

ЗАСОБИ ТА МОЖЛИВОСТІ НЕІНВАЗИВНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ ЦУКРУ В КРОВІ ХВОРИХ НА ДІАБЕТ

© Глухова О.В., 2016

Одним з напрямків розвитку кіберфізичних систем є медичний контроль. У роботі наводяться результати дослідження можливості використання сучасних комп'ютерних засобів для неінвазивного контролю в домашніх умовах рівня цукру в крові хворих на діабет. Досліджувався вплив рівня цукру на спектр голосу хворого. При дослідженні використовувалися доступні в домашніх умовах комп'ютерні засоби (смартфон, ПК) і програми (диктофон, аналізатор спектру, електронна таблиця). Були виявлені ділянки спектра, на яких простежується близька до лінійної залежність амплітуди звукових коливань від рівня цукру в крові людини. Показана можливість реалізації на основі смартфона неінвазивного глюкометра для оперативного використання в домашніх умовах. Триваліші дослідження показали часову нестабільність виявленої залежності, її залежність від стану хворого, і, як наслідок, необхідність калібрування виявленої залежності через деякі проміжки часу.

Ключові слова – неінвазивний глюкометр, смартфон, спектр голосу.

Вступ

Для вимірювання в домашніх умовах рівня цукру в крові хворих на діабет в даний час використовуються портативні прилади (глюкометри), які вимагають витратних матеріалів (тест-смужок, 1 тестова смужка на 1 аналіз). Для аналізу необхідна крапля крові хворого (неінвазивний аналіз). Останнім часом з'являється інформація про спроби використовувати можливості сучасної комп'ютерної техніки для проведення в домашніх умовах неінвазивного аналізу рівня цукру крові з використанням обчислення спектра голосу хворого. При цьому параметри спектра (частоти і піки), пов'язані з рівнем цукру або не розкриваються або не підтверджуються при перевірці. У даній роботі проведена оцінка кореляції частотного спектра голосу хворого та рівня цукру в його крові. Оцінка проводилася для хворого на діабет 1-го типу. Використовувалися доступні в домашніх умовах комп'ютерні засоби.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Останнім часом з'являється інформація про спроби використовувати можливості сучасної комп'ютерної техніки для проведення в домашніх умовах неінвазивного аналізу рівня цукру крові з використанням обчислення спектра голосу хворого [1, 2, 3]. При цьому параметри спектра (частоти і піки), пов'язані з рівнем цукру або не розкриваються або не підтверджуються при перевірці. У роботі [4] проведена оцінка кореляції частотного спектра голосу окремого хворого та рівня цукру в його крові на протязі короткотривалого проміжку

часу. Встановлена практично лінійна залежність амплітуди окремих частот голосу людини та рівня цукру в його крові. Стабільність цієї залежності на досліджувалася.

Окреслення проблеми

Особливостями дослідження [4] є: обмежена кількість пацієнтів і результатів аналізів; використання для еталонних результатів показань домашніх глюкометрів, а не результатів лабораторних аналізів, що вимагає проведення додаткових досліджень для визначення стабільності знайденої залежності, а також впливу на отримані результати індивідуальних особливостей пацієнтів: температури, артеріального тиску, наявності інших захворювань, віку, статі, тривалості хвороби.

Цілі статті

Метою роботи є оцінювання стабільності у часі виявленої практично лінійної залежності рівня цукру у крові хворого на діабет та амплітуди окремих частот спектра його голосу.

Зв'язок спектру голосу людини і рівня цукру в його крові

У роботі [4] проведено оцінку кореляції частотного спектра голосу людини і рівня цукру в її крові. Оцінка проводилася для хворого на діабет 1-го типу. Використовувалися доступні в домашніх умовах засоби: Смартфон Lenovo A859, версія Android 4.2.2, інструмент Диктофон; ПК с ОС WindowsXP, електронна таблиця, вільний цифровий реєстратор звукових файлів Audacity 1.2.6. Голос людини (4-х кратне проголошення назви ноти «мі») фіксувався на смартфоні, по каналу USB переписувався в ПК, де за допомогою програми Audacity проводилася обробка 3-х останніх звучань: нормалізація (рис. 1) і обчислення спектра (рис. 2, 16384 точок, вікно Бартлета, частота запису в журнал).

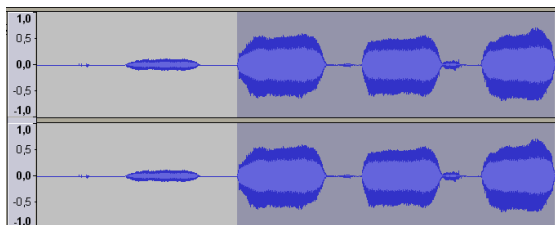


Рис. 1. Результат нормалізації

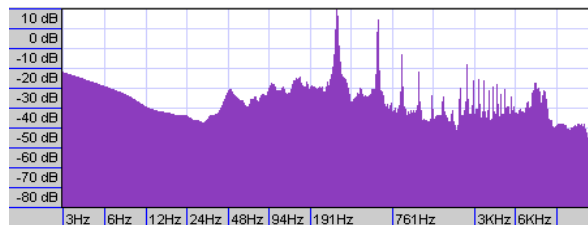


Рис. 2. Результат обчислення спектра

Результати обчислення спектра експортувалися в вигляді текстового файлу * .txt (два стовпці значень «Частота (Гц) – Рівень (дБ)» ($f - u$), 8192 значення (i) в діапазоні від 2,929688 Гц до +23997,070313 Гц) і заносилися до електронної таблиці. Для аналізу було обрано $j = 5$ спектрів голосу, які відповідали вмісту цукру $p_1=3,6$, $p_2=6,3$, $p_3=8$, $p_4=10$ и $p_5=12$ ммоль/л ($p_j < p_{j+1}$, $j=1 \dots 4$), нормальним вважається рівень цукру 3,0...6,0 ммоль/л. При аналізі спектра шукалися такі частоти f_k ($k=1 \dots i$), для яких виконується умова (1): $u_{kj} < u_{k(j+1)}$ для всіх j (більшому рівню цукру повинна відповідати більша амплітуда коливання даної частоти).

Результати пошуку показано на рис. 3, де вертикальними лініями відзначено частоти, для яких виконується зазначена нерівність.

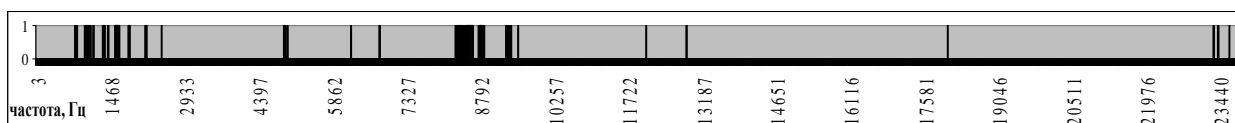


Рис. 3. Лінійчатий спектр ознак, придатних для обчислення рівня цукру

Для двох діапазонів частот 1561 ... 1632 Гц («1600 ср») і 8542 ... 8649 Гц («8600 ср»), на яких нерівність виконується найбільш часто, було підраховано числове значення параметра, пов'язаного з рівнем цукру – сумарний умовний рівень амплітуд всіх частот цих діапазонів

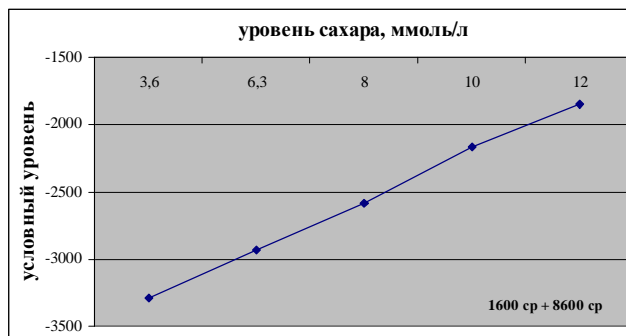


Рис. 4. Залежність параметрів спектра від рівня цукру в крові

(рис. 3), його близька до лінійної залежність від рівня цукру показана на рис. 4.

Дані дослідження (навчання неінвазивного глюкометра) проводилися на протязі 11 діб, після чого почалася його дослідна експлуатація.

Результати дослідної експлуатації наведено у таблиці 1. Як видно, виявлена залежність зберігається на протязі 18 днів, при цьому похибка вимірювання не перевищує 15 %. Виявлена залежність дуже чутлива до зміну стану хворого.

Застуда та нежить виключають можливість користування даним неінвазивним глюкометром. Повторне його використання може бути можливим після повторного навчання (калібрування).

Подальші роботи з створення неінвазивного глюкометра для визначення рівня цукру у крові хворого на діабет повинні включати створення для смартфонів комплексу програм для спектрального аналізу зроблених за допомогою диктофона записів, знаходження за умовою (1) частот, характеристики яких пов'язані з рівнем цукру, визначення, індикацію і документування обчисленого рівня цукру.

Особливостями даного дослідження є: обмежена кількість пацієнтів і результатів аналізів; використання для еталонних результатів показань домашніх глюкометрів, а не результатів лабораторних аналізів. Необхідне проведення додаткових досліджень для визначення стабільності методу та визначення впливу на отримані результати індивідуальних особливостей пацієнтів: температури, артеріального тиску, наявності інших захворювань, віку, статі, тривалості хвороби. Необхідно враховувати неможливість використання запропонованого методу при низьких рівнях цукру, коли людина не може говорити; не визначена похибка методу, необхідність і частота калібрування неінвазивного глюкометра; не перевірено можливість використання інших залежностей, крім наведених в умові (1).

Таблиця 1

Порівняння структурних складностей в квадратній області та за її межами.

Доба	5	16	17	18	25	28	35
Покази домашнього інвазивного глюкометра, ммоль/л	12,2	3,8	8	6,1	7,3	5,3	6,4
Покази дослідного неінвазивного глюкометра, ммоль/л	10,6	7,1	7,1	7,0	12	12	12
Відносна похибка, %	13,0	87,0	11,5	14,5	64,4	126,4	87,5
Примітки		Застуда			Нежить	Нежить	Нежить

Висновки

В результаті досліджень виявлено близьку до лінійної залежність деяких характеристик спектра людського голосу від рівня цукру в його крові, що відкриває можливість створення неінвазивного глюкометра на основі смартфонів для оперативного застосування в домашніх умовах. Виявлена залежність існує до 18 дБ і є чутливою до стану людини, що вимагає періодичного калібрування (навчання) неінвазивного глюкометра.

1. Патент RU 2510023, Россия, Устройство для определения содержания глюкозы в крови / Козлова А. Я., Фролов А. М., Улановский Я. Б., Фаткин М. А. – 2014 г. 2. Патент RU2506893, Россия, Способ неинвазивного определения содержания глюкозы в крови по голосу человек / Козлова А. Я., Фролов А. М., Улановский Я. Б., - 2012 г. 3. Моторин В., Мананков А. Ни капли крови диабета! Техника – молодежи. 2015 г., № 4 (983), с. 28 – 34. 4. Глухов В.С., Глухова А.В. Компьютерные средства для неинвазивного определения уровня сахара в крови больных диабетом // 17-а міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та електронні технології». Україна, м. Одеса. 23-27 травня 2016 р.

Наукові результати, подані у цій статті, було отримано в рамках дослідницького проекту ДБ/КІБЕР з реєстраційним номером 0115U000446, 01.01.2015 – 31.12.2017, фінансово підтриманим Міністерством освіти та науки України.