МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATLAB/SIMULINK БАЛАНСА «ИНСУЛИН-ГЛЮКОЗА» В КРОВИ ПАЦИЕНТА В НОРМЕ И ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ ПЕРВОГО ТИПА

Белов В.С., Командресова Т.М., Самаркин А.И., Прокофьев М.

Цель исследования:

Изучить возможность использования современной интерактивной системы компьютерной математики MatLab/Simulink при моделировании баланса «инсулин-глюкоза» в крови пациентов в норме и страдающих сахарным диабетом I типа.

Задачи исследования:

1. Построить моделирующую схему в графических нотациях системы MatLab/Simulink;
2. Описать ряд вычислительных экспериментов на ней по определению вида гликемических профилей концентрации глюкозы и инсулина в крови пациента в норме и при сахарном диабете I типа;
3. Продемонстрирована возможность использования модельных отображений в среде MatLab/Simulink при введении в контур инсулинотерапии больного сахарным диабетом I типа инсулиновой помпы, управляемой значением концентрации глюкозы в крови больного;
4. Определение направления дальнейшего использования и развития описанной компьютерной модели при проведении модельных исследований динамики изменения баланса «инсулин-глюкоза» в [illegible] нагруженными мероприятиями и пр.

Методы исследования:

1. Метод построения и решения системы нелинейных дифференциальных уравнений, характеризующих динамику изменения глюкозы и инсулина в организме человека;
2. Программная система математического моделирования MatLab (Matrix Laboratory – матричная лаборатория) с расширением Simulink;
3. Метод графического представления физиологических процессов.

Практическая часть исследования:

инициирован следующими причинами:

a. недостаточная выработка инсулина β–клетками поджелудочной железы;
b. изменена молекулярная структура инсулина;
c. инсулин не распознается рецепторами клеток.

Исходные положения:

1. Существует индивидуальный для каждого («нормальный») уровень концентрации глюкозы в крови;
2. При **превышении** этого уровня глюкозы, в кровь выбрасывается количество инсулина пропорциональное разнице между текущим и «нормальным» (часто с временной задержкой);
3. Инсулин взаимодействуя с особыми рецепторами клеток, является проводником глюкозы в инсулинзависимые ткани (глюкоза и инсулин взаимо элиминируются);
4. При **снижении** уровня глюкозы, запускается гликогенолиз в печени, и этот уровень снова восстанавливается до «нормального»;
5. При превышении допустимой концентрации глюкозы, ее излишек выводится почками (глюкозурия);
6. Инсулин может находиться в связанном с белками состоянии и свободной от них (далее рассматривается свободный инсулин).

На основании этих обстоятельств сформируем систему уравнений на рис. 1, а для разработки и

Результаты и выводы:

системой уравнений, используем MatLab с расширением Simulink.

MatLab/Simulink является достаточно точным инструментом для моделирования патологических процессов в организме.

Данная схема также может быть усовершенствована и подстроена под индивидуальные особенности организма и стать незаменимым инструментом врача-эндокринолога для прогнозирования заболевания и его более точечного лечения.

$$\begin{cases} \dfrac{dI(t)}{dt} = \alpha \cdot \big(G(t) - G_0\big)\theta\big(G(t) - G_0\big) - \eta \cdot G(t) \cdot I(t) + L(t) \\ \dfrac{dG(t)}{dt} = \gamma \cdot \big(G_0 - G(t)\big)\theta\big(G_0 - G(t)\big) - \nu \cdot G(t) \cdot I(t) - \mu \cdot \big(G(t) - G_{cr}\big)\theta\big(G(t) - G_{cr}\big) + S(t) \end{cases},$$

Рисунок 1. Система нелинейных дифференциальных уравнений, характеризующих динамику изменения глюкозы и инсулина в организме человека.

Рисунок 2. Схема установления баланса «глюкоза-инсулин» в крови пациента в норме.

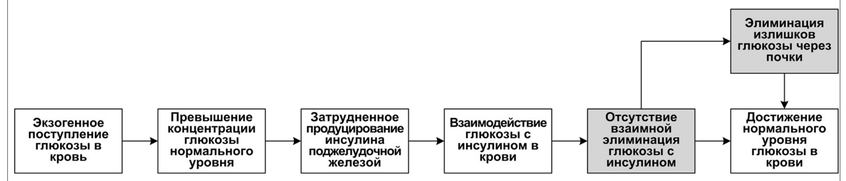

Рисунок 3. Схема установления баланса «глюкоза-инсулин» в крови пациента при наличии у него сахарного диабета I типа.

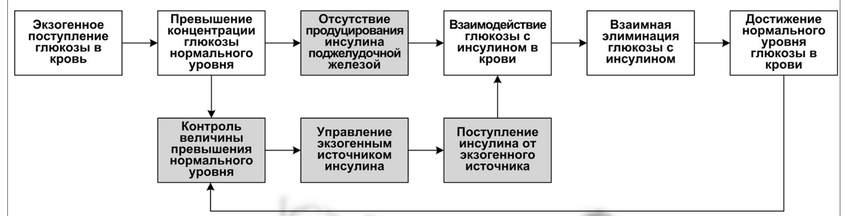

Рисунок 3. Схема установления баланса «глюкоза-инсулин» в крови пациента при наличии у него сахарного диабета I типа.

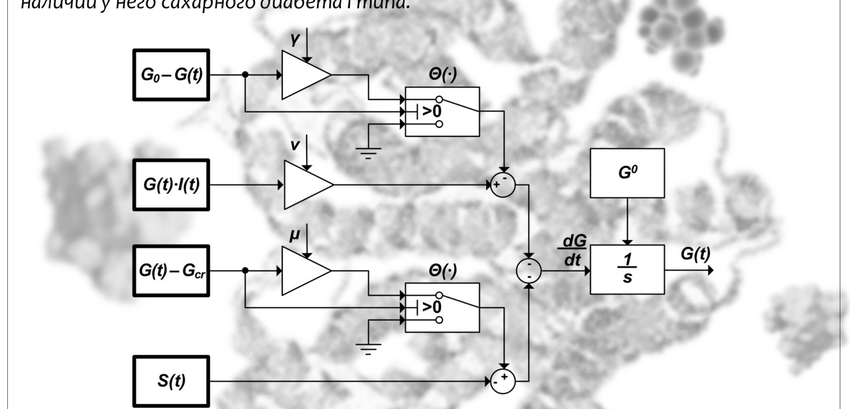

Рисунок 4. Модель динамики изменения глюкозы в крови, где блок « » – интегратор, блок «Go»– задатчик начальных условий интегратора, блок « » выполняет операцию умножения на соответствующий коэффициент γ, ν или μ, субблоки «Go – G(t)», «G(t)·I(t», «G(t) – Gcr», «S(t)» предназначены для формирования соответствующих элементов второго уравнения системы.