

Морозик А.О.

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Аналіз морфології зубця Т у фазовому просторі на одноканальній електрокардіограмі у дітей із цукровим діабетом 1-го типу

For cite: Mižnarodnij endokrinologičnij žurnal. 2018;14(2):152-157. doi: 10.22141/2224-0721.14.2.2018.130560

Резюме. Актуальність. Кардіоваскулярні порушення, що виникають у дітей із цукровим діабетом 1-го типу (ЦД-1), стають основною причиною смертності дорослих пацієнтів і відіграють головну роль у розвитку раптової серцевої смерті. **Мета.** Вивчення додаткових маркерів дисфункції міокарда у дітей із ЦД-1 шляхом аналізу одноканальної електрокардіографії (ЕКГ) у фазовому просторі. **Матеріали та методи.** Основну групу становили 83 пацієнти віком 4–16 років із ЦД-1, контрольну групу — 95 школярів віком 12–16 років. За допомогою комплексу «Фазаграф[®]» (Україна) досліджувалися й автоматично обчислювалися параметри ЕКГ першого стандартного відведення. Запис ЕКГ здійснювали у положенні сидячи в стані відносного спокою. Аналіз ЕКГ проводився у часовій і фазовій областях. **Результати.** У дітей із ЦД-1 на відміну від їх здорових однолітків формується типовий патерн традиційної ЕКГ з високим і широким зубцем Р, подовженим інтервалом QТс, сплюсненим та вузьким зубцем Т. Збільшення показника середньоквадратичного відхилення симетрії зубця Т ($СКВ \beta_T$) виявлялось у 68,7 % відсотків дітей, хворих на ЦД-1, та лише у 30,5 % практично здорових школярів. Показник $СКВ \beta_T$ вірогідно зростає зі збільшенням тривалості захворювання на ЦД-1 у дітей. Групу високого ризику з розвитку серцево-судинних ускладнень становлять діти з тривалістю ЦД 3–5 років. Субоптимальний контроль глікемії та контроль високого ризику значно посилюють нестабільність функціонування міокарда від кардіоциклу до кардіоциклу. **Висновки.** Збільшення показника $СКВ \beta_T$ може використовуватися як маркер ураження серця у дітей із ЦД-1. Раннє та систематичне обстеження з подальшим аналізом ЕКГ у фазовому просторі та оптимальний контроль глікемії можуть знизити рівень хронічних ускладнень з боку серця у дітей, хворих на ЦД-1.

Ключові слова: цукровий діабет; симетрія зубця Т; електрокардіографія; фазаграфія

Вступ

На сьогодні серед усіх хронічних ускладнень цукрового діабету (ЦД) центральне місце посідає ураження серця. Саме кардіоваскулярні порушення, що виникають у дітей із ЦД, стають основною причиною смертності дорослих пацієнтів і відіграють головну роль у розвитку раптової серцевої смерті [1, 2].

Електрокардіографія (ЕКГ) є найбільш об'єктивним, поширеним, доступним і дешевим методом обстеження серця. Хоча зміни при проведенні ЕКГ у хворих на ЦД виявляються у 66–89 % випадків, традиційні діагностичні ознаки ЕКГ мають у своїй більшості неспецифічний характер. До найчастіших ранніх проявів ураження серця у хворих на ЦД відносять зміни морфології зубця Т у вигляді інверсії, двофазності, згладженості або значного збільшення амплітуди із загостреною вершиною [3–6].

Водночас у Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій і систем Національної академії наук та Міністерства освіти та науки України розроблена оригінальна технологія реєстрації та обробки одноканальної ЕКГ, яка отримала назву «фазаграфія» та реалізована у портативному комп'ютерному кардіодіагностичному комплексі «Фазаграф[®]» [7]. Технологія дозволяє одночасно визначати амплітудні та швидкісні параметри елементів електрокардіосигналу, проводити усереднення послідовності серцевих циклів у фазовому просторі. Такий метод усереднення ЕКГ забезпечив покращення якості оцінювання форми усередненого серцевого циклу порівняно з традиційним методом обробки ЕКГ у часовій області, тим самим надав можливість значно підвищити точність визначення показників реальних ЕКГ.

Окрім того, перехід до фазового портрету ЕКГ забезпечив можливість визначення низки додаткових інформативних ознак, які зазвичай приховані від лікаря при традиційному аналізі ЕКГ у часовій області. До таких показників в першу чергу належить параметр β_T , що характеризує симетрію зубця Т на фазовій площині, діагностично значущі зміни якого фактично не помітні при відображенні ЕКГ у часовій області та досі не використовувались у цифрових електрокардіографах. Відомо, що форма зубця Т на ЕКГ залежить від форми, тривалості та величини трансмембранних потенціалів дії в різних зонах міокарда. Збільшення симетрії зубця Т ($\beta_T \geq 0,72$) пов'язують із зростанням регіональної дисперсії тривалості другої фази потенціалу дії, збільшенням трансмембранного градієнта величини потенціалу дії та посиленням електричної негомогенності реполяризації внаслідок дисфункції кардіоміоцитів та їх апоптозу [8, 9]. Було доведено, що аналіз форми зубця Т у фазовому просторі істотно підвищує чутливість і специфічність електрокардіографічного обстеження [7].

Одночасно, технологія фазаграфії дозволила автоматично визначати та обчислювати показник середньоквадратичного відхилення симетрії зубця Т (СКВ β_T), що характеризує стабільність функціонування міокарда і варіабельність його морфології від кардіоциклу до кардіоциклу [10]. Проте зміни даного показника у дітей, а особливо у пацієнтів із ЦД 1-го типу (ЦД-1), залишаються невивченими.

Зважаючи на появу новітніх підходів до реєстрації та аналізу ЕКГ, на сьогодні актуальним завданням є подальше вивчення форми зубця Т у фазовому просторі та пошук нових маркерів дисфункції міокарда на ЕКГ, які були б корисні для застосування у дітей із ЦД-1.

Мета дослідження — вивчення додаткових маркерів дисфункції міокарда у дітей із ЦД-1 шляхом аналізу фазового портрету одноканальної ЕКГ.

Матеріали та методи

Дослідження базується на обстеженнях 83 пацієнтів віком від 4 до 16 років (середній вік — $11 \pm 3,6$ року), які перебували на стаціонарному лікуванні в міському ендокринологічному відділенні Дитячої клінічної лікарні № 6 Шевченківського району м. Києва з приводу ЦД-1. Всі пацієнти перебували

на інтенсифікованій інсулінотерапії генно-інженерними аналогами інсуліну в режимі множинних ін'єкцій. Контрольну групу становили 95 практично здорових школярів гімназії № 59 м. Києва віком 12–16 років (середній вік — $13,84 \pm 0,53$ року). Умовами відбору дітей до контрольної групи були благополучний сімейний анамнез, відсутність гострих і тяжких хронічних захворювань, а також будь-яких скарг на момент проведення обстеження.

За допомогою зручного сенсора з пальцевими електродами комплексу «Фазаграф®» (Україна) у дітей і підлітків основної та контрольної груп досліджувалися й автоматично обчислювалися традиційні та оригінальні характеристики ЕКГ першого стандартного відведення. Запис ЕКГ проводили у положенні сидіння в стані відносного спокою (рис. 1).

Дані було оброблено методами варіаційної статистики, вірогідність відмінностей оцінено на підставі t-критерію Стьюдента. Значення $p < 0,05$ вважали вірогідним.

Результати

У процесі дослідження було виявлено вірогідні відмінності між традиційними та оригінальними показниками одноканальної ЕКГ у дітей, хворих на ЦД-1, порівняно з практично здоровими школярами (табл. 1).

Встановлено, що у дітей із ЦД-1 на відміну від практично здорових школярів (табл. 1) вірогідно частіше виявляються ($M \pm m$) збільшення амплітуди зубця Р ($0,047 \pm 0,020$ мВ проти $0,041 \pm 0,020$ мВ відповідно, $p < 0,05$) та його тривалості ($0,107 \pm 0,020$ с проти $0,101 \pm 0,020$ с відповідно, $p < 0,05$), подовження сегмента Q-Tс ($0,441 \pm 0,020$ с проти $0,427 \pm 0,020$ с відповідно, $p < 0,001$) (рис. 2).

При проведенні тонкого аналізу морфології електрокардіосигналу на фазовій площині встановлено, що у дітей із ЦД-1 маркер міокардіальної дисфункції — симетричний зубець Т на ЕКГ ($\beta_T \geq 0,72$) — виявлявся у 46,9 %, що відображає аналогічну картину, отриману при обстеженні групи контролю. Діти основної групи з $\beta_T \geq 0,72$ суттєво не відрізнялися за віком і статтю, але в них (проти пацієнтів із нормальним показником симетрії зубця Т — $\beta_T < 0,72$) у середньому вища частота серцевих скорочень ($M \pm m$) ($86,9 \pm 14,2$ уд/хв проти $79,9 \pm 13,1$ уд/хв,

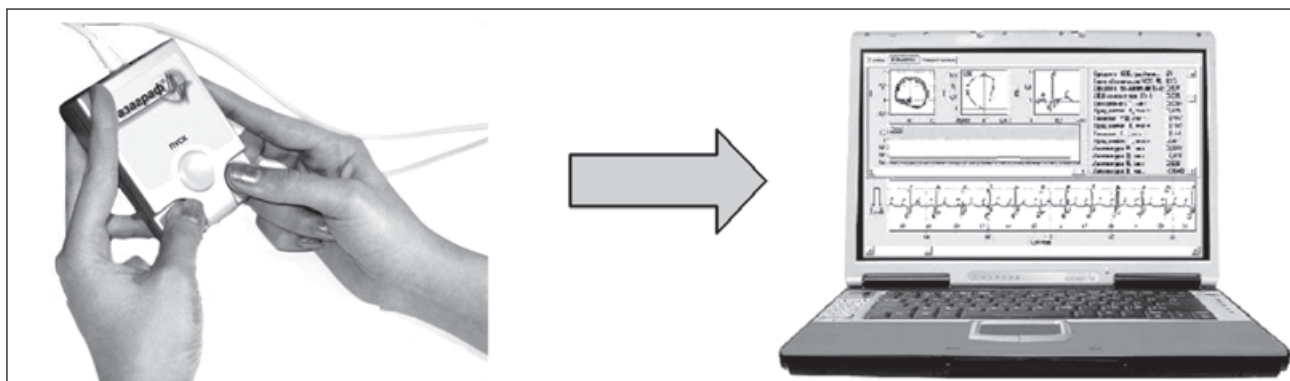


Рисунок 1. Реєстрація ЕКГ із подальшим аналізом у фазовому просторі

Таблиця 1. Показники ЕКГ ($M \pm m$) у часовій області та на фазовій площині в групах

Показник	Основна група (n = 83)	Група контролю (n = 95)
СКВ β_T , од.	$0,086 \pm 0,040$	$0,059 \pm 0,030^{***}$
β_T , од.	$0,708 \pm 0,140$	$0,716 \pm 0,090^*$
Амплітуда зубця Р, мВ	$0,047 \pm 0,020$	$0,041 \pm 0,020^{**}$
Тривалість зубця Р, с	$0,107 \pm 0,020$	$0,101 \pm 0,020^{**}$
Сегмент S-T, с	$0,067 \pm 0,030$	$0,060 \pm 0,030^*$
Зміщення ST, мВ	$0,0001 \pm 0,0300$	$0,0056 \pm 0,0200^*$
Амплітуда зубця Т, мВ	$0,214 \pm 0,090$	$0,231 \pm 0,080^*$
Тривалість Т, с	$0,249 \pm 0,040$	$0,256 \pm 0,030^*$
Q-Tс, с	$0,441 \pm 0,020$	$0,427 \pm 0,020^{***}$

Примітки: статистична значущість: * — $p > 0,05$, ** — $p < 0,05$, *** — $p < 0,001$; СКВ — середньоквадратичне відхилення.

$p < 0,001$), подовжений сегмент ST (у середньому $0,081 \pm 0,030$ с проти $0,053 \pm 0,020$ с, $p < 0,001$) при зменшенні тривалості зубця Т ($0,234 \pm 0,030$ с проти $0,282 \pm 0,030$ с, $p < 0,001$) і його амплітуди ($0,204 \pm 0,080$ мВ проти $0,261 \pm 0,090$ мВ, $p < 0,001$).

Згідно з табл. 1, суттєві відмінності між досліджуваними групами виявились у показнику середньоквадратичного відхилення (СКВ) симетрії зубця Т (β_T). Збільшення СКВ β_T виявлялось у 68,7 % відсотків дітей із ЦД-1 та лише у 30,5 % практично здо-

рових школярів. Середнє значення СКВ β_T ($M \pm m$) у дітей з ЦД-1 становило $0,086 \pm 0,040$ од., а у школярів — $0,059 \pm 0,020$ од. ($p < 0,01$). Для ілюстрації наведено динаміку показника СКВ β_T під час проведення вимірювання (рис. 3).

При проведенні аналізу групи пацієнтів із ЦД-1 виявилось, що для показника СКВ β_T характерними є гендерні відмінності. Так, у хворих дівчаток даний показник ($M \pm m$) становить $0,091 \pm 0,050$ проти $0,079 \pm 0,040$ у хворих хлопчиків. На відміну від хво-

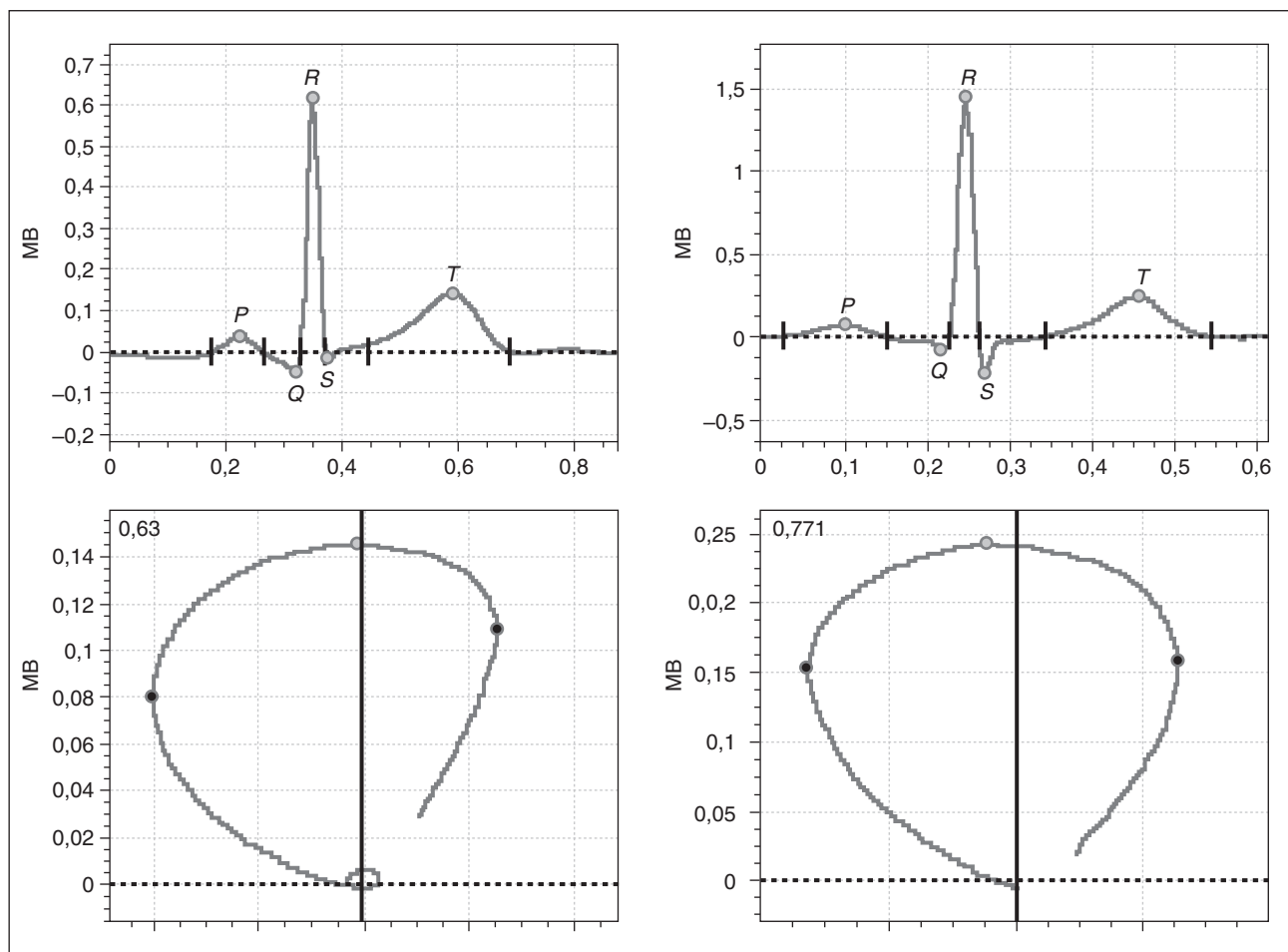


Рисунок 2. Приклади усереднених кардіоциклів (зверху) та фазових портретів зубця Т (знизу) практично здорової дитини Е., 8 років, (зліва) та хворого А., 7 років, із ЦД-1 (справа)

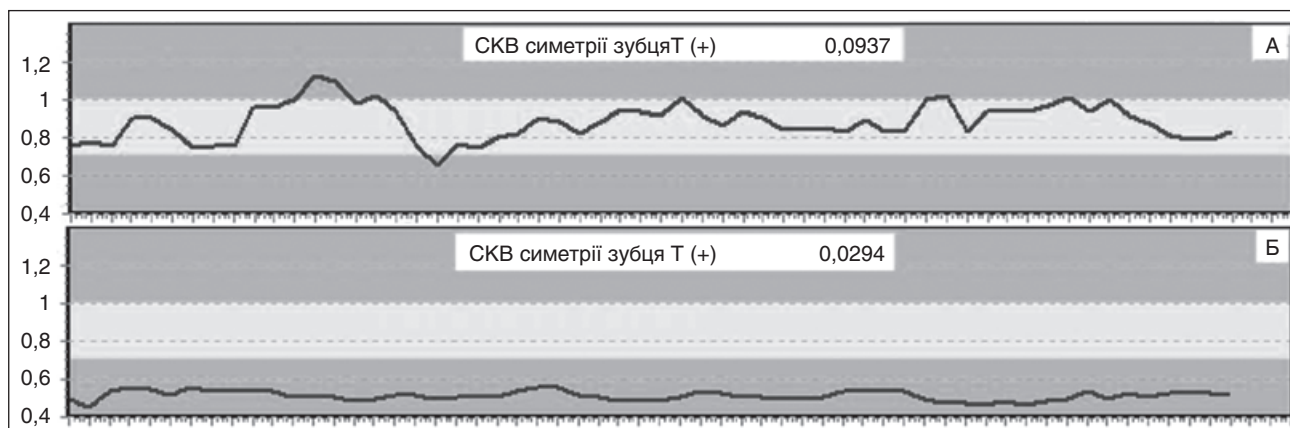


Рисунок 3. Динаміка значень параметра СКВ β_T протягом вимірювання у пацієнтки Л., 14 років, із ЦД-1 (А) та у школярки В., 12 років (Б)

рих дітей для практично здорових школярів дана закономірність не підтверджується.

Окрім того, спостерігається чітка тенденція до зростання показника СКВ β_T зі збільшенням тривалості захворювання на ЦД-1. Найбільшим цей показник ($M \pm m$) виявився в групі дітей із тривалістю ЦД від трьох до п'яти років — $0,098 \pm 0,050$ од., у той час як у дітей з уперше виявленим ЦД-1 він становив $0,075 \pm 0,040$ од. ($p < 0,05$) (рис. 4).

Під час аналізу основної групи дітей залежно від глікемічного контролю (рівня глікованого гемоглобіну — $HbA1c$), виявлено, що на відміну від інших досліджуваних показників параметр СКВ β_T ($M \pm m$) вірогідно зростає у дітей із субоптимальним контролем і контролем високого ризику ($0,093 \pm 0,050$ од. та $0,085 \pm 0,040$ од. відповідно) порівняно з групою дітей з оптимальним контролем глікемії ($0,054 \pm 0,036$ од.) ($p < 0,05$) (рис. 5).

Обговорення

У процесі дослідження було проаналізовано зміни традиційних та оригінальних показників ЕКГ першого стандартного відведення. Виявлено, що у дітей із ЦД-1 визначаються типові зміни традиційних показників ЕКГ, які відповідають даним інших

авторів [4–6]. Проте виявлений типовий патерн є доволі неспецифічним [3] і його вкрай складно трактувати клініцисту, оскільки ці зміни можуть бути не лише наслідком ЦД, а, отже, встановлення діагнозу на доклінічній стадії тільки за результатами традиційного аналізу ЕКГ у часовій області залишається значно утрудненим.

Було отримано цікаві результати при аналізі ЕКГ у фазовому просторі. В той час як показник симетрії зубця Т (β_T) мав подібний розподіл як в основній групі, так і в групі контролю, показник СКВ β_T під час реєстрації електрокардіосигналу був вірогідно вищим у дітей із ЦД-1. Отримані результати свідчать про збільшення варіабельності форми зубця Т від кардіоциклу до кардіоциклу, а отже, про нестабільність функціонування міокарда у цієї групи дітей. За відсутності скарг та виявлення неспецифічних змін традиційних показників ЕКГ динаміка додаткового маркера міокардіальної дисфункції СКВ β_T може стати вирішальною щодо прийняття рішення з приводу ранньої профілактики хронічних ускладнень ЦД з боку серця.

Зниження показника СКВ β_T у пацієнтів із тривалістю ЦД від чотирьох місяців до трьох років, імовірно, пов'язано з тим, що ці пацієнти характе-

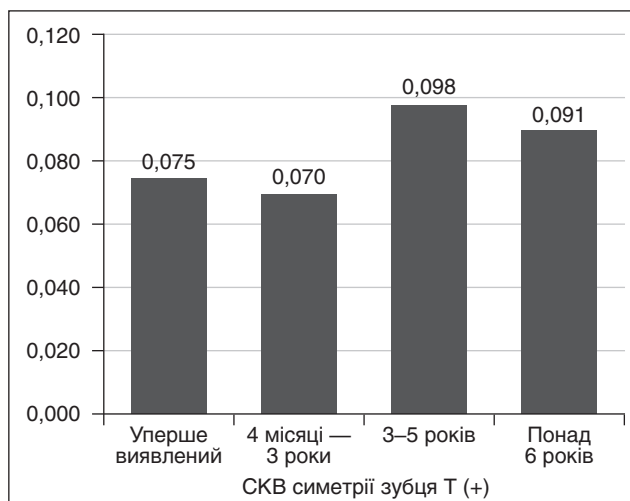


Рисунок 4. Рівень показника СКВ β_T у дітей із ЦД-1 залежно від тривалості захворювання (од.)

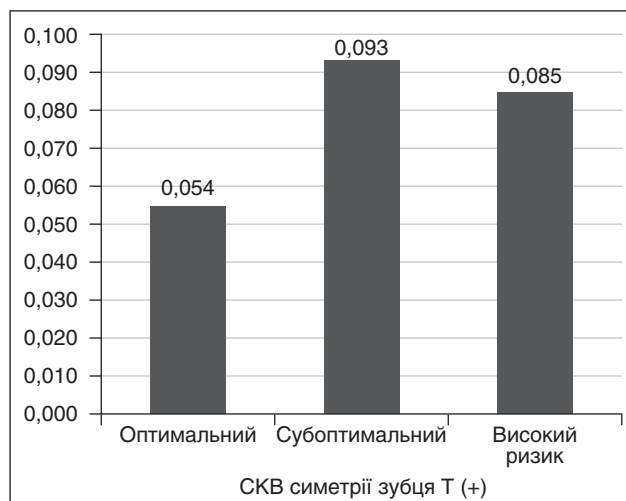


Рисунок 5. Рівень показника СКВ β_T у дітей із ЦД-1 залежно від глікемічного контролю (од.)

ризуються кращим контролем діабету (пильна увага з боку батьків, намагання дотримуватися всіх рекомендацій лікаря, феномен «медового місяця») [11]. У період від трьох до шести років перебігу ЦД спостерігається тотальна загибель β -клітин зі збільшенням потреби в інсуліні, виникають субклінічні прояви хронічних ускладнень, може послаблюватися контроль за захворюванням, що пояснює найвищі цифри показника СКВ β_T у пацієнтів з такою тривалістю ЦД-1.

Гіперглікемія є основним етіологічним фактором у розвитку діабетичної кардіоміопатії. Вона підвищує рівень вільних жирних кислот та факторів росту, спричиняє порушення постачання та використання субстрату, гомеостазу кальцію і метаболізму ліпідів [12–14]. Крім того, гіперглікемія сприяє надмірному виробленню та вивільненню активних форм кисню, що викликає оксидативний стрес і призводить до аномальної експресії генів, дефектної трансдукції сигналу та апоптозу кардіоміоцитів [15]. Отже, відсутність оптимального контролю глікемії у дітей із ЦД-1 призводить до мультифакторного ураження міокарда та раннього розвитку діабетичної кардіоміопатії. Зростання нестабільності функціонування міокарда, що проявляється збільшенням показника СКВ β_T на ЕКГ, у дітей із ЦД-1 вкотре підтверджує негативний вплив гіперглікемії на стан серцевого м'яза.

Останнім часом все більше науковців наголошують на необхідності ранньої доклінічної діагностики хронічних уражень серця при ЦД [16, 17]. Обстеження дітей за допомогою кардіодіагностичного комплексу «Фазаграф®» дозволяє виявити та проаналізувати в автоматичному режимі найменші зміни електрокардіосигналу, при цьому відповідає всім вимогам скринінгового обстеження через зручний сенсор, портативні розміри, швидкість та неінвазивність процедури, наочність результатів [18].

Таким чином, збільшення показника СКВ β_T може використовуватися як додатковий діагностичний маркер ураження серця у дітей і підлітків із ЦД-1, особливо в умовах масового скринінгу.

Висновки

У процесі дослідження були встановлені раніше невідомі інформативні властивості показників одноканальної ЕКГ у дітей із ЦД-1, а саме:

1. У дітей із ЦД-1 на відміну від їх здорових однолітків формується типовий патерн традиційної ЕКГ, що характеризується високим і широким зубцем Р, подовженим інтервалом QTс, сплюсненим та вузьким зубцем Т.

2. При тонкому аналізі морфології зубця Т на фазовій площині у дітей основної групи на відміну від групи контролю виявлено вірогідно вищий показник СКВ β_T , що свідчить про розвиток міокардіальної дисфункції у пацієнтів із ЦД-1.

3. Показник СКВ β_T вірогідно зростає зі збільшенням тривалості ЦД-1; групу високого ризику з розвитку серцево-судинних ускладнень становлять діти з тривалістю ЦД від трьох до п'яти років.

4. Субоптимальний контроль глікемії та контроль високого ризику значно посилюють нестабільність функціонування міокарда від кардіоциклу до кардіоциклу.

5. Раннє та систематичне скринінгове обстеження з подальшим аналізом ЕКГ у фазовому просторі та оптимальний контроль глікемії можуть знизити рівень хронічних ускладнень з боку серця у дітей із ЦД-1.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів при підготовці даної статті.

Автор висловлює подяку акад. В.Г. Майданнику (кафедра педіатрії № 4 НМУ імені О.О. Богомольця, м. Київ) за допомогу у розробці дизайну дослідження та проф. Л.С. Файнзильбергу (МНУЦ ІТІС НАН та МОН України, м. Київ) за консультування з технічних аспектів.

References

1. McVeigh GE, Gibson W, Hamilton PK. Cardiovascular risk in the young type 1 diabetes population with a low 10-year, but high lifetime risk of cardiovascular disease. *Diabetes Obes Metab.* 2013 Mar;15(3):198–203. doi: 10.1111/dom.12013.
2. Konduracka E, Cieslik G, Galicka-Latala D, et al. Myocardial dysfunction and chronic heart failure in patients with long-lasting type 1 diabetes: a 7-year prospective cohort study. *Acta Diabetol.* 2013 Aug;50(4):597–606. doi: 10.1007/s00592-013-0455-0.
3. Zak KP, Popova VV. The prediction of type 1 diabetes development and diagnosis of its asymptomatic phase using autoantibodies to human islets of langerhans long before the onset of the disease. *Mіžnarodnij endokrinologіčnij žurnal.* 2016;(79):11–21. doi: 10.22141/2224-0721.7.79.2016.86414. (in Ukrainian).
4. Laptev DN, Kuraeva TL, Ryabykina GV, Polyakov SD, Korneeva IT, Namazova-Baranova LS. Asymptomatic ST-depression during exercise testing in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus and autonomic dysfunction. *Sakharni Diabet.* 2015;18(2):54–60. doi: 10.14341/dm2015254-60. (in Russian).
5. Serhiyenko VA, Serhiyenko AA. Cardiac autonomic neuropathy: Risk factors, diagnosis and treatment. *World J Diabetes.* 2018 Jan 15;9(1):1–24. doi: 10.4239/wjd.v9.i1.1.
6. Hayat SA., Patel B, Khattar RS, Malik RA. Diabetic cardiomyopathy: mechanisms, diagnosis and treatment. *Clinical Science.* 2004;107(6):539–557. doi:10.1042/cs20040057.
7. Fainzilberg LS. Osnovy fazagrafi: Monografiia [Fundamentals of Fasegrafi]. Kyiv: Osvita Ukrai'ny; 2017. 264 p. (in Russian).
8. Zhen Z, Chen Y, Liu JH, et al. Increased T-wave alternans is associated with subclinical myocardial structural and functional abnormalities in patients with type 2 diabetes. *J Cardiol.* 2016 Oct;68(4):329–34. doi: 10.1016/j.jcc.2015.10.010.
9. Okada J, Washio T, Maehara A, Momomura S, Sugiura S, Hisada T. Transmural and apicobasal gradients in repolarization contribute to T-wave genesis in human surface ECG. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2011 Jul;301(1):H200–8. doi: 10.1152/ajpheart.01241.2010.
10. Morozyk AO, Fainzilberg LS. The diagnostic significance of combined analysis of electrocardiosignal on the phase plane and heart rate variability in children with diabetic cardiomyopathy.

International Journal of Pediatrics, Obstetrics and Gynecology. 2015;7(1):11-17. (in Russian).

11. Neylon OM, White M, O'Connell MA, Cameron FJ. Insulin-dose-adjusted HbA1c-defined partial remission phase in a paediatric population - when is the honeymoon over? *Diabet Med.* 2013 May;30(5):627-8. doi: 10.1111/dme.12097.

12. Falcão-Pires I, Leite-Moreira AF. Diabetic cardiomyopathy: understanding the molecular and cellular basis to progress in diagnosis and treatment. *Heart Fail Rev.* 2012 May;17(3):325-44. doi: 10.1007/s10741-011-9257-z.

13. Maisch B, Alter P, Pankuweit S. Diabetic cardiomyopathy - fact or fiction? *Herz.* 2011 Mar;36(2):102-15. doi: 10.1007/s00059-011-3429-4.

14. Jaiswal M, Divers J, Urbina EM, et al. Cardiovascular autonomic neuropathy in adolescents and young adults with type 1 and type 2 diabetes: The SEARCH for Diabetes in Youth Cohort Study. *Pediatr Diabetes.* 2018 Jan 2. doi: 10.1111/pedi.12633.

15. Hashim Z, Zarina S. Osmotic stress induced oxidative damage: possible mechanism of cataract formation in diabetes. *J Diabetes Complications.* 2012 Jul-Aug;26(4):275-9. doi: 10.1016/j.jdiacomp.2012.04.005.

16. Somaratne JB, Whalley GA, Poppe KK, et al. Screening for left ventricular hypertrophy in patients with type 2 diabetes mellitus in the community. *Cardiovasc Diabetol.* 2011 Apr 14;10:29. doi: 10.1186/1475-2840-10-29.

17. Hamilton H, Knudsen G, Vaina CL, Smith M, Paul SP4. Children and young people with diabetes: recognition and management. *Br J Nurs.* 2017 Mar 23;26(6):340-347. doi: 10.12968/bjon.2017.26.6.340.

18. Fainzilberg LS. Fasegraf® - effective information technology of ECG processing for screening of coronary artery disease. *Clinical Informatics and Telemedicine.* 2010;6(7):22-30. (in Russian).

Отримано 10.02.2018 ■

Морозик А.А.

Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, г. Киев, Украина

Анализ морфологии зубца Т в фазовом пространстве на одноканальной электрокардиограмме у детей с сахарным диабетом 1-го типа

Резюме. Актуальность. Кардиоваскулярные нарушения, возникающие у детей с сахарным диабетом 1-го типа (СД-1), становятся основной причиной смертности взрослых пациентов и играют главную роль в развитии внезапной сердечной смерти. **Цель.** Изучение дополнительных маркеров дисфункции миокарда у детей с СД-1 путем анализа одноканальной электрокардиографии (ЭКГ) в фазовом пространстве. **Материалы и методы.** Основную группу составили 83 пациента в возрасте 4–16 лет с СД-1, контрольную группу — 95 школьников в возрасте 12–16 лет. С помощью комплекса «Фазаграф®» (Украина) исследовались и автоматически исчислялись параметры ЭКГ первого стандартного отведения. Запись ЭКГ осуществляли в положении сидя в состоянии относительного покоя. Анализ ЭКГ проводили во временной и фазовой областях. **Результаты.** У детей с СД-1 в отличие от их здоровых сверстников формируется типичный паттерн традиционной ЭКГ с высоким и широким зубцом Р, удлиненным интервалом

QTc, уплощенным и узким зубцом Т. Увеличение показателя среднеквадратического отклонения симметрии зубца Т ($SD \beta_T$) выявлялось у 68,7 % процентов детей, больных СД-1, и только у 30,5 % практически здоровых школьников. Показатель $SD \beta_T$ достоверно возрастает с увеличением длительности СД-1 у детей. Группу высокого риска по развитию сердечно-сосудистых осложнений составляют дети с длительностью СД 3–5 лет. Субоптимальный контроль гликемии и контроль высокого риска значительно усиливают нестабильность функционирования миокарда от кардиоцикла к кардиоциклу. **Выводы.** Увеличение показателя $SD \beta_T$ может быть использовано как маркер поражения сердца у детей с СД-1. Раннее и систематическое обследование с дальнейшим анализом ЭКГ в фазовом пространстве и оптимальный контроль гликемии могут снизить уровень хронических осложнений со стороны сердца у детей с СД-1. **Ключевые слова:** сахарный диабет; симметрия зубца Т; электрокардиография; фазаграфия

A.O. Morozyk

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Analysis of T wave morphology in the phase space on single-channel electrocardiogram in children with type 1 diabetes mellitus

Abstract. Background. Cardiovascular disorders in children with type 1 diabetes mellitus (DM 1) are the main cause of mortality in adult patients and play a major role in the development of sudden cardiac death. The purpose of the research was to study additional markers of myocardial dysfunction in children with DM 1 by analyzing a single-channel electrocardiogram in the phase space. **Materials and methods.** The main group consisted of 83 patients aged 4–16 years with DM 1, control group — 95 healthy schoolchildren aged 12–16 years. The traditional and original electrocardiography (ECG) parameters of the first standard lead were studied and automatically calculated using the Fazagraf® system. ECG recording was carried out in a sitting position in a state of relative calm. **Results.** In children with DM 1, unlike their healthy peers, a typical pattern of traditional ECG is formed, with high and wide P wave,

long QTc, flattened and narrow T wave. An increase in the parameter of square deviation of T wave symmetry ($SD \beta_T$) was found in 68.7 % of children with DM 1 and in only 30.5 % of healthy schoolchildren. $SD \beta_T$ significantly increases with the duration of DM 1 in children. The group at high risk for the development of cardiovascular complications consists of children with DM duration of 3–5 years. Suboptimal glycemic control and high-risk control greatly increase the instability of myocardial function. **Conclusions.** An increase in the $SD \beta_T$ parameter can be used as a marker of heart lesion in children with DM 1. Early and systematic examination with further analysis of ECG in the phase space and optimal glycemic control can reduce the level of chronic cardiac complications in children with DM 1. **Keywords:** diabetes mellitus; T wave symmetry; electrocardiography; phase mapping