

КЛІНІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ ХРОНІЧНИМ КОРОНАРНИМ СИНДРОМОМ: ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ІЗ МЕТАБОЛІЧНИМИ МАРКЕРАМИ

В.К. Тащук, М.В. О. Аль Салама, Т.М. Амеліна, А.Р. Балан

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Мета дослідження – об'єктивізувати аналіз кількісних показників електрокардіограми (ЕКГ) з урахуванням віку, статі, параметрів ліпідного обміну та різних рівнів сечової кислоти.

Матеріали і методи. У дослідження включено 19 пацієнтів із ХКС (попередньо підтвердженим діагнозом стабільної стенокардії напруження II-III ФК) з наступним розподілом на групи залежно віку, статі, аналізів крові (рівні сечової кислоти (СК), загального холестерину (ЗХС), холестерину ліпопротеїнів високої (ХС ЛПВЩ) і низької щільності (ХС ЛПНЩ), показників ехокардіографії (фракція викиду лівого шлуночка (ФВ ЛШ)).

Досліджували концепт графічного аналізу ЕКГ, що включав 19 параметрів хвиль та інтервалів, у тому числі: 1) площа хвилі зубця Р (під кривою до ізолінії від початку до вершини зубця Р, мм²), 2) амплітуда зубця Р (мм), 3) мінімум Р зубця (найкоротша Р хвиля серед усіх відведень, мс), 4) дисперсія Р-хвилі (розбіжність між найдовшою і найкоротшою Р хвилями, мс), 5) максимум зубця Р (найдовша Р хвиля серед усіх відведень, мс), 6) середня тривалість хвилі Р (в усіх відведеннях, мс), 7) інтервал PQ (інтервал від початку зубця Р до початку комплексу QRS, мс), 8) амплітуда зубця R (мм), 9) амплітуда хвилі S (мм), 10) тривалість інтервалу QRS (мс), 11) амплітуда зубця T (мм), 12) інтервал TrTe (мс), 13) мінімум зубця T (мм), 14) дисперсія хвилі T (мс), 15) максимум зубця T (мм), 16) інтервал QTc коригований, максимум (мс), 17) інтервал QTc коригований, мінімум (мс), 18) дисперсія QTc (мс), 19) тривалість інтервалу QTc коригованого (мс).

Статистичну обробку даних здійснювали з використанням електронних таблиць, застосовували параметричні та непараметричні методи порівняння. За умови нормального розподілу даних використовували метод Стьюдента (дані представлені як середнє значення (M) та похибка середнього значення (m)), тоді як за ненормального розподілу – критерій Манна-Уїтні. Для аналізу кореляційних зв'язків використовували коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена. Також аналізували відношення шансів і відношення ризиків (співвідношення ймовірності події до ймовірності її ненастання / ймовірність події, OR/RR). Критичний рівень статистичної значимості було встановлено при $p < 0,05$, а тенденцію – при $p < 0,1$. Роботу виконували з дотриманням основних положень GCP (1996 р.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участі людини (1964-2008 рр.), наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. (зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 523 від 12.07.2012 р.). Дослідження відбувалось в межах ініціативної науково-дослідної роботи кафедри внутрішньої медицини, фізичної реабілітації та спортивної медицини на тему: «Прецизійний підхід до лікування гострого та хронічного коронарних синдромів – сучасний менеджмент і терапевтичні перспективи» (2025-2029 рр.).

Результати. При аналізі двох груп стосовно рівнів СК ($368,1 \pm 18,97$ ммоль/л проти $510,6 \pm 7,77$ ммоль/л, $p < 0,001$) встановлено достовірне зменшення амплітуди зубця R при вищому рівні СК ($10,89 \pm 1,00$ мм у групі з нижчим рівнем СК проти $7,1 \pm 0,72$ мм у групі з вищим рівнем СК, $p < 0,02$, $\Delta\%_{1-2} = -35,00\%$, при визначенні за 100% показника амплітуди зубця R у групі з нижчим рівнем СК). У гендерному та віковому розподілах виявлено кореляцію між амплітудою зубця T і рівнем холестерину ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ). Аналіз впливу на показники ЕКГ фракції викиду лівого шлуночка (ФВ ЛШ, в розподілі $\geq 56\%$, що становило $62,0 \pm 1,13\%$ проти $50,11 \pm 1,31\%$, $p < 0,001$) показав значущі відмінності у тривалості комплексу QRS зі збільшенням тривалості QRS при нижчих значеннях ФВ ЛШ ($155,6 \pm 14,05$ мс проти $108,9 \pm 11,11$ мс, $p < 0,02$, $\Delta\%_{1-2} = -30\%$, при визначенні за 100% показника тривалості QRS у групі меншої ФВ).

Ключові слова:

хронічний коронарний синдром, кількісна оцінка ЕКГ, сечова кислота, загальний холестерин, фракція викиду лівого шлуночка.

Клінічна та експериментальна патологія 2025. Т.24, № 3 (93). С. 22-29

DOI 10.24061/1727-4338.XXIV.3.93.2025.04

E-mail: vtashchuk@ukr.net

Аналіз залежно від рівня загального холестерину (ЗХС, в розподілі $\geq 5,46 < 6,36 \pm 0,12$ ммоль/л проти $3,91 \pm 0,22$ ммоль/л, $p < 0,001$) виявив значущі відмінності у дисперсії зубця Т з її зменшенням в групі зростання ЗХС ($80,0 \pm 14,96$ мс проти $43,33 \pm 4,66$ мс, $p < 0,05$, $\Delta 1-2 = 45,8\%$, при визначенні за 100% показника у групі меншого ЗХС).

Висновок. Ключові відмінності кількісної оцінки ЕКГ залежно від віку, статі, параметрів ліпідного обміну та рівня СК встановлено за показниками амплітуди зубців Т і R, дисперсії зубця Т і тривалості комплексу QRS.

CLINICAL INTERPRETATION OF QUANTITATIVE ELECTROCARDIOGRAM INDICES IN PATIENTS WITH CHRONIC ISCHEMIC HEART DISEASE: CORRELATION WITH METABOLIC MARKERS

V.K. Tashchuk, M.B. O. Al Salama, T.M. Amelina, A.R. Balan

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Key words: ischemic heart disease, quantitative electrocardiogram evaluation, uric acid, total cholesterol, left ventricular ejection fraction.

The aim – to objectivize the analysis of quantitative electrocardiogram (ECG) indices considering factors such as age, sex, lipid metabolism parameters, and the effect of different levels of uric acid.

Material and methods. A total of 19 patients with chronic coronary syndrome (CCS) (previously confirmed diagnosis of stable angina of functional class (FC) intensity II–III) with further distribution into groups according to age, sex, blood test parameters (levels of uric acid (UA), total cholesterol (TCL), high-density lipoprotein cholesterol (CL LPHD) and low-density lipoprotein cholesterol (CL LPLD)), echocardiographic indices (left ventricular ejection fraction (LVEF)) were included in the study.

Electrocardiographic assessment was performed using a graphic analysis concept that comprised 19 parameters of waves and intervals. These included the area and amplitude of the P wave, the minimum, maximum, and mean P-wave duration across all leads, P-wave dispersion, the PQ interval (from the onset of the P wave to the beginning of the QRS complex), amplitudes of the R and S waves, QRS complex duration, T-wave amplitude, Tp–Te interval, minimum and maximum T-wave amplitudes, T-wave dispersion, as well as corrected QT interval (QTc) parameters – minimum, maximum, mean values, and QTc dispersion (Fig. 1).

Statistical analysis was carried out using spreadsheet software, applying both parametric and non-parametric methods. In the case of normally distributed data, Student's t-test was used, with results presented as mean value (M) $\pm$ standard error of the mean (m). For non-normally distributed data, the Mann–Whitney U test was applied. Correlation analysis was performed using Pearson's and Spearman's correlation coefficients. Odds ratios (OR) and relative risks (RR) were also calculated. The critical level of statistical significance was set at $p < 0.05$, and a trend was considered at $p < 0.1$.

The work was conducted in compliance with the main provisions of GCP (1996), the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine (1997), the Declaration of Helsinki of the World Medical Association on the ethical principles of medical research involving human subjects (1964–2008), and the Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 690 dated 23.09.2009 (with amendments introduced by Order No. 523 dated 12.07.2012).

This work was carried out within the framework of the department's initiative research project "Precision approach to the treatment of acute and chronic coronary syndromes – modern management and therapeutic perspectives" (2025–2029).

Results. The study found statistically significant differences in the quantitative ECG indices depending on uric acid levels (UA, distribution $\geq 443 < \text{mmol/L}$). When analyzing two groups based on UA levels ($368,1 \pm 18,97$ mmol/L vs. $510,6 \pm 7,77$ mmol/L, $p < 0,001$), a significant decrease in the R wave amplitude was found with higher UA levels ($10,89 \pm 1,00$ mm in the lower UA group vs. $7,1 \pm 0,72$ mm in the higher UA group, $p < 0,02$, $\Delta\%_{1-2} = -35,00\%$, when determining by 100% of R wave amplitude in the lower UA group). Gender and age distributions showed a correlation between T wave amplitude and low-density lipoprotein cholesterol levels. The impact of left ventricular ejection fraction (LVEF, distribution $\geq 56\%$, which amounted to $62,0 \pm 1,13\%$ vs. $50,11 \pm 1,31\%$, $p < 0,001$) on ECG indices showed significant differences in the QRS complex duration with an increase in QRS duration at lower

Clinical and experimental pathology 2025. Vol. 24, № 3 (93). P. 22-29.

LVEF values ($155,6 \pm 14,05$ ms vs. $108,9 \pm 11,11$ ms, $p < 0,02$, $\Delta\%_{1-2} = -30\%$, when determining by 100% of QRS duration in the lower LVEF group). Analysis based on total cholesterol levels (TC, distribution $\geq 5,46 < \text{mmol/L}$, $6,36 \pm 0,12$ mmol/L vs. $3,91 \pm 0,22$ mmol/L, $p < 0,001$) revealed significant differences in T wave dispersion with a decrease in the TC increase group ($80,0 \pm 14,96$ ms vs. $43,33 \pm 4,66$ ms, $p < 0,05$, $\Delta\%_{1-2} = 45,8\%$, when determining by 100% in the lower TC group).

Conclusion. The key role in the identified differences in the quantitative evaluation of ECG was played by the indices of T and R wave amplitudes, T wave dispersion, and QRS complex duration depending on age, gender, lipid metabolism parameters, and UA levels.

Вступ

Хронічний коронарний синдром (ХКС) є основною причиною смерті у всьому світі, початок гострої ішемії міокарда є проаритмічним через підвищену гетерогенність властивостей реполяризації та провідності навколо ішемічної ділянки, а процес електрофізіологічної неоднорідності створює проаритмічний субстрат для повторних хвиль, тахікардії та потенційно – фібриляції шлуночків і зупинки серця [1]. Звичайні алгоритми на основі ЕКГ можуть сприяти стратифікації ризику раптової серцевої смерті, але демонструють помірні прогностичні можливості [2]. Активно обговорюється клінічна доцільність аналізу ЕКГ на основі штучного інтелекту для прогнозування обструктивного захворювання коронарних артерій [3]. Оскільки компоненти сигналу ЕКГ можуть бути відображені (або інтерпретовані) у кількісне число на основі алгоритмів, навчених машиною, і розглянуті для ідентифікації та моніторингу хронічних станів (наприклад, артеріальної гіпертензії, гіпертензії легеневої артерії, ХКС тощо) існують дослідження кількісних характеристик ЕКГ з використанням морфології хвилі ЕКГ для моніторингу артеріального тиску або ідентифікації гіпертензії [4].

Отже, кількісний аналіз ЕКГ з покращенням діагностики і втіленням подальших машинних алгоритмів діагностики є перспективним напрямком дослідження в кардіології.

Мета роботи

Об'єктивізувати аналіз кількісних показників електрокардіограми (ЕКГ) з урахуванням віку, статі, параметрів ліпідного обміну та різних рівнів сечової кислоти.

Матеріал і методи дослідження

Обстеження хворих здійснювали на базі ОКНП «Чернівецький обласний клінічний кардіологічний центр». У дослідження включено 19 пацієнтів із ХКС (попередньо підтвердженням діагнозом стабільної стенокардії напруження II-III ФК) з подальшим розподілом на групи залежно віку, статі, аналізів крові (рівні сечової кислоти (СК), загального холестерину (ЗХС), холестерину ліпопротеїнів високої (ХС ЛПВЩ) і низької щільності (ХС ЛПНЩ), показників ехокардіографії (фракція викиду лівого шлуночка (ФВ ЛШ)).

Досліджували концепт графічного аналізу ЕКГ, що включав 19 параметрів хвиль та інтервалів, у тому числі: 1) площа хвилі зубця Р (під кривою до ізолінії

від початку до вершини зубця Р, мм^2), 2) амплітуда зубця Р (мм), 3) мінімум Р зубця (найкоротша Р хвиля серед усіх відведень, мс), 4) дисперсія Р-хвилі (розбіжність між найдовшою і найкоротшою Р хвилями, мс), 5) максимум зубця Р (найдовша Р хвиля серед усіх відведень, мс), 6) середня тривалість хвилі Р (в усіх відведеннях, мс), 7) інтервал PQ (інтервал від початку зубця Р до початку комплексу QRS, мс), 8) амплітуда зубця R (мм), 9) амплітуда хвилі S (мм), 10) тривалість інтервалу QRS (мс), 11) амплітуда зубця Т (мм), 12) інтервал TrTe (мс), 13) мінімум зубця Т (мм), 14) дисперсія хвилі Т (мс), 15) максимум зубця Т (мм), 16) інтервал QTc коригований, максимум (мс), 17) інтервал QTc коригований, мінімум (мс), 18) дисперсія QTc (мс), 19) тривалість інтервалу QTc коригованого (мс) (рис. 1).

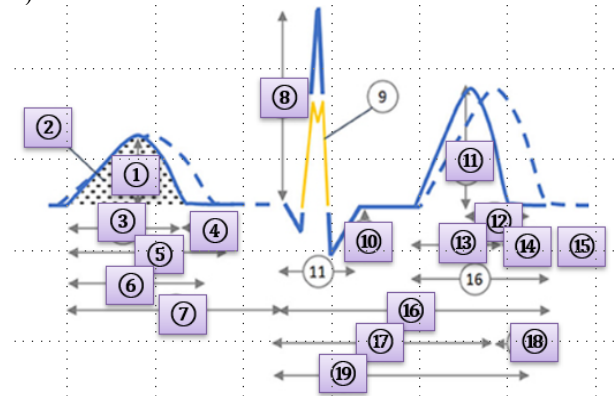


Рис. 1. Кількісні показники електрокардіограми з аналізом інтервалів, сегментів і обрахункових величин (адаптовано з K.Bird et al. (2020) [4])

Статистичну обробку даних здійснювали з використанням електронних таблиць, застосовували параметричні та непараметричні методи порівняння. За умови нормального розподілу даних використовували метод Стюдента (дані представлені як середнє значення (M) та похибка середнього значення (m)), тоді як за ненормального розподілу – критерій Манна-Уїтні. Для аналізу кореляційних зв'язків використовували коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена. Також аналізували відношення шансів і відношення ризиків (співвідношення ймовірності події до ймовірності її ненастання / ймовірність події, OR/RR). Критичний рівень статистичної значимості було встановлено при $p < 0,05$, а тенденцію – при $p < 0,1$. Роботу виконували з дотриманням основних положень GCP (1996 р.), Конвенції Ради Європи про права людини та

біомедицину (1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участі людини (1964-2008 рр.), наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. (зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 523 від 12.07.2012 р.). Дослідження відбувалось в межах ініціативної науково-дослідної роботи кафедри внутрішньої медицини, фізичної реабілітації та спортивної медицини на тему: «Прецизійний підхід до лікування гострого та хронічного коронарних синдромів – сучасний менеджмент і терапевтичні перспективи» (2025-2029 рр.).

Результати та їх обговорення

У цілому у групі обстежених пацієнтів із ХКС середній вік становив 63,26±1,99 років, чоловіків було 8 (42,10%), жінок – 11 (57,90%), середні показники систолічного артеріального тиску (САТ) – 146,60±3,13 мм рт.ст., діастолічного АТ (ДАТ) – 82,37±2,54 мм рт.ст., частоти серцевих скорочень (ЧСС) – 77,63±3,78 /хв, рівня ЗХС – 5,46±0,29

ммоль/л, ХС ЛПВЩ – 1,43±0,08 ммоль/л, вмісту СК – 443,10±19,31 мкмоль/л, скоротливість згідно з ФВ ЛПШ незначно знижена – 56,05±1,57%.

За оцінкою клінічних показників і маркерів (табл. 1) у групах чоловіків/жінок у віковому розподілі (≥ 63 < рр), відповідно середніх рівнів СК (≥ 443 < мкмоль/л), ЗХС ($\geq 5,46$ < ммоль/л), ФВ ЛПШ (≥ 56 < %) визначено, що за гендерним розподілом існує достовірна розбіжність ХС ЛПВЩ із переважанням показника у жінок (1,55±0,11 проти 1,26±0,08 ммоль/л, $p < 0,05$, $\Delta\%_{1-2} = -18,6\%$, якщо прийняти за 100% показник ЛПВЩ у групі жінок) і тенденція до зменшення в цій групі рівнів ЛПНЩ (3,59±0,30 проти 3,91±0,34 ммоль/л у чоловіків, $\Delta\%_{1-2} = +8,89\%$, якщо прийняти за 100% показника ЛПНЩ у групі жінок) та тенденція до меншого рівня СК (416,30±27,43 проти 480,10±21,50 мкмоль/л у чоловіків, $\Delta\%_{1-2} = +15,30\%$, при визначенні за 100% показника СК у групі жінок), натомість ФВ була меншою у чоловіків (54,25±2,95 проти 57,36±1,70 у жінок, $\Delta\%_{1-2} = -5,43\%$, при визначенні за 100% показника ФВ у групі жінок), як наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Клінічні показники і маркери в групах чоловіків/жінок у віковому розподілі (≥ 63 < рр) стосовно середніх рівнів СК (≥ 443 < мкмоль/л), ЗХС ($\geq 5,46$ < ммоль/л), ФВ ЛПШ (≥ 56 < %)

Групи/Маркери	Вік	ЧСС	САТ	ДАТ	ЗХС	ЛПВЩ	ЛПНЩ	СК	ФВ
Чол	64,50±3,25	77,88±6,69	147,00±3,17	80,00±3,69	5,06±0,43	1,26±0,08	3,91±0,34	480,10±21,50	54,25±2,95
Жін	62,36±2,61	77,45±4,67	143,00±5,03	84,09±3,53	5,74±0,40	1,55±0,11	3,59±0,30	416,30±27,43	57,36±1,70
Вік ≥ 63	70,78±1,91	70,00±5,17	148,60±2,79	77,44±3,95	5,13±0,52	1,45±0,14	3,55±0,39	414,30±32,28	56,00±2,17
Вік < 63	56,50±1,21	84,50±4,70	144,80±5,49	86,80±2,75	5,74±0,31	1,41±0,09	3,87±0,24	469,00±20,64	56,10±2,38
СК ≥ 443	60,10±2,74	81,00±5,05	144,60±5,07	84,90±2,85	5,84±0,28	1,37±0,09	3,87±0,24	510,60±7,71	56,20±2,59
СК < 443	66,78±2,57	73,89±5,73	148,80±3,63	79,56±4,33	5,02±0,53	1,49±0,13	3,55±0,39	368,10±18,97	55,89±1,85
ЗХС $\geq 5,46$	60,58±2,09	75,00±4,74	146,80±4,69	84,42±3,16	6,36±0,12	1,54±0,10	4,08±0,19	464,00±26,65	58,00±2,18
ЗХС < 5,46	67,86±3,61	82,14±5,89	146,30±3,25	78,86±4,25	3,91±0,22	1,23±0,09	3,11±0,42	407,30±21,58	52,71±1,52
ФВ ≥ 56	60,89±2,55	75,56±5,91	143,40±5,92	85,11±4,21	6,04±0,29	1,45±0,10	3,82±0,21	454,60±21,70	62,00±1,13
ФВ < 56	60,44±3,32	81,56±5,19	151,80±1,43	82,33±1,98	5,03±0,49	1,37±0,13	3,81±0,38	434,50±35,58	50,11±1,30

Натомість у групі старшого віку (70,78±1,91 р. проти 56,50±1,21 р., $p < 0,001$, $\Delta\%_{1-2} = +25,3\%$, зареєстрована більша ЧСС (70,78±1,91 проти 56,50±1,21 /хв, $p < 0,05$, $\Delta\%_{1-2} = +17,2\%$), також реєстрували тенденцію до більшого ДАТ у молодшому віці (86,80±2,75 проти 77,44±3,95 мм рт.ст. $\Delta\%_{1-2} = -10,80\%$) з аналогічною тенденцією для ЗХС (5,74±0,31 проти 5,13±0,52 ммоль/л, $\Delta\%_{1-2} = -10,70\%$), ЛПНЩ (3,87±0,24 проти 3,55±0,39 ммоль/л, відповідно $\Delta\%_{1-2} = -8,31\%$), як і для СК (469,00±20,64 проти 414,30±32,28 мкмоль/л, відповідно $\Delta\%_{1-2} = -8,31\%$) при однаковій ФВ (56,10±2,38 проти 56,00±2,17, якщо прийняти за 100% показники у групі молодшого) (див. табл. 1).

У групі з підвищеним рівнем СК (510,60±7,71 мкмоль/л проти 368,10±18,97 мкмоль/л, $p < 0,001$, $\Delta\%_{1-2} = -27,9\%$, при визначенні за 100% СК у групі з більшим рівнем) зареєстрована тенденція до більш

молодшого віку (60,10±2,74 р. проти 66,78±2,57 р., $\Delta\%_{1-2} = +11,1\%$), також реєстрували тенденцію до більшої ЧСС (81,00±5,05 /хв проти 73,89±5,73 /хв, $\Delta\%_{1-2} = -8,78\%$), зростання ДАТ (84,90±2,85 мм рт.ст. проти 79,56±4,33 мм рт.ст. $\Delta\%_{1-2} = -6,29\%$), збільшення ЗХС (5,84±0,28 ммоль/л проти 5,02±0,53 ммоль/л, $\Delta\%_{1-2} = -10,70\%$) при зменшенні в цій групі показника ЛПВЩ (1,37±0,09 ммоль/л проти 1,49±0,13 ммоль/л, $\Delta\%_{1-2} = -8,16\%$, за відсутності змін для ФВ (56,20±2,59% проти 55,89±1,85%, якщо прийняти за 100% зазначені показники у групі з підвищенням СК) (див. табл. 1).

Залежно від розподілу за ЗХС (6,36±0,12 ммоль/л проти 3,91±0,22 ммоль/л, $p < 0,001$, $\Delta\%_{1-2} = -62,6\%$, при визначенні за 100% ЗХС у групі з більшим рівнем) визначена тенденція до переважання в групі зі збільшенням ЗХС кількості пацієнтів молодшого віку (60,58±2,09 р. проти 67,86±3,61 р., $\Delta\%_{1-2} = +10,70\%$,

при визначенні за 100% віку для групи збільшеного ЗХС), зростання ЧСС в групі меншого рівня ЗХС ($82,14 \pm 5,89$ /хв проти $75,00 \pm 4,74$ /хв, $\Delta\%_{1-2} = +8,7\%$, при визначенні за 100% показника ЧСС в групі більшого ЗХС) при підвищенні ДАТ в групі збільшення ЗХС ($84,42 \pm 3,16$ проти $78,86 \pm 4,25$ мм рт.ст. $\Delta\%_{1-2} = -7,05\%$, при визначенні за 100% показника ДАТ у групі збільшеного ЗХС). Цікавим є достовірне переважання ЛПВЩ у пацієнтів зі збільшенням ЗХС ($1,54 \pm 0,10$ ммоль/л проти $1,23 \pm 0,09$ ммоль/л, $p < 0,05$, $\Delta\%_{1-2} = -25,6\%$ при визначенні за 100% показника ЛПВЩ у групі збільшеного ЗХС) та більшим рівнем в цій групі одночасно і ЛПНЩ ($4,08 \pm 0,19$ ммоль/л проти $3,11 \pm 0,42$ ммоль/л, $p < 0,05$, $\Delta\%_{1-2} = -31,1\%$ при визначенні за 100% показника ЛПНЩ у групі збільшеного ЗХС), з аналогічною тенденцією до переважання СК в групі збільшеного ЗХС ($464,00 \pm 26,65$ мкмоль/л проти $407,30 \pm 21,58$ мкмоль/л, відповідно $\Delta\%_{1-2} = -13,90\%$ при визначенні за 100% показника СК у групі збільшеного ЗХС) і тенденцією до зменшення ФВ в групі меншого ЗХС ($52,71 \pm 1,52$ % проти $58,00 \pm 2,18$, $\Delta\%_{1-2} = -10,00\%$, при визначенні за 100% показника ФВ у групі з більшим ЗХС) (див. табл. 1).

Аналіз залежності функціонального стану міокарда за показником ФВ від віку, статі, ліпідного обміну та рівня сечової кислоти показав, що відповідно груп розподілу за ФВ ($62,00 \pm 1,13$ % проти $50,11 \pm 1,30$ %, $p < 0,001$, $\Delta\%_{1-2} = -23,80\%$ при визначенні за 100% у групі з більшим рівнем ФВ) наявний однаковий віковий розподіл ($60,89 \pm 2,55$ р. і $60,44 \pm 3,32$ р.), деяке переважання в групі з меншою ФВ показників ЧСС ($81,56 \pm 5,19$ /хв проти $75,56 \pm 5,91$ /хв, $\Delta\%_{1-2} = +7,36\%$, при визначенні за 100% у групі з більшим рівнем ФВ) і САТ ($151,80 \pm 1,43$ мм рт.ст. проти $143,40 \pm 5,92$ мм рт.ст., $\Delta\%_{1-2} = +5,49\%$, при визначенні за 100% у групі з більшим рівнем ФВ) при зворотному спрямуванні ДАТ ($82,33 \pm 1,98$ мм рт.ст. проти $85,11 \pm 4,21$ мм рт.ст., $\Delta\%_{1-2} = -3,37\%$, при визначенні за 100% у групі з більшим рівнем ФВ) з аналогічним розподілом для ЗХС ($6,04 \pm 0,29$ ммоль/л проти $5,03 \pm 0,49$ ммоль/л, $\Delta\%_{1-2} = -20,00\%$, при визначенні за 100% у групі з більшим рівнем ФВ), ЛПВЩ ($1,45 \pm 0,10$ ммоль/л проти $1,37 \pm 0,13$ ммоль/л, $\Delta\%_{1-2} = -6,07\%$, при визначенні за 100% у групі з більшим рівнем ФВ), СК ($454,60 \pm 21,70$ мкмоль/л проти $434,50 \pm 35,58$ мкмоль/л, $\Delta\%_{1-2} = -4,62\%$, при визначенні за 100% у групі з більшим рівнем ФВ), однакових ЛПНЩ ($3,82 \pm 0,21$ ммоль/л проти $3,81 \pm 0,38$ ммоль/л).

Подальшому дослідженню піддано 19 кількісних показників ЕКГ з характеристикою хвиль та інтервалів для зубців і сегментів Р, PQ, QRS, QT і Т в розподілі залежно від вивчених клінічних характеристик обстежених пацієнтів (табл. 2).

За результатами нашого дослідження виявлено статистично значущі розбіжності кількісних показників ЕКГ залежно від рівня сечової кислоти (СК, в розподілі $\geq 443 < \infty$ ммоль/л). При аналізі двох груп із різними рівнями СК ($368,1 \pm 18,97$ ммоль/л проти $510,6 \pm 7,77$ мкмоль/л, $p < 0,001$) встановлено достовірне зменшення амплітуди зубця R при

вищому рівні СК ($7,1 \pm 0,72$ мм у групі з вищим рівнем СК проти $10,89 \pm 1,00$ мм у групі з нижчим рівнем, $p < 0,02$, $\Delta\%_{1-2} = -35,00\%$, при визначенні за 100% показника амплітуди зубця R у групі з меншим рівнем СК) (табл. 2). Між рівнем ЗХС та амплітудою зубця R на ЕКГ існує середня негативна залежність, при збільшенні рівня ЗХС амплітуда зубця R на ЕКГ зменшується (коефіцієнт кореляції Пірсона дорівнює $-0,416$ ($p < 0,01$), коефіцієнт кореляції Спірмена $-0,412$; отже, залежність між змінними є досить стабільною, монотонною та близькою до лінійної). Результати дослідження показують, що зменшення амплітуди зубця R на ЕКГ при вищому рівні СК асоціюється з високим відношенням шансів (ВШ: $8,17$) і 95% довірчим інтервалом (ДІ: $1,03-64,94$), хоча ця асоціація не є статистично значущою ($p > 0,1$). З іншого боку, відносний ризик (ВР: $3,15$) і 95% ДІ ($0,87-11,41$) вказує на наявність статистично значущої асоціації ($p < 0,05$) між зменшенням амплітуди зубця R і вищим рівнем сечової кислоти. Незважаючи на те, що ВШ вказує на слабку асоціацію, ВР демонструє потенційний ризик, що варто враховувати при подальшому вивченні і клінічній оцінці цих взаємовідносин.

Аналіз залежності показників ЕКГ від рівня загального холестерину (ЗХС, в розподілі $\geq 5,46 < \infty$ ммоль/л, $6,36 \pm 0,12$ ммоль/л проти $3,91 \pm 0,22$ ммоль/л, $p < 0,001$) виявив значущі відмінності у дисперсії зубця Т з її зменшенням в групі вищого рівня ЗХС ($80,0 \pm 14,96$ мс проти $43,33 \pm 4,66$ мс, $p < 0,05$, $\Delta\%_{1-2} = -46,0\%$, при визначенні за 100% показника у групі меншого ЗХС) (див. табл. 2). Між рівнем ЗХС та дисперсією зубця Т на ЕКГ існує помірна негативна залежність (коефіцієнт кореляції Пірсона дорівнює $-0,459$ ($p < 0,01$), коефіцієнт кореляції Спірмена $-0,349$, залежність між змінними засвідчує, що зі збільшенням рівня ЗХС дисперсія зубця Т зменшується, причому ця залежність може бути як лінійною, так і нелінійною). Результати дослідження вказують на наявність слабкої асоціації між зменшенням дисперсії зубця Т на ЕКГ та рівнем ЗХС згідно з аналізом ВШ ($1,39$; ДІ $0,22-8,92$; $p > 0,1$) і ВР ($1,21$; 95% ДІ $0,40-3,56$; $p > 0,1$), оскільки статистичні дані вказують на те, що цей зв'язок не є значущим.

Аналіз впливу на показники ЕКГ рівнів фракції викиду лівого шлуночка (ФВ ЛШ, в розподілі $\geq 56 < \infty$ %, що становило $62,0 \pm 1,13\%$ проти $50,11 \pm 1,31\%$, $p < 0,001$) показав значуще збільшення тривалості QRS при нижчих значеннях ФВ ЛШ ($155,6 \pm 14,05$ мс проти $108,9 \pm 11,11$ мс, $p < 0,02$, $\Delta\%_{1-2} = -30\%$, при визначенні за 100% показника тривалості QRS у групі меншої ФВ). Між показником ФВ ЛШ та тривалістю комплексу QRS на ЕКГ існує сильний зворотний зв'язок (коефіцієнт кореляції Пірсона дорівнює $-0,561$ ($p < 0,01$), коефіцієнт кореляції Спірмена $-0,588$ ($p < 0,01$), залежність між змінними засвідчує, що зі збільшенням рівня ФВ ЛШ тривалість комплексу QRS зменшується, і навпаки, зв'язок між змінними є досить стабільним і може бути як лінійним, так і монотонним). Результати дослідження вказують на наявність слабкої асоціації між зменшенням ФВЛШ та зменшенням тривалості інтервалу QRS на ЕКГ згідно з аналізом ВШ ($0,19$; ДІ

Таблиця 2
Аналіз зубців та інтервалів при електрокардіографії в групах чоловіків/жінок, у віковому розподілі ($\geq 63 < 99$), відповідно середніх рівнів СК ($\geq 443 < 6$ ммоль/л), ЗХС ($\geq 5,46 < 6$ ммоль/л), ФВ. ІІІ ($\geq 56 < 60$ %)

Маркер групи	Площа Р	Амплітуда Р	Мін. Р	Дисперсія Р	Макс. Р	Тривалість Р	Інтервал PQ	Амплітуда R	Амплітуда S	Тривалість QRS	Амплітуда T	TrTe	Мін. T	Дисперсія T	Макс. T	Макс. QTc	Мін. QTc	Дисперсія QTc	Тривалість QTc
Чол	4,72±0,37	1,87±0,22	85,00±5,00	26,25±5,65	111,30±3,5	94,38±3,46	180,00±6,54	7,62±0,96	6,35±0,65	140,00±17,73	5,13±0,26	103,80±5,9	161,30±20,57	67,5±12,0	228,80±15,29	462,50±32,15	423,00±23,63	50,48±9,42	442,70±27,18
Жін	4,38±0,63	1,72±0,25	79,09±6,66	27,27±3,28	108,20±7,2	93,64±6,74	176,40±10,02	9,81±1,01	7,13±0,79	123,60±11,70	3,45±0,40	91,82±7,60	140,90±11,71	49,09±8,78	195,50±14,85	484,00±28,65	443,90±20,25	40,15±9,84	464,00±24,31
Вік ≥ 63	3,95±0,32	1,67±0,25	82,22±5,21	26,67±3,33	108,90±5,8	92,22±5,21	186,70±10,54	9,00±1,14	7,66±0,97	148,90±12,96	5,113±0,55	105,60±6,4	168,90±17,75	53,3±10,4	228,90±14,95	477,60±26,45	429,90±21,01	47,71±9,31	453,70±23,43
Вік < 63	5,04±0,65	1,90±0,24	81,00±7,06	27,00±4,95	110,00±6,6	95,50±6,38	170,00±6,83	8,80±1,02	6,05±0,41	114,00±13,35	3,45±0,39	89,00±7,21	132,00±11,33	60,0±10,6	192,00±14,89	472,60±33,31	439,80±22,64	41,6±10,3	456,20±27,67
СК ≥ 443	5,08±0,66	1,85±0,23	80,00±5,96	29,00±4,81	111,00±5,2	93,50±5,27	174,00±10,54	7,10±0,72	6,20±0,53	122,00±13,15	4,40±0,57	93,00±7,75	153,00±16,87	50,00±7,88	203,00±18,98	465,50±24,49	434,10±17,37	40,18±8,38	449,80±20,39
СК < 443	3,91±0,26	1,72±0,26	83,33±6,67	24,44±3,3	197,80±7,4	94,44±6,63	182,20±11,76	10,89±1,00	7,50±0,92	140,00±15,28	4,05±0,51	101,10±6,7	145,60±14,35	64,4±12,7	216,70±11,30	485,50±36,21	436,20±26,67	49,29±11,4	460,90±31,28
ЗХС	4,70±0,59	1,79±0,24	81,67±6,72	29,17±4,16	112,50±6,1	97,08±6,10	168,30±5,19	8,50±0,94	6,75±0,75	123,30±10,10	3,85±0,46	92,50±7,38	157,50±13,82	43,33±4,66	205,80±16,54	477,90±26,86	436,70±19,23	41,23±9,01	457,30±22,92
ЗХС	4,22±0,27	1,78±0,24	81,43±3,40	22,86±3,59	104,30±5,3	88,57±3,22	194,30±12,88	9,57±1,25	6,29±0,71	142,90±21,12	4,85±0,63	104,30±5,2	135,70±17,84	80,00±14,9	215,70±11,92	469,90±36,12	434,20±26,51	50,09±10,9	451,20±30,46
ФВ ≥ 56	4,80±0,76	1,44±0,21	75,56±8,01	30,00±4,71	107,80±7,41	91,67±7,36	171,10±7,53	9,00±1,39	6,94±0,92	108,90±11,11	3,55±0,36	95,56±9,44	151,10±19,25	50,00±9,71	207,80±20,53	459,90±27,80	422,90±20,76	36,98±9,13	441,40±24,11
ФВ < 56	4,25±0,33	2,11±0,26	87,78±4,00	24,44±4,12	112,20±5,72	96,67±4,78	182,20±10,77	8,33±0,62	6,44±0,62	155,60±14,05	4,72±0,65	97,78±5,95	150,70±10,00	55,56±8,83	212,20±12,89	500,30±33,00	455,30±22,71	54,7±10,5	477,80±27,27

0,03-1,43; $p > 0,1$) і ВР (0,51; ДІ 0,22-1,18; $p > 0,1$), оскільки статистичні дані вказують на те, що цей зв'язок не є значущим.

Результати нашого дослідження продемонстрували значущі відмінності кількісних показників ЕКГ у пацієнтів із ХКС залежно від рівнів СК, ЗХС та ФВ ЛШ. Виявлені кореляції між показниками ЕКГ та метаболічними маркерами підкреслюють важливість їх аналізу при оцінці стану пацієнтів із ХКС. Наші дані засвідчують, що підвищений рівень СК асоціюється зі зменшенням амплітуди зубця R, що може вказувати на погіршення функціонального стану серцевого м'яза [5]. Аналогічно, зростання ЗХС супроводжується зниженням дисперсії зубця T, що може вказувати на підвищений ризик аритмій та інших серцевих ускладнень, оскільки гетерогенність реполяризації наявна в різноманітних серцево-судинних захворюваннях і є ознакою раптової смерті в загальній популяції [6]. Значні відмінності тривалості комплексу QRS при різних рівнях ФВ ЛШ підкреслюють важливість цього показника при оцінці серцевої функції, оскільки відомо, що тривалість $QRS \geq 120$ мс незалежно пов'язана з підвищеним ризиком первинного результату ($p = 0,009$) і госпіталізації за серцевої недостатності ($p = 0,003$) [7]. Отже, кількісні показники ЕКГ можуть слугувати важливими додатковими маркерами для оцінки стану пацієнтів із ХКС, а їх взаємозв'язок із метаболічними маркерами відкриває нові можливості для прогнозування та персоналізованого підходу до лікування.

Висновки

1. Підвищений рівень сечової кислоти пов'язаний зі значущим зменшенням амплітуди зубця R на електрокардіограмі, що може свідчити про погіршення функціонального стану серцевого м'яза.
2. Зростання загального холестерину супроводжується зниженням дисперсії зубця T, що може вказувати на більш синхронну реполяризацію в різних ділянках міокарда і може бути результатом плейотропних ефектів статинів у цій групі.
3. Низька фракція викиду лівого шлуночка асоціюється зі значущим збільшенням тривалості комплексу QRS, що підкреслює важливість цього показника при оцінці серцевої функції.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження кількісних показників ЕКГ у пацієнтів з ХКС можуть зосередитися на розширенні вибірки пацієнтів для підтвердження виявлених закономірностей. Важливим напрямком є вивчення інших біомаркерів та їх клінічної значущості. Дослідження також можуть розглядати вплив різних терапевтичних втручань на кількісні показники ЕКГ для розробки нових підходів до лікування ХКС, що відкриває перспективу для персоналізованої медицини.

Список літератури

1. Martinez-Navarro H, Bertrand A, Doste R, Smith H, Tomek J. Клінічна та експериментальна патологія. 2025. Т.24, № 3 (93)

Ristagno G, et al. ECG analysis of ventricular fibrillation dynamics reflects ischaemic progression subject to variability in patient anatomy and electrode location. *Front Cardiovasc Med* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 27];11:1408822. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11631900/pdf/fcvm-11-1408822.pdf> doi: 10.3389/fcvm.2024.1408822

2. Holmstrom L, Chugh H, Nakamura K, Bhanji Z, Seifer M, Uy-Evanado A, et al. An ECG-based artificial intelligence model for assessment of sudden cardiac death risk. *Commun Med (Lond)* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 29];4(1):17. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10899257/pdf/43856_2024_Article_451.pdf doi: 10.1038/s43856-024-00451-9
3. Park J, Kim J, Kang S-H, Lee J, Hong Y, Chang H-J, et al. Artificial intelligence-enhanced electrocardiography analysis as a promising tool for predicting obstructive coronary artery disease in patients with stable angina. *Eur Heart J Digit Health*. 2024;5(4):444-53. doi: 10.1093/ehjdh/ztae038
4. Bird K, Chan G, Lu H, Greeff H, Allen J, Abbott D, et al. Assessment of hypertension using clinical electrocardiogram features: a first-ever review. *Front Med (Lausanne)* [Internet]. 2020[cited 2025 Sep 30];7:583331. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7746856/pdf/fmed-07-583331.pdf> doi: 10.3389/fmed.2020.583331
5. Blondeel M, Robyns T, Willems R, Vandenberk B. Ventricular depolarization abnormalities and their role in cardiac risk stratification – a narrative review. *Front Med (Lausanne)* [Internet]. 2020[cited 2025 Sep 30];7:583331. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11759958/pdf/2153-8174-26-1-25921.pdf> doi: <https://doi.org/10.31083/rm25921>
6. Prenner SB, Shah SJ, Goldberger JJ, Sauer AJ. Repolarization heterogeneity: beyond the QT interval. *Am Heart Assoc* [Internet]. 2016[cited 2025 Sep 29];5(5):e003607. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/JAHA.116.003607> doi: 10.1161/jaha.116.003607
7. Joseph J, Claggett BC, Anand IS, Fleg JL, Huynh T, Desai AS, et al. QRS duration is a predictor of adverse outcomes in heart failure with preserved ejection fraction. *J Am Coll Cardiol HF*. 2016;4(6):477-86.

References

1. Martinez-Navarro H, Bertrand A, Doste R, Smith H, Tomek J, Ristagno G, et al. ECG analysis of ventricular fibrillation dynamics reflects ischaemic progression subject to variability in patient anatomy and electrode location. *Front Cardiovasc Med* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 27];11:1408822. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11631900/pdf/fcvm-11-1408822.pdf> doi: 10.3389/fcvm.2024.1408822
2. Holmstrom L, Chugh H, Nakamura K, Bhanji Z, Seifer M, Uy-Evanado A, et al. An ECG-based artificial intelligence model for assessment of sudden cardiac death risk. *Commun Med (Lond)* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 29];4(1):17. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10899257/pdf/43856_2024_Article_451.pdf doi: 10.1038/s43856-024-00451-9
3. Park J, Kim J, Kang S-H, Lee J, Hong Y, Chang H-J, et al. Artificial intelligence-enhanced electrocardiography analysis as a promising tool for predicting obstructive coronary artery disease in patients with stable angina. *Eur Heart J Digit Health*. 2024;5(4):444-53. doi: 10.1093/ehjdh/ztae038
4. Bird K, Chan G, Lu H, Greeff H, Allen J, Abbott D, et al. Assessment of hypertension using clinical electrocardiogram features: a first-ever review. *Front Med (Lausanne)* [Internet]. 2020[cited 2025 Sep 30];7:583331. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7746856/pdf/fmed-07-583331.pdf> doi: 10.3389/fmed.2020.583331
5. Blondeel M, Robyns T, Willems R, Vandenberk B. Ventricular depolarization abnormalities and their role in cardiac risk stratification – a narrative review. *Front Med (Lausanne)* [Internet]. 2020[cited 2025 Sep 30];7:583331. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11759958/pdf/2153-8174-26-1-25921.pdf> doi: <https://doi.org/10.31083/rm25921>
6. Prenner SB, Shah SJ, Goldberger JJ, Sauer AJ. Repolarization

heterogeneity: beyond the QT interval. Am Heart Assoc [Internet]. 2016[cited 2025 Sep 29];5(5):e003607. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/JAHA.116.003607>
doi: 10.1161/jaha.116.003607

7. Joseph J, Claggett BC, Anand IS, Fleg JL, Huynh T, Desai AS, et al. QRS duration is a predictor of adverse outcomes in heart failure with preserved ejection fraction. J Am Coll Cardiol HF. 2016;4(6):477-86.

Відомості про авторів:

Ташук В. К. – д. мед. н., професор, зав. каф. 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>.

Аль Салама М. В. О. – к. мед. н., доцент каф. внутрішньої медицини, фізичної реабілітації та спортивної медицини Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: dr_mws700@yahoo.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9333-6982>.

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

E-mail: amelinatania@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0001-7629-914X.

Балан А. Р. – студентка Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: balan.anastasiia.med@bsmu.edu.ua.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-5512-0728>.

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>

Al Salama M. V. O., Associate Professor, Department of Internal Medicine, Physical Rehabilitation and Sport Medicine, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail:dr_mws700@yahoo.com.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9333-6982>

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: 0000-0001-7629-914X.

Balan A.R. – Student of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: balan.anastasiia.med@bsmu.edu.ua.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-5512-0728>.

Дата першого надходження рукопису до видання: 11.08.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 25.08.2025

Дата публікації: 30.09.2025

© В.К. Ташук, М.В. О. Аль Салама, Т.М. Амеліна, А.Р. Балан

