МЕДИЦИНА НЕВІДКЛАДНИХ СТАНІВ®

УДК 616.132:2-089.884-089.168.1-073.97-08-039.72 DOI: https://doi.org/10.22141/2224-0586.17.2.2021.230654

Сиворакша О.О.[1], Чайковський І.А.[1, 2], Антонюк Я.А.[3], Дзюба Д.О.[1], Кривова О.А.[2], Лоскутов О.А.[1]

[1]Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна
[2]Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ, Україна
[3]ДУ «Інститут серця МОЗ України», м. Київ, Україна

Оцінка пошкодження міокарда під час стентування коронарних артерій за даними аналізу тонких змін електрокардіограми та варіабельності серцевого ритму

Резюме. ***Актуальність.*** *Із кожним роком смертність від серцево-судинних захворювань неспинно зростає. Одними з методів їх лікування є рентгенендоваскулярна пластика й стентування коронарних артерій. Проте рентгенендоваскулярне втручання само по собі неминуче викликає пошкодження коронарних судин та міокарда хоча б мінімального ступеня.* ***Метою*** *цього дослідження є оцінка малих змін електрокардіограми за допомогою оригінального методу шкалювання безпосередньо після процедури стентування коронарних артерій.* ***Матеріали та методи.*** *Дослідження було проведено у 2020 році на базі ДУ «Інститут серця МОЗ України». Обстежені 23 хворі в періопераційному періоді стентування коронарних артерій. У даному дослідженні проводились парні вимірювання, а саме реєстрація електрокардіографії упродовж 3 хвилин до та після (через декілька годин) хірургічної процедури. Обстеження здійснювали за допомогою програмно-апаратного комплексу «Кардіо+П». Усього було проаналізовано 23 пари електрокардіографічних записів. У кожній електрокардіограмі проаналізовано 240 первинних та розрахункових показників електрокардіографії.* ***Результати.*** *За результатами електрокардіографічного дослідження було виділено підгрупу зі суттєвішим пошкодженням міокарда. У неї увійшли хворі, дещо старші за віком порівняно з рештою пацієнтів. У даній підгрупі середня кількість стентів була більша та разом із змінами електрокардіограми у хворих виявлене погіршення психоемоційного стану.*

Ключові слова: *електрокардіографія; стентування коронарних артерій; шкалювання; пошкодження міокарда*

Вступ

Останніми десятиріччями, незважаючи на прогрес у науці, у світі зростає кількість хворих на серцево-судинні захворювання (ССЗ). Це відбувається через епідемію ожиріння, що домінує у світі. З кожним роком смертність від ССЗ неспинно зростає. Близько половини летальних випадків у США та країнах Європи відносять на їх рахунок [1, 2]. На ішемічну хворобу серця (ІХС), згідно з даними Американської асоціації серця (AHA) за 2020 рік, хворіють 7,4 % чоловіків та 6,2 % жінок, а інфаркт міокарда виникає в 3 % громадян віком понад 20 років [3]. В Україні кількість хворих на ІХС стрімко наближається до 10 мільйонів та впевнено посідає перші місця [4].

Серед методів лікування тяжких форм даного захворювання одними з найсучасніших та найефективніших є рентгенендоваскулярна пластика й стентування коронарних артерій. Так, серед загальної кількості оперативних втручань із приводу ССЗ кількість стентувань коронарних артерій щороку зростає. За три роки (із 2014 по 2017 рік) в Україні кількість ендоваскулярних втручань на артеріях серця зросла вдвічі, про що свідчать дані Центру медичної статистики МОЗ України [5].

Проте рентгенендоваскулярне втручання саме собою неминуче викликає пошкодження коронарних судин та міокарда хоча б мінімального ступеня. Судинна травма, що виникає під час черезшкірних коронарних втручань

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh sostoânij»), 2021
© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2021

Для кореспонденції: Дзюба Дмитро Олександрович, доцент кафедри анестезіології та інтенсивної терапії, Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, Україна; факс: +38 (044) 440-02-48; e-mail: dr_dzuba@ukr.net

For correspondence: Dmytro Dzyuba, Associate Professor at the Department of anesthesiology and intensive care, Shupyk National University of Public Health of Ukraine, Dorohozhytska st., 9, Kyiv, 04112, Ukraine; fax: +38 (044) 440-02-48; e-mail: dr_dzuba@ukr.net

(ЧКВ), за відносно короткий час (від декількох тижнів до декількох місяців) викликає складний запальний та репаративний процес, що призводить до ендотеліалізації та неоінтимального патологічного покриття. Згідно з гістопатологічними спостереженнями, неоінтимальна гіперплазія після імплантації стента в основному складається з проліферативних клітин гладких м'язів у багатому протеогліканами позаклітинному матриксі [6].

Тому, починаючи з перших років значного поширення рентгенендоваскулярної хірургії коронарних судин, дослідники ставили перед собою завдання розробити методи діагностики ступеня пошкодження міокарда та прояснити прогностичне значення цього пошкодження щодо смертності, повторних реваскуляризацій, частоти інфаркту міокарда упродовж декількох років після втручання [7].

На сьогодні загальноприйнятим методом діагностики такого пошкодження є реєстрація періопераційного підвищення міокардіальних біомаркерів — СК-МВ та тропоніну. Проведені численні дослідження щодо зв'язку підвищеного рівня СК-МВ та тропоніну зі смертністю та серйозними серцево-судинними подіями (особливо в короткостроковій перспективі), проте результати даних досліджень неоднорідні, багато питань залишаються спірними. Це передусім питання щодо співвідношення прогностичної цінності СК-МВ та тропоніну (дані щодо значення підвищення тропоніну особливо суперечливі), рівнів підвищення біомаркерів, які мають прогностичне значення, взагалі ситуацій, в яких слід вимірювати ці маркери [8–11].

Неясність цих аспектів, а також бажання знизити витрати призводять до того, що більшість лікарень не проводять рутинного періопераційного вимірювання міокардіальних біомаркерів. Так, за даними [12], навіть у США таких клінік приблизно 75 %. У той же час існує тенденція до нижчої смертності та більшої прихильності до лікування в лікарнях, в яких регулярно проводять періопераційне тестування зазначених біомаркерів, що свідчить про кращу загальну якість допомоги в цих лікарнях.

У більш ранніх роботах щодо оцінки пошкодження міокарда під час рентгенендоваскулярних втручань у коронарних судинах аналіз рівня міокардіальних біомаркерів комбінувався з аналізом електрокардіограми [13, 14]. Насамперед досліджувалося формування патологічного зубця Q електрокардіограми. Виявлено, що під час рентгенендоваскулярної пластики й стентування коронарних артерій він формується рідко.

Це останнім часом знизило зацікавленість в електрокардіографії (ЕКГ) як методі періопераційного контролю ушкодження міокарда. У той же час поступ засобів діагностичного дослідження, особливо інструментального (тобто методів функціональної діагностики), насамперед полягає в постійному збільшенні розподільної спроможності цих методів, тобто в здатності виявляти все менші зміни функції, що вивчається тим чи іншим методом.

Таки можливості з'являються завдяки прогресу технічних засобів вимірювання тієї чи іншої функції, а ще більшою мірою завдяки розвитку інформаційних технологій, іншими словами, створенню нових метрик, тобто численних показників, за допомогою яких можна оцінити недоступні раніше аспекти діяльності різних органів та систем людського організму.

У результаті, по-перше, відкриваються шляхи для підвищення діагностичної точності того чи іншого методу в рамках традиційних для цього методу сценаріїв застосування, а по-друге, звичні методи починають використовуватися в нових для себе сферах.

Усе сказане повною мірою стосується нових інформаційних технологій дослідження електричної діяльності серця, які розвиваються в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України.

Головная мета, що поставили перед собою розробники в цьому контексті, — зробити будь-яке електрокардіографічне дослідження інформативним [15]. Дійсно, рутинний аналіз електрокардіограми ґрунтується на наявності в ній тих чи інших електрокардіографічних синдромів чи феноменів, сформульованих у рамках одного з існуючих алгоритмів візуального аналізу електрокардіограми. Але здебільшого при аналізі конкретної електрокардіограми не знаходиться жодний електрокардіографічний синдром, принаймні такий, що ясно свідчить про патологію серця, тобто такий, що належить до категорії major, наприклад, за системою Міннесотського кодування. При рутинному аналізі доводиться відносити всі ці електрокардіограми до єдиного класу — електрокардіограми, при аналізі яких не виявлено жодного електрокардіографічного синдрому категорії major. Постає питання: чи однакові всі ці електрокардіограми з точки зору їх умовної «відстані» до «еталонної» електрокардіограми здорової людини? Зрозуміло, що неоднакові. Ця «відстань» може бути більшою чи меншою, залежно від стану міокарда, більше того, обґрунтованою є гіпотеза, що ця «відстань» відображає ймовірність виникнення серйозних серцево-судинних подій. У цьому сенсі рутинний аналіз електрокардіограми є неінформативним.

Тому розроблені метод (Universal Scoring system) та програмне забезпечення для шкалювання електрокардіограми, що здатне давати кількісну оцінку найменшим змінам електрокардіографічного сигналу [16].

Ідея даного підходу полягає, по-перше, у вимірі максимальної кількості параметрів ЕКГ і варіабельності ритму серця (ВРС), по-друге — в позиціонуванні кожного параметра на шкалі між абсолютною нормою і крайньої патологією. Фактично запропонований підхід заснований на поширеній ідеології Z-scoring, коли кількісна (зазвичай бальна) оцінка результатів тесту встановлюється за спеціальною шкалою, яка містить дані про внутрішньогруповий розкид результатів тесту. Для обчислення Z-score потрібні середнє значення тесту в групі та його стандартне відхилення [17].

Метою даного дослідження є оцінка малих змін електрокардіограми за допомогою оригінального методу шкалювання безпосередньо після процедури стентування коронарних артерій.

Матеріали та методи

Дослідження було проведено у 2020 році на базі ДУ «Інститут серця МОЗ України». Обстежені 23 хворі, середній вік — 58,8 ± 11,2 року. Усім було проведено стентування коронарних артерій. 15 пацієнтів отримали стен-

тування з приводу лікування гострого Q-інфаркту, 8 — з приводу лікування хронічної ІХС, стенокардії напруження II–III ФК. Усім пацієнтам було проведено інтраопераційну аналгоседацію. Середня тривалість оперативного втручання становила 39,1 ± 18,3 хвилини, а кількість стентів — 1,7 ± 0,8.

Критерії виключення були такі: вік понад 75 років, дисфункція печінки, прогресуюча ниркова недостатність, гостра та хронічна інфекція, серцева недостатність, анемія, запалення, захворювання периферичних судин, вагітність, підозри на системні тромботичні захворювання, діабет та рак, інші захворювання серця, дисфункція щитоподібної залози та автоімунні захворювання.

Клініко-лабораторні передопераційні показники та антропометричні ознаки надано в табл. 1.

Таблиця 1. Загальна характеристика пацієнтів, n = 23

Показник	Значення
Вік, роки	63,4 ± 5,3
Стать, ч/ж	16/7
ІМТ, кг/м^2	28,4 ± 5,2
АГ, n (%)	20 (86,9)
Hb, г/л	136,3 ± 17,1
Ht	41,2 ± 4,4
Тр., × 10^9/л	231,3 ± 38,2
ПТІ	93,4 ± 10,5
Сеч., ммоль/л	6,4 ± 2,2
Кр., мкмоль/л	94,7 ± 22,5

Примітки: ІМТ — індекс маси тіла; АГ — артеріальна гіпертензія; Hb — гемоглобін; Ht — гематокрит; Тр. — кількість тромбоцитів; ПТІ — протромбіновий індекс; Сеч. — сечовина; Кр. — креатинін.

Усім пацієнтам після закінчення оперативного втручання проводилась модифікована комп'ютерна ЕКГ з аналізом за інноваційною методикою шкалювання.

Принципи інноваційної методики шкалювання електрокардіограми та варіабельності ритму серця для виявлення малих змін

Останнім часом в Інституті кібернетики розроблена інноваційна методика шкалювання електрокардіограми та ВРС. На основі цього методу розроблено оригінальне забезпечення.

Програма побудована за ієрархічним принципом. Вона складається з чотирьох рівнів, які наводяться далі в порядку зростання:

1) нижній рівень становлять безліч окремих показників, що описують: а) різноманітні аспекти варіабельності ритму серця; б) амплітудно-часові показники, а також форму зубців електрокардіограми; в) наявність основних порушень частоти, ритмічності і послідовності скорочень серцевого м'яза (іншими словами, порушення ритму серця);

2) другий рівень становлять групи споріднених показників, що мають близький фізіологічний сенс;

3) третій рівень представлений трьома інтегральними блоками, кожен з яких відображає різні сторони функціонування серцево-судинної системи, які можна оцінити за електрокардіограмою. Це блоки оцінки регуляції, стану міокарда, діагностики порушень ритму серця;

4) четвертий, найвищий рівень — це загальний інтегральний показник функціонального стану серцево-судинної системи.

Численні кількісні параметри, які фіксуються програмою і використовуються для аналізу, вимірюються в різних одиницях (с, мв та ін.) або є безрозмірними. Природно, виникає проблема приведення даних до компактного і доступного для аналізу вигляду, зручного для отримання висновків і прийняття рішень, тобто застосувати перехід, наприклад, до безрозмірних величин параметрів. Для вирішення цієї задачі використовується метод функціонального шкалювання. Застосовується интервальна шкала від 0 до 100 умовних одиниць (бали), що розділена на 4 діапазони рівної ширини: 0–25, 26–50, 51–75, 76–100. Ці діапазони відповідають 4 градаціям стану: норма, незначні зміни, істотні зміни, виражені зміни відповідно. При цьому медіанне значення діапазону нормальних значень кожного окремого показника в абсолютних величинах (наприклад, у секундах) відповідає значенню в 100 балів застосовуваної нами інтервальної шкали функціонального стану. Таким чином, для кожного показника встановлюються 4 інтервали абсолютних значень, які відповідають 4 рівним за шириною (по 25 балів) діапазонам на застосованій нами шкалі. На наступному етапі всередині кожного діапазону проводиться процедура встановлення лінійних зв'язків між дискретними значеннями показників в абсолютних величинах і кількістю балів, що відповідає даному дискретному значенню. У результаті для кожного окремого показника отримана лінійна шкала відповідностей між абсолютними значеннями показника і кількістю балів шкали функціонального стану. При переході на більш високі рівні аналізу відбуваються узагальнення й агрегація інформації, отриманої на попередньому рівні. Комплексний індекс, наявний у цьому програмному забезпеченні, сформований на основі оцінок загальноприйнятих й оригінальних показників ВРС, характеристик зубців і комплексів електрокардіограми.

Запропонований метод шкалювання винайдений саме для вирішення практичних задач і вже знаходить досить широке застосування в Україні та за кордоном [18–21] для вирішення низки різноманітних завдань у різних розділах клінічної, спортивної медицини, медицини праці, а також у масштабних популяційних дослідженнях [22]. Метод шкалювання ЕКГ, що розроблено, застосовується і при аналізі великого масиву електрокардіографічних даних у рамках дослідження Інституту популяційного здоров'я Університету Оксфорда [23].

Окремо треба відмітити, що запропонована методика шкалювання включає низку адаптованих загальноприйнятих лікарських алгоритмів аналізу електрокардіограми (порушення ритму серця, морфологічний аналіз ЕКГ-кривих), а також електрокардіографічні алгоритми ознак, що мають доведену у великих міжнародних дослідженнях цінність щодо прогнозу серйозних серцево-судинних подій.

Реєстрація та аналіз електрокардіограми та варіабельності ритму серця

У даному дослідженні проводились парні вимірювання, а саме реєстрація ЕКГ упродовж 3 хвилин до та після (через декілька годин) хірургічної процедури. Обстеження здійснювали за допомогою програмно-апаратного комплексу «Кардіо+П», розробленого в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України та виготовленого ТОВ «Метекол». Усього було проаналізовано 23 пари електрокардіографічних записів. У кожній електрокардіограмі проаналізовано 240 первинних та розрахункових показників ЕКГ, серед яких було 11 комплексних показників (бальні оцінки від 0 до 100).

Статистична обробка результатів дослідження проводилась із застосуванням пакета Statistica 10. Кількісні величини були подані як середнє ± стандартне відхилення (за умови нормального розподілу). Проводили перевірку даних на аномальність (наявність промахів) за критерієм варіаційного розмаху і критерієм однорідності Смирнова. Для перевірки статистичних гіпотез про вид розподілу використовували критерій Шапіро — Уїлка (Shapiro-Wilk's W), що рекомендовано застосовувати для малих вибірок. Величину рівня значущості *p* брали рівною 0,05, що відповідає критеріям, прийнятим у медико-біологічних дослідженнях [24]. Використовували методи описової статистики. Для аналізу впливу фактора стентування застосовували дисперсійний аналіз для повторних вимірювань. Визначення однорідних груп серед пацієнтів проводили із застосуванням кластерного аналізу [25].

Результати та їх обговорення

Сучасні комп'ютерні технології реєстрації та аналізу ЕКГ дозволяють суттєво підвищувати цінність ЕКГ-обстеження, тобто виявляти патологічні зміни, коли рутинна ЕКГ неінформативна.

Принципова відмінність сучасних методів аналізу електрокардіограми полягає в тому, що інформація, що подають ці методи аналізу, жодним чином не може бути отримана за допомогою візуального аналізу даних без використання відповідного програмного забезпечення.

Статистична значимість змін середніх значень усіх комплексних показників до та після стентування була перевірена за t-критерієм для 2 пов'язаних вибірок (за умови нормального розподілу), в інших випадках — за непараметричним критерієм Wilcoxon. Усі зміни виявилися статистично незначимими. Але вже візуальний аналіз гістограм комплексних показників до і після стентування вказує на те, що група досліджених є неоднорідною, імовірно, існують окремі кластери.

Крім того, виявлено суттєві індивідуальні відмінності як у значеннях комплексних показників на початку дослідження, так і в динаміці показників, що також є ознакою неоднорідності групи.

Для визначення однорідних груп (кластерів) застосовували метод кластерного аналізу K-середніх (K-means) [25]. Розбиття на однорідні групи здійснювали за 4 ознаками, а саме за різницями між значеннями комплексних показників після і до стентування. Для цього були відібрані ті комплексні показники, які найбільше змінилися, а також відповідали умовам застосування K-means —

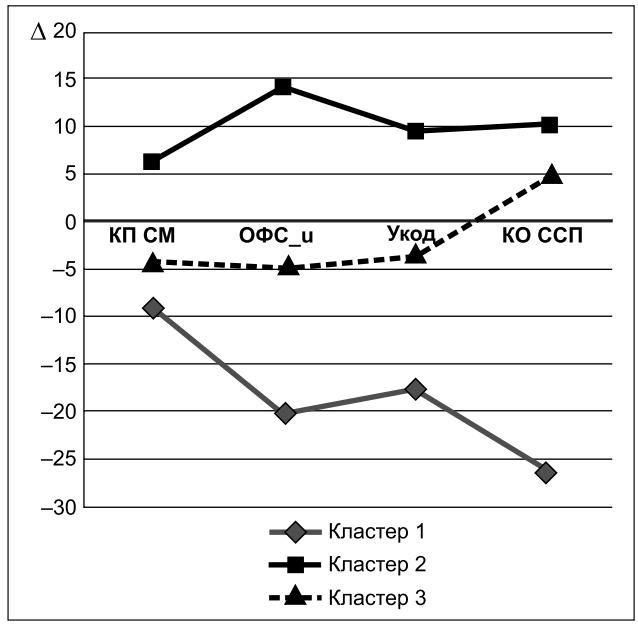


Рисунок 1. Профілі 3 кластерів (за змінами комплексних показників)

нормальному розподілу. Показники, за змінами яких проводили кластеризацію: комплексний показник стану міокарда (КП СМ), оперативний функціональний стан (ОФС), комплексна оцінка ФС, універсальний код (Укод), комплексна оцінка ризику виникнення суттєвих серцево-судинних подій (КО ССП).

За допомогою алгоритму K-means із 10-кратною кросвалідацією було визначено три кластери, які значимо відрізняються один від одного за змінами комплексних показників: регуляції (КПР) та стану міокарда (КПМ). Застосування крос-валідації (10-кратної перехресної перевірки) вибірок дає можливість визначити оптимальну кількість кластерів і мінімізувати помилку віднесення до того чи іншого кластера. На рис. 1 наведено профілі 3 кластерів (підгруп), що виділені серед 23 пацієнтів.

Кластер 1 включає 5 пацієнтів із найбільш негативними змінами комплексних показників (зменшення відносно початкових значень).

Кластер 2 — 7 пацієнтів із позитивними відхиленнями (кінцеві оцінки збільшуються).

Кластер 3 включає 11 пацієнтів із незначними відхиленнями комплексних показників.

У табл. 2 надані середні значення змін комплексних показників та кількість пацієнтів у кожному з 3 кластерів.

Аналіз базових передопераційних параметрів пацієнтів у різних кластерах показав, що хворі, які увійшли у 1-й кластер, були дещо старші (63,7 року проти 58,5 року в кластері 2 та 54,1 року в кластері 3). Також у пацієнтів у кластері 1 середня кількість установлених стентів була вищою — 1,7 проти 1,2 у двох інших кластерах. Більшу частину пацієнтів у кластері 3 становили хворі з хронічною ІХС (7 з 11), у кластерах 1 та 2 — хворі з гострим інфарктом міокарда.

Наступним кроком було визначення окремих показників ЕКГ та варіабельності ритму серця, які найбільшою мірою змінюються після стентування і, таким чином, обумовлюють динаміку комплексних показників.

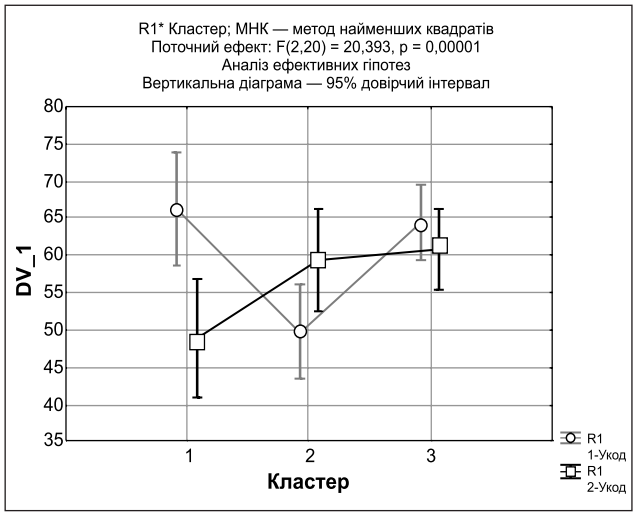


Рисунок 2. Середні значення показника Укод у 3 кластерах до (1-Укод) та після (2-Укод) стентування

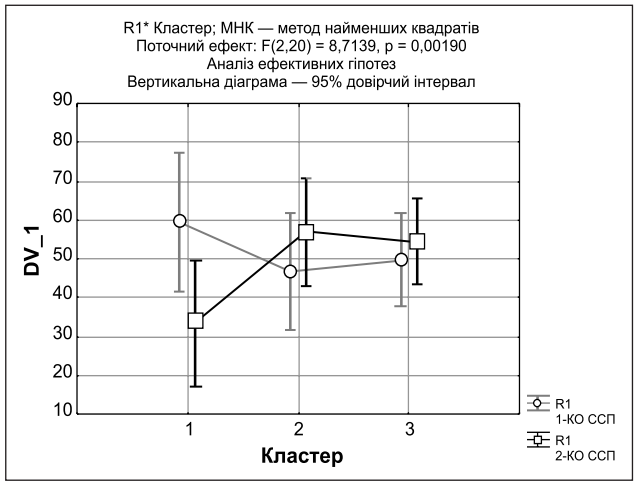


Рисунок 3. Середні значення показника комплексної оцінки ризику виникнення суттєвих серцево-судинних подій у 3 кластерах до (сірі графіки) та після (чорні графіки) стентування

Для цього поводили процедуру відбору ознак (Feature selection), пов'язаних із відповідними комплексними показниками. Для відбору використовували F-критерій.

У табл. 3 наведені первинні ознаки ЕКГ, які найбільшою мірою змінюються після стентування.

Зміни деяких комплексних показників та окремих параметрів ЕКГ та ВРС у визначених кластерах наведено на рис. 2, 3.

Як бачимо, в обох випадках після стентування в 1-му кластері значення комплексних показників зростають (позитивні зміни), а в 2-му — зменшуються (негативні зміни).

Далі наводимо графіки змін декількох окремих параметрів ЕКГ та ВРС.

Після стентування кут QRS-T у фронтальній площині значно збільшився (p = 0,02), що свідчить про негативні зміни в кластері 1, а в інших — дещо зменшився (рис. 4).

Динаміка інтегрального показника форми інтервалу ST-T у відведенні II (головним чином амплітуди зубця T) подана на рис. 5.

Цікаво прослідкувати за динамікою індексу психоемоційного стану на основі ВРС.

До стентування індекс психоемоційного стану між підгрупами майже не відрізнявся, але після стентування тільки в кластері 1 (5 пацієнтів) знизився (рис. 6).

До стентування підгрупи значимо відрізнялися рівнями порушення ритму серця, а саме в кластері 2 спостерігалися більш значні порушення ритму серця, але після стентування в цій групі порушення ритму стали менш

Таблиця 2. Середні значення змін (Δ) комплексних показників після стентування у всій групі обстежених та в підгрупах (кластерах)

Підгрупи	Кількість пацієнтів	Δ КП СМ	Δ ОФС	Δ Укод	Δ КО ССП	Δ ПО
Усього	23	–2,2	–2,3	–2,5	–0,3	1,4
Кластер 1	5	–9,2	–20,0	–17,4	–26,2	–4,4
Кластер 2	7	6,3	13,9	9,7	10,3	2,1
Кластер 3	11	–4,4	–4,6	–3,5	4,6	3,5

Таблиця 3. Первинні ознаки ЕКГ, які найбільшою мірою змінюються після стентування

Параметри ЕКГ та ВРС	F-value	p-value
Амплітуда зубця T у відведенні II	30,8179	0
Амплітуда зубця T у відведенні AvR	21,8830	0
Кут QRS-T у фронтальній площині	8,622899	0,000128
Індекс порушень ритму серця	4,449352	0,008390
ВЧ-QRS	3,429578	0,021647
Кут альфа-T у фронтальній площині	2,867248	0,022768
Індекс психоемоційного стану	1,964529	0,094522

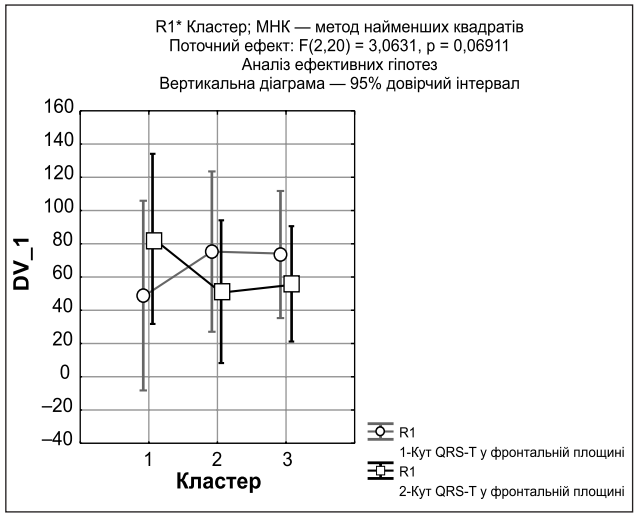


Рисунок 4. Зміни кута QRS-T у фронтальній площині в 3 кластерах до (сірі графіки) та після (чорні графіки) стентування

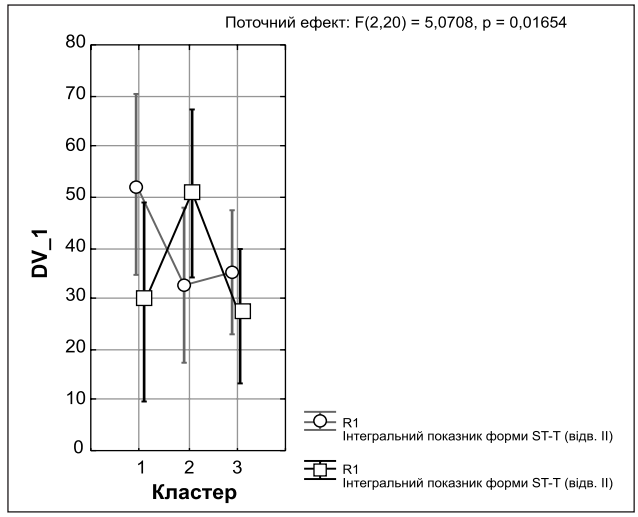


Рисунок 5. Зміни інтегрального показника форми ST-T (відвідення II) в 3 кластерах до (сірі графіки) та після (чорні графіки) стентування

значними. У той же час у групі 1 зміни були протилежні, а саме в негативному напрямку — порушення ритму серця стали більш значними (рис. 7).

Важливо відмітити, що рутинні системи інтерпретації електрокардіограми, як більш загальні, такі як Міннесотське кодування, алгоритм католицького університету Левена (UCL), так і спеціалізовані для ІХС, такі як, наприклад, код Сільвестра, не виявили значущих змін у досліджених підгрупах після стентування (рис. 8).

У цьому дослідженні, як і в попередніх наших роботах, показано, що саме комбінація показників ЕКГ та ВРС дає найбільший діагностичний ефект. Так, за результатами аналізу ВРС, виявлено погіршення психоемоційного стану в підгрупі 1 (тобто в підгрупі, в якій процедура стентування викликала пошкодження міокарда). Аналіз психоемоційної сфери базується на аналізі варіабельності ритму серця) за модифікованим алгоритмом McCraty (США) на основі моделі нервово-вісцеральної інтеграції [25].

Зміни окремих показників ЕКГ та ВРС відображають лише окремі аспекти досліджуваного феномена, крім того, вони можуть бути різноспрямованими. Отже, для того щоб зробити певний висновок у нашому випадку щодо ступеня ураження міокарда під час стентування, необхідний узагальнюючий індекс, що синтезує в собі ефект окремих складових. Методика розрахунку такого індексу може бути різною, проте в будь-якому випадку повинна включати такі послідовні кроки, як теоретичне обґрунтування композитного індексу для вирішення конкретного завдання, відбір адекватних поставленій задачі даних,

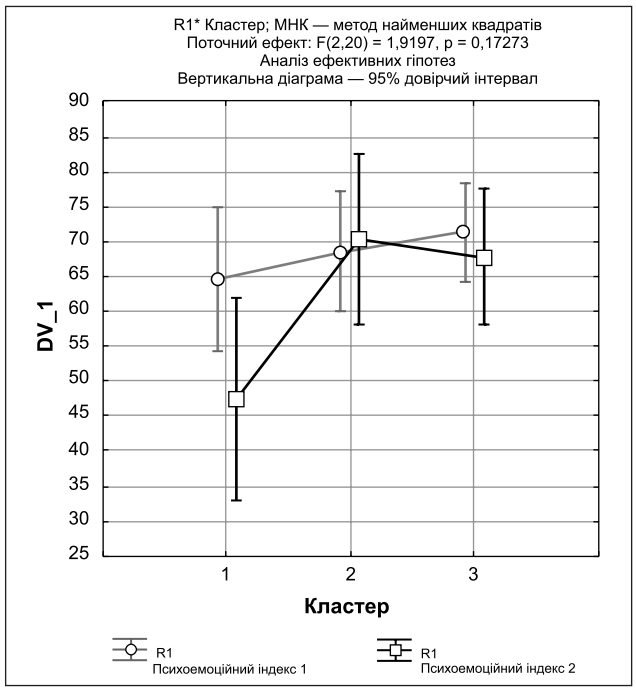


Рисунок 6. Зміни індексу психоемоційного стану в 3 кластерах до (сірі графіки) та після (чорні графіки) стентування

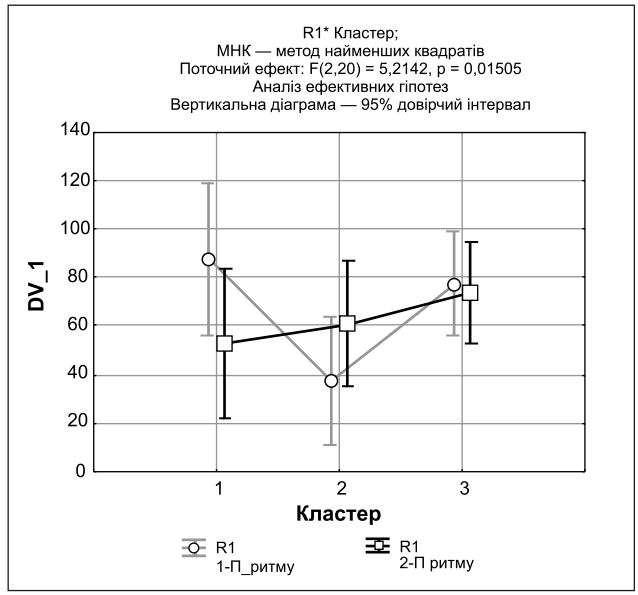


Рисунок 7. Зміни індексу порушень ритму серця в 3 кластерах до (сірі графіки) та після (чорні графіки) стентування

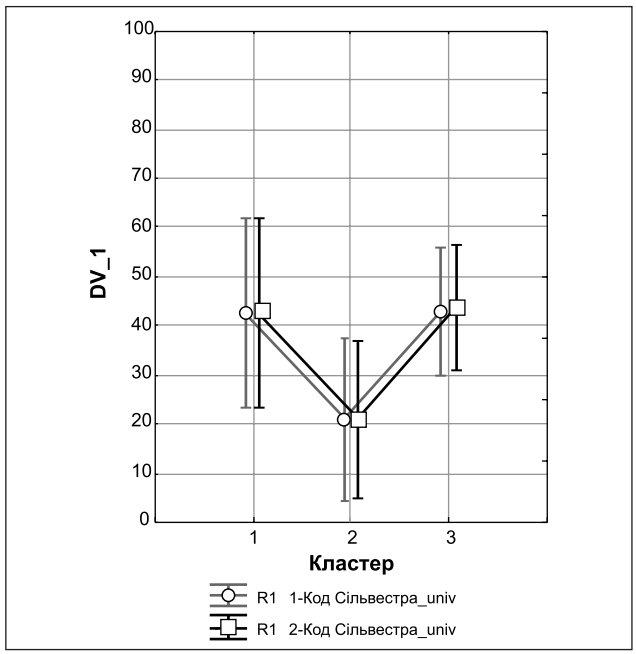


Рисунок 8. Зміни значень коду Сільвестра в 3 кластерах до (сірі графіки) та після (чорні графіки) стентування

аналіз цих даних (включаючи їх нормалізацію) методами мультиваріантної статистики, відбір інформативних приватних показників (включаючи відбраковування корельованих показників), власне конструювання композитного індексу шляхом агрегації приватних показників. Як було показано вище, нами були виконані всі ці кроки.

Усі ці методи мають загальний патофізіологічний базис. Усі вони спрямовані на оцінку електричної однорідності міокарда різними засобами. При цьому чим більша неоднорідність міокарда з електричної точки зору (чим більша дисперсія генерованих трансмембранних потенціалів дії за амплітудою та довжиною), тим більша ймовірність серйозних серцево-судинних подій.

У цьому контексті логічно, що серед найбільш інформативних показників ЕКГ та ВРС у нашому дослідженні важливе місце посідають такі сучасні параметри, як кут QRS-T у фронтальній площині та ВЧ-QRS.

Високочастотний аналіз комплексу QRS (ВЧ-QRS) полягає в підрахуванні потужності сигналу в полосі 150–250 Гц у центральній частині комплексу QRS ЕКГ. Показано, що зниження цього показника є вірогідним предиктором ішемії міокарда як при гострому коронарному синдромі, так і при хронічній, зокрема безсимптомній, ішемії.

Кут між вершинами комплексу QRS і зубця Т ЕКГ, по суті, є удосконаленим шлуночковим градієнтом Вільсона (Wilson), відомим із 1934 р. Останнім часом проведені досить масштабні дослідження, які показали, що цей простий показник є сильним предиктором серцево-судинних подій і смертності в загальній популяції.

Дана робота є першим дослідженням, присвяченим оцінці малих змін електрокардіограми за допомогою оригінального методу шкалювання безпосередньо після процедури стентування коронарних артерій.

Воно має низку обмежень. По-перше, кількість пацієнтів є невеликою. По-друге, не проводилося порівняння динаміки малих змін електрокардіограми з рівнем міокардіальних біомаркерів пошкодження. Нарешті, прогностична цінність виявлених змін електрокардіограми стосовно смертності, повторних реваскуляризацій, частоти інфаркту міокарда упродовж декількох років після втручання поки не аналізувалася.

Плануються подальші, більш масштабні дослідження для підтвердження та уточнення отриманих результатів.

Висновки

1. Метод шкалювання ЕКГ та ВРС, що запропоновано, дозволяє реєструвати та аналізувати малі зміни електрокардіограми безпосередньо після процедури стентування коронарних артерій. Найбільш інформативними виявилися сучасні ЕКГ-параметри, які використовуються для поглибленого аналізу електрокардіограми. На відміну від цього рутинний аналіз електрокардіограми не є інформативним для вирішення цього завдання.

2. За результатами електрокардіографічного дослідження, у групі пацієнтів, які були досліджені, виділена підгрупа хворих (підгрупа 1), у яких процедура стентування вірогідно викликала пошкодження міокарда. Ця підгрупа була дещо старшою за віком порівняно з рештою пацієнтів. Також середня кількість стентів у цій підгрупі була вище.

3. Разом із змінами електрокардіограми у хворих, які були включені в підгрупу 1, за результатами аналізу ВРС виявлене погіршення психоемоційного стану.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Movsisyan N.K., Vinciguerra M., Medina-Inojosa J.R., Lopez-Jimenez F. Cardiovascular Diseases in Central and Eastern Europe: A Call for More Surveillance and Evidence-Based Health Promotion. Annals of Global Health. 2020. 86(1).

2. Benjamin E.J., Virani S.S., Callaway C.W., Chamberlain A.M., Chang A.R., Cheng S. et al. Heart Disease and Stroke Statistics — 2018 Update: A Report From the American Heart Association. Circulation. 2018. 137(12). 67-492.

3. Virani S.S., Alonso A., Benjamin E.J., Bittencourt M.S., Callaway C.W. et al. Heart disease and stroke statistics — 2020 update: a report from the American Heart Association. Circulation. 2020. 139-596.

4. Aktualni problemy zdorov'ya ta minimizatsiya yikh v umovakh zbroynogo konfliktu v Ukrayini. Ed. by V.M. Kovalenko, V.M. Kornatskiy. K.: SPD FO «Kolomitsyn V.Yu.», 2018. 214 p.

5. Tsentr medstatystyky — Statystychni dani [Internet]. Medstat.gov.ua. 2019 [cited 29 July, 2019]. Available from: http://medstat.gov.ua/ukr/statdan.html

6. Kim M.S., Dean L.S. In-stent restenosis. Cardiovasc. Ther. 2011. 29. 190-198.

7. Warren S.G., Wagner G.S., Bethea C.F., Roe C.R., Oldham H.N., Kong Y. Diagnostic and prognostic significance of electrocardiographic and CPK isoenzyme changes following coronary bypass surgery: correlation with findings at one year. Am. Heart J. 1977

Feb. 93(2). 189-196. doi: 10.1016/s0002-8703(77)80310-4. PMID: 299973.

8. Sethi S.S., Singh A., Farkouh M.E. Periprocedural myocardial enzyme elevation: prognostic implications for current practice. Curr. Cardiol. Rep. 2012 Aug. 14(4). 424-432. doi: 10.1007/s11886-012-0288-4. PMID: 22673863.

9. Gómez-Hospital J.A., Cequier A., Valero J., González-Costello J., Mañas P. et al. Minor myocardial damage during percutaneous coronary intervention does not affect long-term prognosis. Rev. Esp. Cardiol. 2009 Jun. 62(6). 625-632. English, Spanish. doi: 10.1016/s1885-5857(09)72226-1. PMID: 19480758.

10. Saadeddin S.M., Habbab M.A., Sobki S.H., Ferns G.A. Biochemical detection of minor myocardial injury after elective, uncomplicated, successful percutaneous coronary intervention in patients with stable angina: clinical outcome. Ann. Clin. Biochem. 2002 Jul. 39(Pt 4). 392-397. doi: 10.1258/000456302760042155. PMID: 12117443.

11. Babu G.G., Walker J.M., Yellon D.M., Hausenloy D.J. Periprocedural myocardial injury during percutaneous coronary intervention: an important target for cardioprotection. Eur. Heart J. 2011 Jan. 32(1). 23-31. doi: 10.1093/eurheartj/ehq393. Epub 2010, Oct 29. PMID: 21037252.

12. Wang T.Y., Peterson E.D., Dai D., Anderson H.V., Rao S.V., Brindis R.G., Roe M.T. National Cardiovascular Data Registry. Patterns of cardiac marker surveillance after elective percutaneous coronary intervention and implications for the use of periprocedural myocardial infarction as a quality metric: a report from the National Cardiovascular Data Registry (NCDR). J. Am. Coll. Cardiol. 2008, May 27. 51(21). 2068-2074. doi: 10.1016/j.jacc.2008.01.054. PMID: 18498965.

13. Warren S.G., Wagner G.S., Bethea C.F., Roe C.R., Oldham H.N., Kong Y. Diagnostic and prognostic significance of electrocardiographic and CPK isoenzyme changes following coronary bypass surgery: correlation with findings at one year. Am. Heart J. 1977 Feb. 93(2). 189-196. doi: 10.1016/s0002-8703(77)80310-4. PMID: 299973.

14. Califf R.M., Abdelmeguid A.E., Kuntz R.E., Popma J.J., Davidson C.J., Cohen E.A. et al. Myonecrosis after revascularization procedures. J. Am. Coll. Cardiol. 1998 Feb. 31(2). 241-251. doi: 10.1016/s0735-1097(97)00506-8. PMID: 9462562.

15. Chaikovsky I. Electrocardiogram scoring beyond the routine analysis: subtle changes matters. Expert Review of Medical Devices. 2020. 17(5). 379-382.

16. US10512412B2. Chaikovsky I., Starynska G., Budnyk M. 2020: Method of ECG evaluating based on universal scoring system.

17. Colan S.D. Thy Way and How of Z-Scores. JASE. 2013. 26(1). 38-40.

18. Chaikovsky I. Kryvova O., Kazmirchuk A. et al. Assessment of the Post-Traumatic Damage of Myocardium in Patients with Combat Trauma Using a Data Mining Analysis of an Electrocardiogram. 2019 Signal Processing Symposium (SPSympo), Krakow, Poland, 2019. 34-38.

19. Chaikovsky I., Oshlianska O., Artsymovych A., Kryvova O., Kovalenko O., Stadniuk L. Using of Data Mining methods to evaluate the myocardial damage in children with juvenile idiopathic arthritis. 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2020. 391-395.

20. Apykhtin K., Chaikovsky I., Yaroslavskya S. et al. Adaptation of cardiovascular system to work in the night shifts of doctors and nurses. Journal of the American College of Cardiology. 2018. 72 (Suppl. 16). 243.

21. Neary J.P., Baker T., Jamnik V. Chaikovsky I. et al. Multimodal Approach to Cardiac Screening of Elite Ice Hockey Players During the NHL Scouting Combine. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2014. 46. 742.

22. Chaikovsky I., Lebedev E., Ponomarev V., Necheporuk A. The relationship between ECG/HRV variables and socio-economic factors: results of mass screening in the rural region of Ukraine. European Journal of Preventive Cardiology. 2020. 27(1, Suppl.). 92.

23. Clarke R., Chaikovsky I., Wright N. et al. Independent relevance of left ventricular hypertrophy for risk of ischaemic heart disease in 25,000 adults. European Heart Journal. Nov 2020. Vol. 41. Is. Suppl. 2. ehaa946.2938. https://doi.org/10.1093/ehjci/ehaa946.2938.

24. Боровиков В.С. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. СПб.: Питер, 2003. 688 с.

25. Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. 176 с.

Отримано/Received 03.01.2021
Рецензовано/Revised 15.01.2021
Прийнято до друку/Accepted 20.01.2021

O.O. Syvoraksha[1], I.A. Chaikovskyi[1, 2], Ya.A. Antoniuk[3], D.O. Dziuba[1], O.A. Kryvova[2], O.A. Loskutov[1]
[1]Shupyk National University of Public Health of Ukraine, Kyiv, Ukraine
[2]VM Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
[3]SE "Institute of Heart of MH of Ukraine", Kyiv, Ukraine

Assessment of myocardium impairment in coronary stenting according to the results of the analysis of electrocardiogram changes and heart rate variability

Abstract. ***Background.*** With every passing year, the morta-lity from cardiovascular diseases is increasing. One of the treatment methods is X-ray endovascular plasty and coronary sten-ting. However, the X-ray endovascular plasty by itself inevitably causes at least minimal impairment of coronary vessels and myocardium. The study aimed at the assessment of small electrocardiography changes using an original method of scaling immediately after the procedure of coronary stenting. ***Materials and methods.*** The study was performed in 2020 based on ES "Institute of Heart of MH of Ukraine". Twenty-three patients were examined before coronary stenting. This investigation included pair measurements, particularly electrocardiography registration within 3 min before and after (in several hours) the surgical intervention. The examination was performed using hardware-software complex "Cardio+P". Total of 23 pairs of electrocardiograms were analyzed. Two hundred and forty primary and measurement parameters of electrocardiography were analyzed in each electrocardiogram. ***Results.*** The results of electrocardiographic investigation allowed determining a subgroup with significant myocardium impairments. This subgroup included the patients elder compared to the rest patients. In this subgroup, the average number of stents was higher and the patients demonstrated worsened index of the psychoemotional condition along with the electrocardiogram changes.

Keywords: electrocardiography; coronary stenting; scaling; myocardium impairment