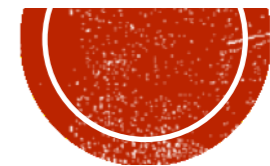


Glykemický index a glykemická nálož

Kamila Jančková

Diabetologie, jaro 2020



Glykemický index

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

B = 50g S bílý chléb

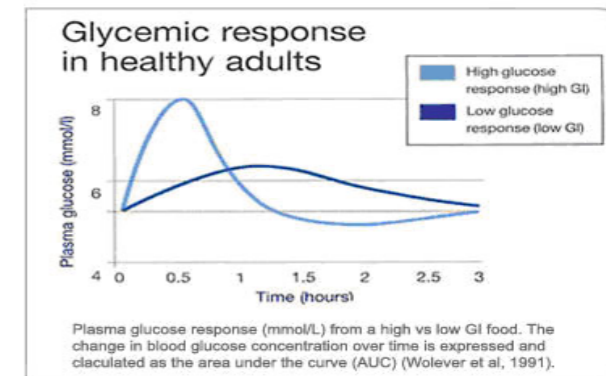
F = 50g S daná potravina



- **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/nesezitivní 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



- Cornflakes: GI 81 (glukóza) x GI 116 (bílý chléb)
 - Dlouhozrnná rýže: GI 56 x GI 80
 - Parboild rýže: GI 47 x GI 68
 - Bulgur: GI 48 X 68
 - Špagety: GI 42 x GI 60
 - Kuskus: GI 65 x 93
-
- Jablko: GI 38 x GI 52
 - Banán: GI 52 x GI 74
 - Čočka: GI 30 x GI 42



- Glukóza: GI 99 x GI 141
- Fruktóza: GI 19 x GI 27
- Med: GI 55 x GI 78

- Mrkev: GI 47 x GI 68

- Brambory pečené: GI 85 x GI 121
- Brambory vařené: GI 56-101 x GI 80-144
- Bramborová kaše: GI 67-91 x GI 96-130



Glykemický index X glykemická odpověď

- Glykemická odpověď – Glycemic Response (GR)
- GR = postprandiální glykemie vyvolaná vstřebáním konzumované potravy či pokrmu, která obsahuje sacharidy

- Glykemický index – Glycemic Index (GI)
- GI = vztažen na potraviny s obsahem 50 g (či 25 g) sacharidů (dále viz základní definice GI)

- GI není GR



Rozdělení dle GI

- $GI \geq 70$ (stupnice glukózy) = potraviny s vysokým GI
= potraviny, které jsou rozštěpeny, vstřebány a metabolizovány rychle
- $GI \leq 55$ (stupnice glukózy) = potraviny s nízkým GI
= potraviny, které jsou rozštěpeny, vstřebány a metabolizovány pomalu



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

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

Potravina	Sacharidy (g)	Podíl na celkovém množství sacharidů	GI potraviny	GI potraviny v pokrmu
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, pokrmu 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



- Cornflakes: GI 81 (glukóza) x GI 116 (bílý chléb), GN 21, 30 g/26 g (velikost porce/dostupné sacharidy)
- Dlouhozrnná rýže: GI 56 x GI 80, GN 23, 150 g/41 g
- Parboild rýže: GI 47 x GI 68, GN 17, 150 g/36
- Bulgur: GI 48 X 68, GN 12, 150 g/26 g
- Špagety: GI 42 x GI 60, GN 24, 180 g/48 g
- Kuskus: GI 65 x 93, GN 23, 150 g/35 g

- Jablko: GI 38 x GI 52, GN 6, 120 g/15 g
- Banán: GI 52 x GI 74, GN 12, 120 g/24
- Čočka: GI 30 x GI 42, GN 5, 150 g/17 g



- Glukóza: GI 99 x GI 141, GN 10, 10 g/10 g
- Fruktóza: GI 19 x GI 27, GN 2, 10 g/10 g
- Med: GI 55 x GI 78, GN 10, 25 g/18 g

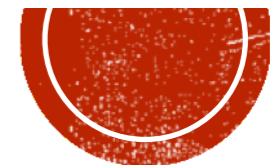
- Mrkev: GI 47 x GI 68, GN 3, 80 g/6 g

- Brambory pečené: GI 85 x GI 121, GN 26, 150 g/30 g
- Brambory vařené: GI 56-101 x GI 80-144, GN 14-17, 150 g/26-17 g
- Bramborová kaše: GI 67-91 x GI 96-130, GN 13-18, 150 g/18-20 g



ALE POZOR!

Co vše ovlivňuje glykemický index celkového pokrmu?



FAKTORY MODULUJÍCÍ GI

- Délka a 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

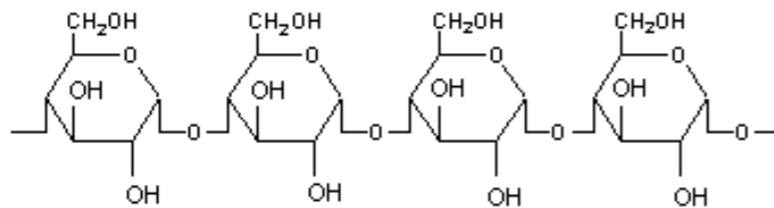
- Bílý chléb X těstoviny
 - podobná délka řetězce, ale chléb má vyšší GI díky své terciární struktuře a rozpustnosti, která zajišťuje větší expozici slinným a pankreatickým amylázám
- Disacharidy: sacharóza, laktóza, maltóza
 - skládají se z jiných monosacharidů



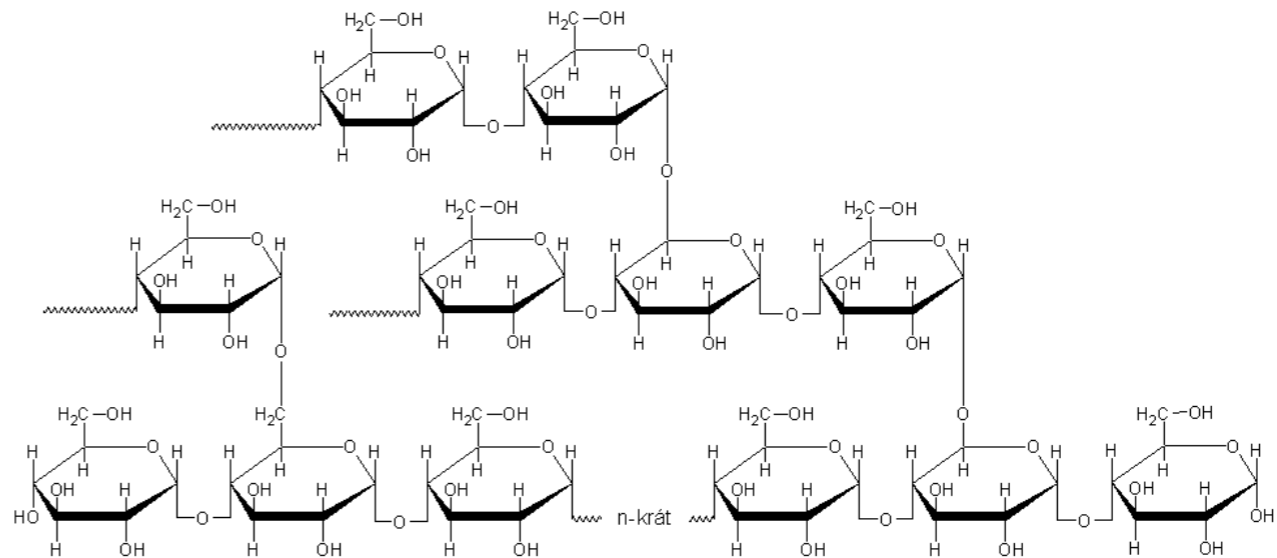
AMYLÓZA A AMYLOPEKTIN

přímý X vetvěný 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 nebo použití octové zálivky vede ke snížení GI



- **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 nižší glykemická odezva po obědě

- 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 – nejnižší 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 – ale pizza má další ingredience, 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 na každých 30 g využitelných sacharidů v dané potravíně)
- **Hydroxypropylmethylcelulóza** (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 ky cukru, tj intenzivní sladidla** (xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, laktitol, isomalt, erythritol, sacharidy a poly-sacharidy; - sacharidy a isomalt - sacharidy) - Konzumace potravin/ nápojů obsahujících sladidla ky cukru vede k omezení hladiny glukózy v krvi po jejich konzumaci v porovnání s potravinami/ nápoji obsahujícími cukr
- **Fruktóza** - Konzumace potravin obsahujících fruktózu vede k zvýšení hladiny glukózy v krvi ve srovnání s potravinami obsahujícími sacharidy nebo fruktózu



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
- **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 inzulinotropní
- uvolnění inkretinových hormonů (GLP-1 a GIP)



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/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

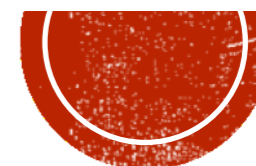
¹x ± SEM; n = 19.

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).



BENEFITY PRO ZDRAVÍ



Postprandiální glykemie a její kontrola

- KVO, mortalita DM II., mortalita osob bez diabetu
- Snížení rizika KVO – díky snížení hodnot HbA1c
- Přetížení systému acetyl CoA – vyšší počet volných radikálů – oxidativní stres může být patogenním mechanismem vyvolávajícím inzulinovou rezistenci, diabetes a KVO
- Hyperglykemie – riziko endoteliální dysfunkce a komplikací diabetu
- KONTROLA POSPRANDIÁLNÍ GLYKEMIE:
= snižuje oxidativní stres, endoteliální dysfunkce, faktory trombózy, oxidaci lipoproteinů



GI a nádorové onemocnění

- Inzulin = jako růstový faktor zvyšuje aktivitu pronádorového IGF-1, který má proliferační angiogenní, antiapoptické a estrogen-stimulující účinky
- Nižší GI – ovlivňuje celkové hospodaření inzulinu
- Pozitivní souvislost: nádory prsu a kolorekta



	Nízký GI	Nízká GL	Akarbóza
Riziko DM 2.	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓
Riziko KVO	↓↓	↓↓↓	↓↓↓
Riziko n.o. kolorekta	↓↓	-	?
Riziko n.o. prsa	↓	-	?
Riziko n.o. endometria	-	↓	?
HbA1c u DM	↓↓	↓↓	↓↓
Posprandiální glykemie	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓
Postprandiální inzulinemie	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓
Inzulinová rezistence	↓↓	↓↓	↓
LDL-cholesterol	↓	-	-
HDL-cholesterol	?	↑	↑
Triacylglyceroly	↓	↓↓	↓↓
CRP	↓↓	↓	↓
Krevní tlak	?	?	↓
Tělesná hmotnost	↓	↓↓	↓↓
Tělesný tuk	↓↓	↓↓	?

Akarbóza je PAD, který ve střevě blokuje alfa glukozidázu, enzym štěpící sacharidy – následně se snižuje postprandiální glykemie



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 %Δ 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...

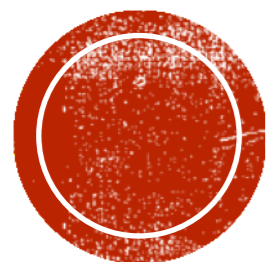
- **Gestační DM:** konzumace potravin s nižším GI...vyrovnanější hladina glykemie - snižuje se výskyt fetální makrosomie
- **Přídavek octu** do pokrmu s vysokým GI snižuje hodnotu GI
- **Přídavek isomaltu** snižuje hodnotu HbA1c, fruktosaminu, glykemie na lačno, inzulinu, proinzulinu, C-peptidu, inzulinove rezistence a oxidovaného LDL...celkové zlepšení metabolické kontroly diabetu
- **Hodnota glykemické nálože** je vyšší v jídelníčku žen s inzulinovou rezistencí
- Asociace vysoké GN se zvýšeným rizikem pálení žáhy a chronické dyspepsie u mužů a asociace vysokého GI a téhož u neobézních jedinců.
- Vliv konzumace stravy s nízkým GI na epilepsii – zlepšení stavu a snížení výskytu záchvatů, jako mírnější alternativa dobře fungující ketogenní diety



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)





Děkuji vám za pozornost