

ТЕХНОЛОГІЇ НЕІНВАЗИВНИХ ОПТИЧНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ

¹Казахський національний дослідницький технічний університет
імені К. І. Сатпаєва,

²Вінницький національний технічний університет

Анотація. В роботі вивчається розробка неінвазивних оптичних способів визначення концентрації глюкози у крові у пацієнтів з діабетом. Рання діагностика та щоденне спостереження потрібні для забезпечення здорового життя пацієнтів із діабетом. Визначення концентрації глюкози в крові за допомогою звичайних приладів включає хімічний аналіз зразків крові, які одержують шляхом проколювання пальця або вилучення крові з передпліччя. Метою даного оглядового дослідження було описання основних оптичних технологій для неінвазивного моніторингу глюкози та порівняння їх переваг та недоліків.

Ключові слова: діабет, глюкоза, неінвазивні методи, оптичні методи.

Вступ

У 21 столітті захворювання на цукровий діабет стало широко поширеним серед населення. Діабет став серйозною проблемою охорони здоров'я у світі, яка характеризується високою концентрацією глюкози в крові та тканинах організму. Інсулін, гормон, що виробляється підшлунковою залозою, необхідний клітинам організму для того, щоб використовувати глюкозу, яка є основним джерелом енергії для організму людини.

За статистикою у всьому світі близько 425 мільйонів хворих на цукровий діабет і 67% з них це пацієнти з Азії. Приблизно від діабету щорічно помирає приблизно 4 мільйони хворих (9% смертей у всьому світі). За прогнозами Міжнародної федерації діабету (IDF) до 2045 таких хворих буде 629 мільйонів.

Дослідження на глюкозу крові (тестування пальцем) пов'язані з болем для пацієнта через збоїв життя і страх перед гіпоглікемією, яка викликана суворим контролем значення глюкози. Ці вимірювання важко виконувати у хворих із тривалим діабетом через мозолі на пальцях. Отже, неінвазивний метод вимірювання рівня глюкози в крові сприятиме значному збільшенню якості життя.

В останні роки майже всі оптичні методи були вивчені для знаходження неінвазивного методу [4]. У цьому огляді основна увага приділяється опису цих методів оптичного прогнозу глюкози, які є сектором діагностичного тестування, розробленим виробниками діагностичних пристроїв у режимі реального часу.

Класифікація оптичних методів визначення рівня крові

Технології, що використовуються для неінвазивного моніторингу глюкози, включають оптичні, трансдермальні та термічні методи [4]. Оптичні методи використовують різні властивості світла для взаємодії з глюкозою залежною від концентрації.

Оптична когерентна томографія (ОКТ)

Оптична когерентна томографія - метод неінвазивного дослідження тонких шарів шкіри та слизових оболонок, очних та зубних тканин людини.

ОКТ використовують для отримання зображень ділянок сітківки, зорового нерва або переднього сегмента ока. Принцип методу ОКТ полягає в тому, що світлова хвиля посилюється в тканини, де поширюється і відображається або ж розсіюється від внутрішніх шарів, які мають всілякі властивості. виявляється фотоприймачем. Блок-схема експериментальної системи ОКТ малюнку 2. ОКТ використовують для отримання зображень ділянок сітківки, зорового нерва або переднього сегмента ока. Принцип методу ОКТ полягає в тому, що світлова хвиля посилюється в

тканини, де поширюється і відображається або ж розсіюється від внутрішніх шарів, які мають всілякі властивості. виявляється фотоприймачем. Блок-схема експериментальної системи ОКТ рисунок 2.

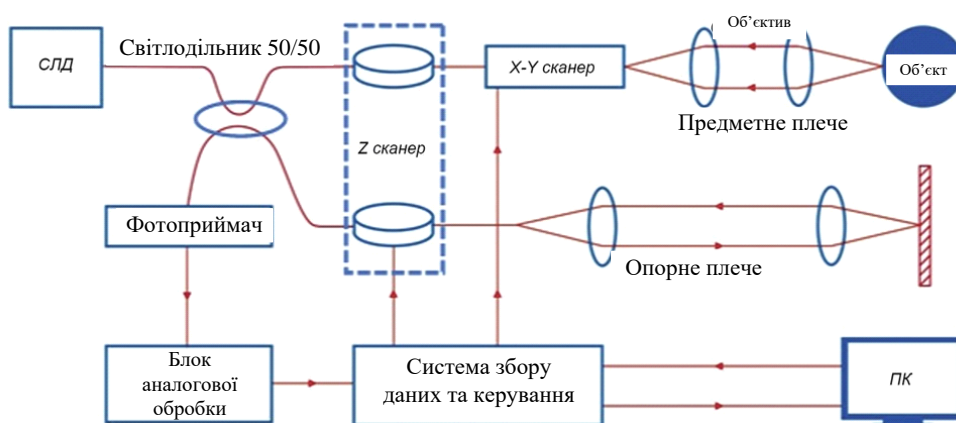


Рисунок. 2. Блок-схема експериментальної системи Оптична когерентна томографія

Випромінювання від джерела - суперлюмінесцентного діода (СЛД) - за допомогою світлоділника розщеплюється і подається в предметне та опорне плечі оптичного пристрою, що називається інтерферометром. Світлові хвилі, розсіяні досліджуваним об'єктом і відбиті від опорного дзеркала, подаються на фотоприймач, який перетворює інтенсивність світла на фотострум. Після проходження блоку аналогової обробки системи збору даних і управління сигнал виводиться на екран персонального комп'ютера (ПК) [5].

Властивості розсіювання тканин сильно залежать від відношення показника заломлення центрів розсіювання (наприклад, компонентів клітин і білків) до показника заломлення проміжної рідини. У міру збільшення концентрації глюкози в інтерстиціальній рідині показник заломлення також збільшується, що визначає зменшення невідповідності показника заломлення і коефіцієнта розсіювання [2, 3]. Таким чином, на підставі даних ГКТ, що генеруються розсіяним світлом, може бути отримана оцінка концентрації глюкози в інтерстиціальній рідині.

Чутливість цієї техніки рухомим є одним з обмежень. Невеликі зміни температури шкіри мають незначний вплив, зміни в кілька градусів значно впливають на сигнал.

Висновок

Представлено опис основних оптичних технологій для неінвазивного моніторингу глюкози. Поява нових методів виявлення, поліпшення у вимірювальні технології та методи зниження шуму внесли свій внесок у неінвазивний моніторинг рівня глюкози..

Переваги та недоліки неінвазивних методів вимірювання глюкози у крові.

Переваги: безболісність процедури діагностики; відсутність ризику передачі інфекцій через кров; відсутність необхідності забору біоматеріалу; відсутність необхідності використання витратного матеріалу (тест-смужки).

Недоліки: необхідність індивідуального калібрування для кожного пацієнта; складність технічної реалізації; складність обліку сукупності всіх факторів, які роблять внесок у вимір.

Чутливість до численних фізіологічних факторів, факторів навколишнього середовища та факторів активності, які часто змінюються у звичайному повсякденному житті, призвела до того, що деякі технології ще не були використані у пристрої, в той час як деякі інші призвели до створення пристрою, принаймні, у просунутому стані прототипу. Застосування даних методів може бути застосоване для постачання існуючих приладів неінвазивної діагностики концентрації глюкози оптичними аналізаторами з метою поліпшення якості та точності вимірювань, що є першорядним завданням для приладів такого роду. Крім того, розумно очікувати, що більше одного може призвести до успішного датчика.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Walkers R, Rodgers J. Diabetes: A Practical Guide to Managing your Health. London: Dorling Kindersley Inc. Publishing; 2004.
2. Asher SA, Sharma AC, Goponenko AV, Ward MM. Photonic crystal aqueous metal cation sensing materials. AnalChem. 2003 Apr 1;75(7):1676-83.

3. Sharma AC, Jana T, Kesavamoorthy R, Shi L, Virji MA, Finegold DN, et al. A general photonic crystal sensing motif: creatinine in bodily fluids. *J Am Chem Soc.* 2004 Mar 10;126(9):2971-7
4. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). *Information Technology in Medical Diagnostics II*. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>.
5. Pavlov S. V. *Information Technology in Medical Diagnostics* //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages
6. Захарова М.А., Куроедов А.В. РМЖ «Клиническая Офтальмология» №4 от 06.11.2015
7. Ж. М. Хоменко, А.К. Зильгараева, С.В. Павлов, О.С. Безкрєвний. Застосування спектрофотометричних методів для дослідження оптичних показників біотканин, Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, № 1,2020, С.52-60.
8. Kim YJ, Yoon G. Prediction of glucose in whole blood by near-infrared spectroscopy: Influence of wavelength region, preprocessing, and hemoglobin concentration. *J. Biomed. 2006 Opt*; 11(4): 041128.

Зильгараева Алія Килишбайвна – аспірант, Казахський національний дослідний технічний університет імені К.І. Сатбаєва.

Павлов Сергій Володимирович - д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії Вінницький національний технічний університет, e-mail: psv@vntu.edu.ua

Смайлов Нуржигит Куралбаєвич, Ph.D., Associate Professor, Institute of Automation and Information Technologies Department of "Electronics, Telecommunications and Space Technologies" Казахський національний дослідний технічний університет імені К.І. Сатбаєва, e-mail: n.smailov@satbayev.university

Безкрєвний Олександр Сергійович, аспірант кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: alexvntu@gmail.com

TECHNOLOGIES OF NON-INVASIVE OPTICAL METHODS FOR DETERMINATION OF BLOOD GLUCOSE LEVEL

Annotation. *The article studies the development of non-invasive optical methods for determining the concentration of glucose in the blood of patients with diabetes. Early diagnosis and day-to-day monitoring is essential to ensure a healthy life for patients with diabetes. Determining the concentration of glucose in the blood using conventional devices includes a chemical analysis of blood samples that are obtained by pricking a finger or extracting blood from the forearm. The purpose of this review study was to describe the main optical technologies for non-invasive monitoring of glucose and to compare their advantages and disadvantages.*

Keywords: diabetes, glucose, non-invasive methods, optical methods.

Zilgaraeva Aliya - graduate student of the Kazakh National Research Technical University named after KI Satbayeva.

Pavlov Sergii - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: psv@vntu.edu.ua

Smailov Nurzhigit - Ph.D. Associate Professor, Institute of Automation and Information Technologies Department of "Electronics, Telecommunications and Space Technologies" Kazakh National Research Technical University named after KI Satbayeva, e-mail: n.smailov@satbayev.university

Bezkrєvnyy Olexandr, Postgraduate Student, Department of Laser and Optoelectronic Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: alexvntu@gmail.com.