

STAR: HATÉKONY VÉRCUKOR SZABÁLYOZÁSI PROTOKOL INTENZÍV OSZTÁLYON

Benyó Balázs*, Illyés Attila, Homlok József*,
Geoffrey M. Shaw***, Geoff Chase*****

***Irányítástechnika és Informatika Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**

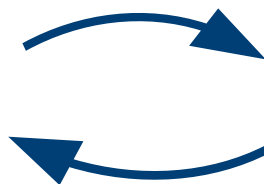
****Központi Aneszteziológiai és Intenzív Betegellátó Osztály,
Pándy Kálmán Megyei Kórház**

*****Department of Mechanical Engineering,
University of Canterbury, Christchurch, New Zealand**

Szoros vércukor szabályozás

A vércukorszint normoglikémiás tartományban tartása
inzulin adagolással és a táplálás szabályozásával

Vércukor mérés



Inzulin és tápanyag

Szoros vércukor szabályozással a mortalitás 25-40%-al csökkenthető.

STAR: Visszacsatolt szabályozás



Mért beteg paraméterek

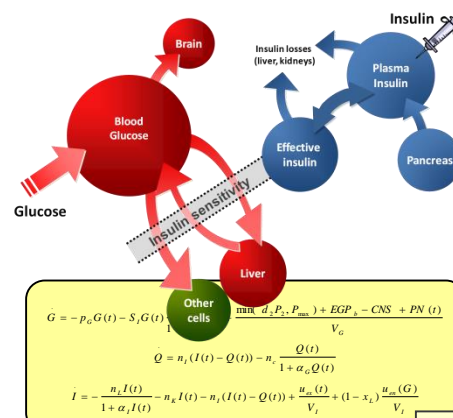


Beteg kezelése



A nővér beállítja a javasolt értékeket a pumpákra

Döntéstámogató rendszer

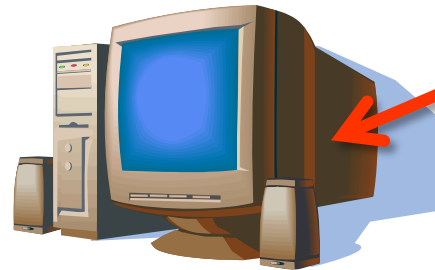
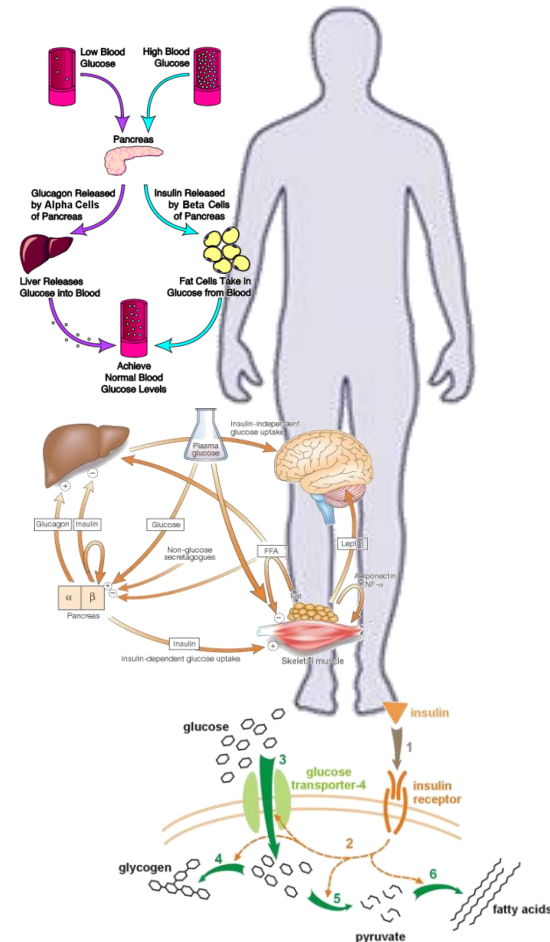


Közvetlenül nem mérhető betegparaméterek meghatározása a döntéstámogatáshoz
Inzulin szenzitivitás (SI)

“Nurse-in-the-loop” típusú rendszer. Intenzív terápiában általánosan használt eszközökkel és általános célú számítástechnikai eszközzel megvalósítható.

Modell alapú megközelítés

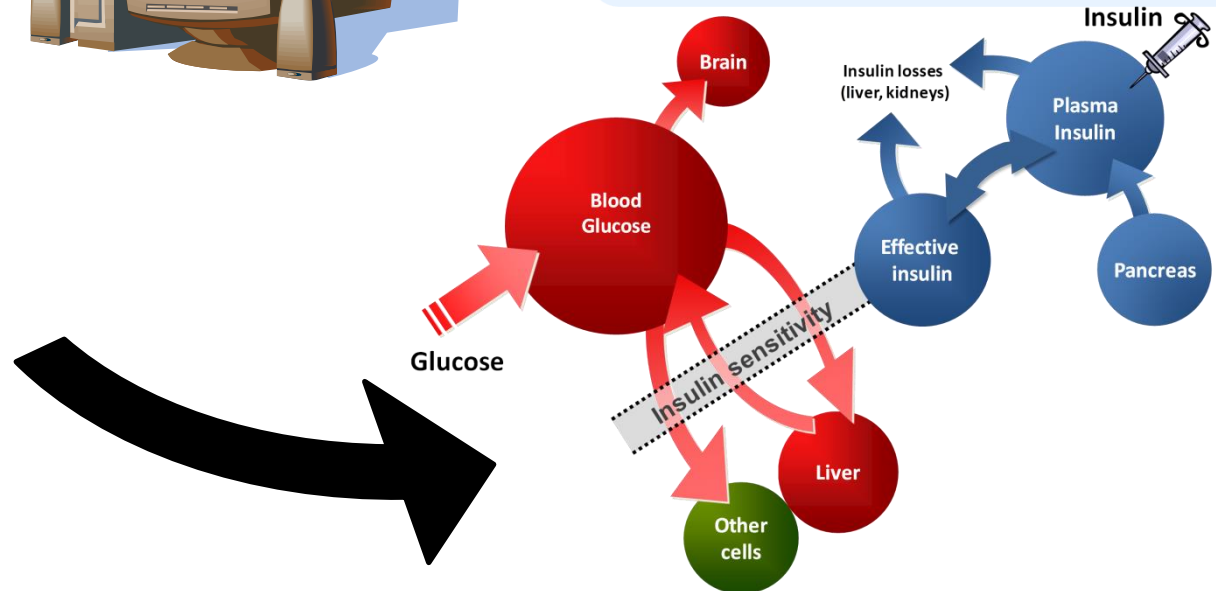
A modell alapján szimuláció, identifikáció stb.
felhasználásával tervezzük meg és
implementáljuk a terápiás módszert.



$$\dot{G} = -p_G G(t) - S_I G(t) \frac{Q(t)}{1 + \alpha_G Q(t)} + \frac{\min(d_2 P_2, P_{\max}) + EGP_b - CNS + PN(t)}{V_G}$$

$$\dot{Q} = n_I (I(t) - Q(t)) - n_c \frac{Q(t)}{1 + \alpha_G Q(t)}$$

$$\dot{I} = -\frac{n_I I(t)}{1 + \alpha_I I(t)} - n_K I(t) - n_I (I(t) - Q(t)) + \frac{u_{ex}(t)}{V_I} + (1 - x_L) \frac{u_{en}(G)}{V_I}$$



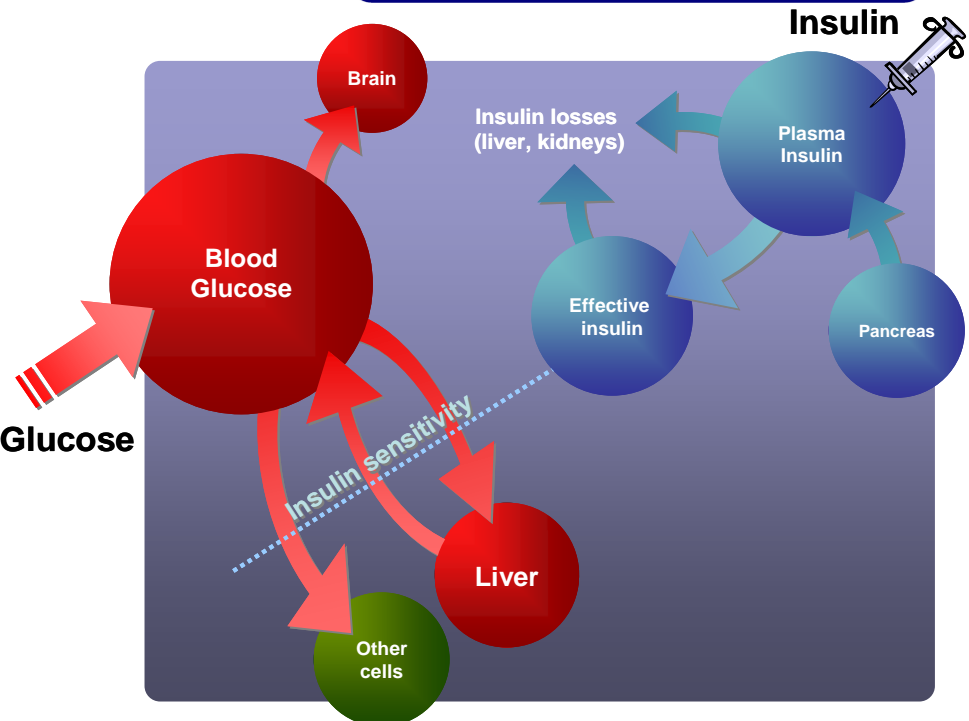
Fiziológiai folyamat kompartment modell

- *Kompartment modell*
 - *a szervezet metabolikus egyensúlyát fenntartó fiziológias folyamatok leírása*
- *In-silico szimulációs környezet*
 - *beteg állapot-történetének meghatározása*
 - *Különböző kezelési alternatívák*
 - *betegek veszélyeztetése nélkül lehet tesztelni új protokoll változatot*
- *Több 10.000 órányi betegadat*
 - *inzulin szenzitivitás (S_I) változást leíró valószínűség sűrűség függvény*

$$\dot{G} = -p_G \cdot G - S_I \cdot G \cdot \frac{Q}{1 + \alpha_G Q} + \frac{P(t) + EGP_{MAX} - CNS}{V_G(t)}$$

$$\dot{I} = -\frac{nI}{1 + \alpha_I I} + \frac{u_{ex}(t)}{V_I} + e^{-(k_I u_{ex}(t))} I_B$$

$$\dot{Q} = -kQ + kI$$



STAR: Visszacsatolt szabályozás



Mért beteg paraméterek

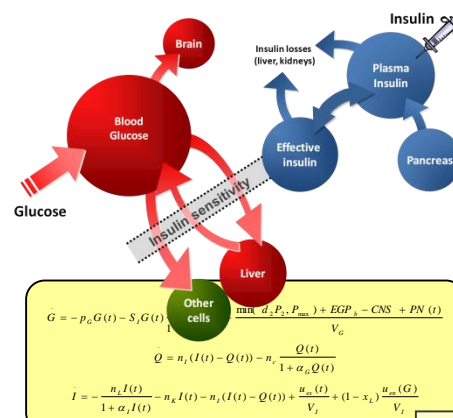


Beteg kezelése



A nővér beállítja a javasolt értékeket a pumpákra

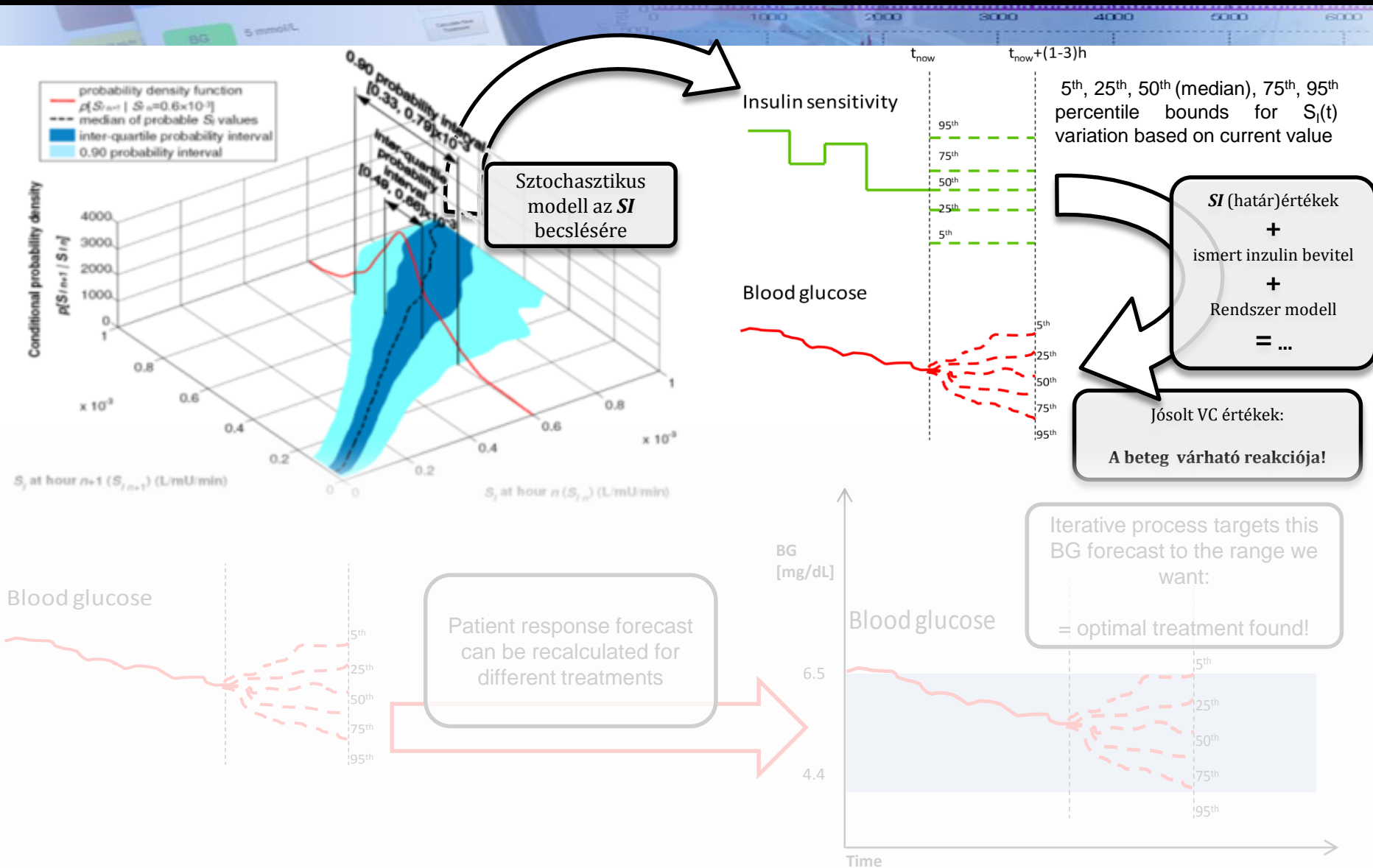
Döntéstámogató rendszer



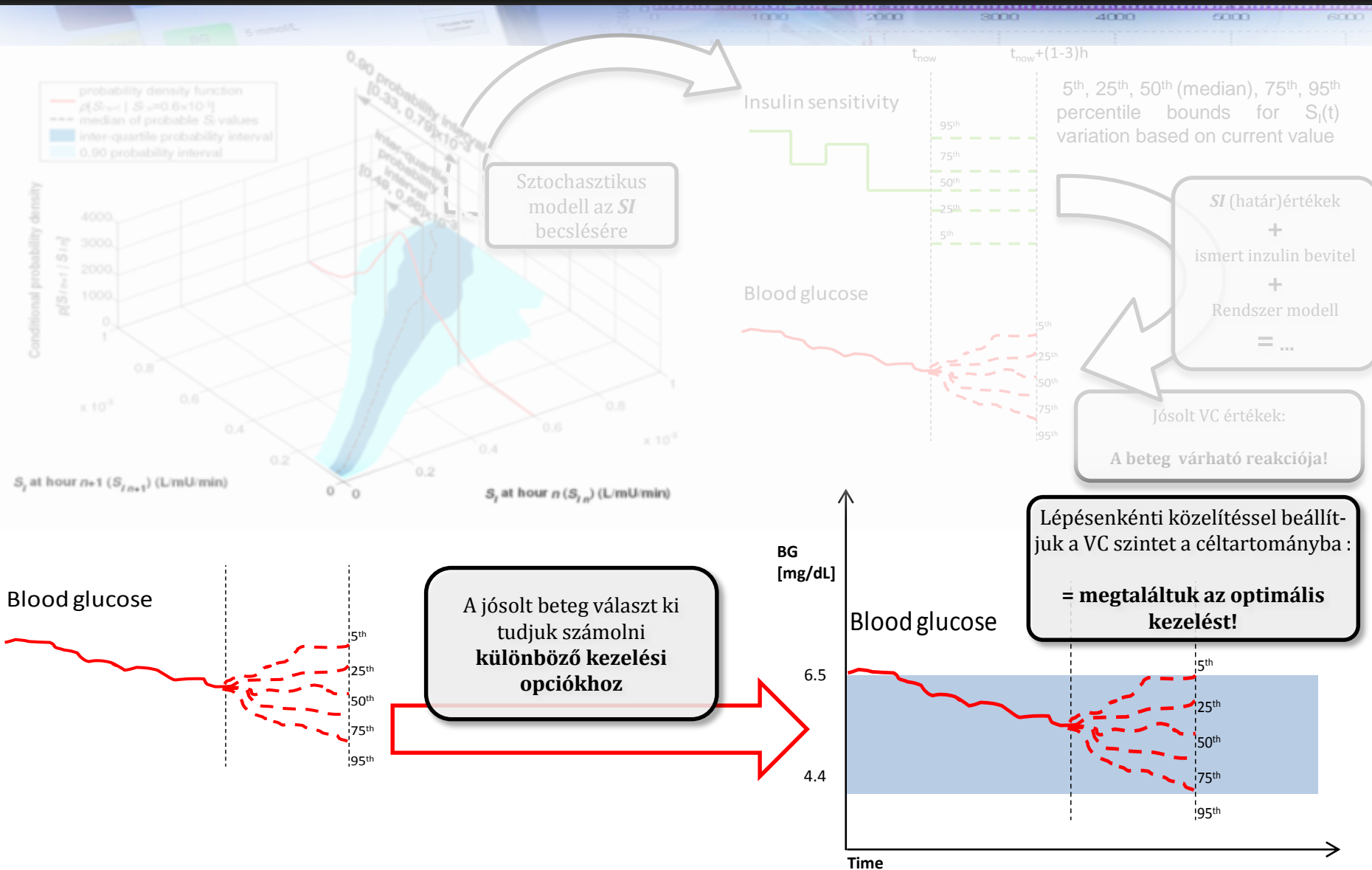
Közvetlenül nem mérhető betegparaméterek meghatározása a döntéstámogatáshoz
Inzulin szenzitivitás (SI)

“Nurse-in-the-loop” típusú rendszer. Intenzív terápiában általánosan használt eszközökkel és általános célú számítástechnikai eszközzel megvalósítható.

Protokoll működése



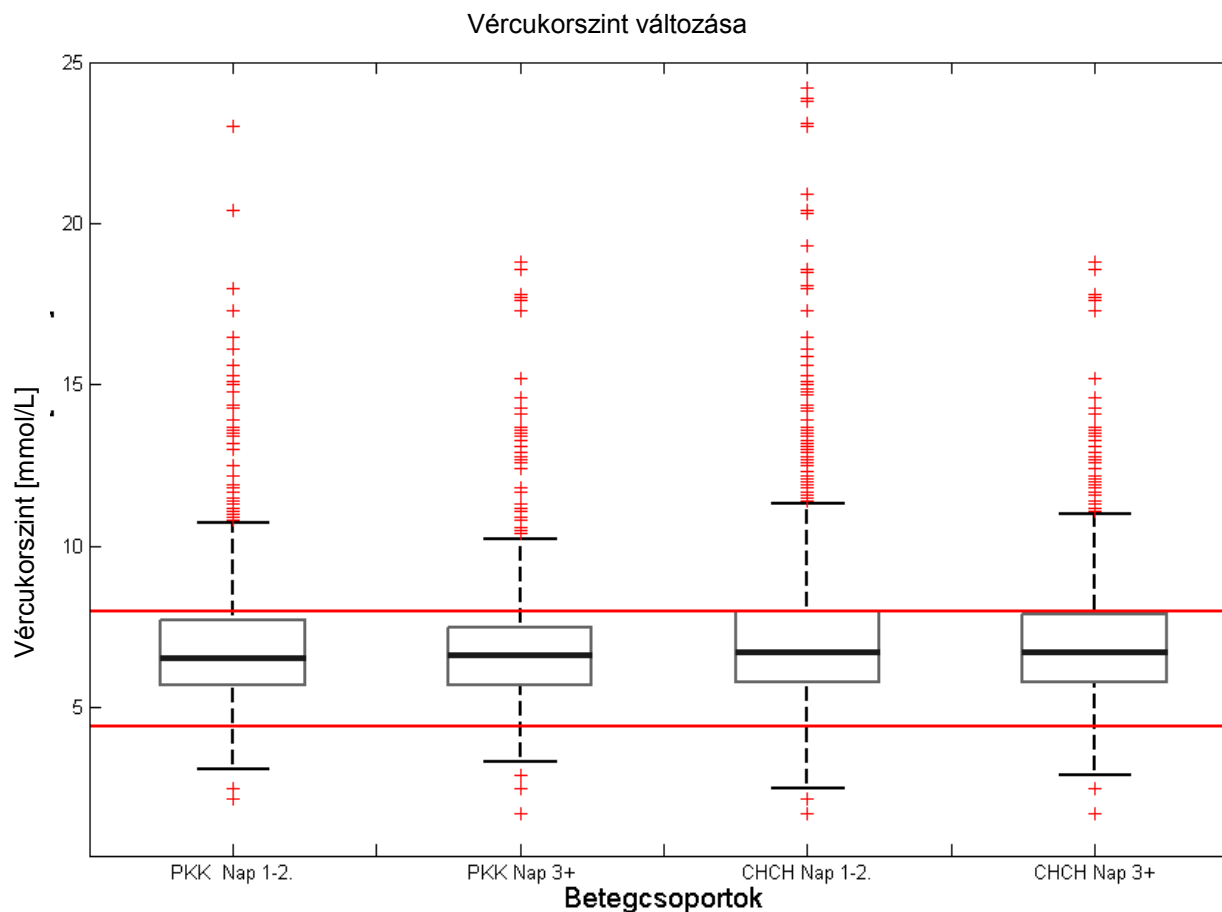
Protokoll működése



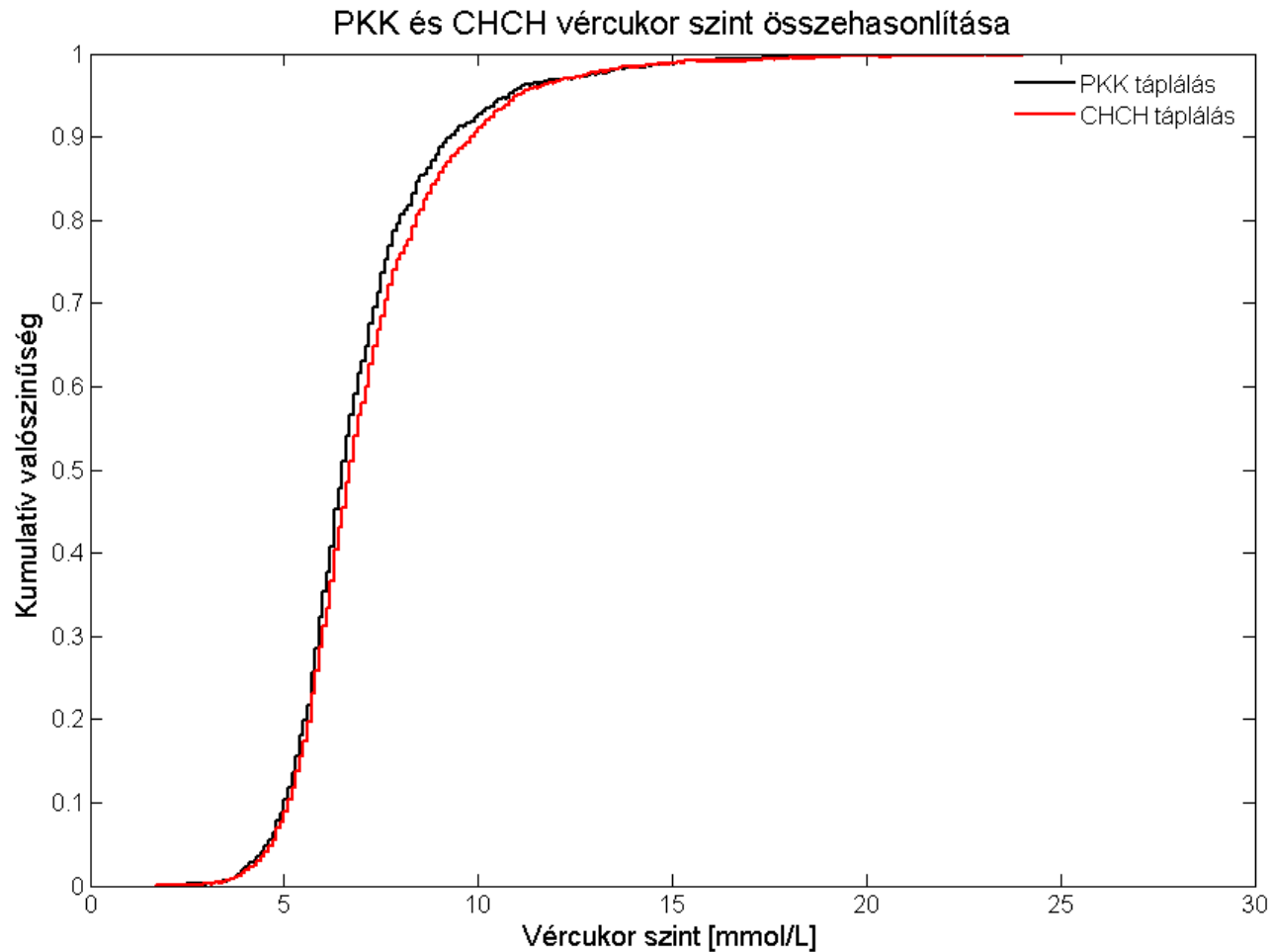
	STAR Chch	STAR Gyula
# VC mérések száma:	1531	1304
Mérés/nap:	15.26	13.0
VC median [IQR] (mmol/L):	7.01 [6.07 – 8.58]	6.50 [5.8 – 7.7]
% VC céltartományban*	65.74	76.0
% VC > 10 mmol/L	11.50	7.25
% VC < 4.0 mmol/L	0.58	1.20
% VC < 2.2 mmol/L	0.0	0.04
# beteg < 2.2 mmol/L	0	1 (érkezésakor hypo)
Median insulin (U/hr):	2	2.5
Median glucose (g/hr):	4.1	7.2

*4,4-8mmol/L

Vércukor értékek összehasonlítása időszakonként



Vércukor szintek eloszlása (CDF) a két kórházban



- **STAR:**

- Stochastic Targeted Control

- **Előnyök:**

- Betegenként állítható céltartomány
 - Kockázatok közvetlen kezelése
 - Számítógépes alkalmazás tabletre
 - Egyszerű, felhasználóbarát kezelői felület



STARTING A PATIENT ON STAR

STAR_android

New patient

Slide your finger up/down to scroll the screen up/down.

Patient name

Surname

First name

Hospital ID

Age years

Gender ☒ Male ☐ Female

Body frame size ☐ Small ☒ Medium ☐ Large

Blood glucose

Current mmol/L

Tab Q W E R T Y U I O P
1234 5 6 7 8 9 0
A S D F G H J K L
Z X C V B N M , . /
17:35

STAR_android

Current mmol/L

BG target range

☒ 4.4 - 8.0 mmol/L Recommended for most patients

☐ 6.0 - 9.0 mmol/L May be recommended for known Type II diabetes or other conditions

Insulin infusion mL/hr

Insulin concentration U/mL

Nutrition

☒ Enteral

Type

Rate mL/hr

☒ Variable ☐ Constant

☒ Parenteral

Type

Rate mL/hr

☐ Maintenance

Cancel OK

17:36

Patient Data is entered
into STAR, creating a
new current patient

PATIENT OVERVIEW

Patient Name
and Hospital ID

Last Blood Glucose
Measurement

Current Nutrition
Treatment

STAR_android

Patient
SMITH, John **BOND007**

Actions

Calculate treatment

Make changes **Stop STAR**

Details

BG **14.0 mmol/L at 17:38**
Next BG at: 18:38. BG target range: 4.4 - 8.0 mmol/L.

Insulin

Bolus **6.0mL at 17:38**

Infusion **0.0mL/hr**
Variable

Nutrition

Enteral **60 mL/hr**
Variable (91% goal)

Parenteral **20 mL/hr**
Constant

Maintenance **none**
Constant

Dextrose bolus **0.0mL**

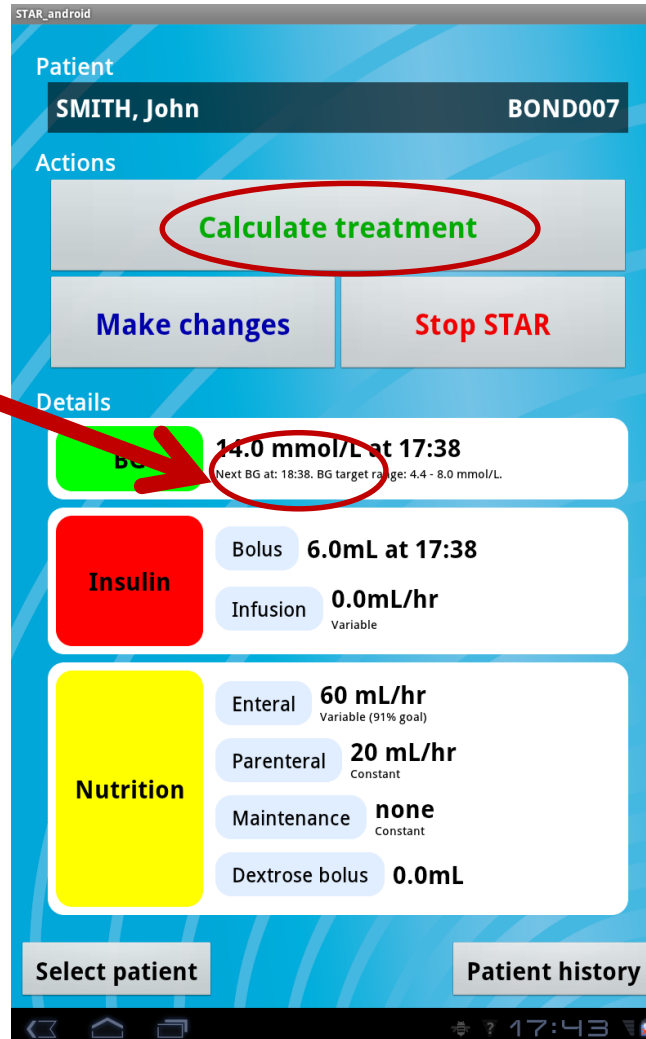
Select patient **Patient history**

17:43

Current Insulin
Treatment

CALCULATING A TREATMENT

Another Blood Glucose measurement is to be taken at the prescribed time



STAR_android

Patient
SMITH, John **BOND007**

Actions

Calculate treatment

Make changes **Stop STAR**

Details

Blood Glucose **14.0 mmol/L at 17:38**
Next BG at: 18:38. BG target range: 4.4 - 8.0 mmol/L.

Insulin

Bolus **6.0mL at 17:38**
Infusion **0.0mL/hr**
Variable

Nutrition

Enteral **60 mL/hr**
Variable (91% goal)
Parenteral **20 mL/hr**
Constant
Maintenance **none**
Constant
Dextrose bolus **0.0mL**

Select patient Patient history

17:43

Having taken this Blood Glucose measurement press 'Calculate Treatment'

ENTERING A BLOOD GLUCOSE MEASUREMENT

Enter Blood Glucose measurement taken



The screenshot shows the STAR_android app interface. At the top, it says "Blood glucose" and "Please enter the new blood glucose measurement". Below this is a numeric keypad with buttons for digits 0-9 and a "Del" button. The value "10.0" is entered in the input field, followed by "mmol/L". Below the keypad is a date and time selection area with buttons for "Nov", "20", "2011", "18", and "38". At the bottom, there are "Back" and "OK" buttons. The status bar at the very bottom shows the time "17:44".

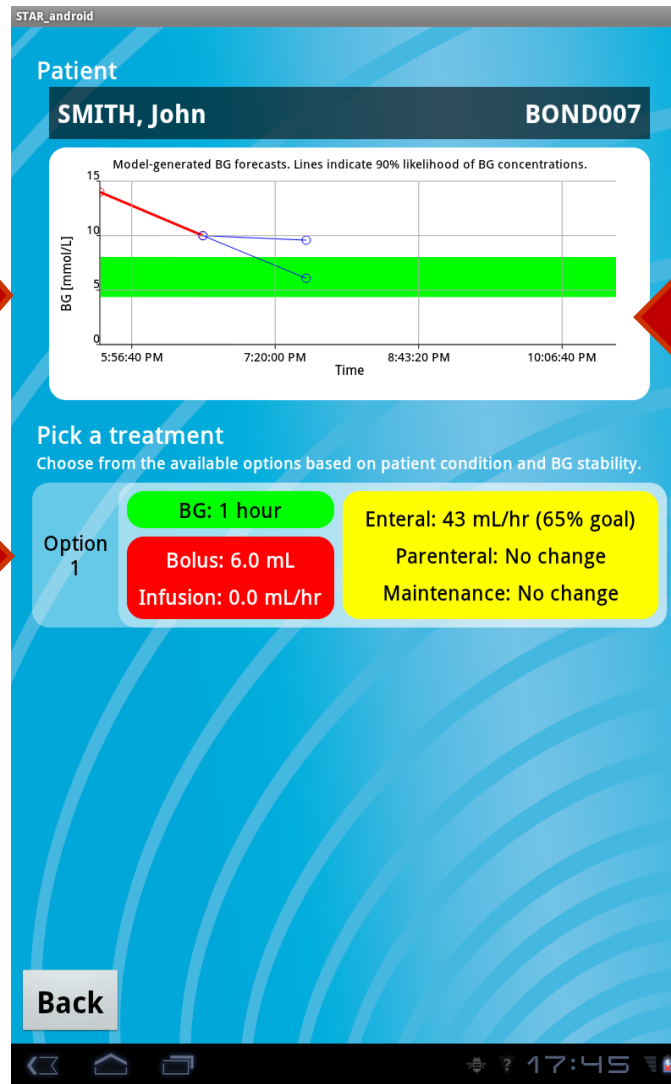
BG entered as '1' '0' '0' - Key pad automatically inserts decimal place.

Time displayed is current time, this can be edited

CALCULATED TREATMENT RECOMMENDATION

Historical BG
plot is in **RED**

Recommended
Insulin and
Nutrition
treatments for
the next hour



The **BLUE**
bands show the
90%
confidence
interval for the
patients future
Blood Glucose

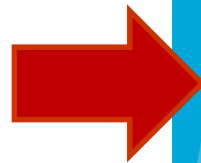
UPDATED INFORMATION

The Patient
Overview Screen
has been updated

Last Blood
Glucose
Measurement



Current Nutrition
Treatment



STAR_android

Patient
SMITH, John **BOND007**

Actions
Calculate treatment
Make changes **Stop STAR**

Details
BG **10.0 mmol/L at 18:38**
Next BG at: 19:38. BG target range: 4.4 - 8.0 mmol/L.

Insulin
Bolus **6.0mL at 18:38**
Infusion **0.0mL/hr**
Variable

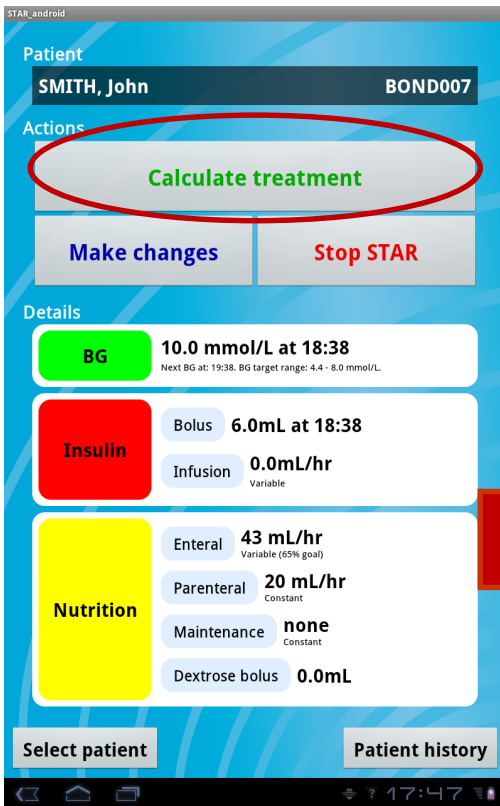
Nutrition
Enteral **43 mL/hr**
Variable (65% goal)
Parenteral **20 mL/hr**
Constant
Maintenance **none**
Constant
Dextrose bolus **0.0mL**

Select patient Patient history



Current Insulin
Treatment

STANDARD PROCEDURE



STAR_android

Patient
SMITH, John **BOND007**

Actions
Calculate treatment

Make changes Stop STAR

Details

BG 10.0 mmol/L at 18:38
Next BG at: 19:38, BG target range: 4.4 - 8.0 mmol/L

Insulin Bolus 6.0mL at 18:38
Infusion 0.0mL/hr Variable

Nutrition Enteral 43 mL/hr Variable (65% goal)
Parenteral 20 mL/hr Constant
Maintenance none Constant
Dextrose bolus 0.0mL

Select patient Patient history

The procedure is the same each time a Blood Glucose Measurement is taken



STAR_android

Blood glucose

Please enter the new blood glucose measurement

5.5 mmol/L

7 8 9
4 5 6
1 2 3
0 Del

+ + + + +
Nov 20 2011 22 38
- - - - -

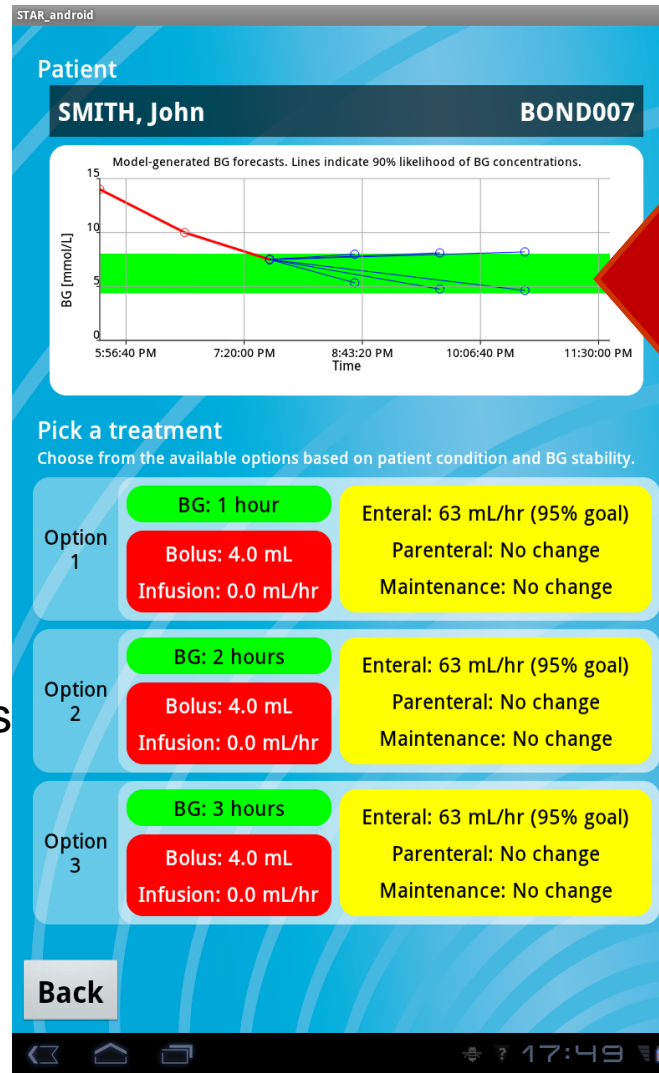
Training mode is active: time set to the next scheduled BG measurement

Back OK

MULTIPLE TREATMENT OPTIONS

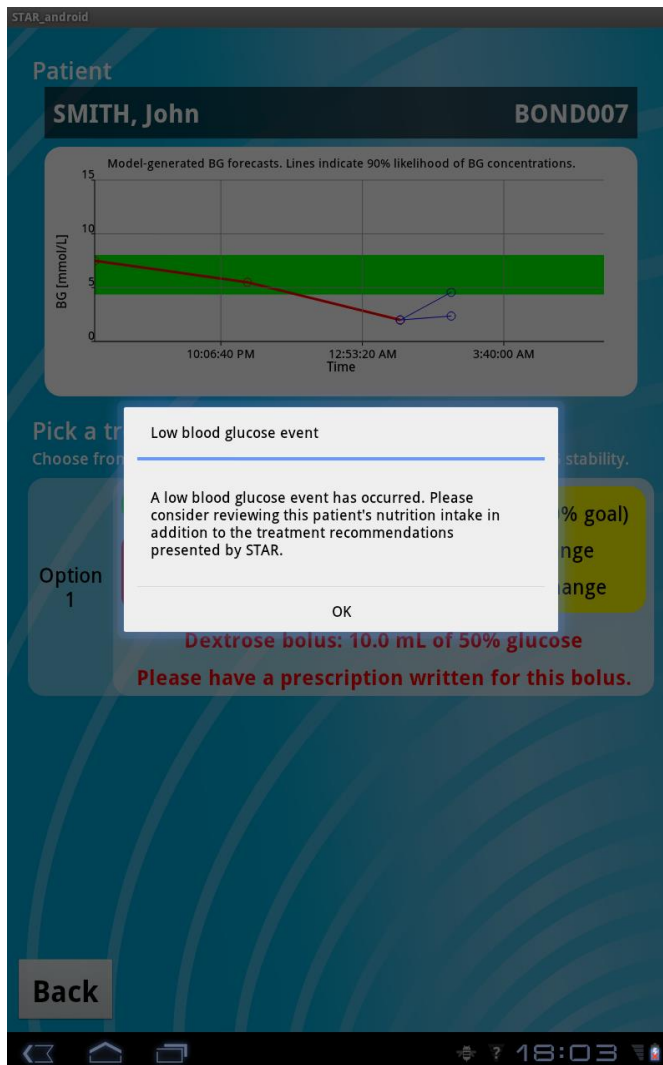
If the patients Blood Glucose is lower than 8.0 mmol/L longer treatment options may be offered

The best treatment option is selected, based on the users discretion and perception of patient stability



The **BLUE** bands show the 90% confidence interval for future Blood Glucose for each treatment option

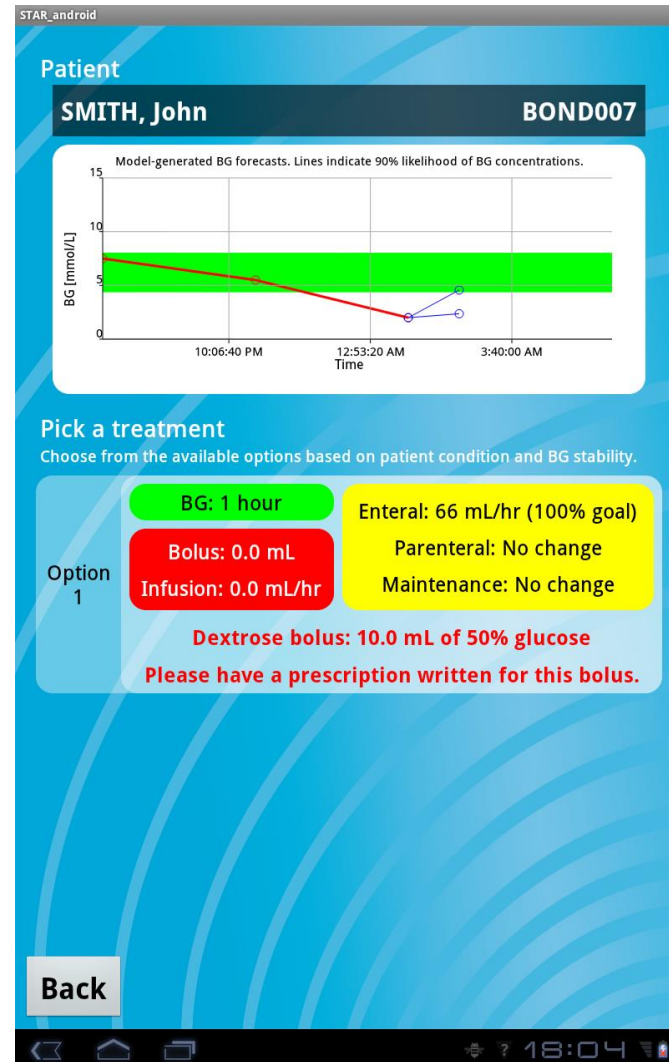
HYPOGLYCAEMIC EVENT



In the event of a low Blood Glucose event, a warning screen will appear

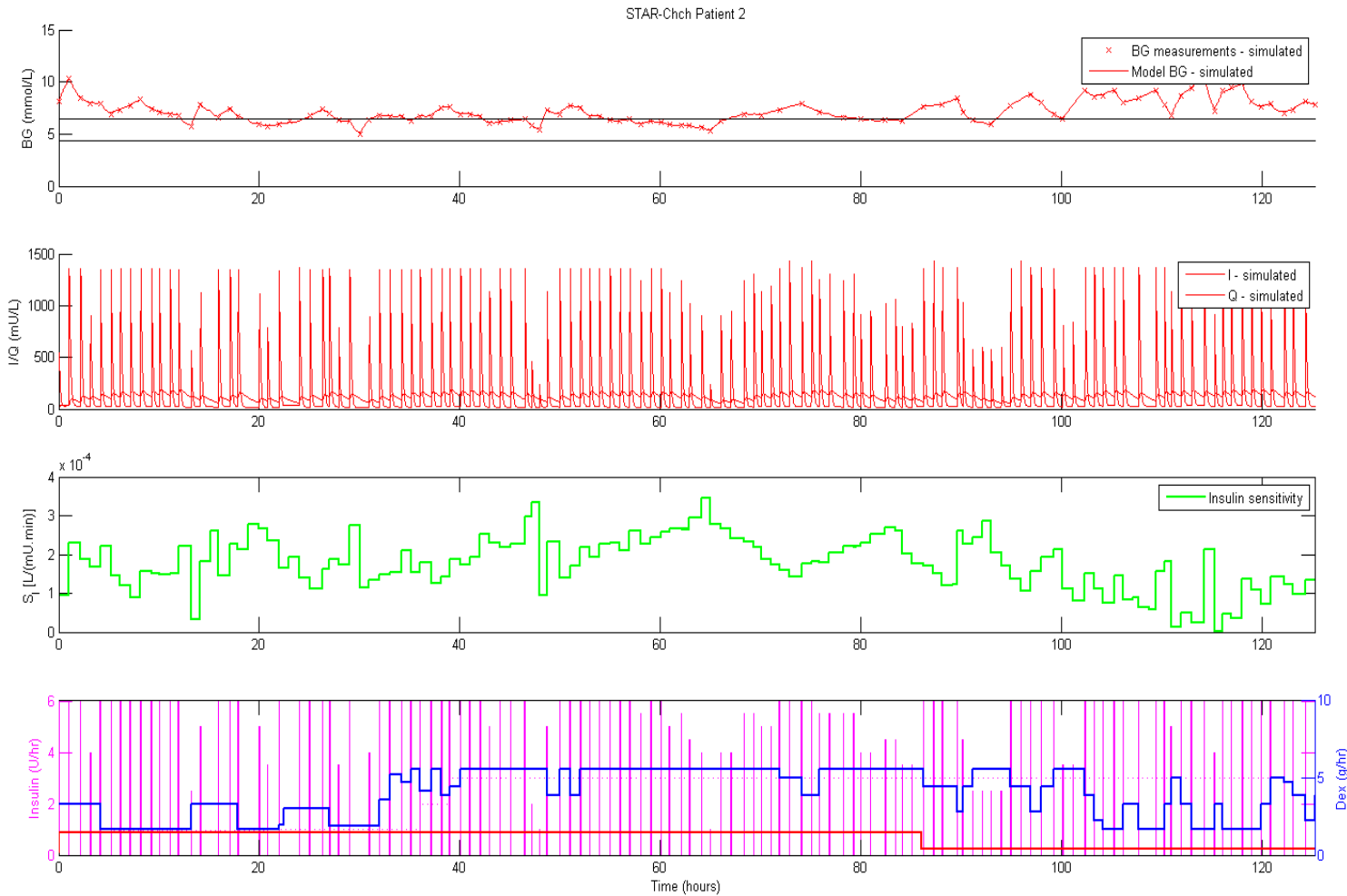
HYPOGLYCAEMIC EVENT

Insulin is to be turned off,
and additional nutrition
recommended



RESULTS

Very good glycemic control
of a 'difficult' patient



Köszönjük a figyelmet!

Kapcsolat: bbenyo@iit.bme.hu