

РОЗРОБКА СХЕМИ АНАЛІЗУ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ В АМБУЛАТОРНИХ УМОВАХ

Чайківська Ю.М.¹⁾, Пасічник Р.М.²⁾, Матвійків В.П.³⁾,

Тернопільський національний економічний університет

^{1) аспірант; ^{2) к.ф.-м.н., доцент}}

^{3) Тернопільський національний педагогічний університет, аспірант}

I. Постановка проблеми

Моделюючи динаміку глюкози в крові, зарубіжні науковці використовують дані, що отримані за допомогою інсулінової помпи. Інсулінова помпа є альтернативою багаторазовим щоденним ін'єкціям інсуліну шприц-ручкою і дозволяє проводити інтенсивну інсулінотерапію в поєднанні з моніторингом рівня глюкози. Проте інсулінова помпа є дорогою. Не кожен пересічний українець може придбати такий медичний пристрій. Окрім того, постійний контроль інсуліну за допомогою інсулінової помпи сприяє повному «відключенню» клітин підшлункової залози, відповідальних за вироблення свого інсуліну, через що вони вже ніколи не будуть виробляти цей гормон, нехай і в невеликих кількостях. Тому постає задача верифікації моделей динаміки глюкози в крові на основі даних, що отримані в амбулаторних умовах.

II. Мета роботи

Метою даного дослідження є розробка схеми аналізу моделі динаміки глюкози в крові в амбулаторних умовах. Розглядається мінімальна модель Бретона, яка описує зміну глюкози в крові. Дана модель не деталізує обсяги надходження глюкози в залежності від раціону пацієнта, а також параметрів його організму. Дані для верифікації моделі конкретного організму отримані за допомогою глюкометра, С-пептидного тесту та пульсометра. Згадана модель дозволяє описати зміну інсуліну внаслідок фізичних навантажень.

III. Аналіз моделі динаміки глюкози в крові в амбулаторних умовах

Ідентифікація запропонованих моделей здійснюється на основі даних, отриманих в клінічних умовах. В той же час, рекомендується лише після 2-3 місяців занять лікувальною фізкультурою, здійснювати аналіз крові на гліколізований гемоглобін. Такий тривалий період лікувальна фізкультура може виконуватися лише в амбулаторних умовах. Тому актуальною є задача побудови динаміки вмісту глюкози в крові під дією фізичних навантажень, що може бути ідентифікована в амбулаторних умовах.

Для моделювання динаміки глюкози в крові розглянемо мінімальну модель Бретона [1].

$$\begin{cases} \dot{G} = p_1(G - G_b) - (1 + aZ)XG - \beta YG + M & (1) \\ \dot{X} = -p_2X + p_3(I - I_b) & (2) \\ \dot{Y} = -\frac{1}{\tau_{HR}}Y + \frac{1}{\tau_{HR}}(HR - HR_b) & (3) \\ \dot{Z} = -\left(f(Y) + \frac{1}{\tau}\right)Z + f(Y), \text{ де } f(Y) = \frac{\left(\frac{Y}{aHR_b}\right)^n}{1 + \left(\frac{Y}{aHR_b}\right)^n} & (4) \end{cases}$$

В цій моделі рівняння (1) описує зміну глюкози в крові, де G — значення глюкози в плазмі крові, G_b — основний рівень глюкози в крові, p_1 — константа, що дозволяє оцінити дію інсуліну на периферійну утилізацію глюкози, a — представляє довгострокові зміни амплітуди серцевого ритму, Z — показує довгострокові зміни чутливості інсуліну протягом фізичної активності хворого, β — короткострокові зміни внаслідок активності, що залежить від ритму серця, M — надходження глюкози з їжею. Рівняння (2) дозволяє описати зміну інсуліну, де p_2 — константа, що характеризує зовнішню появу інсуліна і його дію; X — віддалений інсулін; p_3 — константа, що характеризує інтенсивність дії інсуліну; I — інсулін в плазмі крові, I_b — основний рівень інсуліну. Рівняння (3) фактично є фільтром серцевого ритму, тобто імітує збільшення використання енергії, де: Y — описує короткотривалі зміни серцевих скорочень; τ_{HR} — інтенсивність навантаження; HR — ритм серця; HR_b — основний рівень серцевого ритму. Рівняння (4) описує чутливість інсуліну внаслідок фізичних навантажень.

Для ідентифікації вищезгаданої моделі будуть використовуватися дані, які отримані в амбулаторних умовах для конкретного організму. Протягом двох місяців у хворого на цукровий діабет II типу спостерігалася динаміка глюкози в певні моменти часу, які зображені на рис. 1.

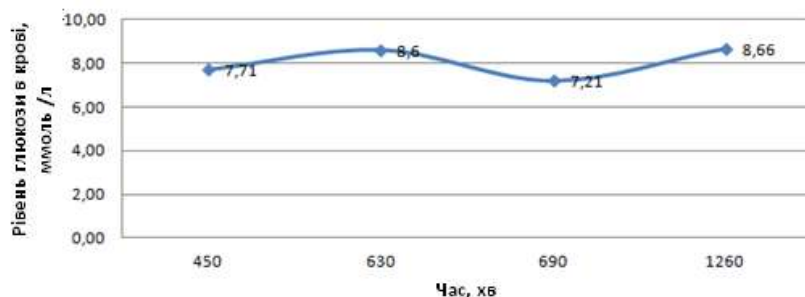


Рисунок 1 - Динаміка глюкози в крові

Відповідно спостерігалася і зміна інсуліну, який визначався за допомогою С-пептидного тесту (рис. 2).

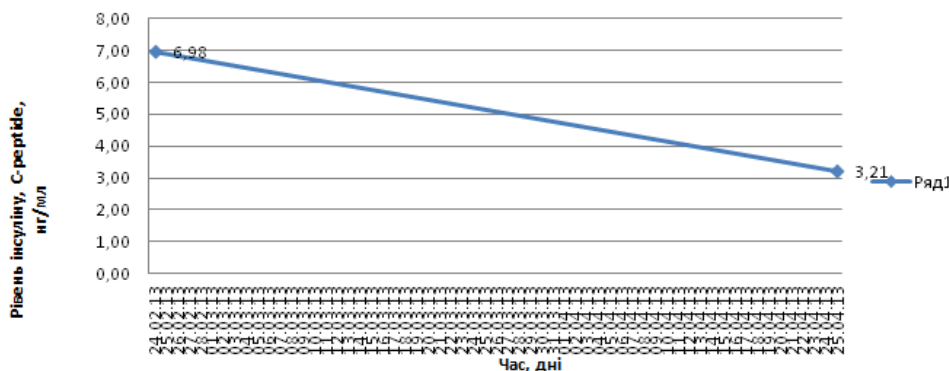


Рисунок 2 - Зміна інсуліну під впливом фізичних навантажень

Поряд із вищезазначеними показниками, проводилися заміри пульсу до навантажень, під час і після вправ через деякий проміжок часу (рис. 3).

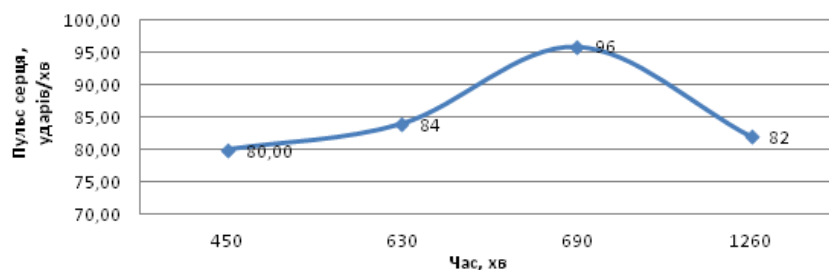


Рисунок 3 - Ритм серця протягом доби

Висновок

Запропоновано схему побудови моделі рівня глюкози та інсуліну в крові у хворих на цукровий діабет під дією фізичних навантажень, яка дозволить дослідити вплив лікувальної фізкультури на хворих в амбулаторних умовах. Дана модель повинна бути поповнена компонентами, що враховують обсяги надходження глюкози в залежності від раціону пацієнта, яку можна побудувати за допомогою калькулятора калорійності [2]. Варто зазначити, що віддалений інсулін є неспостережуваною величиною, що приводить до поганої обумовленості даної моделі та вимагає розробки методу її регуляризації.

Список використаних джерел

1. Breton MD. Physical activity--the major unaccounted impediment to closed loop control. J Diabetes Sci Technol. 2008;2(1):169-74.
2. Калькулятор калорій [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.menshealth.com.ua/calc/>