

AUTOMATISATION DE L'INSULINOTHERAPIE FONCTIONNELLE

Réalisation d'un prototype de pancréas artificiel

Résumé

Le diabète de type 1 est une maladie auto-immune nécessitant l'injection régulière d'insuline.

L'insulinothérapie fonctionnelle est le traitement de référence. Dans ce travail, nous défendons un projet de Pancréas Artificiel fondé sur l'automatisation de l'insulinothérapie fonctionnelle. Nous montrons que cette commande entre dans la classe des retours d'état. Les variables internes (insuline à bord, variables de digestion) doivent être estimées à l'aide d'un observateur. Il s'agit donc d'une boucle fermée fondée sur un modèle mathématique.

A cette fin, nous présentons un nouveau modèle de la dynamique insuline glucose intégrant une nouvelle entrée délivrée par une montre connectée : la fréquence cardiaque afin de modéliser l'activité physique. Nous validons notre modèle sur des données cliniques de l'essai clinique ModIF.

Comme il n'existe pas de modèle mathématique dans la littérature qui emporte l'unanimité de la communauté scientifique, il n'existe pas non plus de définition mathématique rigoureuse de notions aussi fondamentales que le débit basal d'insuline ou le facteur de sensibilité à l'insuline. Nous avons comblé cette lacune en donnant des définitions universelles de l'insuline basale, des facteurs de sensibilité à l'insuline, aux glucides, à l'activité physique, ou à toute autre entrée de perturbation. Ces définitions sont universelles dans la mesure où elles peuvent être aisément particularisées à un modèle mathématique spécifique. Ces définitions permettent alors de revenir facilement aux paramètres de l'insulinothérapie fonctionnelle.

De même, de multiples schémas de boucles fermées sont en concurrence sur le marché ; nous avons défini mathématiquement l'horizon de la meilleure performance possible avec un traitement monohormonal. Il est illusoire de prétendre dépasser un tel horizon et la meilleure commande sera celle qui se rapprochera au mieux dudit horizon de performance.

Nous faisons la synthèse d'une première loi de commande intégrant l'activité physique et d'une seconde loi de commande permettant l'anticipation des repas dans un souci d'optimisation glycémique. Nous avons testé ces deux stratégies sur simulateur de patients virtuels (OHSU et UVA/Padova).

Un prototype de pancréas artificiel a été réalisé en intégrant nos deux algorithmes dans la solution open source OpenAPS.

Mots-clés : Diabète de type 1, Modélisation, Commande, Essai clinique, Prototype, Pancréas Artificiel