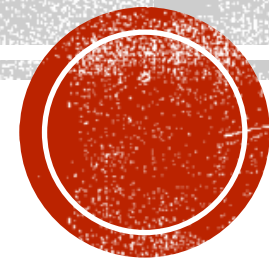


Glykemický index a glykemická nálož

Veronika Suchodolová

VOPVZ, podzim 2017



Glykemický index

$$GI = 100 \times F/B$$

B = 50g S bílý chléb

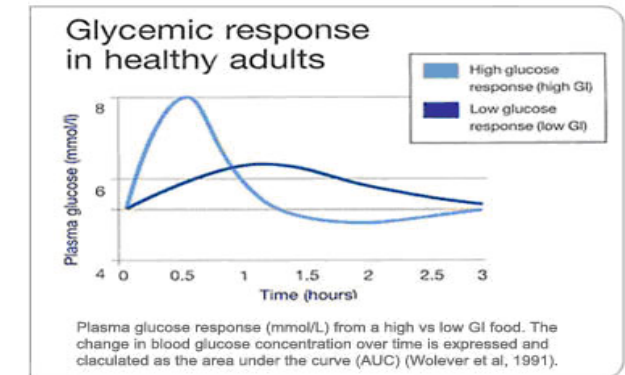
F = 50g S daná potravina



- **DEFINICE GI:** “plocha pod vzestupnou částí křivky postprandiální glykemie testované potraviny s obsahem 50 g absorbovatelných sacharidů (F), vyjádřená jako procento odezvy na stejné množství sacharidů ze standardní potraviny (B), požitá stejnou osobou”



Testování hodnot GI



- Vždy testováno alespoň 10 osob, zdravých dospělých, obou pohlaví
- Porce sledované potraviny obsahuje 50 g sacharidů (25 g v případě potravin obsahujících nízké množství sacharidů)
- Testování alespoň 2krát opakovat
- Tekutiny, v množství 250 ml, by měly být vypity do 10 minut
- Sacharidové roztoky by měly být vypity do 15 minut
- Referenční potravina = glukóza/bílý chléb
- K večeři před testováním jíst stejné jídlo, vyvarovat se neobvyklé pohybové aktivity, testování provádět do 10.h dopolední po 10-14h lačnění
- Vzorky krve v 0. minutě, 15., 30., 45., 60., 90., 120. minutě po začátku konzumace testované potraviny

???...inzulin senzitivní/nesenzitivní osoby, obézní/nadváha/štíhlí, normální dítě/normální dospělý, etnika, věk, diabetes 1./2. typu



BÍLÝ CHLÉB x GLUKÓZA

- Referenční (standardní) potravině je přidělena hodnota glykemického indexu 100 bílý chléb/glukóza
- Př. bílý chléb - upečený z přesně navážených surovin a tím známého složení
- Glukóza má o 40 % větší glykemickou odezvu než bílý chléb a naopak chléb má 71% odezvu glukózy
- Pokud chceme převést hodnoty založené na indexu, kde je jako referenční potravinou použita glukóza (GI = 100), na hodnoty založené na indexu, kde je referenční potravinou bílý chléb (GI = 100), je nutné je vynásobit 1,4 a v opačném případě se hodnoty vynásobí 0,7



■ GI KOMBINOVANÉHO JÍDLA A CELKOVÝ DENNÍ GI...?

= podíl celkového množství sacharidů v jídle (nebo za den) vynásobené odpovídajícím glykemickým indexem. Součet těchto hodnot vyjadřuje glykemický index jídla nebo denní glykemický index

Potravina	Sacharidy (g)	Podíl na celkovém množství sacharidů	GI potraviny	GI potraviny v jídle
Chléb	25	0,342	100	34,2
Cereálie	25	0,342	72	24,6
Mléko	6	0,082	39	3,2
Sacharóza	5	0,068	87	5,9
Pomerančový džus	12	0,164	74	12,1
Celkem	73	1		80



■ GLYKEMICKÁ NÁLOŽ:

1. Glykemický index potravin, jídla nebo celodenní stravy vydělíme 100 a vynásobíme množstvím vstřebatelných sacharidů v gramech
2. Z výsledných hodnot můžeme předvídat akutní metabolický efekt jednotlivých potravin

Glykemická nálož:

20 a více je považována za vysokou
11 - 19 je střední
10 a méně za nízkou

Celodenní glykemická nálož:

< 80 je nízká
> 120 je vysoká



Snídaňové cereálie	GI	GN	Velikost porce	Dostupné sacharidy v porci
Cornflakes	81±3	20,8	30	26
Müsli	55±10	10,4	30	19
Ovesná kaše	58±4	12,8	250	22



FAKTORY MODULUJÍCÍ GI

- Délka s složení řetězce (dostupnost enzymatickému trávení)
- Amylóza a amylopektin (přímý X větvený řetězec)
- Vlákna (zpomalení vyprazdňování žaludku)
- Buněčná struktura a technologie přípravy pokrmů
 - rychle a pomalu dostupná glukóza
 - těstoviny (denaturací škrobu zhoršené trávení amylázou)
 - brambory (obsah rezistentního škrobu)
- Teplota skladování
- Kvásek, kvasnice, organické kyseliny (octová, mléčná)
- Bílkoviny
- Tuky
- Víno
- Vliv předchozího jídla
- Množství absorbovaných sacharidů



DÉLKA A SLOŽENÍ ŘETĚZCE

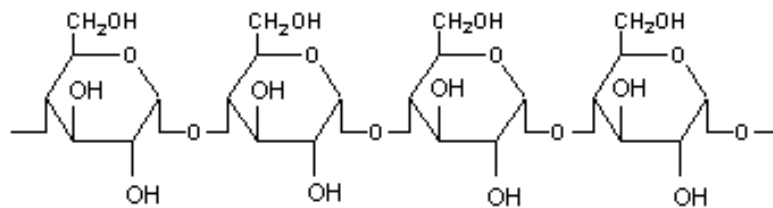
- Bílý chléb X těstoviny
 - podobná délka řetězce, ale chléb má vyšší GI díky své terciární struktuře a rozpustnosti, která zajišťuje větší expozici slinným a pankreatickým amylázám
- Disacharidy: sacharóza, laktóza, maltóza
 - skládají se z jiných monosacharidů



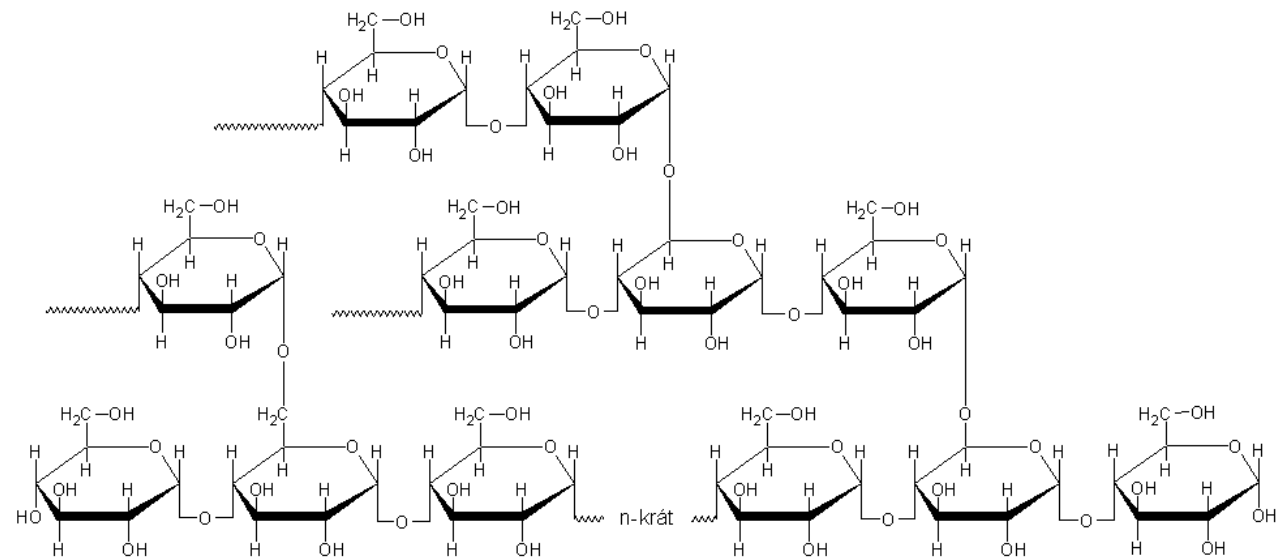
AMYLÓZA A AMYLOPEKTIN

přímý X větvený řetězec

- Kompaktnější struktura amylozy způsobuje horší dostupnost pro trávení amylázami
- Škroby s vyšším obsahem amylozy mají nižší GI
- Př. Kukuřičný škrob obsahuje cca 30 % amylozy – pro nižší postprandiální glykemii a inzulinemii je vhodnější alespoň 50 %



amyloza



amylopektin



VLÁKNINA

- Vlákna obsažená v luštěninách, ovoci, ovsu a ječmeni
- Tvorba rosolovitých gelů, které zpomalují vyprazdňování žaludku a enzymatické trávení (vytvořením fyzické bariéry kolem sacharidů)



BUNĚČNÁ STRUKTURA A TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY POKRMŮ

- Vařením a zpracováním se otevírá škrobová struktura, dochází k otevření škrobových granulí a umožní se tak trávení amylázou, což vede ke zvýšení GI
- Gnocchi: kompaktní struktura , nízký GI
- Kynuté pokrmy: vysoká pórovitost způsobená přítomností vzduchových bublinek, která zvětšuje plochu vystavenou činnosti enzymů



- **TĚSTOVINY**

- nízký GI je způsoben denaturací škrobu při jejich sušení, tím je trávení amylázou zhoršeno

- **BRAMBORY:**

- syrové brambory: škrob je uzavřen ve škrobových granulích (87 % rezistentního škrobu, dále jen RŠ), tím je vysoce odolný trávícím enzymům

- po tepelné úpravě: pouze 1,2 % RŠ

- nové brambory vařené ve slupce: nejnižší GI, zřejmě díky menšímu větvení amylopektinu

- vychlazení brambor a použití octové zálivky vede ke snížení GI



Atd.

- **TEPLOTA SKLADOVÁNÍ**

- během skladování může být část škrobu přeměněna na RŠ, GI se snižuje

- **KVÁSEK A KVASNICE**

- kváskové chleby mají nižší GI než kvasnicové
 - kváskové chleby mají vyšší hladinu RŠ než kvasnicové

- **PŘIDÁNÍ KYSELINY OCTOVÉ ČI MLÉČNÉ**

- pomalejší žaludeční vyprazdňování
 - ovlivnění hydrolýzy škrobu, snížení GI v přítomnosti glutenu



- **BÍLKOVINY, TUKY, VÍNO**

- jako součást pokrmu – vliv na nižší GI

- **VLIV PŘEDCHOZÍHO JÍDLA**

- snídaně s nízkým GI – následně oběd s nízkým GI..atd.

- pomalé trávení a absorpce, které vedou ke kratší době lačnění mezi jídly a potlačení vylučování volných mastných kyselin

- **MNOŽSTVÍ ABSORBOVANÝCH SACHARIDŮ**

- s velikostí dávky sacharidů se zvyšuje glykemie a inzulinemie

- jakmile dávka přesáhne 50 g má vzestupná část křivky tendenci se zploštit



GI

- SACHARÓZA – LAKTÓZA – MALTÓZA
- CELÉ ZRNO – BULGUR – HRUBÁ MOUKA
- JABLKO – PYRÉ – DŽUS
- PIZZA - GNOCCHI – SUCHARY
- BRAMBORY ČERSTVĚ UVAŘENÉ – DEN STARÉ
- KVÁSKOVÝ CHLÉB – KVASNICOVÝ CHLÉB



GI – nejnížší GI – nejvyšší GI

- SACHARÓZA – LAKTÓZA – MALTÓZA
- CELÉ ZRNO – BULGUR – HRUBÁ MOUKA
- JABLKO – PYRÉ – DŽUS
- PIZZA - GNOCCHI – SUCHARY
(pizza i suchary jsou vyrobeny z kynutého těsta, mají podobnou gly.odezvu jako bílý chléb, gnocchi mají kompaktní strukturu)
- BRAMBORY ČERSTVĚ UVAŘENÉ – DEN STARÉ
- KVÁSKOVÝ CHLÉB – KVASNICOVÝ CHLÉB



ZDRAVOTNÍ TVRZENÍ

Konzumace ... jakožto součásti jídla přispívá k omezení nárůstu hladiny glukózy v krvi po tomto jídle

- **Arabinoxylan** z endospermu pšenice (8 g vlákniny bohaté na arabinoxylan)
- **Beta-glukany** z ovsu a ječmene (ně 4 g beta-glukanů)
- **(Hydroxypropyl) za (HPMC)** (ně 4 g HPMC)
- **Pektiny** (10 g pektinů)
- **Rezistentní škrob** (alespoň 14 % celkového obsahu škrobu)
- **ALFA-cyklodextrin** (alespoň 5 g ALFA-cyklodextrinu)



ZDRAVOTNÍ TVRZENÍ

- **Chrom** - Chrom je nezbytný pro udržení normální hladiny glukózy v krvi
- **Sladidla** - Sladidla (xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, laktitol, isomalt, erythritol, sacharidy a poly sacharidy; D-xyloza a isomaltóza) - Konzumace potravin/ nápojů obsahujících sladidla vede k omezení hladiny glukózy v krvi po jejich konzumaci v kombinaci s potravinami/ nápoji obsahujícími cukr
- **Fruktóza** - Konzumace potravin obsahujících fruktózu vede k zvýšení hladiny glukózy v krvi ve kombinaci s potravinami obsahujícími sacharózu nebo fruktózu





- Kombinace zvýšené hladiny regulačních hormonů a volných mastných kyselin po konzumaci pokrmu s vysokým GI (po 4-6 hodinách) představuje stav lačnění normálně dosažený pouze po mnoha hodinách hladovění
- Omezená využitelnost výměnných jednotek v managementu diabetu
- Fruktóza, nízký GI – ale negativní vliv na lipidy v plazmě...fruktóza jako sladidlo X přirozené zdroje fruktózy (jen malá část CEP)



INZULINEMICKÝ INDEX

- Inzulinová odezva
- Obecně silná korelace s GI
- VÝJIMKA: mléko a mléčné výrobky
(mají větší inzulinovou odezvu, než by se dalo čekat)



GLYKEMIE A INZULINEMIE

- po konzumaci potravin obsahujících laktózu

- Mléko a mléčné produkty mají nižší GI, ačkoliv zvyšují inzulinemii...?
- **Pokus:** 12 osob a konzumace různých potravin obsahujících stejné množství sacharidů (hl. laktózu)
- **Výsledky:**
 - převážně přítomnost rozvětvených aminokyselin (valin, leucin, isoleucin) a lysinu zvyšuje vylučování inzulinu a GIP (GIP = inzulinotropní peptid závislý na glukóze)
- Pozitivní účinek mléčných bílkovin:
 - stimulace sekrece inzulinu a zlepšení citlivost tkání na inzulin
 - možná prevence DM II. typu.



NE LAKTÓZA ALE VĚTVENÉ AMINOKYSELINY

- **ZÁVĚR:**

Přídavek syrovátky zvyšuje vylučování inzulínu:

- syrovátkové proteiny jsou bohaté na větvené AK, které jsou inzulínotropní
- uvolnění inkretinových hormonů (GLP-1 a GIP)

- Pozn.

GLP-1 = *glucagon-like peptide-1*

GIP = *glucose-dependent insulitropic polypeptide* (inzulínotropní peptid závislý na glukóze)



ŽÍTNÝ X PŠENIČNÝ CHLÉB a postprandiální inzulinemie

- ŽITNÉ PEČIVO:
inzulin, C-peptid a GIP - signifikantně nižší hodnoty

VYSVĚTLENÍ:

STRUKTURA ŠKROBU (zabalená škrobová zrna, pomalejší hydrolýza)

TABLE 3
Maximal glucose, insulin, C-peptide, glucose-dependent insulinotropic polypeptide (GIP), and glucagon-like peptide 1 (GLP-1) concentrations and areas under the curve in response to the consumption of the test breads¹

	Refined wheat bread	Endosperm rye bread	Traditional rye bread	High-fiber rye bread
Maximal response				
Glucose (mmol/L)	2.1 ± 0.2	2.0 ± 0.2	2.0 ± 0.1	1.7 ± 0.2
Insulin (pmol/L)	299.2 ± 28.1	206.1 ± 18.8 ²	220.5 ± 20.8 ²	222.2 ± 29.1 ²
C-peptide (nmol/L)	1.9 ± 0.1	1.4 ± 0.1 ²	1.4 ± 0.1 ²	1.5 ± 0.1 ²
GIP (pmol/L)	107.2 ± 7.4	87.7 ± 10.3	59.1 ± 4.6 ^{2,3}	60.5 ± 5.0 ^{2,3}
GLP-1 (pmol/L)	28.3 ± 4.7	30.6 ± 6.3	25.9 ± 3.3	26.4 ± 5.4
Area under the curve				
Glucose (mmol · min/L)	99.6 ± 15.1	99.4 ± 16.0	77.8 ± 11.6	83.3 ± 23.3
Insulin (pmol · min/L)	22151 ± 2288	15831 ± 1276 ²	16389 ± 1374 ²	18270 ± 1755
C-peptide (nmol · min/L)	151.4 ± 9.6	115.9 ± 7.6 ²	119.7 ± 6.8 ²	122.2 ± 7.8 ²
GIP (pmol · min/L)	10496 ± 667	8347 ± 701 ²	6357 ± 559 ^{2,3}	6506 ± 531 ²
GLP-1 (pmol · min/L)	2089 ± 308	2557 ± 430	2309 ± 315	2141 ± 402

¹x ± SEM; n = 19.

²Significantly different from refined wheat bread, P < 0.05 (Wilcoxon's test with Bonferroni adjustment).

³Significantly different from endosperm rye bread, P < 0.05 (Wilcoxon's test with Bonferroni adjustment).



GLYKEMICKÝ INDEX A OVOCE

- **Základní otázka:** Je rozdíl v konzumaci ovoce s vyšším a nižším GI pro riziko KVO u osob s DM II.?
- **Závěr:** konzumace ovoce s nižším GI snižuje koncentraci HbA1c, hodnotu systolickeho krevního tlaku a riziko KVO (zvýšení HDL-cholesterolu)
- **Možné příčiny a souvislosti:**
 - otázka různě upraveného ovoce (celý kus, pyré, šťáva)
 - obsah jiných složek ovoce, které přispívají k prevenci KVO



Table 2 Association of low GI fruit intake with study measurements in 152 completers

Study outcomes %A week 24-0	Value	Change in fruit intake (% of total available carbohydrate intake)					
		Apples	Citrus (oranges, tangerines, grapefruits)	Berries (strawberries, raspberries, blueberries, blackberries, cranberries)	Pears	Prunus family (plum, peaches, nectarines)	Total low GI fruit
HbA _{1c}	<i>r</i>	-0.135	-0.219	-0.228	0.121	-0.073	-0.218
	<i>p</i>	0.096	0.007	0.005	0.136	0.372	0.007
Glucose	<i>r</i>	-0.125	-0.008	-0.167	-0.014	-0.030	-0.141
	<i>p</i>	0.124	0.918	0.040	0.863	0.715	0.083
Weight	<i>r</i>	-0.016	0.112	-0.096	0.123	-0.136	-0.014
	<i>p</i>	0.846	0.170	0.239	0.132	0.095	0.865
Total cholesterol	<i>r</i>	-0.098	-0.001	0.019	-0.052	0.103	-0.020
	<i>p</i>	0.228	0.990	0.813	0.522	0.208	0.804
LDL-cholesterol	<i>r</i>	0.013	-0.007	-0.070	-0.009	0.059	0.007
	<i>p</i>	0.872	0.928	0.395	0.911	0.473	0.930
HDL-cholesterol	<i>r</i>	0.223	0.156	-0.105	0.098	0.060	0.216
	<i>p</i>	0.006	0.055	0.199	0.231	0.459	0.008
TG	<i>r</i>	-0.210	-0.069	0.233	-0.090	0.103	-0.070
	<i>p</i>	0.009	0.396	0.004	0.268	0.208	0.394
C-reactive protein	<i>r</i>	0.031	-0.004	-0.071	0.151	0.050	0.065
	<i>p</i>	0.716	0.960	0.403	0.075	0.559	0.443
Systolic blood pressure	<i>r</i>	-0.017	-0.006	-0.302	-0.035	-0.034	-0.122
	<i>p</i>	0.839	0.940	0.000	0.666	0.682	0.134
Diastolic blood pressure	<i>r</i>	-0.017	-0.140	-0.162	0.035	0.069	-0.067
	<i>p</i>	0.833	0.086	0.046	0.667	0.400	0.410
CHD risk	<i>r</i>	-0.211	-0.089	-0.067	-0.099	0.039	-0.192
	<i>p</i>	0.009	0.274	0.409	0.223	0.635	0.018



DLE STUDIÍ...

- **Gestační DM:** konzumace potravin s nižším GI...vyrovnanější hladina glykemie - snižuje se výskyt fetální makrosomie
- **Přídavek octu** do pokrmu s vysokým GI snižuje hodnotu GI
- **Přídavek isomaltu** snižuje hodnotu HbA1c, fruktosaminu, glykemie na lačno, inzulinu, proinzulinu, C-peptidu, inzulinové rezistence a oxidovaného LDL...celkové zlepšení metabolické kontroly diabetu
- **Hodnota glykemické nálože** je vyšší v jídelníčku žen s inzulinovou rezistencí



GI a GN v diabetické dietě

- Následky diety založené na sacharidech s vyšším GI:
 - reaktivní hypoglykemie (zvýšená hladina glykemie i inzulínu) a zvýšení koncentrace volných mastných kyselin...následuje dysfunkce β -buněk, dyslipidemie a endoteliální dysfunkce
 - zvýšené riziko hemoragické mrtvice a jiných aterosklerotických procesů u žen s nadváhou, strašících žen a žen po menopauze (HbA1c a zvýšená glykemie na lačno, oxidativní stres)



- Pozitiva diety s nižším GI:
 - snížení tělesné hmotnosti
 - zlepšení kontroly glykemie (hyper i hypostavů)
 - snížení koncentrace fruktosaminů
 - zlepšení citlivosti tkání na inzulin
 - snížení hladiny celkového i LDL-cholesterolu
 - snížení rizika komplikací DM s KVO



DIETA: low fat X low GI a HbA1c

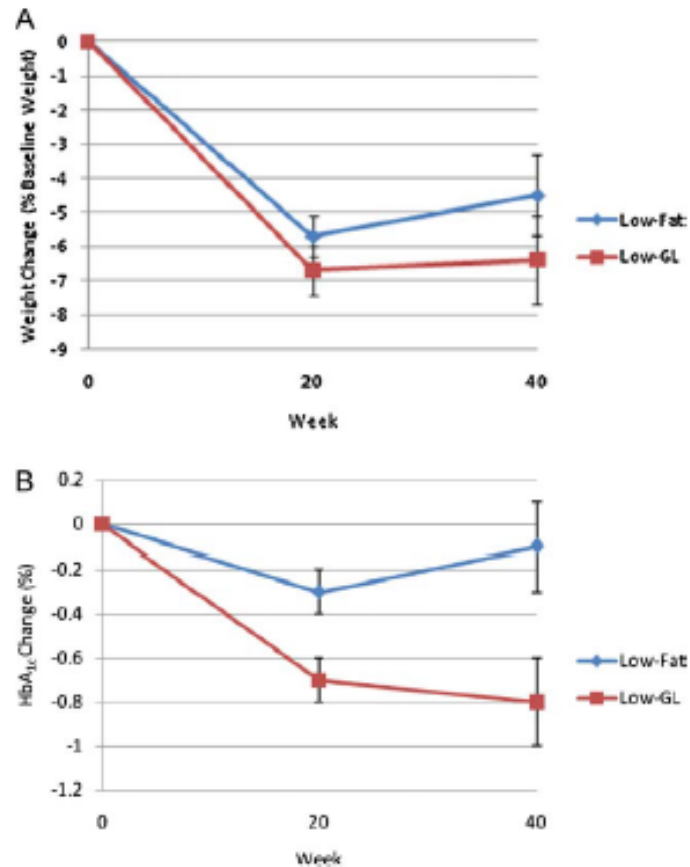


Fig. 2 – Mixed model estimates showing effects of low-fat and low-GI diets on weight change (Panel A) and HbA_{1c} (Panel B). Differences in weight loss were not statistically significant at week 20 or week 40. However, the changes in HbA_{1c} were significantly different at both times.

Table 2 – Changes in metabolic outcomes at weeks 20 and 40.

Variable	Low-fat (n = 39)	Low-GI (n = 40)	p
Waist circumference (cm)			
Week 20	-6.2 ± 0.7	-6.6 ± 0.7	.662
Week 40	-6.4 ± 1.4	-7.1 ± 1.4	.721
Glucose (mg/dl)			
Week 20	-7.9 ± 4.4	-10.8 ± 4.6	.624
Week 40	-10.4 ± 8.2	-17.0 ± 8.5	.570
Insulin (mIU/l)			
Week 20	-3.2 ± 1.2	-3.6 ± 1.2	.801
Week 40	-4.6 ± 2.2	-5.5 ± 2.3	.770
HOMA			
Week 20	-1.2 ± 0.4	-1.2 ± 0.4	.979
Week 40	-1.7 ± 0.7	-1.8 ± 0.7	.969
Systolic blood pressure (mm Hg)			
Week 20	-4.2 ± 1.9	0.6 ± 2.0	.068
Week 40	-4.5 ± 3.6	4.6 ± 3.7	.078
Diastolic blood pressure (mm Hg)			
Week 20	-2.7 ± 1.1	0.2 ± 1.2	.059
Week 40	-3.0 ± 2.1	2.8 ± 2.2	.057
Triglycerides (mg/dl)			
Week 20	-17.2 ± 8.0	-29.9 ± 8.3	.246
Week 40	-3.0 ± 15.0	-29.3 ± 15.6	.223
Total cholesterol (mg/dl)			
Week 20	-9.4 ± 4.0	-17.3 ± 4.2	.147
Week 40	2.7 ± 7.5	-10.8 ± 7.8	.209
LDL cholesterol (mg/dl)			
Week 20	-1.3 ± 3.3	-6.4 ± 3.5	.256
Week 40	3.1 ± 6.2	-5.5 ± 6.3	.328
HDL cholesterol (mg/dl)			
Week 20	-3.9 ± 1.0	-4.8 ± 1.1	.544
Week 40	0.0 ± 1.9	-1.3 ± 2.0	.641
High sensitivity C-reactive protein (mg/l)			
Week 20	-3.3 ± 1.2	-2.8 ± 1.2	.744
Week 40	-3.3 ± 2.2	-2.6 ± 2.3	.828
C-Peptide (ng/ml)			
Week 20	-0.1 ± 0.2	-0.2 ± 0.2	.739
Week 40	-0.4 ± 0.3	-0.6 ± 0.3	.581

Cells contain group means ± standard error. p-Values are for the between-groups difference.

Table 3 – Changes in dietary intake at weeks 20 and 40.

Variable	Low-fat (n = 39)	Low-GI (n = 40)	p
Total energy (kj/d)			
Week 20	-2223.2 ± 316.5	-2745.7 ± 319.5	.208
Week 40	-800.1 ± 562.3	-1810.0 ± 586.2	.215
Energy from fat (% kJ)			
Week 20	-7.4 ± 0.9	-4.3 ± 0.9	.007
Week 40	-4.1 ± 1.5	1.6 ± 1.6	.010
Energy from carbohydrate (% kJ)			
Week 20	5.6 ± 1.0	2.0 ± 1.1	.007
Week 40	3.8 ± 1.7	-2.7 ± 1.8	.010
Energy from protein (% kJ)			
Week 20	2.3 ± 0.9	2.5 ± 0.9	.903
Week 40	1.3 ± 1.7	1.6 ± 1.7	.917
Total sugar (g)			
Week 20	-12.1 ± 4.5	-17.0 ± 4.5	.417
Week 40	4.2 ± 8.3	-8.0 ± 8.6	.308
Added sugar (g)			
Week 20	-17.0 ± 4.0	-22.3 ± 4.1	.311
Week 40	-2.3 ± 7.2	-14.9 ± 7.5	.229
Fiber (g)			
Week 20	0.0 ± 1.1	0.6 ± 1.1	.676
Week 40	0.2 ± 2.1	1.6 ± 2.2	.648
Dietary glycemic index			
Week 20	-2.6 ± 0.9	-6.5 ± 1.0	.002
Week 40	1.3 ± 1.7	-6.2 ± 1.7	.003
Dietary glycemic load			
Week 20	-33.0 ± 5.7	-49.9 ± 5.7	.027
Week 40	-8.0 ± 10.2	-40.4 ± 10.6	.031

Cells contain group means ± standard error. p-Values are for the between-groups difference.





Úkoly

- Vypočítejte GI a porovnejte
 - Dýně: GI=75; množství sacharidů v porci 2
 - Vařené brambory GI=41, množství sacharidů v porci 30
 - Cornflakes GI=81, množství sacharidů v porci 26



Úkoly

- Vypočítejte GI a porovnejte
 - **Dýně:** GI=75; množství sacharidů v porci 2
 - $75 * 2 / 100 = 1,5$
 - **Vařené brambory** GI=41, množství sacharidů v porci 30
 - $41 * 30 / 100 = 12,3$
 - **Cornflakes** GI=81, množství sacharidů v porci 26
 - $81 * 26 / 100 = 21$



Úkoly

- Vypočítejte GI pokrmu: pšeničný rohlík s párkem a Coca-cola

Suroviny	Sacharidy v g	GI
80 g rohlík	48	95
100g párky	3	28
500 ml Coca-cola	50	63
Celkově	101	



Úkoly

- Vypočítejte GI pokrmu

Suroviny	Sacharidy v g	GI	Výpočet
80 g rohlík	48	95	$(48 \cdot 95) / 101 = 45$
100g párky	3	28	$(3 \cdot 28) / 101 = 1$
500 ml Coca-cola	50	63	$(63 \cdot 50) / 101 = 31$
Celkově	101		GI pokrmu=77

