine, Physical Rehabilitation and Sport Medicine, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: amelinatania@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7629-914X>

Стаття надійшла до редакції 23.05.2025

*© В. К. Ташук, С. В. Мельничук, С. В. Первозванський,
М. В. Ташук, Т. М. Амеліна*

