

ОПТИЧНІ МЕТОДИ НЕІНВАЗИВНОГО ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проблема розробки неінвазивного глюкометра на основі оптичних методів залишається актуальною вже кілька десятиліть. Пропонована стаття присвячена огляду результатів досліджень в цій області за останні 20 років. Описано основні принципи вимірювань та складнощі які при цьому виникають.

Ключові слова: глюкоза, неінвазивні методи, неінвазивний глюкометр, спектроскопічні методи, фотоакустичний метод, ІЧ-випромінювання, оптична когерентна томографія, спектроскопія комбінаційного розсіювання.

Abstract

The problem of developing noninvasive glucometer based on optical methods remains valid for several decades. The present article provides an overview of the results of research in this field for the past 20 years. The basic principles of measurement and the difficulties that arise while.

Keywords: glucose, non-invasive methods, non-invasive blood glucose meter, spectroscopic methods, photoacoustic method, infrared radiation, optical coherence tomography, Raman spectroscopy.

Вступ

Вперше можливостями неінвазивного діагностування рівня глюкози в крові дослідники зацікавилися більше 30 років тому. Численні дослідження підтверджують принципову можливість створення неінвазивного глюкометра на основі оптичних методів.

До недавнього часу фізіологічні особливості кожної людини не давали змоги розробити універсальний неінвазивний глюкомер. Певні труднощі викликали інтерпретація отриманих результатів, необхідність підбору оптимальної процедури калібрування приладів і т.д.

Метою даної статті є огляд принципів оптичного неінвазивного вимірювання рівня глюкози в крові, їх можливостей та ефективності.

Результати дослідження

В якості об'єкта дослідження при спектроскопічних вимірах рівня глюкози в крові можуть виступати губи, язик, крила носа, щоки, пальці і т. д.

В основі спектроскопічних методів визначення рівня глюкози в крові лежить порівняння інтенсивності пучка електромагнітного випромінювання до і після його взаємодії з біологічними тканинами [2]. Основною проблемою при вимірах в цій області спектра є сильне поглинання ІЧ-випромінювання водою, а також те, що спектральні зміни, викликані зміною концентрації глюкози, занадто незначні в порівнянні із змінами спектра вносяться флуктуаціями концентрацій інших речовин або протіканням тих чи інших фізіологічних процесів. Все це створило проблеми при інтерпретації отриманих результатів вимірювань [3].

Принцип фотоакустичного вимірювання фізичних параметрів рідинних середовищ полягає в направленому впливі на них модульованого пучка електромагнітного випромінювання і подальшої реєстрації амплітуди акустичної хвилі, що генерується внаслідок періодичного розширення і стиснення середовища. Амплітуда акустичної хвилі прямо пропорційна щільності абсорбованої енергії [4]. Фотоакустичний метод є більш чутливим, ніж спектроскопічні методи визначення рівня глюкози в крові, проте на них більшою мірою впливають параметри навколишнього середовища [5,6,7].

Спектроскопія комбінаційного розсіювання є методом дослідження фізичних характеристик та хімічного складу речовин і заснована на явищі непружного розсіювання фотонів. Проблеми, пов'язані з вимірюванням рівня глюкози в крові методом комбінаційного розсіювання,

полягають в тому, що ІЧ-випромінювання проникає в шкіру на відстань 0,5 мм, що дає можливість вимірювати концентрацію глюкози тільки в міжклітинній рідині. Крім того, зміна концентрації глюкози в крові призводить до відповідної зміни концентрації в міжклітинній рідині тільки після закінчення 5 ... 10 хв [8].

Поляриметрія використовується для кількісного аналізу розчинів зі оптично активними речовинами. Такі речовини відхиляють вектор поляризації пропускається через них випромінювання на деякий характерний кут. Існує два підходи до вимірювання рівня глюкози в крові за допомогою поляриметричного методу: вимірювання при тангенціальному оптичному шляху і вимір при відображенні випромінювання від кристалика ока під кутом Брюстера. Похибка вимірювань поляриметричним методом складає близька 15 %.

Оптична когерентна томографія була використана для визначення рівня глюкози в крові порівняно недавно. Система ОКТ включає в себе інтерферометр з низько когерентним джерелом світла, що рухається дзеркало на референтному оптоволоконному джгуті, вимірювальний оптоволоконний джгут і фотодетектор для вимірювання інтерферометричного сигналу. Аналізуючи вид експоненціального ослаблення випромінювання в ближній ІЧ-області спектра, можна отримати інформацію про розсіювальні властивості тканин. Оскільки підвищення концентрації глюкози в тканинах призводить до зниження їх коефіцієнта розсіювання, ОКТ є перспективним методом для визначення рівня глюкози в крові з необхідною чутливістю [9].

Висновки

У представлений статті розглянуті оптичні методи вимірювання рівня глюкози в крові. Аналіз літератури показує, що за останні 10 ... 15 років оптичні методи удосконалювалися і похибки вимірювань з їх допомогою скоротилися до значень, близьких до мінімальних. Це підтверджує необхідність і перспективність подальших досліджень в даній області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Burmeister J.J., Arnold M.A. Evaluation of measurement sites for noninvasive blood glucose sensing with near-infrared transmission spectroscopy // *Clinical Chemistry*. 1999. Vol. 45:9. PP. 1621-1627.
2. Weiss R., Yegorchikov Y., Shusterman A., Raz I. Noninvasive continuous glucose monitoring using photoacoustic technology-results from the first 62 subjects // *Diabetes Technology and Therapeutics*. 2007. Vol. 9. Issue 1. PP. 68-74.
3. Trafton A. Shining a light - literally - on diabetes. MIT News Office. 2010 / <http://web.mit.edu/newsoffice/2010/glucose-monitor-0809.html>.
4. Böckle B., Rovati L., Ansari R.R. Polarimetric Glucose Sensing Using Brewster Reflection off of Eye Lens: Theoretical Analysis NASA/TM-2002-211354. SPIE 4624-24 / <http://gltrs.grc.nasa.gov/GLTRS>.
5. Фізичні основи біомедичної оптики (Монографія) / [Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Колісник П. Ф., Козловська Т. І., Думенко В. П.] – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 155 с.
6. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи: (Монографія) / С.В.Павлов, В.П.Кожем'яко, В.Г.Петрук, П.Ф.Колісник – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 254 с.
7. Павлов С.В., Кожем'яко В.П., Петрук В.Г., Колісник П.Ф., Марков С.М. Біомедичні оптико-електронні системи і апарати. Ч.1. Неінвазивні методи діагностики серцево-судинної системи. Навчальний посібник. – ВДТУ, Вінниця. – 2003. – 115 с.
8. Koo T.-W., Berger A.J., Itzkan I., Horowitz G., Feld M.S. Measurement of Glucose in Human Blood Serum Using Raman Spectroscopy / [http:// photonicsociety.org/newsletters/apr98/ramanspec.htm](http://photonicsociety.org/newsletters/apr98/ramanspec.htm).
9. Barman I., Kong C.-R., Singh G.P., Dasari R.R., Feld M.S. Accurate Spectroscopic Calibration for Noninvasive Glucose Monitoring by Modeling the Physiological Glucose Dynamics // *Analytical Chemistry*. 2010. Vol. 82 (14). PP. 6104-6114.

Олег Александрович Сидорук — студент групи О-13б, факультет комп'ютерних систем та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sidoruk.2505@gmail.com.

Науковий керівник: **Сергій Володимирович Павлов** — д-р техн. наук, професор, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: psv@vntu.edu.ua;

Sydoruk Oleh O. - student of O-13b, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: sidoruk.2505@gmail.com

Supervisor: **Pavlov Sergey V.** - Dr. Sc. , Professor, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: psv@vntu.edu.ua