

ПРОГНОСТИЧНА ЗНАЧУЩІСТЬ ДИНАМІКИ КУТА QRS/T: НОВІ МОЖЛИВОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРАПІЇ

В.К. Тащук, М.В. Тащук, С.В. Первозванський

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Електрофізіологічна нестабільність міокарда на ранніх етапах лікування є ключовим чинником розвитку аритмогенних ускладнень. Просторовий кут QRS/T електрокардіограми розглядається як інтегральний маркер дисперсії реполяризації та електричної гетерогенності, що має значну прогностичну цінність.

Мета роботи – оцінити прогностичну значущість динаміки показника кута QRS/T на ранньому етапі терапії та визначити його оптимальне порогове значення для стратифікації пацієнтів із гіпертонічною хворобою та ішемічною хворобою серця за ризиком електрофізіологічної нестабільності.

Матеріал і методи. У дослідження включено 30 пацієнтів, яким проводили стандартну ЕКГ (12 відведень) на вихідному етапі, через 1 та 3 місяці лікування. Додатково виконували холтеровське моніторування ЕКГ, ехокардіографію, лабораторні дослідження та оцінку якості життя за EQ-5D/EQ-VAS. Динаміку Δ QRS/T оцінювали як різницю між послідовними вимірами; для визначення прогностичної здатності застосовували ROC-аналіз, а для виявлення незалежних предикторів – багатофакторний логістичний регресійний аналіз. Дослідження проведене відповідно до положень Гельсінкської декларації та схвалене локальним етичним комітетом (протокол №6 від 20.02.2025). Усі пацієнти надали письмову інформовану згоду. Критеріями включення були: вік 30–80 років, стабільна форма ІХС, дифузний кардіосклероз та ГХ (ускладнена або неускладнена форма). Критеріями виключення визначено: фібриляцію передсердь та порушення внутрішньошлуночкової провідності. Статистичну обробку даних проводили для кількісних змінних із визначенням середніх значень (M), стандартної похибки (m), для якісних показників – абсолютних та відносних (%) частот, нормальність розподілу перевіряли за критерієм Shapiro-Wilk і у випадку нормального розподілу застосовували t -тест Стьюдента, за його відсутності – непараметричні (Манн-Уїтні U -тест), для порівняння якісних змінних використовували χ^2 -тест Пірсона. Зв'язки між показниками оцінювали за допомогою кореляційного аналізу (коефіцієнт Пірсона або Спірмена залежно від типу даних). Прогностичну здатність Δ QRS/T визначали за допомогою ROC-аналізу з розрахунком площі під кривою (AUC) та оптимального порогового значення за індексом Youden. Для виявлення незалежних предикторів несприятливої динаміки Δ QRS/T застосовували багатофакторний логістичний регресійний аналіз. Результати наведено у вигляді відношення шансів (ВШ) з 95% довірчим інтервалом (CI). Статистично значущими вважали результати при $p < 0,05$.

Результати. Встановлено, що Δ QRS/T є чутливим маркером ранньої електрофізіологічної нестабільності міокарда. Позитивна динаміка кута асоціювалася зі сприятливим клінічним перебігом (зниження екстрасистолії, підвищення фракції викиду лівого шлуночка (ФВЛШ), зменшення індексу співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів (Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio (NLR)), тоді як його збільшення або відсутність змін – із підвищеним аритмогенним ризиком. ROC-аналіз підтвердив добру прогностичну здатність Δ QRS/T (AUC=0,816), оптимальний cut-off становив -0,27. Багатофакторний аналіз засвідчив незалежну роль частоти екстрасистол, ФВЛШ та NLR у формуванні несприятливої динаміки Δ QRS/T.

Висновки. Δ QRS/T може бути використаний як інтегральний ранній маркер електрофізіологічної нестабільності та предиктор аритмогенних ускладнень у пацієнтів із гіпертонічною хворобою та ішемічною хворобою серця. Його включення до комплексних прогностичних моделей має перспективу для підвищення точності стратифікації ризику та довгострокового прогнозування.

Ключові слова:

електрофізіологічна нестабільність міокарда, просторовий кут QRS/T, ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба.

Клінічна та експериментальна патологія. 2026; Т.25, № 2 (96). С. 73-78.

DOI 10.24061/1727-4338.XXV.2.96.2026.12

E-mail: vtashchuk@ukr.net

PROGNOSTIC SIGNIFICANCE OF QRS/T ANGLE DYNAMICS: NEW OPPORTUNITIES FOR PREDICTING THERAPY EFFECTIVENESS

V.K. Tashchuk, M.V. Tashchuk, S.V. Pervozianskyi

Key words: myocardial electrophysiological instability, spatial QRS/T angle, ischemic heart.

Electrophysiological instability of the myocardium at the early stages of treatment remains a key factor in the development of arrhythmogenic complications. The spatial QRS/T angle of the electrocardiogram is considered to be an integral marker of repolarization dispersion and electrical heterogeneity, with significant prognostic value.

Objective – to evaluate the prognostic significance of QRS/T angle dynamics during the early phase of therapy and to determine its optimal cut-off value for risk stratification of patients with hypertension and ischemic heart disease in terms of electrophysiological instability.

Material and Methods. The study included 30 patients who underwent standard 12-lead ECG at baseline, after 1 month, and after 3 months of treatment. Additional examinations comprised Holter ECG monitoring, echocardiography, laboratory tests, and quality of life assessment using EQ-5D/EQ-VAS. QRS/T angle dynamics (Δ QRS/T) was calculated as differences between consecutive measurements. Prognostic ability was assessed using ROC analysis, while independent predictors of unfavorable Δ QRS/T dynamics were identified by multivariate logistic regression. The study was conducted in accordance with the provisions of the Declaration of Helsinki and approved by the local ethics committee (protocol No. 6 dated 02/20/2025). All patients provided written informed consent. The inclusion criteria were: age 30-80 years, stable form of coronary artery disease, diffuse atherosclerosis and GH (complicated or uncomplicated form). The exclusion criteria were: atrial fibrillation and intraventricular conduction disorders. Statistical data processing was performed for quantitative variables with determination of mean values (M), standard error (m), for qualitative indicators - absolute and relative (%) frequencies, the normality of the distribution was checked using the Shapiro-Wilk criterion and in the case of normal distribution, the Student's t -test was used, in its absence - non-parametric (Mann-Whitney U -test), the Pearson χ^2 -test was used to compare qualitative variables. The relationships between the indices were assessed using correlation analysis (Pearson or Spearman coefficient depending on the type of data). The predictive ability of Δ QRS/T was determined using ROC analysis with calculation of the area under the curve (AUC) and the optimal threshold value according to the Youden index. Multivariate logistic regression analysis was used to identify independent predictors of adverse dynamics of Δ QRS/T. The results are presented as odds ratios (OR) with 95% confidence intervals (CI). Results were considered statistically significant at $p < 0.05$.

Results. Δ QRS/T proved to be a sensitive marker of early electrophysiological instability. Favorable dynamics was associated with reduced ventricular ectopy, improved left ventricular ejection fraction, and lower systemic inflammation (NLR), whereas angle increase or lack of improvement indicated higher arrhythmogenic risk. ROC analysis confirmed good predictive performance of Δ QRS/T (AUC=0.816), optimal cut-off of constituted -0.27. Multivariate analysis demonstrated that ventricular ectopy, reduced ejection fraction, and elevated NLR were independent predictors of unfavorable Δ QRS/T dynamics.

Conclusions. Δ QRS/T may serve as an integral early marker of myocardial electrophysiological instability and a predictor of arrhythmogenic complications in patients with hypertension and ischemic heart disease. Incorporation of Δ QRS/T into comprehensive prognostic models holds promise for improving risk stratification and long-term outcome prediction.

Clinical and experimental pathology 2026. Vol. 25, № 2 (96). P. 73-78.

Вступ

Електрофізіологічна нестабільність міокарда на ранніх етапах лікування залишається ключовим чинником розвитку аритмогенних ускладнень. Пошук інтегральних маркерів, здатних відображати дисперсію реполяризації та електричну гетерогенність, має важливе прогностичне значення. Електрокардіограма (ЕКГ) довела свою високу ефективність у стратифікації пацієнтів за більшим або меншим ступенем ризику різноманітних серцевих захворювань та загальної смертності, оскільки вона залишається недорогою, неінвазивною, швидкою у виконанні та оцінці результатів, за появи цифрової електрокардіографії знову повернули аналіз векторкардіографії з оцінкою петлі QRS, що

відображає деполяризацію, і петлі Т, яка відображає реполяризацію, а отже дозволяє виміряти просторовий кут між деполяризацією та реполяризацією, зокрема просторовий кут між вектором QRS та вектором Т, а саме просторовий кут QRS-T, аномальні зміни якого стали важливим прогностатором стратифікації серцевого ризику [1]. Отже, сучасна практика ЕКГ та автоматизованих систем надає пріоритет просторовому куту QRS-T, площі QRS та пов'язаним векторкардіографічним показникам, залишаючи фронтальну вісь для порядкової класифікації в рамках ширшої тривимірної структури [2], а кут QRS/T у фронтальній площині (Δ QRS/T) розглядається, як потенційний ранній маркер несприятливого перебігу та аритмогенних ризиків структури [3].

Мета роботи

Оцінити прогностичну значущість динаміки показника кута QRS/T електрокардіограми на ранньому етапі лікування та визначити його оптимальне порогове значення для стратифікації пацієнтів з ішемічною хворобою серця та гіпертонічною хворобою за ризиком електрофізіологічної нестабільності в умовах тривалого спостереження (1 і 3 міс).

Матеріал та методи дослідження

У дослідження включено 30 пацієнтів із гіпертонічною хворобою (ГХ) та ішемічною хворобою серця (ІХС). Обстеження проводили на вихідному етапі терапії, а також через один та три місяці лікування. Усім пацієнтам виконували стандартну ЕКГ (12 відведень) у стані спокою при стабільних гемодинамічних показниках, із подальшою цифровою обробкою сигналу. Визначення кута QRS/T здійснювали у фронтальній площині за нормалізованим скалярним добутком просторових пікових векторів QRS та T, із додатковим аналізом амплітуд зубців R, S та T у відведеннях I та aVF, а також із застосуванням сучасних моделей прямої оцінки просторового QRS-T кута [1,3]. Динаміку показника оцінювали як різницю між послідовними вимірами (Δ QRS/T, Δ QRS/T, Δ QRS/T). Інтерпретацію проводили за критеріями: Δ QRS/T $< 5^\circ$ – стабільний стан; Δ QRS/T $5-20^\circ$ – помірні зміни; Δ QRS/T $> 20^\circ$ – високий ризик. Пацієнтів стратифікували на групи зі сприятливою (Δ QRS/T < 0) та несприятливою (Δ QRS/T ≥ 0) динамікою.

Всім пацієнтам проводили холтеровське моніторування ЕКГ (ХМЕКГ), ехокардіографію (ЕхоКГ), лабораторні дослідження (зокрема показники ліпідного та коагуляційного профілю, запальні маркери), а також оцінку якості життя за опитувальником EQ-5D із використанням візуально-аналогової шкали EQ-VAS (EuroQol Visual Analogue Scale).

Дослідження проведене відповідно до положень Гельсінкської декларації та було схвалене локальним етичним комітетом (протокол № 6 від 20.02.2025). Усі пацієнти надали письмову інформовану згоду. Критеріями включення були: вік 30-80 років, стабільна форма ІХС, дифузний кардіосклероз та ГХ (ускладнена або неускладнена форма). Критеріями виключення визначено: фібриляцію передсердь та порушення внутрішньошлуночкової провідності.

Статистичну обробку даних проводили для кількісних змінних із визначенням середніх значень (M), стандартної похибки (m), для якісних показників – абсолютних та відносних (%) частот, нормальність розподілу перевіряли за критерієм Shapiro-Wilk і у випадку нормального розподілу застосовували параметричні методи (t-тест Стьюдента), при його відсутності – непараметричні (Mann-Whitney U-тест), для порівняння якісних змінних використовували χ^2 -тест Пірсона. Зв'язки між показниками оцінювали за допомогою кореляційного аналізу (коефіцієнт Пірсона або Спірмена залежно від типу даних). Прогностичну здатність Δ QRS/T визначали за допомогою ROC-аналізу з розрахунком площі під кривою (AUC) та

оптимального порогового значення за індексом Youden. Для виявлення незалежних предикторів несприятливої динаміки Δ QRS/T застосовували багатофакторний логістичний регресійний аналіз. Результати наведено у вигляді відношення шансів (ВШ) з 95% довірчим інтервалом (СІ). Статистично значущими вважали результати при $p < 0,05$.

Дослідження виконане у межах НДР "Прецизійний підхід до лікування гострого та хронічного коронарних синдромів – сучасний менеджмент і терапевтичні перспективи", державний реєстраційний номер 0125U001428, терміни виконання: 2025-2029 рр. та "Коморбідність в клініці внутрішніх хвороб: особливості перебігу захворювань, діагностичні підходи з використанням штучного інтелекту та превентивні стратегії в час глобальних викликів", державний реєстраційний номер 0125U001449, терміни виконання: 2025-2029 рр.

Результати та їх обговорення

Хворі (n=30), що увійшли в обстеження, були середнього віку: $63,1 \pm 2,15$ років, з переважанням жінок (60,0%), з індексом маси тіла $28,84 \pm 0,64$, з діагнозом ІХС, дифузний кардіосклероз, ГХ у розподілі на стадії: ГХІ (3,33%), ГХІІ (30,0%), ГХІІІ (66,67%), з перенесеним інсультом (63,33%), цукровим діабетом 2-го типу (33,33%). За об'єктивних досліджень згідно з результатами ХМЕКГ середня кількість шлуночкових екстрасистол становила $2509,63 \pm 440,74$ /добу, за ЕхоКГ середня фракція викиду лівого шлуночка (ФВЛШ) дорівнювала $55,10 \pm 1,04\%$, показник NLR (Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio), у середньому, відповідав значенню $2,73 \pm 0,21$, рівень загального холестерину визначався як $5,36 \pm 0,20$ ммоль/л, фібриногену – $3,80 \pm 0,18$ г/л, за візуально-аналогової шкали EQ-VAS, що є частиною опитувальника якості життя EQ-5D, показник становив $57,17 \pm 1,56$ бала за самооцінкою загального стану здоров'я респондентів.

У дослідженні проаналізовано динаміку кута QRS/T у 30 пацієнтів із ГХ та ІХС на вихідному етапі, через один та три місяці терапії. Загальні середні значення (M±m) за початкової оцінки кута QRS/T становили $39,11 \pm 3,40^\circ$, натомість через один місяць лікування показник в загальній групі зріс до $45,78 \pm 5,17^\circ$, при цьому Δ QRS/T дорівнювала $-6,67 \pm 3,50^\circ$, що демонструє тенденцію до збільшення кута і може відображати транзиторну електрофізіологічну нестабільність міокарда, зумовлену ішемічно-реперфузійними процесами та активацією симпатичної нервової системи, а на 3-му місяці середнє значення кута знизилось до $42,92 \pm 4,84^\circ$ і Δ QRS/T становила $3,81 \pm 3,39^\circ$, що свідчить про часткове відновлення електрофізіологічної стабільності, при цьому Δ QRS/T становила $+2,86 \pm 1,99^\circ$, що вказує на невелике повторне зростання кута між 1-м та 3-м місяцем і може свідчити про збереження тенденції до нестабільності у частини пацієнтів. Показник Δ QRS/T на ранньому етапі лікування може розглядатися як інтегральний маркер гострої електрофізіологічної нестабільності міокарда та потенційний предиктор розвитку аритмогенних ускладнень. Обстежених пацієнтів розділено на групу

із несприятливою динамікою кута QRS/T ($n=13$), в якій відзначалося невелике, але стабільне зростання кута ($\Delta\text{QRS}/T = +3,32 \pm 0,86^\circ$; $\Delta\text{QRS}/T = +3,99 \pm 1,13^\circ$) та групу зі сприятливою динамікою ($n=11$), в якій хоча вихідні значення QRS/T і були достовірно вищими ($48,58 \pm 8,05^\circ$ проти $33,61 \pm 2,28^\circ$, $p < 0,05$), однак на тлі лікування відзначалося їх значне зниження ($\Delta\text{QRS}/T = -22,11 \pm 7,61^\circ$, $p < 0,001$) на відміну від групи з несприятливою динамікою ($\Delta\text{QRS}/T = +3,32 \pm 0,86^\circ$). ROC-аналіз продемонстрував добру прогностичну здатність $\Delta\text{QRS}/T$ щодо несприятливого перебігу ($\text{AUC} = 0,816$). Оптимальний cut-off $\Delta\text{QRS}/T$ визначено на рівні $-0,27$. Збільшення фронтального кута QRS/T ($\Delta\text{QRS}/T$) було більш вираженим у пацієнтів із вихідним підвищеним аритмогенним ризиком і відображало значну електрофізіологічну дестабілізацію міокарда. Такі зміни можуть бути зумовлені ішемічно-реперфузійними процесами та активацією симпатичної нервової системи. Отримані дані дозволяють розглядати $\Delta\text{QRS}/T$ як потенційний ранній маркер несприятливого перебігу та підвищеного ризику аритмій.

Кореляційний аналіз продемонстрував достовірний зв'язок між величиною кута QRS/T та частотою шлуночкових екстрасистол ($r = 0,72$; $p < 0,001$), а також з індексом маси тіла ($r = 0,46$; $p = 0,0097$). Виявлено тенденцію до зворотного зв'язку з фракцією викиду лівого шлуночка ($r = -0,30$; $p = 0,10$) та прямого — з рівнем системного запалення (NLR) ($r = 0,30$; $p = 0,11$).

При стратифікації пацієнтів залежно від динаміки кута QRS/T встановлено, що у хворих із позитивною динамікою ($\Delta\text{QRS}/T > 0$) спостерігали достовірно нижчі показники шлуночкової екстрасистолії порівняно з пацієнтами без покращення або з негативною динамікою ($521,75 \pm 93,42$ проти $3893,56 \pm 612,48$; $p < 0,001$).

Водночас, у групі зі сприятливою динамікою відзначали достовірно вище значення фракції викиду лівого шлуночка ($57,33 \pm 1,21\%$ проти $52,06 \pm 1,38\%$; $p = 0,018$) та нижчий рівень нейтрофільно-лімфоцитарного співвідношення ($2,21 \pm 0,18$ проти $3,21 \pm 0,41$; $p = 0,041$).

Отримані результати свідчать, що позитивна динаміка кута QRS/T асоціюється з більш сприятливим клінічним перебігом, тоді як його збільшення або відсутність змін можна розглядати як маркер підвищеного аритмогенного ризику.

Результати багатофакторного логістичного аналізу дозволили побудувати модель логістичної регресії $\text{logit}(p) = \beta_0 + 0,09 \cdot \text{QRS}/T_1 + 0,0015 \cdot \text{PVB}_1 - 0,08 \cdot \text{EF}_1 + 0,30 \cdot \text{NLR}_1$ і продемонстрували, що незалежними предикторами несприятливої динаміки кута QRS/T ($\Delta\text{QRS}/T < 0$) є підвищене вихідне значення QRS/T (з ВШ $\approx 1,08-1,12$ на кожен градус, $p < 0,01$; отже, чим більший початковий кут — тим вищий ризик погіршення), більша кількість шлуночкових екстрасистол (з ВШ $\approx 1,001-1,002$ на 1 екстрасистолу, $p < 0,05$, висока ектопічна активність формує електричну нестабільність), знижена фракція викиду лівого шлуночка (з ВШ $\approx 0,88-0,94$ на 1%, $p < 0,05$, зниження ФВ моделює більший ризик погіршення QRS/T), та підвищений рівень нейтрофільно-

Клінічна та експериментальна патологія. 2026. Т.25, № 2 (96)

лімфоцитарного співвідношення (з ВШ $\approx 1,25-1,45$, $p < 0,05$, запалення впливає на електрофізіологічну дестабілізацію). Незначущими в цій вибірці ($n=30$), але з тенденціями, були вік ($p \approx 0,08-0,12$), ІМТ ($p > 0,1$), холестерин, фібриноген. Отримана модель характеризується високою прогностичною здатністю ($\text{AUC} \approx 0,84$) і може бути використана для ранньої стратифікації аритмогенного ризику у пацієнтів з ІХС.

За результатами багатофакторного логістичного аналізу побудована фінальна модель $\text{logit}(p) = \beta_0 + 0,0015 \cdot \text{PVB} + 0,08 \cdot \text{EF} + 0,30 \cdot \text{NLR}$ і встановлено, що незалежними предикторами несприятливої динаміки кута QRS/T ($\Delta\text{QRS}/T > 0$) є частота шлуночкових екстрасистол ($\beta = 0,0015$; $\text{OR} \approx 1,001-1,002$ на кожен екстрасистолу, $p < 0,01$; найсильніший фактор, що відображає електричну нестабільність), знижена ФВЛШ ($\beta = -0,08$; $\text{OR} \approx 0,88-0,94$ на кожен 1% ФВ, $p < 0,05$; структурне ремоделювання серця підвищує ризик), підвищене нейтрофільно-лімфоцитарне співвідношення ($\beta = 0,30$; $\text{OR} \approx 1,25-1,45$, $p < 0,05$; системне запалення сприяє електрофізіологічній дестабілізації). Отримана модель характеризується доброю прогностичною здатністю ($\text{AUC} \approx 0,82-0,85$) і відображає комплексний вплив електричної нестабільності, структурного ремоделювання та запалення на формування аритмогенного субстрату.

Початкове значення кута QRS/T демонструвало зв'язок із несприятливою динамікою в однофакторному аналізі, однак втрачало статистичну значущість після корекції на інші змінні (не увійшли в модель через мультиколінеарність/слабкий ефект — вік, ІМТ, холестерин, фібриноген). Порівняння двох моделей показало важливі відмінності у структурі предикторів. Перша модель включала вихідне значення кута QRS/T як незалежного фактору, що підкреслює його роль як базового електрофізіологічного маркера ризику. Отже, чим більший початковий кут, тим вищою є ймовірність несприятливої динаміки. Натомість друга модель виключила QRS/T із рівняння, залишивши лише три ключові показники — частоту шлуночкових екстрасистол, фракцію викиду та NLR, що змістило акцент із вихідного електрофізіологічного стану на комплексний вплив ектопічної активності, структурного ремоделювання та системного запалення. Отже, перша модель має ширший спектр предикторів і демонструє трохи вищу прогностичну здатність ($\text{AUC} \approx 0,84$), тоді як друга є більш компактною, але зберігає добру точність ($\text{AUC} \approx 0,82-0,85$). Відповідно, обидві моделі підтверджують значення електричної нестабільності, ремоделювання міокарда та запалення у формуванні аритмогенного ризику, проте включення вихідного кута QRS/T посилює прогностичну силу аналізу, що свідчить про доцільність комбінованого підходу, де враховуються як базові електрофізіологічні параметри, так і функціонально-запальні маркери.

Проведене дослідження доводить, що показник $\Delta\text{QRS}/T$ є інтегральним маркером гострої електрофізіологічної нестабільності міокарда, рання динаміка $\Delta\text{QRS}/T$ має більшу прогностичну значущість, ніж вихідне значення кута, ROC-аналіз

ISSN 1727-4338 <https://www.bsmu.edu.ua>

демонструє добру прогностичну здатність Δ QRS/T щодо несприятливого перебігу ($AUC=0,816$), а використання показника Δ QRS/T у клінічній практиці дозволяє своєчасно ідентифікувати пацієнтів із високим ризиком аритмогенних ускладнень. Власні результати підтверджують думку інших авторів [4], що патологічні просторові кути QRS-T демонструють сильний зв'язок із серцевою (скоригований за віком та статтю коефіцієнт ризику 5,2) та загальною (коефіцієнт ризику 2,3) смертністю, перевищуючи класичні ЕКГ та клінічні предиктори в моделі Кокса, що підкреслює його роль як інтегрального маркера електрофізіологічної нестабільності та аритмогенного ризику.

Таким чином кут між просторовою орієнтацією комплексу QRS та зубця Т, вперше введений F.N. Willson et al. ще в 1934 р., уточнений D.B. Geselowitz et al. у 1983 р. та продемонстрований як клінічний дескриптор завдяки дослідженню M. Zabel et al. у 2000 р., які повідомили про зв'язок збільшення кута QRS-T і значного ризику смертності незалежно від інших факторів ризику у пацієнтів, що перенесли гострий інфаркт міокарда [3]. У сьогоденній кардіології клінічне використання кута QRS-T полягає в оцінці первинних порушень реполяризації серця в тривимірних просторових векторних планах, які зазвичай не простежуються за наявності вторинної електрофізіологічної активності на двовимірній рутинній електрокардіограмі (ЕКГ). Ми пропонуємо його обчислення на основі класичної ЕКГ, що сприяє локалізації аритмогенних ділянок у серці шляхом оцінки загальної та локальної гетерогенності тривалості потенціалу дії міокарда шлуночків, оскільки просторовий кут QRS-T є домінуючим ЕКГ-предиктором майбутніх серцево-судинних подій та смерті, і він перевершує більш традиційні параметри ЕКГ [5]. Відомо, що просторовий кут QRS-T був вищим у пацієнтів з високим артеріальним тиском порівняно з пацієнтами з низьким ($p = 0,025$) [6].

Перспективною є оцінка на основі представленого дослідження просторового кута QRS-T нового індексу PARLA (прогнозування ішемії через кут QRS-T та оцінку скоригованої довжини QT). Це новий інтегральний показник, який поєднує QT_c та фронтальний кут QRS-T, що розраховується за формулою $PARLA\ Index = QT_c + |fQRS-T\ angle|$ (тобто, сума коригованого інтервалу QT та абсолютного значення фронтального кута QRS-T), який показав здатність прогнозувати тяжкість коронарного кальцинозу (CAC score), оскільки в групі з високим CAC індекс був значно вищим (465 ± 37 проти 440 ± 26 ; $p < 0,001$), і є незалежним предиктором $CAC \geq 100$ (ВШ 1,021; $p < 0,001$), за ROC-аналізу – оптимальний cut-off = 450 ($AUC=0,705$; чутливість 63%, специфічність 66%) [7].

Висновки

1. Показник Δ QRS/T є інтегральним маркером електрофізіологічної нестабільності міокарда, рання динаміка якого має більшу прогностичну значущість, ніж вихідне значення кута, і може бути використана для стратифікації пацієнтів за ризиком аритмогенних ускладнень.

2. Позитивна динаміка кута QRS/T асоціюється з більш сприятливим клінічним перебігом, що проявляється зниженням частоти шлуночкових екстрасистол, підвищенням фракції викиду лівого шлуночка та зменшенням рівня системного запалення.

3. Багатофакторний аналіз підтвердив незалежну роль вихідних електрофізіологічних та запальних показників (частота екстрасистол, ФВЛШ, NLR) у формуванні несприятливої динаміки Δ QRS/T, що підкреслює комплексний вплив електричної нестабільності, структурного ремоделювання та системного запалення на аритмогенний ризик.

Перспективи подальших досліджень

Вбачаємо у розширенні вибірки пацієнтів та багатофакторному аналізі взаємозв'язку Δ QRS/T з іншими клінічними та біомаркерами електрофізіологічної нестабільності, інтеграції показника Δ QRS/T у комплексні прогностичні моделі та оцінку його значущості в довгостроковому прогнозуванні аритмогенних ускладнень, впровадження нового індексу PARLA.

Внесок співавторів у підготовку матеріалів статті. Ташук В.К. – формування концепції дослідження, написання статті; Ташук М.В. – розробка дизайну дослідження, набір матеріалу; Первозванський С.В. – створення математичної моделі обрахунків кута QRS/T.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів, зокрема фінансових, особистісних чи інших, що могли би вплинути на представлене дослідження і його результати.

Фінансування. Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Використання штучного інтелекту. При виконанні роботи штучний інтелект не використовувався.

Список літератури

- Oehler A, Feldman T, Henrikson CA, Tereshchenko LG. QRS-T angle: a review. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2014 Nov;19(6):534-42. doi:10.1111/anec.12206.
- Nunes de Alencar J. The limits of the frontal QRS axis in modern electrocardiography. *J Electrocardiol.* 2026 Mar-Apr;95:154205. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022073626000221>
- Řehoř J, Hnatkova K, Pospíšil D, Helánová K, Smetana P, Schmidt G, Andršová I, Malik M. Direct evaluation of the electrocardiographic spatial QRS-T angle without the need for orthogonal transformation. *Sci Rep.* 2026;16:7317. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-026-37361-w>
- Kardys I, Kors JA, van der Meer IM, Hofman A, van der Kuip DAM, Witteman JCM. Spatial QRS-T angle predicts cardiac death in a general population. *Eur Heart J.* 2003 Jul;24(14):1357-64. doi:10.1016/S0195-668X(03)00203-3.
- Vouglari C, Pagoni S, Tesfaye S, Tentolouris N. The spatial QRS-T angle: implications in clinical practice. *Curr Cardiol Rev.* 2013 Aug;9(3):197-210. doi:10.2174/1573403X113099990031
- Dilaveris P, Gialafos E, Pantazis A, Syntetos A, Triposkiadis F, Gialafos

- J. The spatial QRS-T angle as a marker of ventricular repolarisation in hypertension. *J Hum Hypertens.* 2001;15:63-70. Available from: <https://www.nature.com/articles/1001129>
7. Duyuler S, Arslan K, Karabulut RC, Aksoy A, Dağlı M, Türker Duyuler P. A novel electrocardiographic index to predict the severity of coronary calcification. *Anatol J Cardiol.* 2025 Sep 19;30(1):27-34. doi:10.14744/AnatolJCardiol.2025.5437. Available from: <https://anatoljcardiol.com/article/AJC-05199>.
8. Andršová I, Malik M. Direct evaluation of the electrocardiographic spatial QRS-T angle without the need for orthogonal transformation. *Sci Rep.* 2026;16:7317. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-026-37361-w>
9. Kardys I, Kors JA, van der Meer IM, Hofman A, van der Kuip DAM, Witteman JCM. Spatial QRS-T angle predicts cardiac death in a general population. *Eur Heart J.* 2003 Jul;24(14):1357-64. doi:10.1016/S0195-668X(03)00203-3.
10. Voulgari C, Pagoni S, Tesfaye S, Tentolouris N. The spatial QRS-T angle: implications in clinical practice. *Curr Cardiol Rev.* 2013 Aug;9(3):197-210. doi:10.2174/1573403X113099990031
11. Dilaveris P, Gialafos E, Pantazis A, Synetos A, Triposkiadis F, Gialafos J. The spatial QRS-T angle as a marker of ventricular repolarisation in hypertension. *J Hum Hypertens.* 2001;15:63-70. Available from: <https://www.nature.com/articles/1001129>
12. Duyuler S, Arslan K, Karabulut RC, Aksoy A, Dağlı M, Türker Duyuler P. A novel electrocardiographic index to predict the severity of coronary calcification. *Anatol J Cardiol.* 2025 Sep 19;30(1):27-34. doi:10.14744/AnatolJCardiol.2025.5437. Available from: <https://anatoljcardiol.com/article/AJC-05199>.
13. Řehoř J, Hnatkova K, Pospíšil D, Helánová K, Smetana P, Schmidt

References

1. Oehler A, Feldman T, Henrikson CA, Tereshchenko LG. QRS-T angle: a review. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2014 Nov;19(6):534-42. doi:10.1111/ane.12206.
2. Nunes de Alencar J. The limits of the frontal QRS axis in modern electrocardiography. *J Electrocardiol.* 2026 Mar-Apr;95:154205. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022073626000221>
3. Řehoř J, Hnatkova K, Pospíšil D, Helánová K, Smetana P, Schmidt

Відомості про автора:

Ташчук В.К. – д-р мед.наук, 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>

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

E-mail: axaosovitsh@gmail.com

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

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

E-mail: pervozvansky@yahoo.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-9429-7472>

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>

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>

Pervozvansky S.V. – Research Physicist, Commercial Director of the Newspaper «Molodyi Bukovynets».

E-mail: pervozvansky@yahoo.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-9429-7472>

Дата першого надходження рукопису до видання: 26.02.2026

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 11.03.2026

Дата публікації: 29.05.2026

