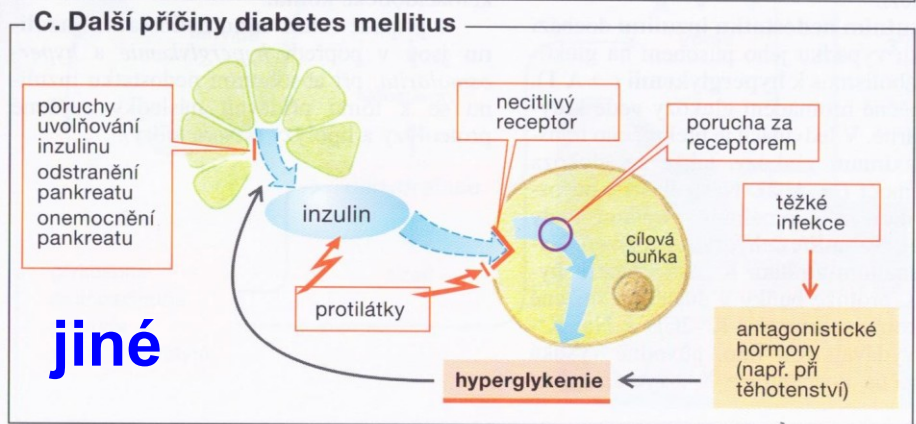
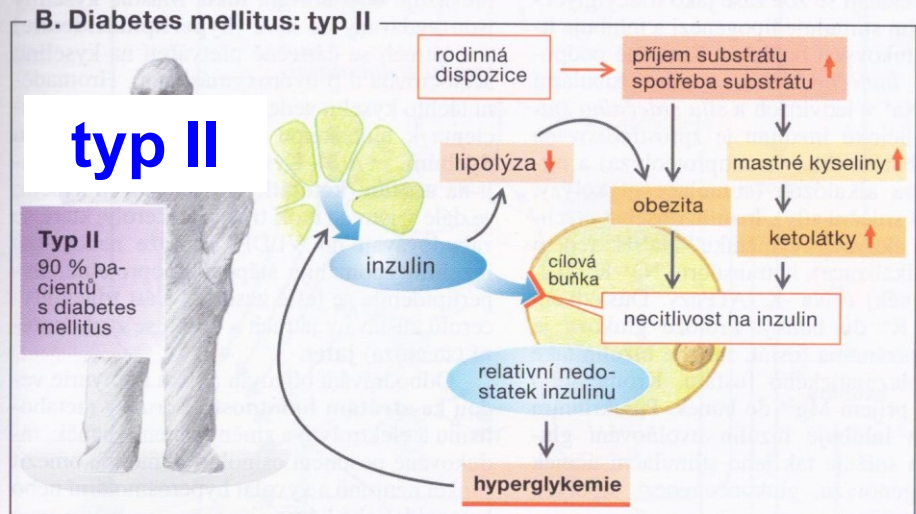
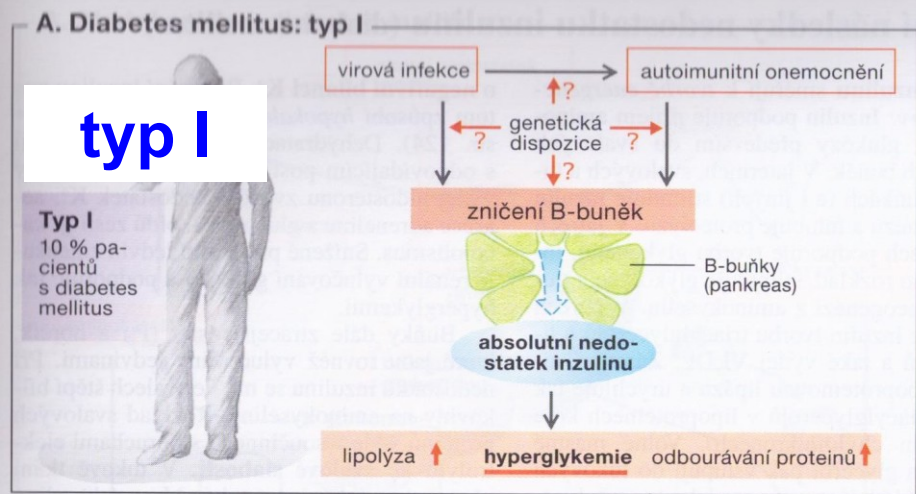


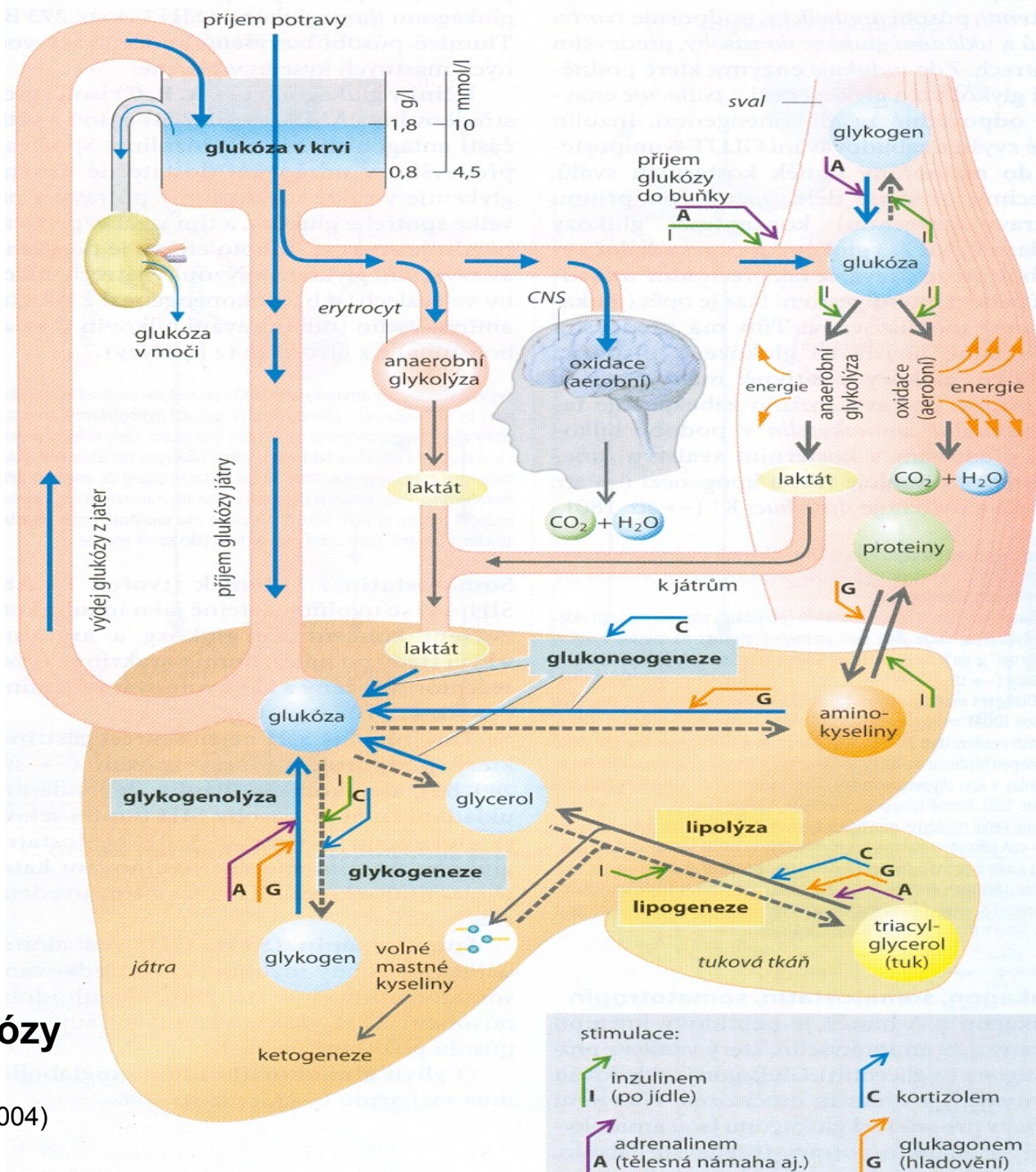
**INSULIN  
EXERCISE  
DIET**

## **DIABETES MELLITUS, CVIČENÍ A SPORT**

ILUSTRACE K PŘEDNÁŠCE (*Jan Novotný, 2015-2021*)

# PŘÍČINY DIABETES MELLITUS

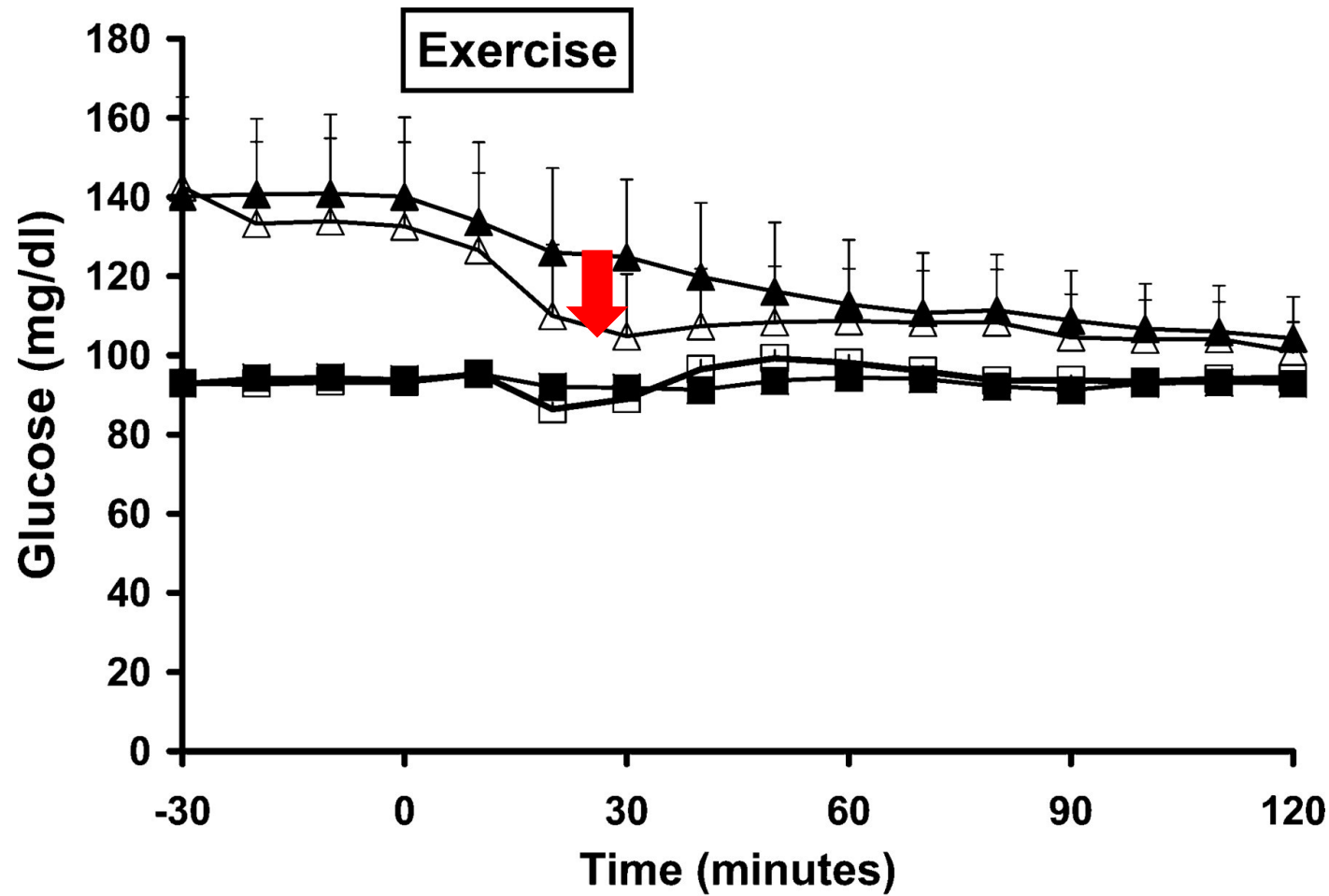




**Metabolismus glukózy a jeho regulace**  
 (Silbernagl & Despopoulos, 2004)

# Glykémie diabetiků II. typu při po 30 min cvičení (cykloergometr, 70%VO<sub>2</sub>peak)

Christ-Roberts et al., 2003



Plasma glucose concentrations during euglycemic, hyperinsulinemic clamps. Plasma glucose levels for control and diabetic subjects are shown during insulin stimulation alone and insulin stimulation with concomitant exercise. Glucose levels were maintained at euglycemia (90-100 mg/dl) by a variable glucose infusion. For diabetic subjects, glucose levels were allowed to fall until within the euglycemic range before variable glucose infusion was begun. Values are means  $\pm$  SE.  $\blacksquare$ , Control, insulin alone;  $\square$ , control, insulin + exercise;  $\blacktriangle$ , diabetic, insulin alone;  $\triangle$ , diabetic, insulin + exercise.

## Orální glukózový test

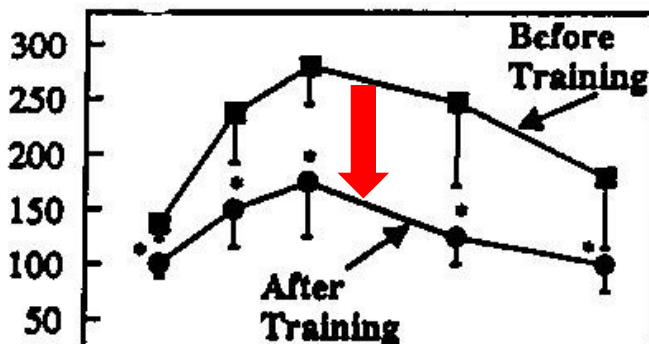
netrénovaných - ■

a trénovaných - ●

diabetiků II typu

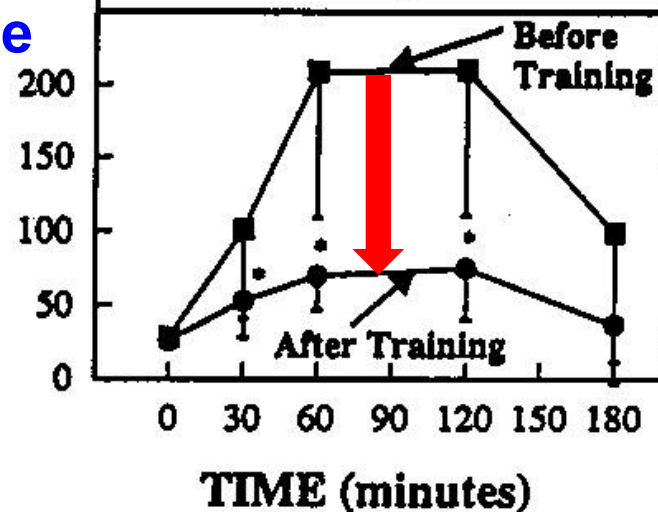
### Glykémie

Plasma  
Glucose  
mg/100ml



### Inzulinémie

Plasma  
Insulin  
 $\mu$ U/ml



**Figure 2.7.** Values are means  $\pm$  SE for five patients. Plasma glucose and insulin responses to a 100-g oral glucose load in patients with mild NIDDM before and after 12 months of vigorous aerobic exercise training. The after-training glucose tolerance test was performed ~18 h after the patients' most recent bout of exercise.

Modified from Holloszy and colleagues (37).

N. Ruderman et al. The Health Professional's Guide to Diabetes and Exercise. American Diabetes Association. Alexandria 1995, 335 pp.

# PŘÍZNIVÝ VLIV AEROBNÍHO CVIČENÍ NA DIABETIKY

U dobře léčeného diabetika 1. typu (inzulínem a dietou) správně prováděné cvičení přispívá ke:

- ❑ zlepšení kompenzace onemocnění
  - ↑ počtu inzulínových receptorů a účinnosti inzulínu → lepší využití glukózy v buňkách → ↓ glykémie,
  - (případně) ↓ dávek inzulínu
- ❑ zbrždění rozvoje dlouhodobých komplikací, zlepšení lipidového spektra

U mnohých diabetiků 2. typu vhodná aktivita

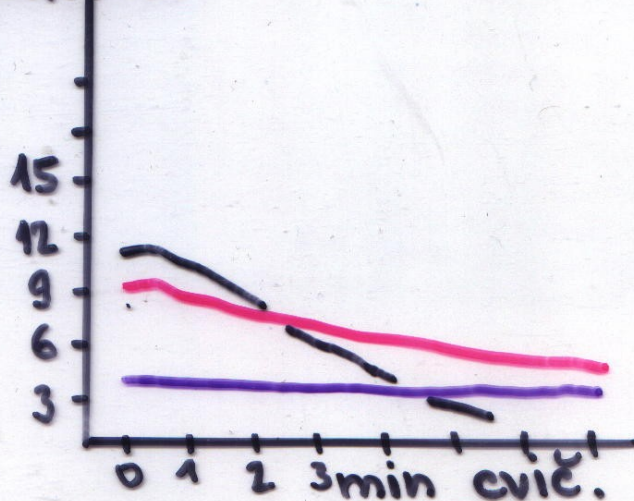
- ❑ zlepšení kompenzace onemocnění
- ❑ odbourává přebytečné energetické zásoby (obezitu)

- ❖ zlepšení **funkcí oběhového systému** (→ ↓ srdeční autonomní neuropatie, kardiomyopatie, ischemická choroba srdeční),
- ❖ zlepšení začínajících a mírných poruch **regulace krevního tlaku**,
- ❖ preventivní a léčebný účinek **osteoporózy**,
- ❖ udržení nebo zlepšení fyzické a duševní zdatnosti a výkonnosti, psychosociální situace a **kvality života**.

# HYPOGLYKEMIE CVIČÍCÍCH DIABETIKŮ



GLYKEMIE



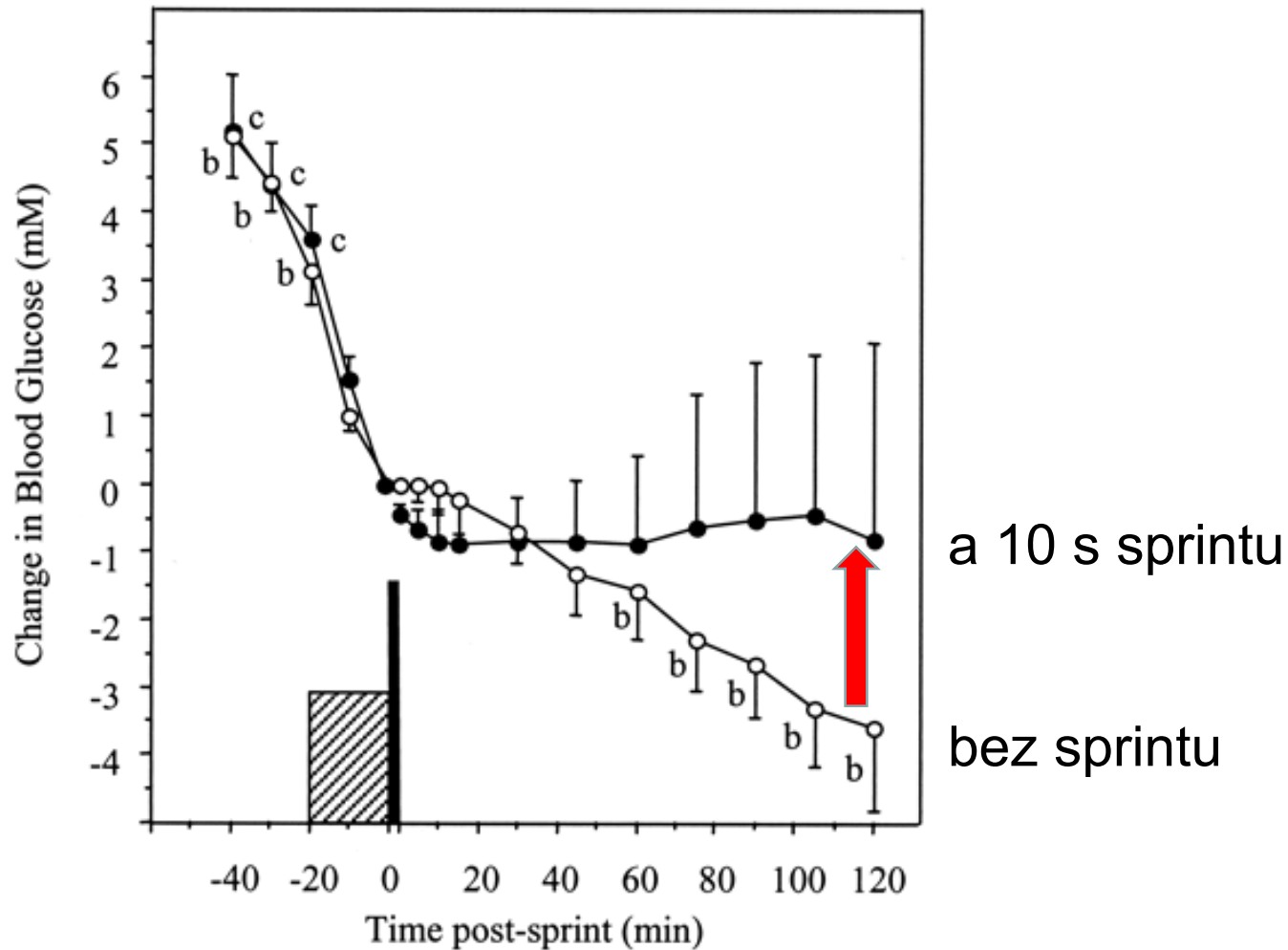
HYPERINZUL.  
KOMPENZ. D.  
ZDRAVI

# HYPOGLYKÉMIE

- Příčina
  - málo jídla, příliš inzulínu nebo příliš cvičení, aplikace inzulínu v místech s rychlejším uvolňováním do oběhu
- Prevence
  - více jídla před cvičením,
  - menší dávka inzulínu před cvičením
- Příznaky
  - **SUBJEKTIVNÍ**
    - **LEHKÉ (NĚKTEŘÍ JE NEPOCITUJÍ !)** - svědění, pocit sucha v ústech, bledost, pocení, hlad, slabost v kolenou, nervozita, strach a pocit napětí, podrážděnost, pocit zimy, nesoustředěnost, bušení srdce, bolest hlavy.
    - **TĚŽKÉ** – poruchy soustředění, řeči, vidění (dvojité), vrávorání, agresivita nebo klaun, ztráta vědomí, křeče., únava, malátnost, bledost,, třes, studený pot, závrať, bolest hlavy a břicha, ospalost, porucha vědomí
  - **OBJEKTIVNÍ:** měření glykémie glukometrem (<3,5-4,5 mmol/l?)
- Řešení
  - podat sacharidy (sladké oplatky, čokoláda, sladký nápoj, svačina - chleba, rohlík), glukózu
  - případně aplikace glukagonu
  - zavolat RZP, kontrolovat základní životní funkce ...



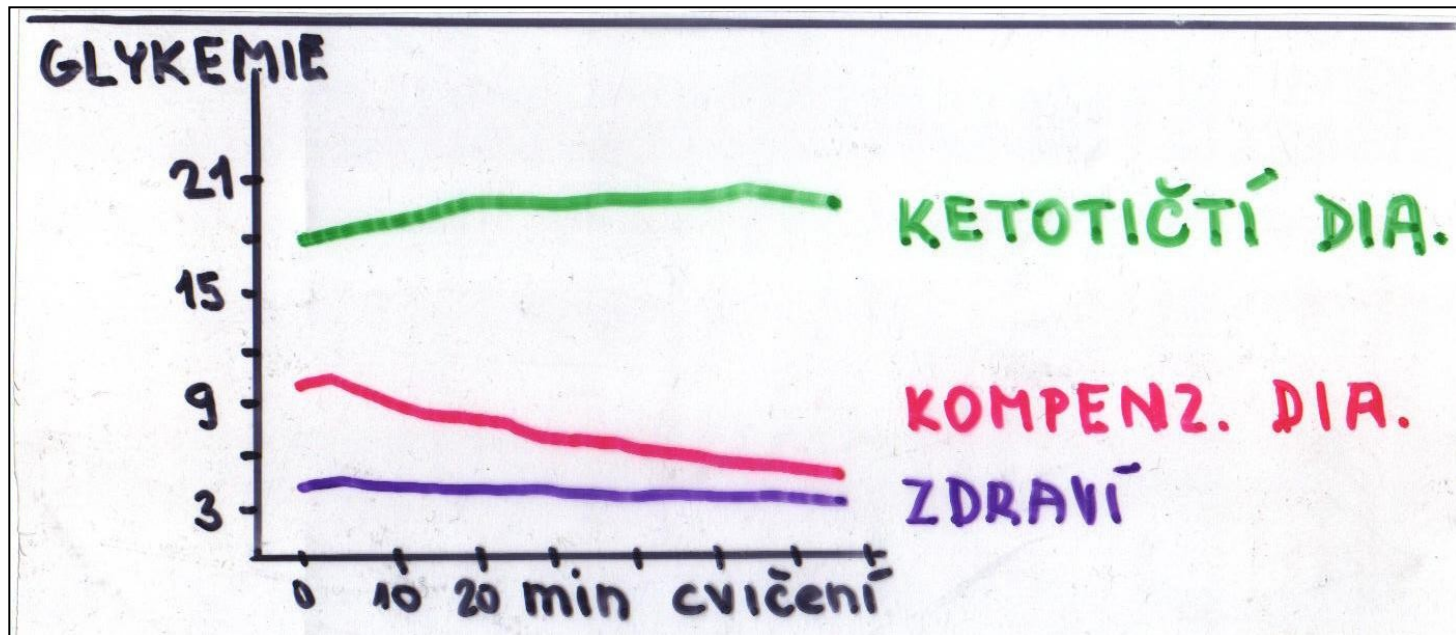
## změna Glykémie po 20 min cvičení (Vanessa et al., 2006)



10 s sprint brání rozvoji hypoglykémie po středně intenzivním cvičení u diabetiků I. typu

Effect of a 10-s sprint (ergometer) on blood glucose after moderate-intensity exercise (40%VO<sub>2</sub>max). The moderate-intensity exercise commenced at time point -20. Blood glucose levels are expressed relative to those immediately after the moderate-intensity exercise (time point = 0). All data are means ± SE. ▬, moderate-intensity exercise; vertical bar, sprint; ●, sprint trial; ○, control trial. <sup>b</sup>*P* < 0.05 vs. 0-min time point (after moderate-intensity exercise) in control trial; <sup>c</sup>*P* < 0.05 vs. 0-min time point (after moderate-intensity exercise) in sprint trial.

# RIZIKO HYPERGLYKÉMIE U CVIČÍCÍCH DIABETIKŮ



# HYPERGLYKÉMIE

- Příčina
  - nedostatečná kompenzace diabetu - nedostatek inzulínu
  - dietní chyba – nadměrný přísun sacharidů
- Prevence
  - dostatečná kompenzace diabetu (dávka inzulínu, dieta)
  - vhodné načasování cvičení vzhledem k inzulínu
- Příznaky
  - **SUBJEKTIVNÍ**: slabost, malátnost, porucha orientace až vědomí.
  - **OBJEKTIVNÍ**: kůže spíše červená, z pocená.
  - měření glykémie glukometrem (>17 mmol/l?)
- Řešení
  - zavolat RZP, pití vody, sledování základních životních funkcí
  - aplikace inzulínu

# RIZIKO AKUTNÍCH METABOLICKÝCH KOMPLIKACÍ

## SYMPTOMY HYPOGLYKÉMIE A **HYPERGLYKÉMIE**

### LOW BLOOD SUGAR *Hypoglycemia*

Signs and Symptoms



POCENÍ



TŘES



ZÁVRAŤ



MRZUTOST



HLAD



CEFALEA



PORUCHA  
VIDĚNÍ



ÚNAVA, BLEDEST

### HIGH BLOOD SUGAR *Hyperglycemia*

Signs and Symptoms:



SUCHOST ÚST



ŽÍZEŇ



MOČENÍ



OSPALOST



POMOČOVÁNÍ

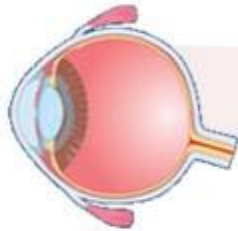


BOLEST  
BŘICHA

# DLOUHODOBÉ KOMPLIKACE DIABETU

## Diabetic Retinopathy

Leading cause of blindness in adults<sup>1,2</sup>



## Diabetic Nephropathy

Leading cause of endstage renal disease<sup>3,4</sup>



## Diabetic Neuropathy

Leading cause of non-traumatic lower extremity amputations<sup>5,6</sup>



## Stroke

2- to 4-fold increase in CV mortality and stroke<sup>5</sup>



## Cardiovascular Disease

## Angiopatie

## Diabetická moha



SANOFI DIABETES 

1. UKPDS Group. *Diabetes Res* 1990;13(1):1-11.
2. Fong DS et al. *Diabetes Care* 2003;26(Suppl 1):S99-S102.
3. HDS. *J Hypertens* 1993;11(3):309-317.
4. Molitch ME et al. *Diabetes Care* 2003;26(Suppl 1):S94-S98.
5. Kannel WB et al. *Am Heart J* 1990;120:672-676.
6. Gray RP et al. In *Textbook of Diabetes* 2nd Edition, 1997.
7. King's Fund. London: British Diabetic Association, 1996.
8. Mayfield JA et al. *Diabetes Care* 2003;26(Suppl 1):S78-S79

# RIZIKO ZHORŠENÍ SPECIFICKÝCH KOMPLIKACÍ NESPRÁVNOU POHYBOVOU AKTIVITOU

U DM je i v klidu **zvýšena koncentrace volných kyslíkových radikálů.**

Cvičení > 10-15 min a > 75% VO<sub>2</sub>max → **OXIDAČNÍ STRES** →

<b>KOMPLIKACE</b>	<b>ZÁTĚŽ</b>	<b>NÁSLEDEK</b>
Nefropatie	vytrvalostní intenzivní cvičení	proteinurie, selhání ledvin
Porucha ANS, ICHS, KMP		selhání krevního oběhu
Hepatopatie		selhání jater
Osteoporóza	náraz	zlomenina kosti
Angio+Neuropatie nohy	tření a tlaky	defekty kůže a hlubších tkání
Retinopatie	náraz do hlavy	krvácení do sítnice, oslepnutí

# PRAVIDLA VÝBĚRU A PROVÁDĚNÍ CVIČENÍ

- **přísně individuálně** podle stavu onemocnění, přítomnosti komplikací, reakce na zátěž, zdatnosti, psychických schopností, sociální a materiálně – ekonomické situace, prostorových a časových podmínek, dosavadních sportovních zkušeností.

**Hlavní druh léčebného cvičení je  
převážně aerobní cvičení  
se zapojením více svalových skupin.**

- Vhodnější je **aktivita s dobře regulovatelnou dobou a intenzitou** – chůze, běh, jízda na kole, plavání, veslování, bruslení, stolní tenis, badminton, tenis; u zkušených i kolektivní a míčové hry.
- Cvičení **v dosahu pomoci, pokud možno s dohledem nebo partnerem.**

# VODÍTKA PRO ŘÍZENÍ AEROBNÍHO CVIČENÍ

## **Intenzita:**

**pod úrovní anaerobního prahu nebo mezi 50 a 75 %  $VO_2$ max**

**Pomocí zátěž. testu limity vyjádřit pro pacienta použitelnými vodítky:**

- stupeň subjektivního pocitu zatížení (ve škále 6-20 dle Borga),*
- srdeční frekvence*

V případech, **kdy nejsou k dispozici výsledky zátěžového testu**, lze využít také

- **pocit “lehké až poněkud namáhavé zátěže” (11-13 dle Borga),**
- *test mluvení.*

Kontrolu a řízení intenzity pohybu pocitem zatížení nebo měřením srdeční frekvence si pacienti mohou naučit a osvojit.

**Před cvičením 5 minut na rozehrání, po cvičení 5 minut na postupné zchlazení.**

**Frekvence: nejlépe denně**, alespoň 3x týdně.

**Trvání: 10 až 120 minut** podle intenzity a frekvence cvičení, podle reakce organismu, možností pacienta a zevních podmínek.



## Škála pocitu zátěže (Borg, 1962)

Stupeň	Slovní hodnota
6	
7	VELMI VELMI LEHKÁ
8	
9	VELMI LEHKÁ
10	
11	LEHKÁ
12	
13	PONĚKUD NAMÁHAVÁ
14	
15	NAMÁHAVÁ
16	
17	VELMI NAMÁHAVÁ
18	
19	VELMI VELMI NAMÁHAVÁ
20	

## PODMÍNKY VHODNOSTI CVIČENÍ PRO DIABETIKA I TYPU

- diabetik s dobrou kompenzací onemocnění  
glykémie 5-17 mmol.l<sup>-1</sup>, bez ketonurie
- diabetik s dostatečnou znalostí účinků cvičení
- diabetik, schopný předcházet a řešit případné komplikace  
→ ↓ riziko rozvoje **akutních metabolických komplikací**

## PRAVIDLA VÝBĚRU A PROVÁDĚNÍ CVIČENÍ

- **Nevhodné** jsou extrémní nepřerušované a dlouhodobé vytrvalostní výkony s překračováním anaerobního prahu, nedovolující plnou kompenzaci metabolické acidózy (běžecké a cyklistické maratóny, dlouhé triatlony, náročné běhy na lyžích a pod.).
- **Nebezpečné**, zvláště pro diabetiky s retinopatií a hypertenzí, jsou cviky s prudkými nárazy do hlavy (hlavičky ve fotbale, údery soupeřem) a s prudkým a výrazným zvýšením krevního tlaku (silové a rychlostní výkony s maximálním úsilím, cviky hlavou

## **POSILOVACÍ CVIČENÍ**

**Odporové dynamické cvičení lehké až střední intenzity  
pravidelně několik minut denně**

- pro dobrou funkci stabilizátorů trupu (hluboký stabilizační systém)
- posílení všech částí pohybového aparátu - svaly, vazy, kloubní pouzdra..

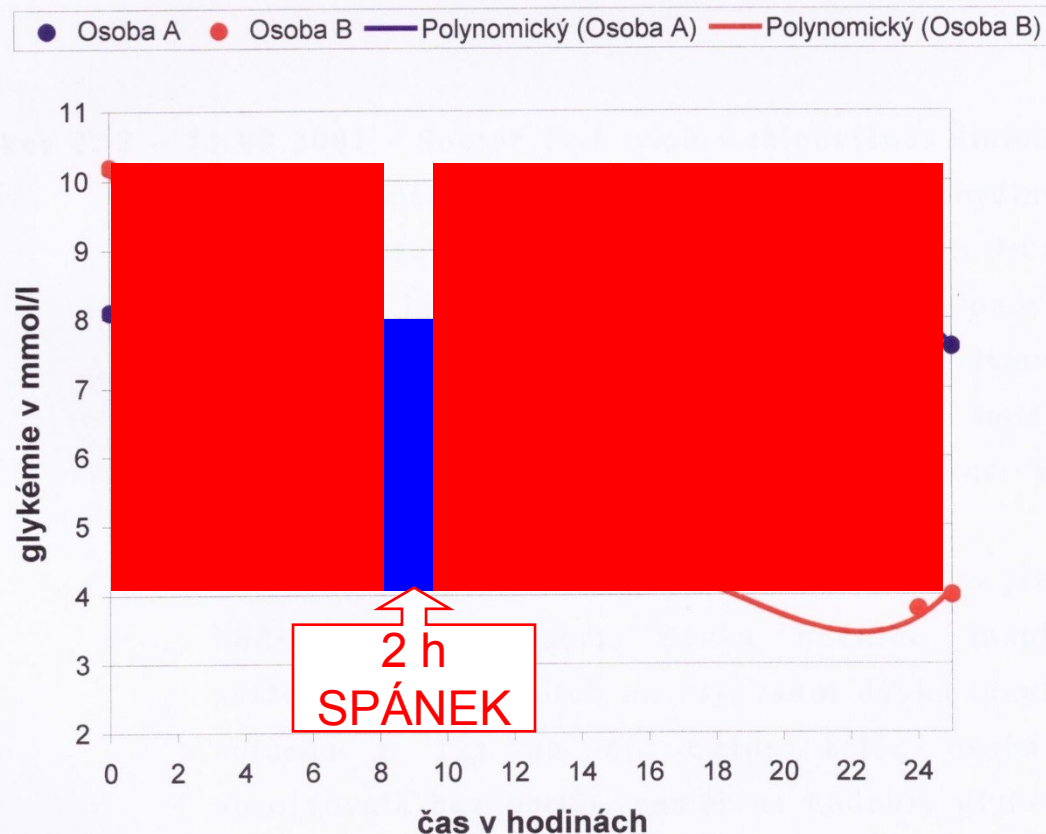
## **PROTAHOVACÍ CVIČENÍ**

- pro dobrou funkci stabilizátorů trupu (hluboký stabilizační systém)

# Cvičení dvou diabetiků I. typu

Výstup na „M.Everest“ (1240 pater)  
 A(trénovaný)/15,5h; B(netrénovaný)/25h  
 Sacharidy (g): 640; 1150  
 RPE: 13-17; 15-19

	<b>A</b> trén.	<b>B</b> netrén.
Věk (r)	24	23
Hmot. (kg)	77	85
Výška (cm)	170	176
BMI (kg.m <sup>-2</sup> )	26,6	27,4
Trvání DM (r)	7	9
HbA <sub>1c</sub> (%)	6,8	11,8
DDI (j)	12-10-12	16-14-14
DDdep.I (j)	16	12



	0	4	8	12	15,5	24	25
<b>Osoba A</b>	8,1	7,2	6,3	4,8	4,2	7,9	7,6
<b>Osoba B</b>	10,2	6,3	4,6	5,3	4,3	3,8	4,0

# Štafetová soutěž v tělocvičně (2,5h)

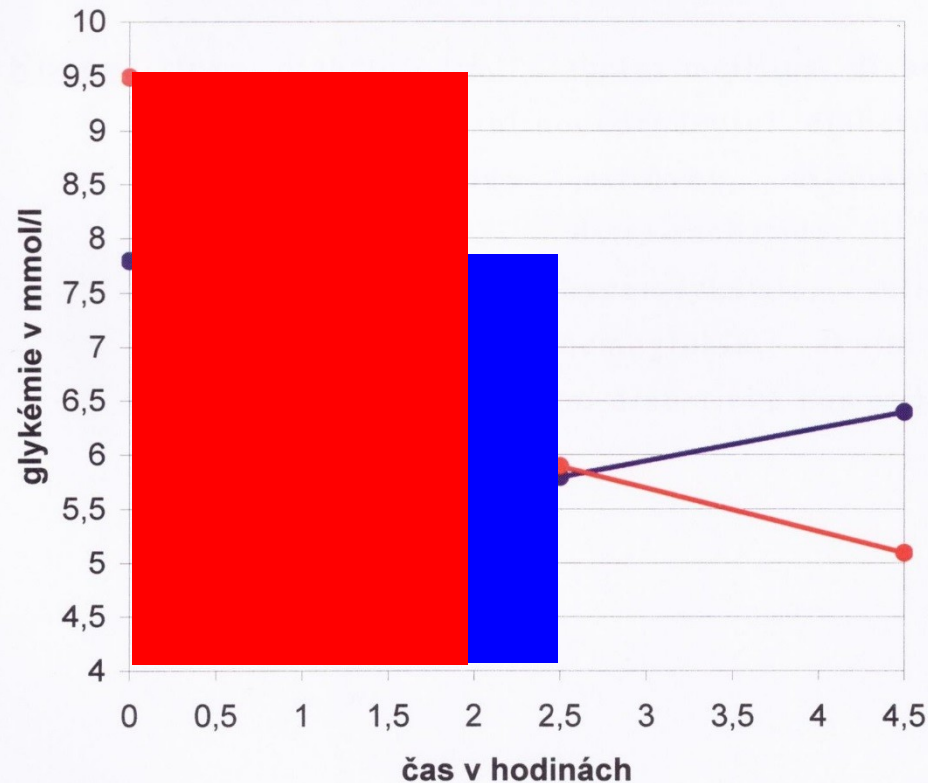
v 9-11:30 h

A(trénovaný); B(netrénovaný)

Sacharidy (g): 40; 70

RPE: 16; 18

Cvičení dvou  
diabetiků I. typu



A snížil Inz před: V 16→13 j., R 12→8 j.

B skončil o 0,5 h dříve pro únavu a křeče

	0	1	2	2,5	4,5
Osoba A	7,8	7,1	6,3	5,8	6,4
Osoba B	9,5	9,1	6,9	5,9	5,1

# Cvičení dvou diabetiků I. typu

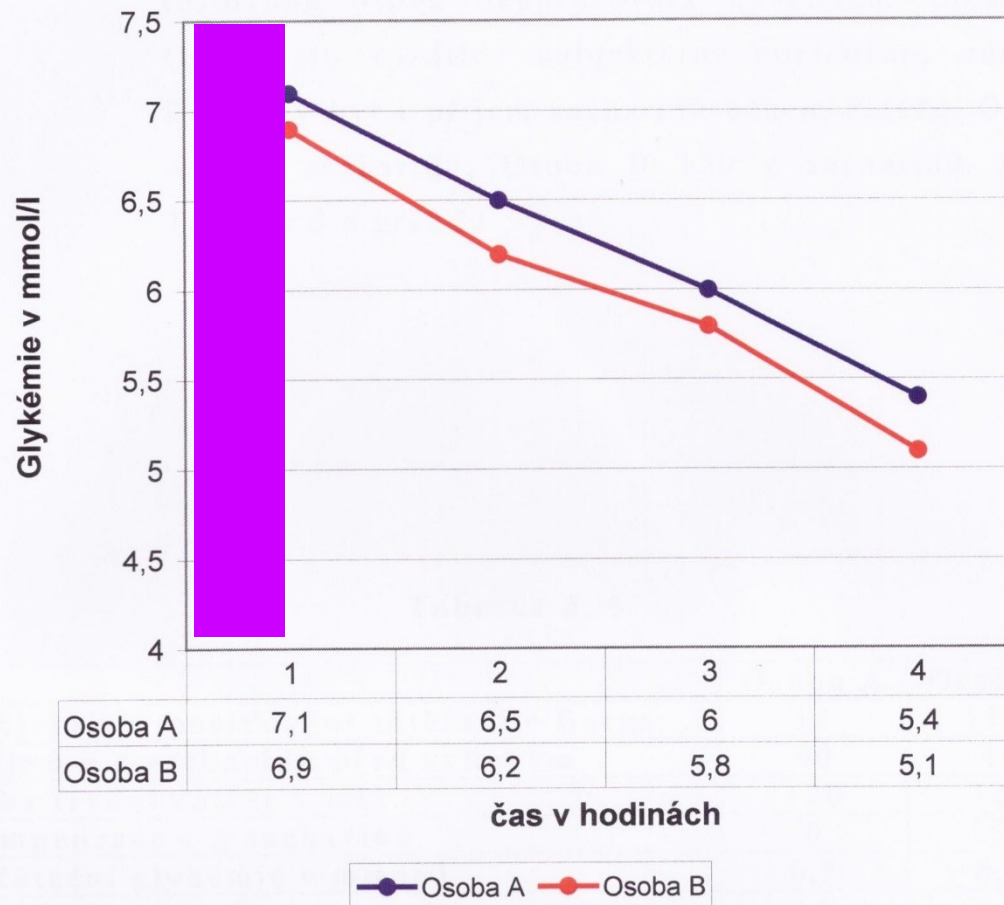
Po výjezdu na kole (40km/2,5h) v 13-15:30 h

A(trénovaný); B(netrénovaný)

Sacharidy (g): 20; 20

RPE: 15; 17

Tekutiny: 3 l



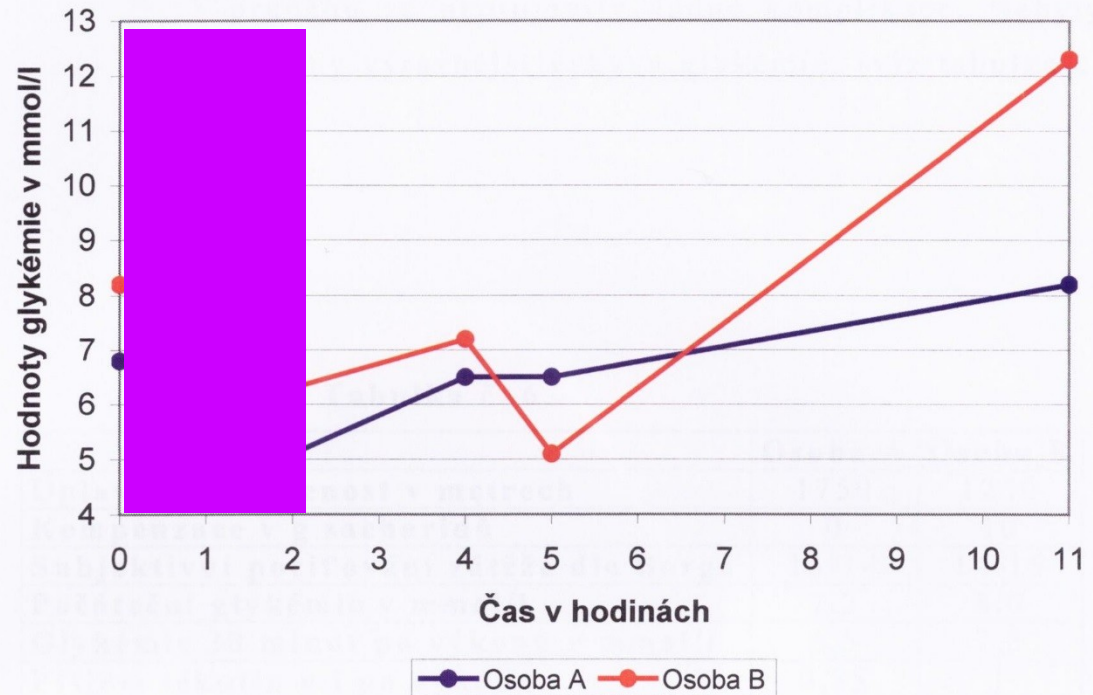
## Veslování na přehradě (2:15 h) v 9:30-11:45 h

A(trénovaný); B(netrénovaný)

Sacharidy (g): 40+0; 40+150

RPE: 13; 15

Cvičení dvou  
diabetiků I. typu



	0	1	2	4	5	11
Osoba A	6,8	7,0	5,1	6,5	6,5	8,2
Osoba B	8,2	7,5	6,3	7,1	5,2	12,3

## Výjezd na kole (25km/2h) v 16-18 h

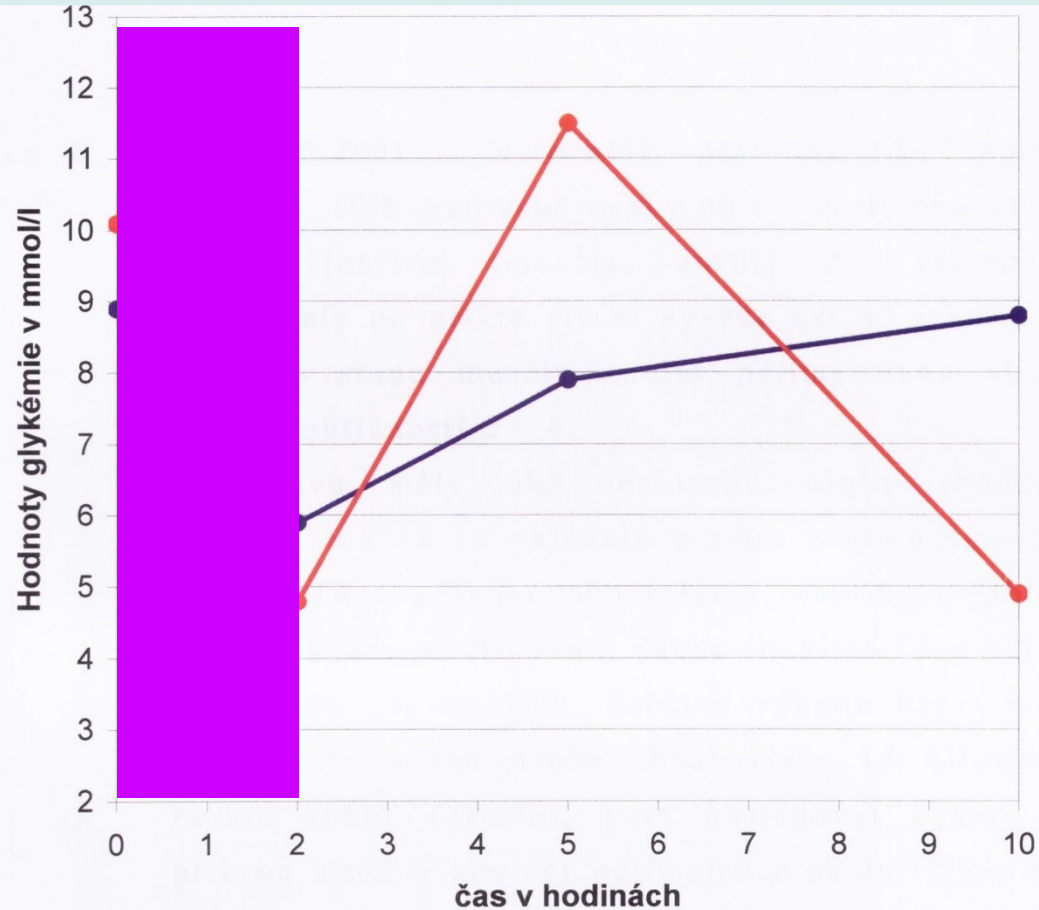
A(trénovaný); B(netrénovaný)

Sacharidy (g): 0, 70

RPE: 17; 19

Tekutiny (l): 1; 0,75

Cvičení dvou  
diabetiků I. typu



	0	0,5	1,5	2	5	10
<b>Osoba A</b>	8,9	9,9	7,7	5,9	7,9	8,8
<b>Osoba B</b>	10,1	12,3	7,9	4,8	11,5	4,9



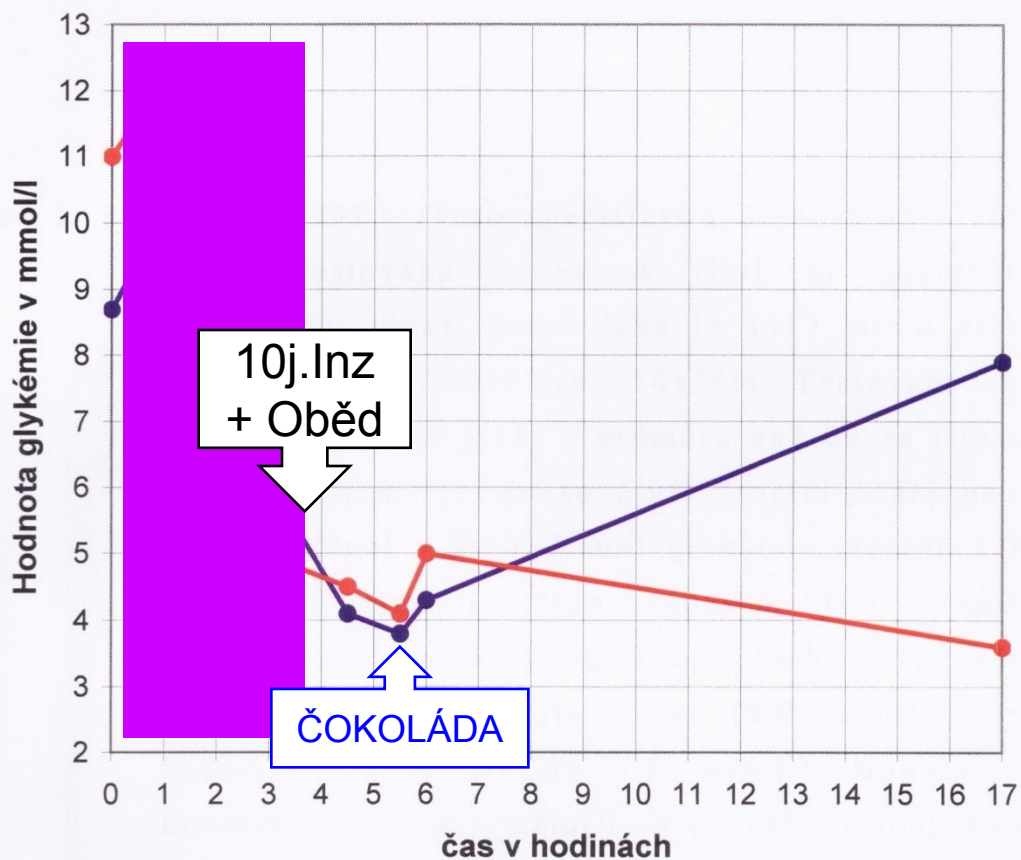
## Pěší turistika v těžkém členitém terénu (23km/3:30h) v 9-12:30 h

A(trénovaný); B(netrénovaný)

Snížení ranní dávky Inz: 12→10; 14→10 j.

Sacharidy (g): 180; 270

Cvičení dvou  
diabetiků I. typu



	0	0,75	2	2,5	3,5	4,5	5,5	6	17
oba A	8,7	9,8	4,2	5,3	5,4	4,1	3,8	4,3	7,9
oba B	11,0	11,9	5,0	6,0	4,8	4,5	4,1	5,0	3,6

(Bečka, 2002)

## Cvičení dvou diabetiků I. typu

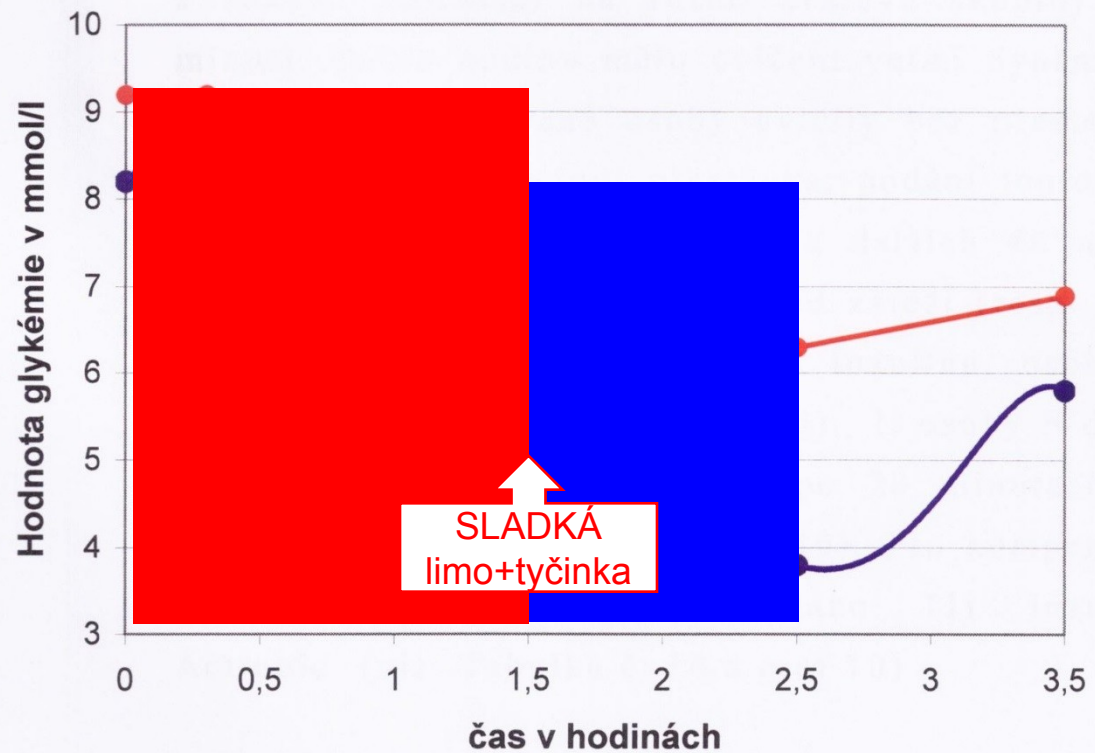
### Sálová kopaná (2,5h) ve 14:00

A(trénovaný); B(netrénovaný)

Snížení dávky Inz před obědem: 10→8; 14→10 j.

RPE: 16; 18,5

Tekutiny (l): 2,5; 2,7



	0	0,3	1	1,5	1,75	2,5	3,5
<b>Osoba A</b>	8,2	8,1	6,3	5,8	5,4	3,8	5,8
<b>Osoba B</b>	9,2	9,2	6,2	5,2	5,7	6,3	6,9

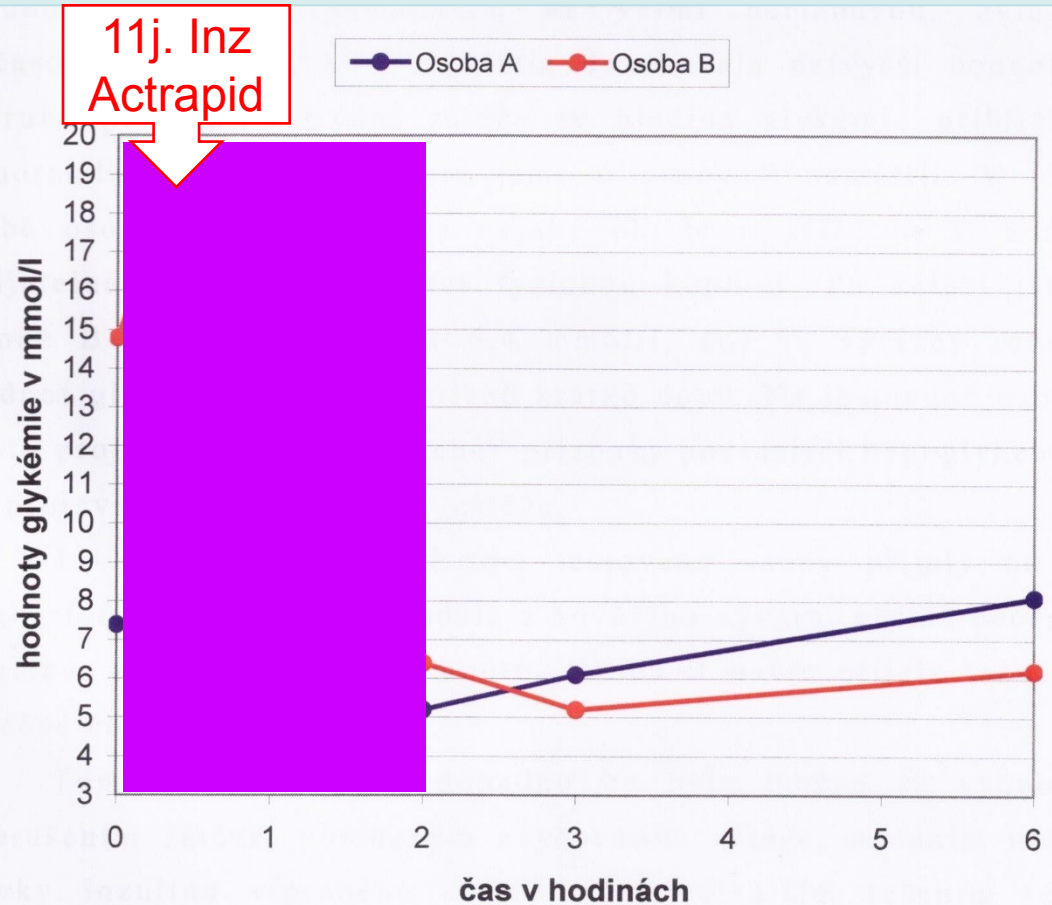
# Kruhový trénink v posilovně (2 h) ve 14:00 h

A(trénovaný); B(netrénovaný)

Snížení dávky Inz před obědem: 10→8; 14→10 j.

RPE: 14; 16

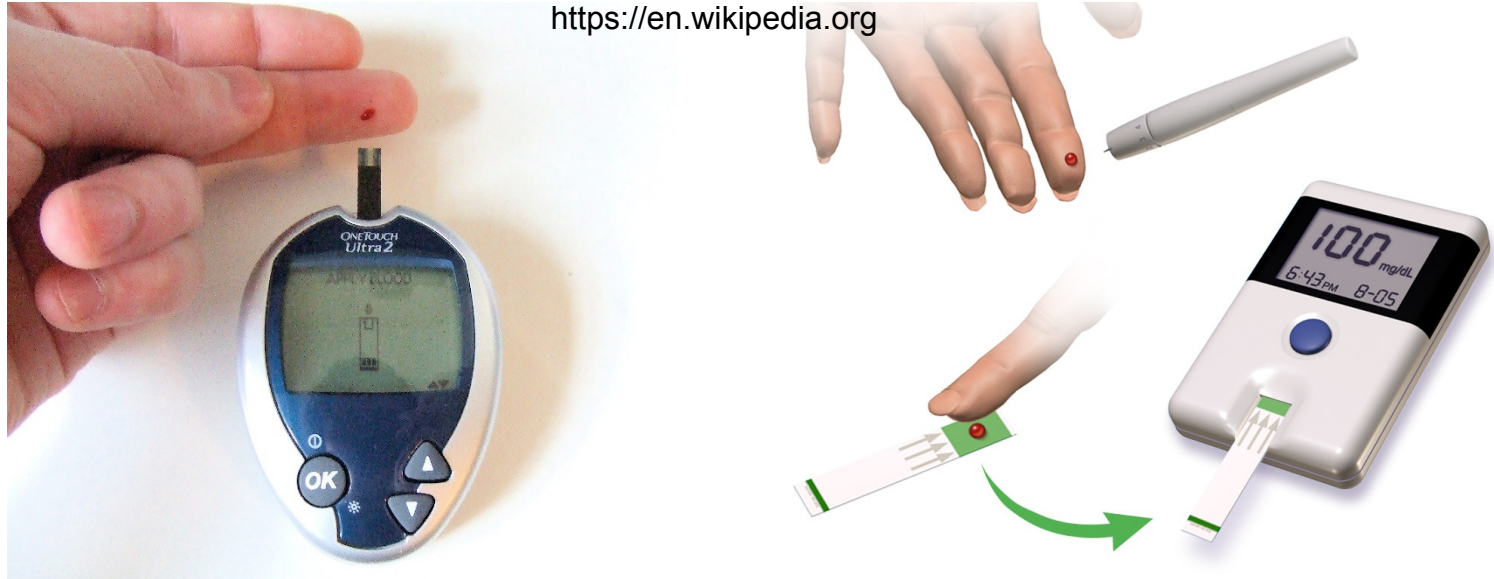
Cvičení dvou  
diabetiků I. typu



	0	0,33	1	2	3	6
Osoba A	7,4	7,6	6,2	5,2	6,1	8,1
Osoba B	14,8	18,5	11,1	6,4	5,2	6,2

# Glukometry

<https://en.wikipedia.org>



## Inzulínová pera a pumpa



<http://www.janekdickinson.com/insulin-pen-vs-vial-and-syringe/>

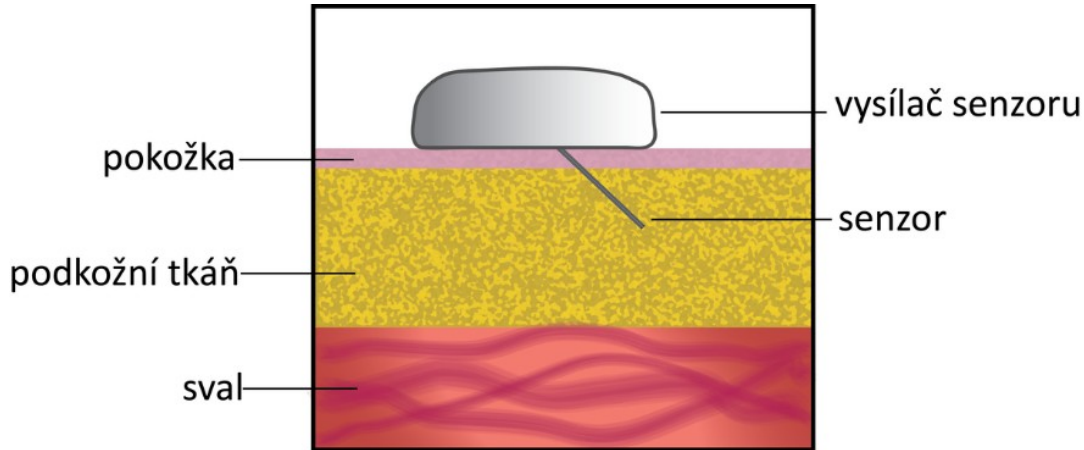


<http://www.in-pharmatechnologist.com/Drug-Delivery/Novo-Nordisk-and-Roche-insulin-pump-collaboration-gets-EU-thumbs-up>

# Kontinuální monitoring glukózy

([www.detskydiabetes.cz](http://www.detskydiabetes.cz))

v intersticiální (mezibuněčné) tekutině



© Dětská diabetologie 2015



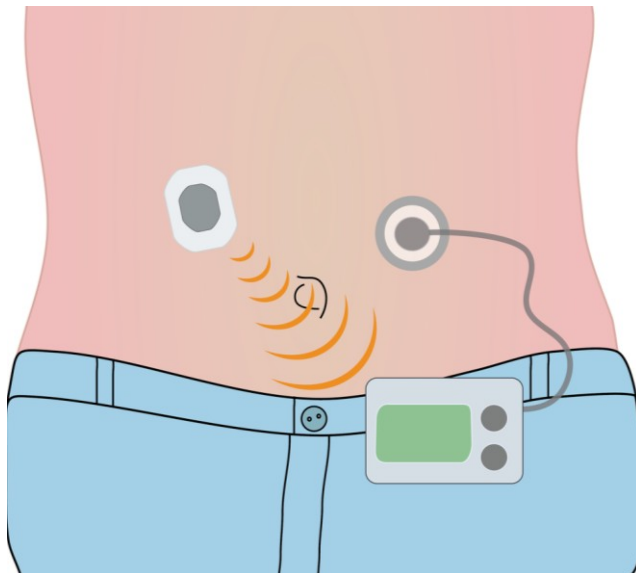
<http://www.medtronicdiabetes.com/>

## System SENZOR + PUMPA

→ Zobrazení koncentrace  
glukózy na displeji pumpy

→ Diabetik si sám může  
upravit dávku

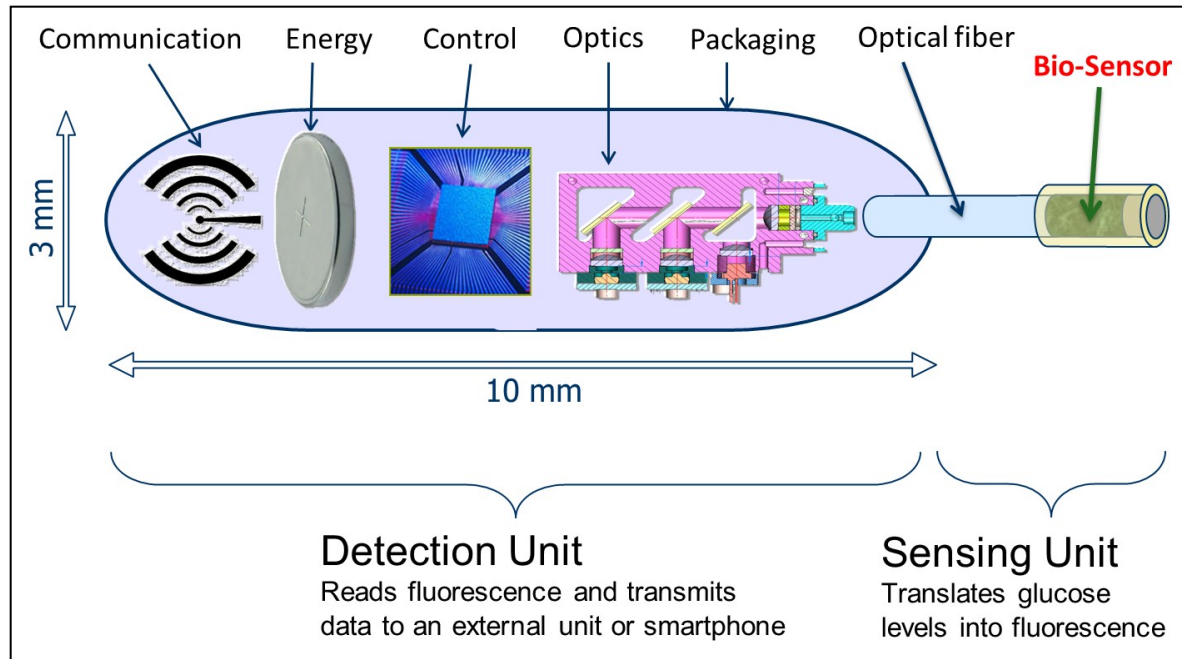
**Není to automatický  
uzavřený systém.**



# Kontinuální monitoring glukózy

## BIOSENZOR

<http://amal.net/?p=2658>

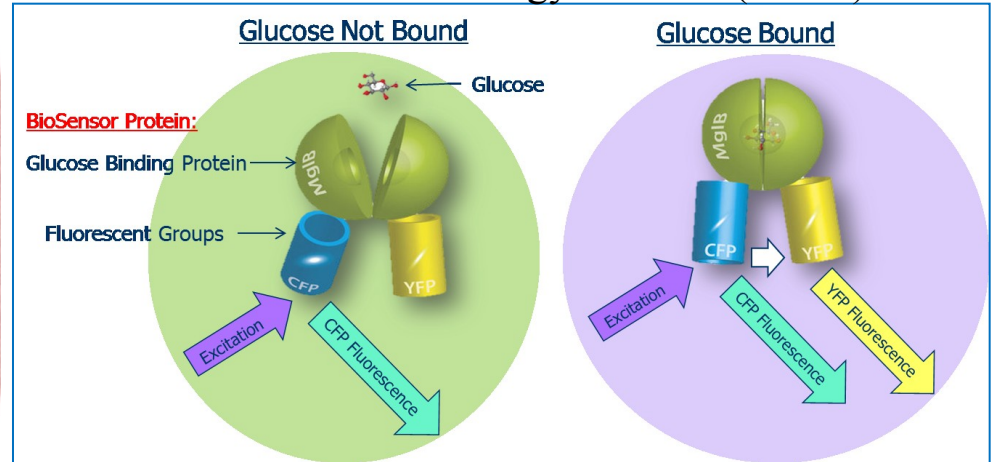
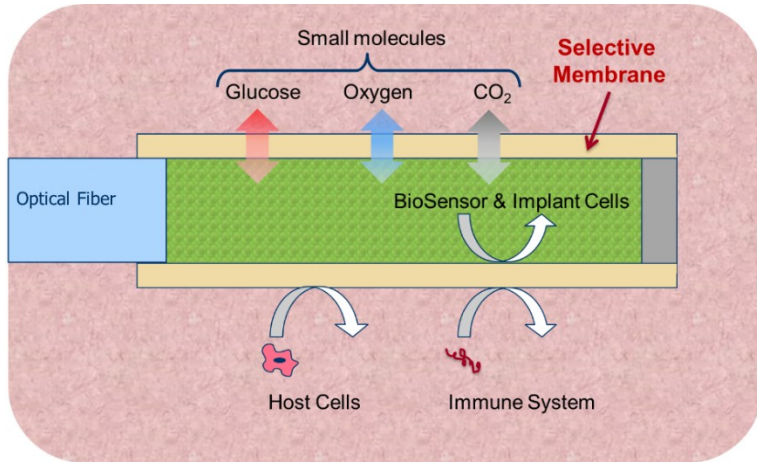


# Kontinuální monitoring glukózy

## BIOSENZOR

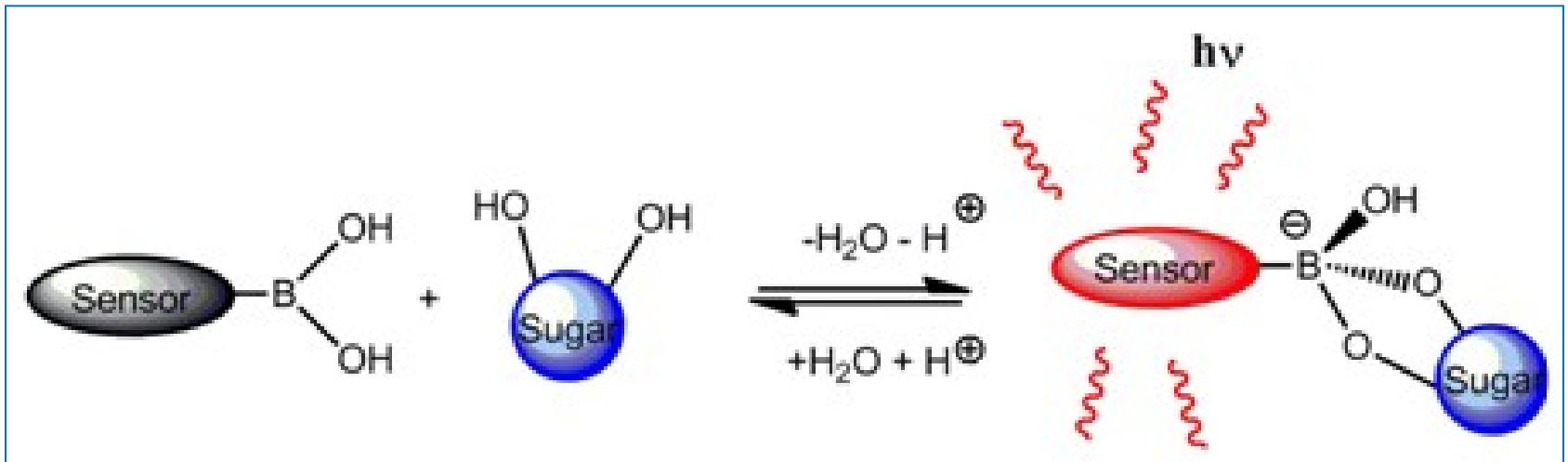
<http://www.glusensemedical.com/>

### Fluorescence Resonance Energy Transfer (FRET) sensor



### Fluorescenční senzor

Jon Stefan Hansen, Jørn Bolstad Christensen. *Recent Advances in Fluorescent Arylboronic Acids for Glucose Sensing*. *Biosensors* 2013, 3(4), 400-418; doi:[10.3390/bios3040400](https://doi.org/10.3390/bios3040400)  
<http://www.mdpi.com/journal/biosensors>



# Kontinuální monitoring glukózy

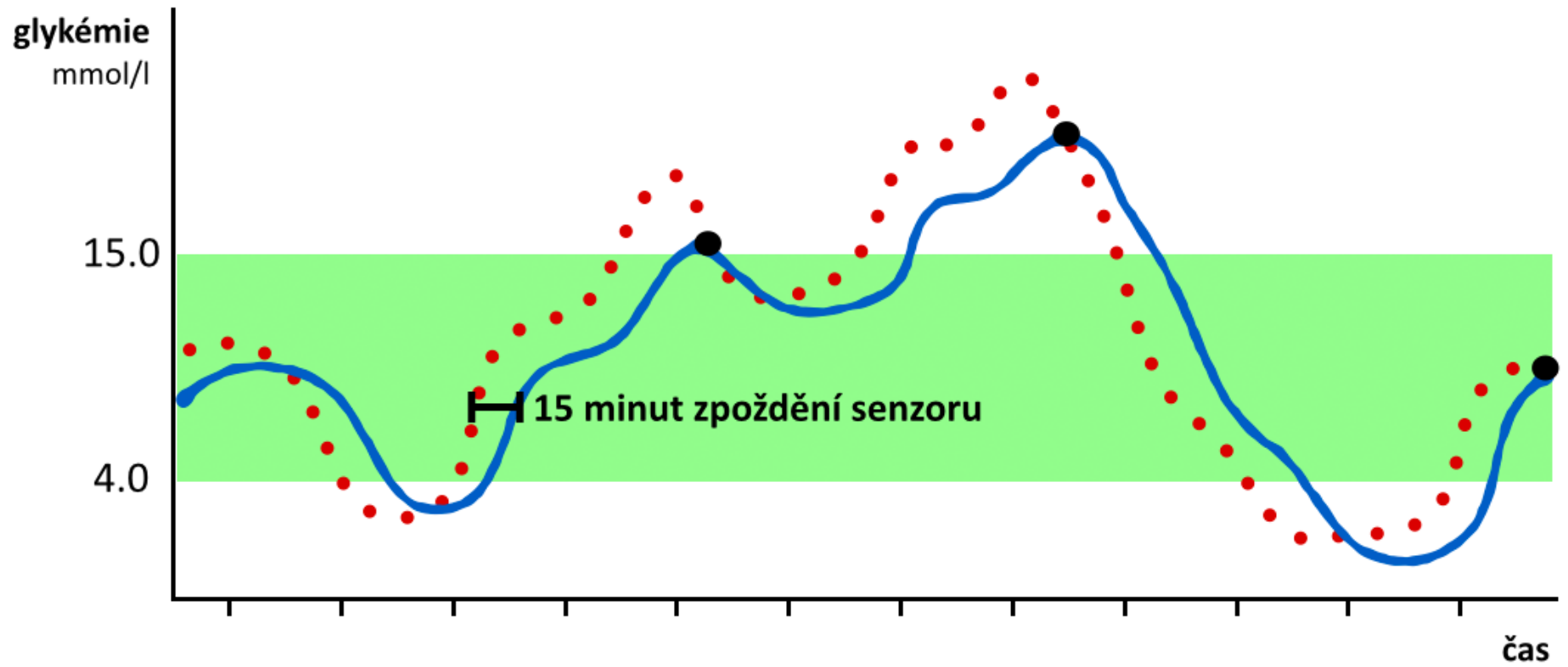
[www.detskydiabetes.cz](http://www.detskydiabetes.cz)

Zpoždění glukózy v intersticiální tekutině za glykemií 15-20 min

měření glukometrem

měření senzorem

kalibrace

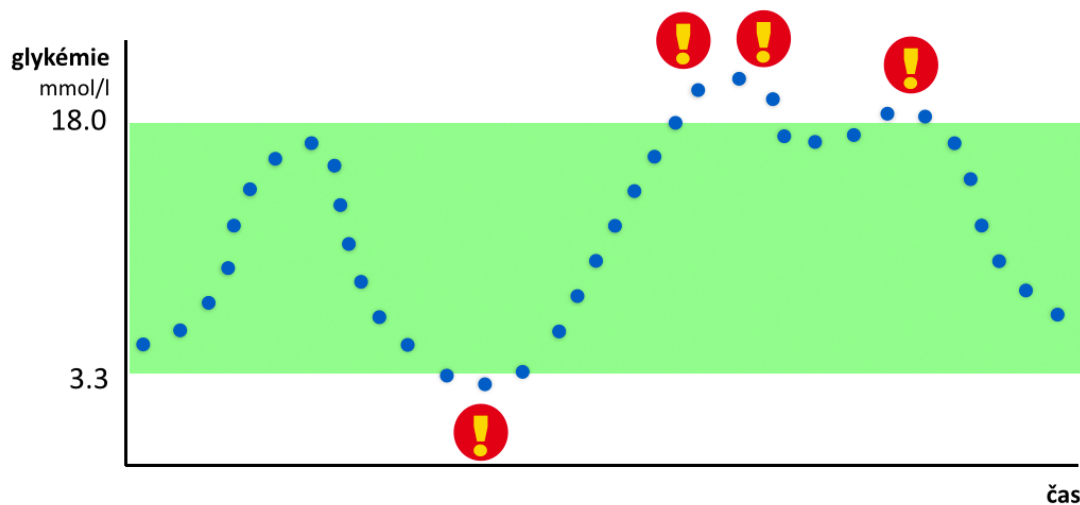
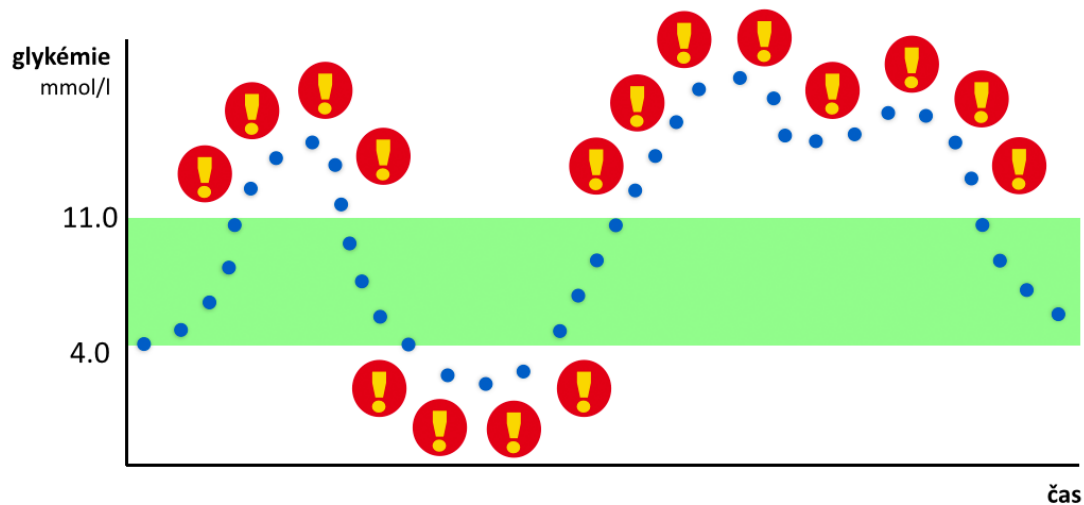




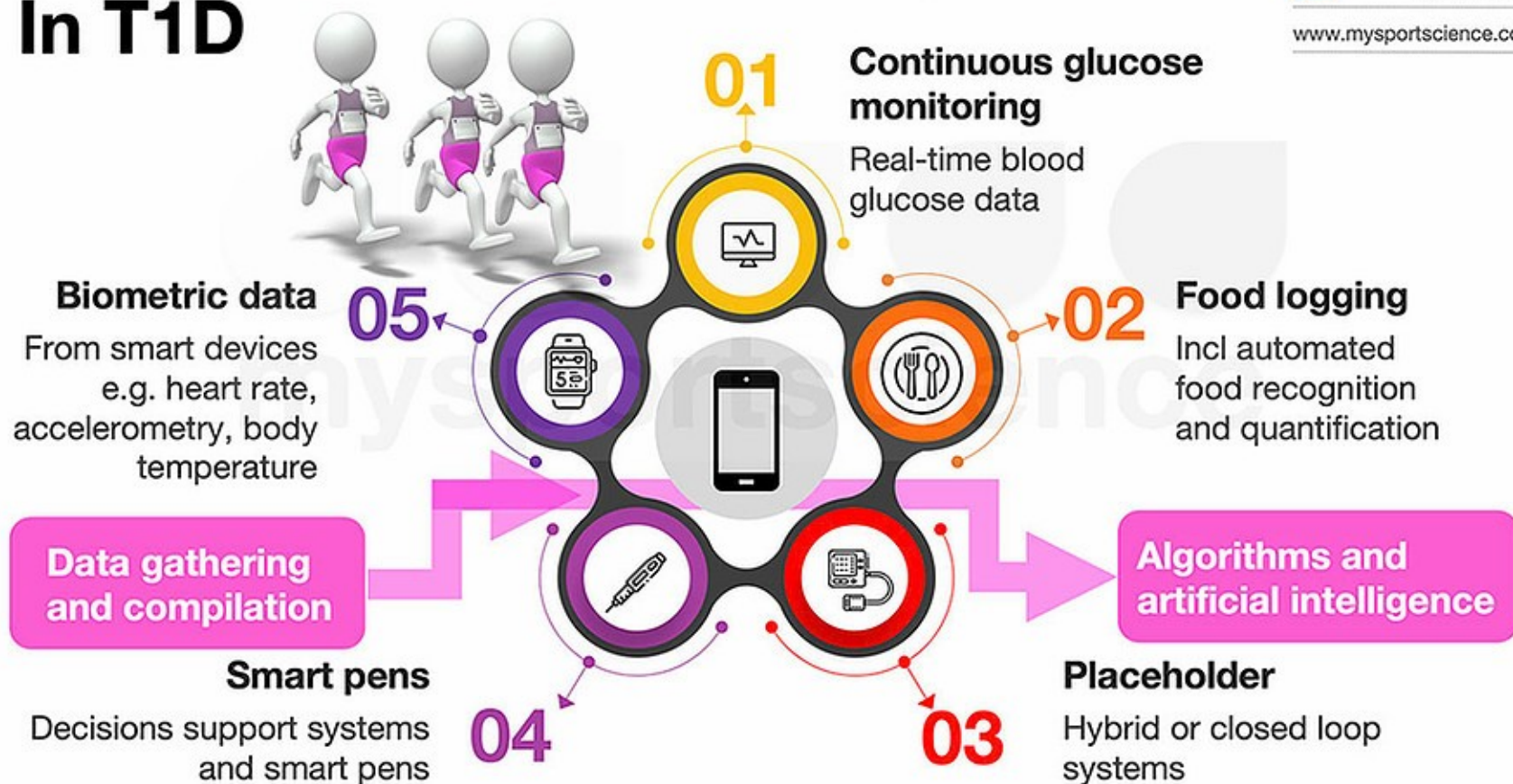
# Kontinuální monitoring glukózy

[www.detskydiabetes.cz](http://www.detskydiabetes.cz)

## Alarm při glukóze mimo nastavené limity



# Technology can help fuel performance and recovery In T1D



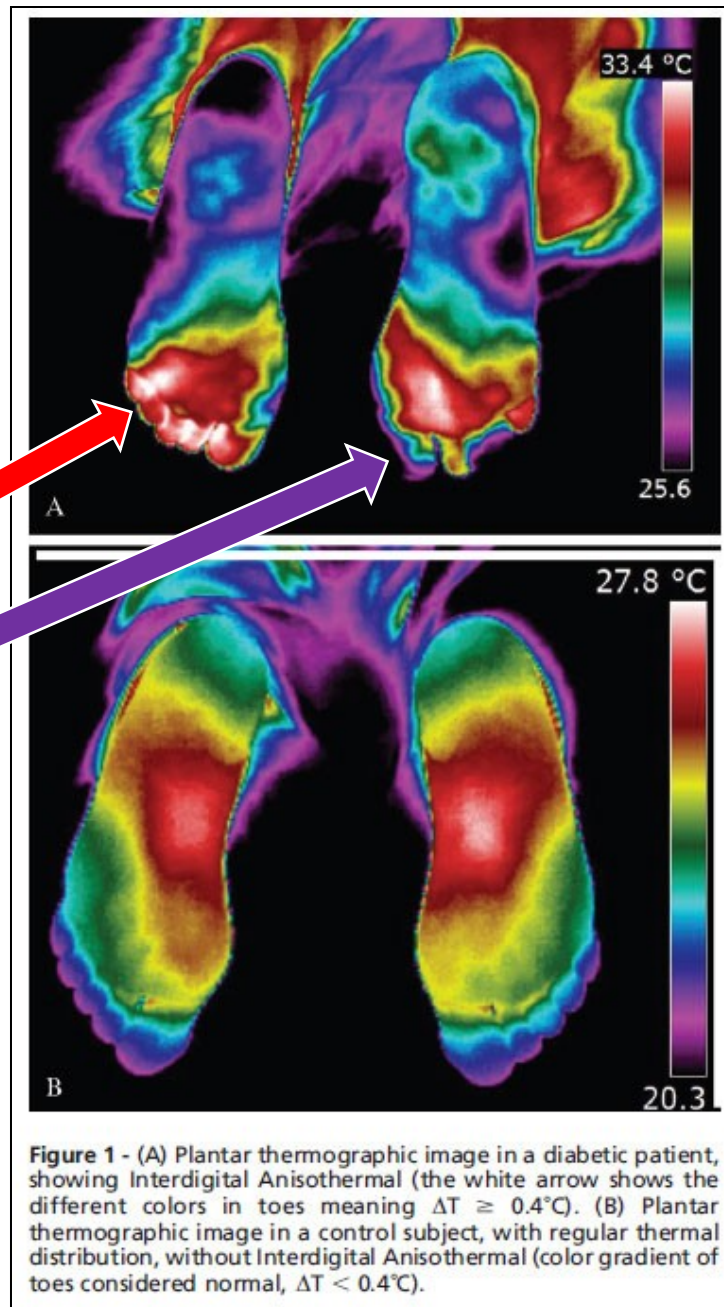
# Infračervená termografie v diagnostice diabetických komplikací

- makroangiopatie, neuropatie

Tkáně s dobrým prokrvením jsou teplejší.

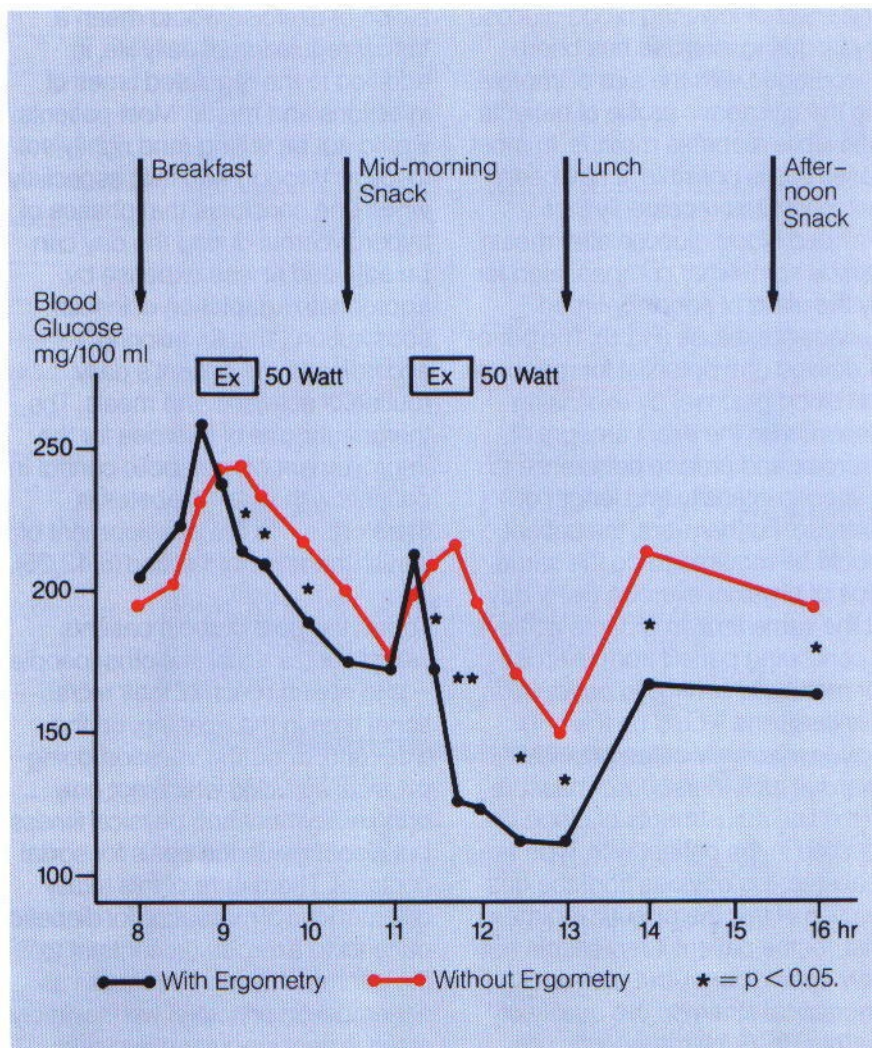
Tkáně s poruchou prokrvení jsou chladnější.

Ke zvýraznění změn dochází po fyzické zátěži.



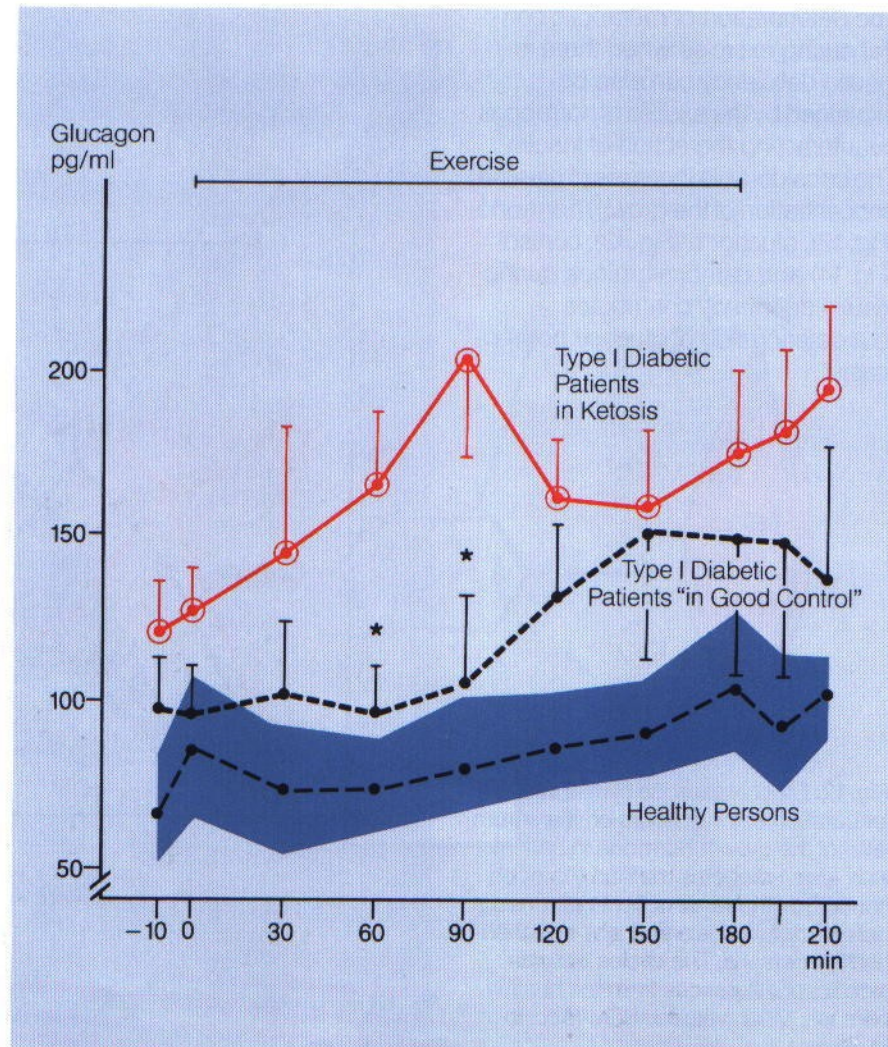
# Glykémie s cvičením a bez cvičení během dne se snídaní, svačinami a obědem

**Fig. 9:** Influence of two ergometric challenges on blood glucose levels in patients with juvenile diabetes acc. to H. Drost et al. in: K. Jahnke, H. Mehnert, H.E. Reis: Muskelstoffwechsel, körperliche Leistungsfähigkeit und Diabetes mellitus. F.K. Schattauer Verlag Stuttgart (1977) 213-217.

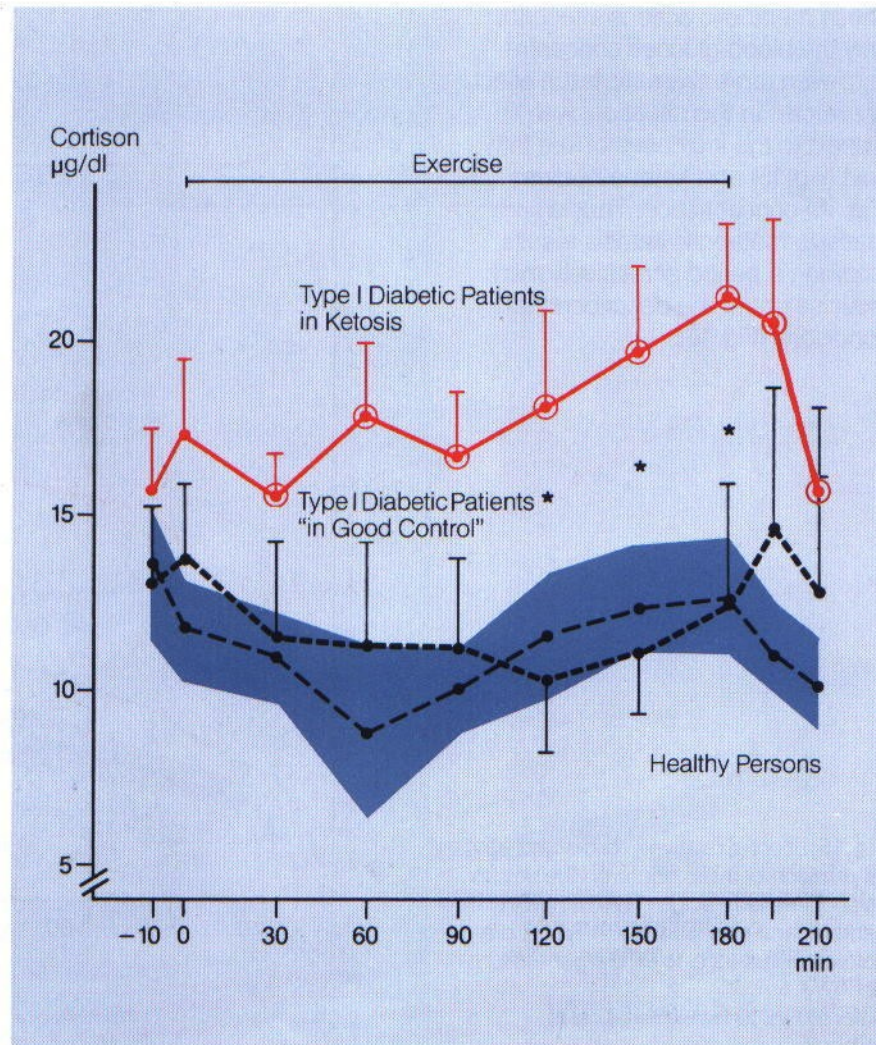


Glukagon  
ketotických  
diabetiků a dobře  
léčených diabetiků  
při 180 minutovém  
cvičení

**Fig. 13:** Effect of relatively mild ergometry for duration of three hours on the plasma level of glucagon in healthy persons and patients with Type 1 diabetes mellitus (acc. to M. Berger et al., 1977). Refer to Fig. 10 for explanation of symbols.

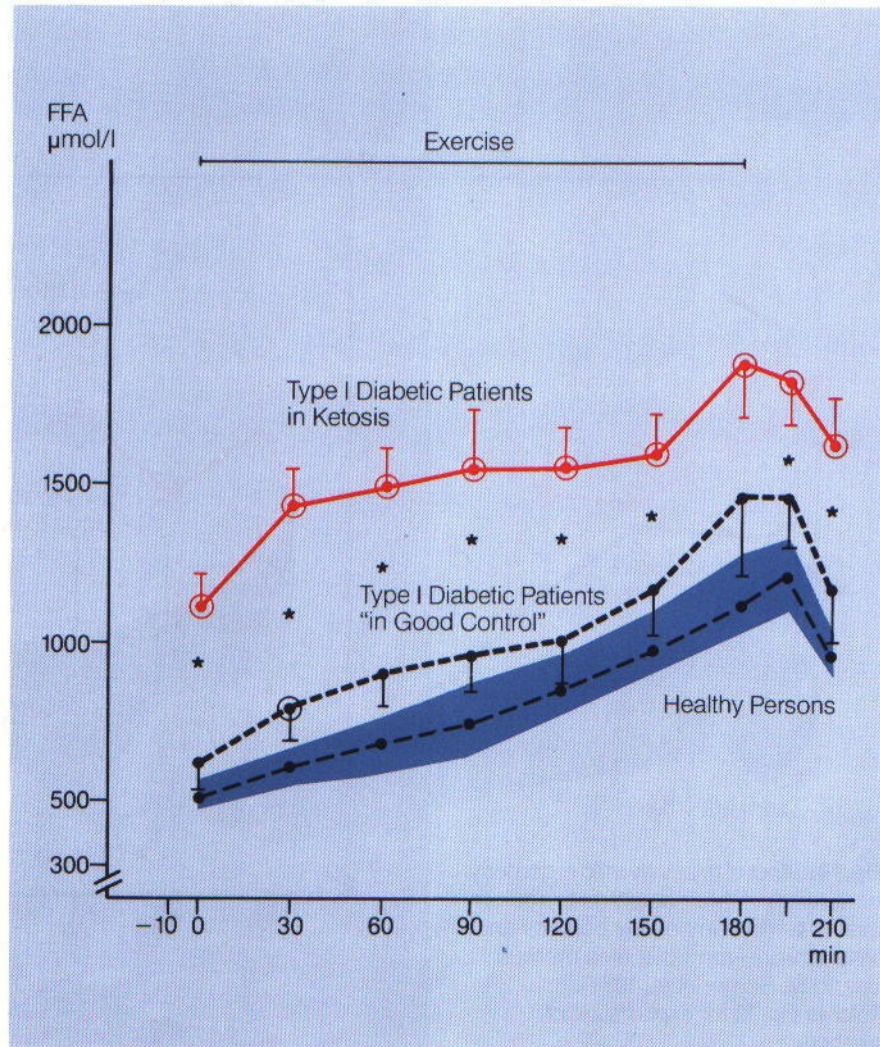


Kortizon  
ketotických  
diabetiků a dobře  
léčených diabetiků  
při 180 minutovém  
cvičení



**Fig. 14:** Effect of relatively mild ergometry for duration of three hours on the serum level of cortisol in healthy persons and patients with Type 1 diabetes mellitus (acc. to M. Berger et al., 1977). Refer to Fig. 10 for explanation of symbols.

# FFA ketotických diabetiků a dobře léčených diabetiků při 180 minutovém cvičení



**Fig. 15:** Effect of relatively mild ergometry for duration of three hours on the serum level of free fatty acids (FFA) in healthy persons and in patients with Type 1 diabetes mellitus (acc. to M. Berger et al., 1977). Refer to Fig. 10 for explanation of symbols.