

Vércukorszint dinamikák klaszterezése 1-es típusú cukorbetegségben

1-es típusú cukorbetegség

Az 1-es típusú diabetes mellitus (más néven inzulinfüggő diabetes mellitus) egy autoimmun betegség, amelyet abszolút inzulinhiány okoz. Hátterében az áll, hogy a szervezet immunrendszerére idegenként ismeri fel a saját sejtek egy részét, és autoimmun gyulladás következtében elpusztulnak a hasnyálmirigy inzulint termelő béta-sejtjei. Az inzulin abszolút hiánya és a hipoglikémiára adott elégtelen válasz miatt a vércukorszint gyakran megjósolhatatlanul és szabálytalanul ingadozik. Ez a diabétesz bármely életkorban előfordulhat, de leggyakrabban gyermek- és fiatal felnőttkorban jelentkezik.

Korábban egészséges embereket támad meg, normál testsúllyal. A betegek általában soványak, gyakori a jelentős fogyás a betegség megállapítása előtt. A tünetek gyorsan alakulnak ki, a betegek kezeléséhez inzulin szükséges. Kezeletlen vagy rosszul kezelt esetben ketoacidózisos kóma alakulhat ki.

Az 1-es típusú diabétesz általában a diabéteszes esetek 10%-át teszi ki Európában és Amerikában. Leggyakoribb Skandináviában, míg ritka Japánban és Koreában. Európán belül is jelentősen változó gyakoriságú, több mint tízszer gyakoribb Finnországból, mint Macedóniából. Magyarországon is egyre nő ennek a típusnak a gyakorisága.

A korábbi fiatalkori cukorbetegség elnevezést ma már nem használják, ugyanis bármely életkorban elkezdődhet. Az 1-es típusú diabétesz kialakulását összefüggésbe hozzák a csecsemőkori tehéntejfogyasztással. Egy svéd diabetológus csoport szerint hatékonyabban kezelhető alacsony szénhidrát

étrenddel, mint a jelenlegi magas szénhidrát alapú protokollal.

Jelenleg nincs olyan eljárás, amely meggyógyítaná a cukorbetegséget. Számos kísérlet irányul az inzulintermelés helyreállítására, de tartós eredmény nincs. A kutatás érinti a mesterséges hasnyálmirigy rendszereket és védett béta-sejtköteg beültetést is.

Az 1-es típus nehezebben tartható karban, mint a 2-es. Gyakori az inzulinszint indokolatlan változása, ami növeli a ketoacidózis kockázatát. Egyéb szövődmények: fertőzések, gyomorbénulás, hormonproblémák (pl. Addison-kór). Genetikai tényezők növelhetik a hajlamot, például bizonyos HLA genotípusok.

Táplálkozási tényezők és vírusok szerepét is vizsgálják, de bizonyítékok nem teljesek. A gluténben található gliadin kapcsolatba hozható, emiatt gyakoribb lehet a lisztérzékenység.

A betegség bármely életkorban kezdődhet, gyakran felnőttkorban fedezik fel. Ezt a formát LADA-nak (Latent Autoimmune Diabetes in Adults) nevezik.

1-es típusú cukorbetegség kezelése

A kezelés azonnali inzulinnal kezdődik. Az inzulin bevhető injekcióval, inzulintollal vagy inzulinpumpával. A kezelés mellett szükséges a rendszeres vércukormérés (napi 4–12 alkalom). Ez történhet ujjbegyszúrással vagy folyamatos vércukormonitorozással (CGM).

A legjobb eredmény CGM + inzulinpumpa kombinációjával érhető el.

Alacsony szénhidrát étrenddel néhány esetben javulásról számoltak be. Magyarországon dr. Tóth Csaba paleo-ketogén étrenddel kezelt betegeknél inzulintermelés visszatérését dokumentálták.

Szimulátor 1: py-mGIPsim

Az mGIPsim (Metabolic Glucose–Insulin Physiology Simulator) egy nyílt forráskódú metabolikus szimulátor, amely 20 virtuális, 1-es típusú cukorbeteg

páciens vércukor- és inzulinszintjét modellező különféle terápiás, étkezési és fizikai aktivitási körülmények között.

Python nyelven készült, vektorizált JIT-fordítással optimalizált számítási modellel. Moduláris felépítésű, bővíthető új modellekkel és algoritmusokkal.

Felhasználási módok:

- Streamlit alapú grafikus felület,
- Interaktív parancssori mód,
- Egyszerű CLI mód egy parancssorból.

Támogatott terápiák:

- MDI (Multiple Daily Injections),
- SAP (Sensor-Augmented Pump Therapy),
- Hybrid Closed-Loop rendszerek.

A szimuláció képes étkezések, mozgás és inzulinadagolás hatását több napon át modellezni, egyéni fisiológiai különbségek figyelembevételével.

Szimulátor 2: DMMS.R

A **DMMS.R** (Diabetes Mellitus Metabolic Simulator – Research) egy kutatási célokra fejlesztett, professzionális metabolikus szimulátor. Az alkalmazás képes 1-es és 2-es típusú cukorbetegség, valamint a prediabétesz élet-tani folyamatait modellezni virtuális pácienseken. A szimulátor 55 virtuális alanyt tartalmaz, különböző betegcsoportokra bontva: 1-es típusú gyermek, serdülő és felnőtt, 2-es típusú felnőtt, valamint prediabéteszes felnőtt. Mind-egyik alany egyedi, előre megadott anyagcsere-paraméterekkel rendelkezik. A szimulátor célja klinikai kísérletek előzetes és biztonságos támogatása.

A szimuláció alapját egy kompartmentalizált glükóz–inzulin anyagcsere modell képezi, amely a hormonok, vércukorszint és az inzulin dinamikáját perces időfelbontásban követi. A modell figyelembe veszi az étkezéseket, a

fizikai aktivitást, az inzulinadagolást, a gyógyszeres kezelést és a cirkadián ritmust is. A rendszer támogatja az inzulin farmakokinetikáját és farmakodinamikáját, a biohasznosulást, a lassú felszabadulású készítményeket, valamint az aktív inzulin mennyiségének számítását.

1. Moduláris felépítés

A DMMS.R moduláris felépítésű, három fő elemből áll:

1. Virtuális páciensek adatbázisa, amely tartalmazza a különböző anyagcsere-jellemzőket.
2. Matematikai szimulációs motor, amely kiszámítja a fisiológiai folyamatokat.
3. Grafikus felület, amelyen keresztül konfigurálható a szimuláció.

2. Konfigurálható szenzorok és vezérlők

A szimulátor többféle szenzor-, vezérlő- és adagolóelem konfigurálását teszi lehetővé:

1. Ideális és zájjal terhelt CGM és SMBG szenzorok.
2. Étkezési, korrekciós és bázisinzulin vezérlők.
3. Inzulinpumpák és injekciós adagoló rendszerek.

A programban megadhatók gyógyszeres kezelések, edzésprogramok és étkezések a páciensek számára. A szimuláció során zaj is alkalmazható a valós mérési és adagolási bizonytalanság modellezésére.

3. Eredmények és felhasználás

A szimulációk eredményei részletes idősor-grafikonokon, *CVGA* (Control-Variability Grid Analysis) elemzésen, valamint egyéni és populációs szintű

statisztikai mutatókon jelennek meg. Az adatok CSV és MATLAB formátumban exportálhatók.

A **DMMS.R** elsősorban kutatási, fejlesztési és orvostechnikai validációs célokat szolgál. Alkalmas inzulinpumpák, gyógyszeres terápiák és digitális diabétesz-menedzsment rendszerek előzetes vizsgálatára és tesztelésére, anélkül, hogy valós betegeken kellene kísérletezni. A program kifejezetten klinikai kutatási környezetbe készült.

Szimulátorok összehasonlítása

Szempont	py-mGIPsim	DMMS.R
Fő cél	Oktatási, kutatási és fejlesztési célú, rugalmas szimuláció	Klinikai kutatási és validációs célú, professzionális szimulátor
Modellezett betegek	20 virtuális 1-es típusú cukorbeteg	55 virtuális beteg: 1-es típus, 2-es típus, prediabétesz
Részletesség	Közepes–magas szintű fiziológiai modell	Nagyon részletes, klinikailag orientált kompartment modellek
Felhasználói felület	GUI, interaktív CMD, egyszerű CLI	Dedikált grafikus felület
Terápia / vezérlés	MDI, SAP, Hybrid Closed-loop	Inzulinpumpák, injekciók, CGM/SGBM, gyógyszerek
Zaj és realitás	Főként determinisztikus modellezés	Mérési és adagolási zaj
Eredmények	Vércukor-időfüggvények, jól vizualizálható kimenet	Részletes idősorok, statisztikai elemzések
Bővíthetőség	Nagyon jól bővíthető, fejlesztőbarát	Strukturált, klinikai környezethez kötött
Technológia	Python, JIT-optimalizált futás	Kutatásra fókusztált matematikai motor

Források

- https://hu.wikipedia.org/wiki/Cukorbetegs%C3%A9g#1-es_t%C3%ADpus%C3%BA_diabetes_mellitus

- https://hu.wikipedia.org/wiki/Cukorbetegs%C3%A9s#1-es_t%C3%A9tlenes