

杂粮面食血糖生成指数和胰岛素指数评估 及对糖尿病胰岛素抵抗干预作用的研究

张文青

(山西医科大学第二医院)

杂粮面食血糖生成指数和胰岛素指数评估 及对糖尿病胰岛素抵抗干预作用的研究

张文青 原陈珊 赵晓娟

研究背景与目的

山西为中国杂粮生产的高产区和优质区，是闻名的“小杂粮王国”。尤其是具有“食疗兼备”功能的莜麦、荞麦、豆面等粗杂粮，具有调节血糖、血脂，改善肠道功能等多方面生物活性。

研究背景与目的

随着我国社会和经济的发展，人们生活水平的逐步提高，生活方式与饮食习惯发生了很大转变。居民膳食中**高热能、高脂肪、高蛋白、低膳食纤维**的“三高一低”饮食模式逐渐取代了以**食用谷物**为主的传统膳食模式，导致慢性代谢性疾病患病率及死亡率迅速上升。

本研究以人体试验为依据，对山西杂粮面食进行GI和胰岛素指数(II)测定，并重组优化其膳食纤维构成，形成含可溶性膳食纤维丰富的低GI、低II复合杂粮。

观察重组杂粮对2型糖尿病患者血糖、血脂、胰岛素水平及胰岛素敏感性指数等IR相关指标的影响，为IR相关疾病的营养教育、膳食治疗提供理论依据，为降低IR功能食品的开发提供新资源。

研究背景与目的

现代医学研究表明，**胰岛素抵抗(IR)**是上述慢性代谢性疾病共同的危险因素，是滋生多种代谢相关疾病的共同土壤。而富含植物纤维的粗杂粮食物能明显改善IR，提高**IR敏感性**，特别是能改善糖尿病患者糖与脂类的代谢紊乱，减轻单纯性肥胖者IR状态。

粗杂粮面食血糖生成 指数和胰岛素指数的评估

研究对象

纳入标准:

1. 身体健康, 无任何代谢性疾病, 无糖尿病家族史和其他代谢病史;
2. 年龄在18-27岁之间;
3. 体重正常, BMI在18.5-25 kg/m²之间;
4. 无碳水化合物不耐受症。

排除标准:

1. 糖耐量不正常者;
2. 超重或肥胖者;
3. 乳糖或碳水化合物不耐受者。

每种试验食物均有10名受试者, 每个受试者需签署知情同意书。

材料与方法

口服葡萄糖耐量试验 (OGTT):

清晨空腹采静脉血3ml → 口服50g纯葡萄糖粉(溶于200ml温水) → 于服后第15、30、45、60、90、120min分别取肘静脉血3ml → 测定空腹血糖、空腹胰岛素、不同时间点的餐后血糖及餐后胰岛素。

食物血糖、胰岛素应答试验:

清晨空腹采静脉血3ml → 食用相当于50g碳水化合物的受试物 → 于服后第15、30、45、60、90、120min分别取肘静脉血3ml → 测定空腹血糖、空腹胰岛素、不同时间点的餐后血糖及餐后胰岛素。

材料与方法

测定方法:

血糖的测定葡萄糖氧化酶法(氧电极法)
胰岛素的测定I¹²⁵I放射免疫法

主要试剂:

胰岛素放射免疫分析试剂盒
(批号: 201102) 原子高科股份有限公司
BECKMAN COULTERS实验系统葡萄糖检测试剂(批号: 2010017) 美国生产

所用食材:

荞面、莜面、玉米面、高粱面、小麦粉、
豆面、燕麦、荞麦、小米、黄米面、红豆
食材均来自山西当地

材料与方法

试验时间安排

	第一天	第三天	第六天	第九天	第十二天
第一组	葡萄糖粉	玉米面窝窝	莜面栲栳	油糕	三合面面条
第二组	葡萄糖粉	荞面灌肠	高粱面鱼鱼	黑米面馒头	三合面拨鱼
第三组	葡萄糖粉	二合面剔尖	豆面河捞	炒小米	煎饼
第四组	葡萄糖粉	三合面剔尖	三合米	黄蒿	-

受试食物成分——单品杂粮

受试物	原料	重量 (g)	碳水化合物 (g)	蛋白质 (g)	脂肪 (g)	膳食纤维 (g)
葡萄糖粉	葡萄糖	75	50	0.0	2.0	3.9
莜面栲栳	莜面	74	50	10.1	6.4	4.3
玉米面馒头	玉米面	64	50	5.4	3.0	3.5
高粱面鱼鱼	高粱面	65	50	7.0	3.1	3.9
豆面河捞	绿豆面	76	50	11.0	0.5	4.4
黄米面油糕	黄米面	62	50	6.3	3.0	3.9
炒小米	小米	64	50	5.7	3.9	3.9
黑米面馒头	黑米面	67	50	6.5	3.7	3.7

材料与方法

GI计算:

$$GI = \frac{\text{受试物餐后2h血糖葡萄糖曲线下面积}}{\text{等量葡萄糖2h血糖葡萄糖曲线下面积}}$$

II计算:

$$II = \frac{\text{受试物餐后2h血糖胰岛素曲线下面积}}{\text{等量葡萄糖2h血糖胰岛素曲线下面积}}$$

Ins/gluc计算:

$$Ins/gluc = \frac{\text{受试物餐后各时点血糖葡萄糖曲线下面积}}{\text{受试物餐后各时点血糖胰岛素曲线下面积}}$$

受试食物成分——混合杂粮

受试物	原料	原料比例	重量 (g)	碳水化合物 (g)	蛋白质 (g)	脂肪 (g)	膳食纤维 (g)
混合	苕面、白面、玉米面	1:1:1	73.5	50	8.0	2.0	3.9
混合	苕面、白面、高粱面	1:1:1	69	50	10.1	6.4	4.3
混合	苕面、高粱面、白面	1:1:1	69	50	6.4	3.0	3.5
混合	高粱面、白面	1:1	69	50	7.0	3.1	3.9
混合	黄米面、玉米面、红豆	10:5:1	64	50	11.0	0.5	4.4
混合	莜面、豆面、白面	1:1:1	72	50	6.3	3.0	3.9
三合米	黄米、苕米、小米	1:1:1	72	50	5.7	3.9	3.9

结果与讨论

单品杂粮血糖生成指数及胰岛素指数

食物名称	GI	II
葡萄糖粉	100	100
荞面灌肠	65.1	69.5
莜面栲栳	66.9	71.4
玉米面窝窝	73.8	85.6
高粱面鱼鱼	43.1	70.8
豆面河捞	46.2	67.3
黄米面油糕	62.0	77.6
炒小米饭	44.4	57.9
黑米面馒头	59.0	77.7

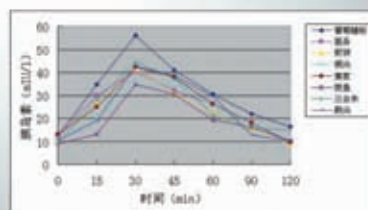
结果与讨论

混合杂粮血糖生成指数及血糖胰岛素指数

食物名称	GI	II
葡萄糖粉	100	100
荞面、莜面、豆面面条	62.0	66.1
荞面、白面、玉米面煎饼	50.5	69.3
豆面、白面、高粱面揪尖	31.5	63.1
高粱面、白面揪尖	40.8	70.3
莜面、豆面、白面拨鱼	29.0	55.7
黄米面、玉米面、红豆黄蒸	61.0	68.5
燕麦、荞麦、大米三合米	48.5	75.0

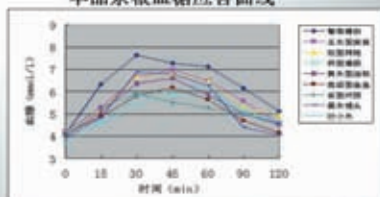
结果与讨论

混合杂粮胰岛素应答曲线



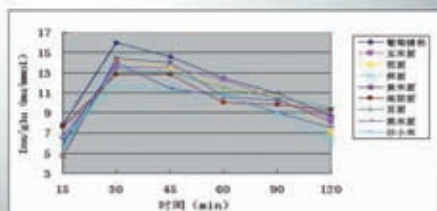
结果与讨论

单晶杂粮血糖应答曲线



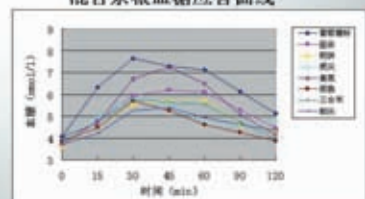
结果与讨论

单晶杂粮胰岛素与血糖应答曲线下面积比(Ins/glu)



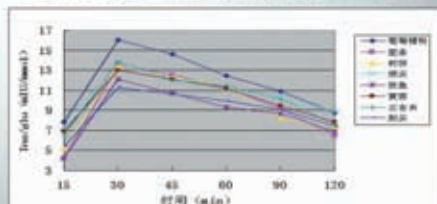
结果与讨论

混合杂粮血糖应答曲线



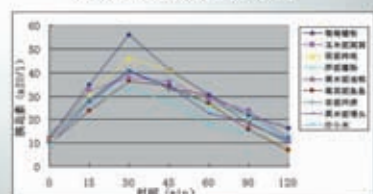
结果与讨论

混合杂粮胰岛素与血糖应答曲线下面积比(Ins/glu)



结果与讨论

单晶杂粮胰岛素应答曲线



结论

本次试验评估了山西特色粗杂粮的GI、II值，补充和丰富了现有的食物GI数据库。

粗杂粮制品可以延缓餐后血糖升高速度，降低血糖峰值，稳定餐后血糖，减轻胰岛素抵抗（IR）状态。

混合杂粮的GI、II值较单晶杂粮更低，对稳定血糖的意义更大，可用于糖尿病、心血管疾病等IR相关慢性代谢性疾病的饮食干预及相应食品开发。

重组杂粮干预糖尿病 胰岛素抵抗的临床研究

研究内容

本试验应用在前期实验中优化重组出的**低GI、低II混合杂粮**，干预了80名糖尿病患者，测定其干预前后的血糖、血脂、血胰岛素、果糖胺，计算胰岛素敏感性指数（ISI）及体质指数（BMI）等相关IR指标，以求能通过合理搭配谷类食物碳水化合物的构成，改善患者的血糖、血脂水平，降低体质指数，提高机体的胰岛素敏感性。

试验食物

选择在前期试验中重组出的富含膳食纤维的**低GI（32）、低II（61）**重组杂粮，其主要营养成分含量如下表所示：

营养成分	蛋白质(g)	脂肪(g)	碳水化合物(g)	膳食纤维 (g)
含量 (%)	11.8	1.5	70.1	16.0

选择对象

选取2009年10月到2010年10月于山西医科大学第二临床附属医院内分泌科门诊及社区参加糖尿病健康教育的2型糖尿病患者80名。

纳入标准

1. 经饮食控制或口服降糖药物后病情较稳定
2. 不需要更换药物品种及剂量，仅服用维持量的成年2型糖尿病患者。

排除对象

- 1、合并有较重的心、肝、肾疾病需住院治疗者；
- 2、**1型糖尿病患者**；
- 3、**停服受试物或中途加服其它药物**，影响到对结果的判断者。

饮食干预基本方案

80例患者同时接受营养指导，统一按照糖尿病饮食治疗原则，采用**个体化**的饮食控制方案。

一、合理控制能量

根据其病情、血糖、尿糖、年龄、性别、身高、体重、劳动强度、活动量大小供给适宜的能量。

饮食干预基本方案

膳食能量计算方法如下：

1. 计算患者理想体重：理想体重(kg) = 身高(cm) - 105
2. 根据患者的体质指数（BMI）判断其体型：
体质指数(kg/m²) = 实际体重(kg) / 身高²(m²)
体型判断的标准：BMI < 18.5为消瘦；18.5~23.9为正常；> 24为超重；25~30为肥胖；> 30为极度肥胖。
3. 根据患者的体型、体力劳动强度，确定每日每公斤标准体重所需能量（能量系数见下表）

饮食干预基本方案

不同体力劳动强度的能量需要量 (能量系数)

劳动强度	所需能量 kcal/(kg·d)		
	消瘦	正常	肥胖
卧床	20~25	15~20	15
轻	35	30	20~25
中	40	35	30

4. 一日膳食提供总能量 (kcal) = 患者理想体重 × 能量系数
50~59岁患者膳食能量摄入减少10%, 60~69岁患者膳食能量摄入减少20%

饮食干预基本方案

二、根据不同的疾病类型确定三大产热营养素的供给量 (见下表)

不同的疾病类型的三大营养素供能比例(%)

疾病类型	碳水化合物	蛋白质	脂肪
轻型糖尿病	60	16	24
血糖尿糖均高	55	18	27
合并高胆固醇	60	18	22
合并高甘油三酯	50	20	30
合并肾功能不全	66	8	26
合并高血压	56	26	18
合并多种并发症	58	24	18

饮食干预基本方案

三、各餐能量分配

早、中、晚三餐供能比例分别为1/5、2/5、2/5。

四、在计算出患者每日总能量、碳水化合物、蛋白质和脂肪的供给量后, 根据食品交换份法将其换算成食物的用量进行配膳。

试验干预方案

将80例研究对象签署知情同意后, 按数字随机表法随机分为两组 (A组、B组), 每组40例。

试验采用二阶段交叉设计。

研究方法

二阶段交叉设计试验(共9周):

第I阶段 (试验前4周)

A组患者为干预组 (食用重组杂粮30g/d)

B组患者为对照组 (食用精粉30g/d)

第II阶段 (试验后4周)

A组患者为对照组 (食用精粉30g/d)

B组患者为干预组 (食用重组杂粮30g/d)

洗脱期 (试验第5周)

A、B两组患者均停止受试食物, 服用30g/d的标准粉食品。

研究方法简图



测量指标和方法

于试验首日、第4周末日、第6周首日、第9周末日清晨, 空腹采血检测患者的以下指标。



统计方法

数据处理和结果分析

采用SPSS16.0软件, 对试验数据进行统计学处理和分析。组间差异的比较用二阶段交叉设计单因素方差分析 (One way-ANOVA)。以 $\alpha=0.05$ 为检验水准。

技术路线



试验结果

对血脂的影响

表4 重症杂糖干预前后患者血脂值比较 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)

组别	TC	TG
干预组	1.25 ± 0.51	0.42 ± 0.26
对照组	0.03 ± 0.01	0.27 ± 0.13
P值	0.000	0.018

试验结果

表1 第1阶段A、B两组患者试验指标变化 ($\bar{x} \pm s$)

指标	A组（干预组）		B组（对照组）	
	1周后	4周后	1周后	4周后
FPG	13.42 ± 3.48	7.23 ± 1.76	11.31 ± 2.84	11.14 ± 3.24
FBG	13.44 ± 3.32	10.79 ± 1.24	17.11 ± 3.49	16.31 ± 1.91
TC	5.64 ± 1.21	4.48 ± 0.97	6.87 ± 1.30	5.97 ± 1.30
TG	3.23 ± 0.84	1.82 ± 0.89	3.44 ± 1.44	2.99 ± 1.20
FIN5	14.69 ± 4.80	10.04 ± 2.89	13.01 ± 6.07	15.22 ± 4.66
FMN	3.63 ± 0.71	3.32 ± 0.31	4.15 ± 0.95	3.32 ± 0.74
ISI	-4.89 ± 0.36	-4.19 ± 0.47	-4.82 ± 0.41	-4.71 ± 0.29
BMI	28.38 ± 1.59	27.19 ± 1.46	27.72 ± 2.34	27.13 ± 1.60

(注：FPG、FBG、FMN、TC、TG单位为mmol/L，FIN5单位为%ug/dl，ISI单位为%ug/dl)

试验结果

对患者血糖的影响

表5 重症杂糖干预前后患者血糖值比较 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)

组别	FIN5
干预组	4.3 ± 1.54
对照组	-1.19 ± 1.01
P值	0.000

试验结果

表2 第1阶段A、B两组患者试验指标变化 ($\bar{x} \pm s$)

指标	A组（对照组）		B组（干预组）	
	4周后	9周后	4周后	9周后
FPG	8.63 ± 1.94	9.31 ± 3.87	11.81 ± 2.47	7.89 ± 2.49
FBG	11.74 ± 1.22	13.46 ± 3.30	16.10 ± 1.33	10.94 ± 1.44
TC	4.71 ± 0.89	4.83 ± 1.03	5.56 ± 1.35	4.84 ± 0.91
TG	2.83 ± 0.88	1.83 ± 0.76	2.76 ± 1.09	2.42 ± 1.18
FIN5	11.25 ± 4.12	11.42 ± 3.48	15.81 ± 4.07	11.87 ± 3.35
FMN	3.90 ± 0.41	3.88 ± 0.66	4.18 ± 0.55	3.89 ± 0.42
ISI	-4.54 ± 0.41	-4.71 ± 0.39	-4.97 ± 0.39	-4.45 ± 0.43
BMI	27.19 ± 2.31	27.29 ± 2.44	27.13 ± 2.48	26.49 ± 2.88

(注：FPG、FBG、FMN、TC、TG单位为mmol/L，FIN5单位为%ug/dl，ISI单位为%ug/dl)

试验结果

对患者果糖胺的影响

表6 重症杂糖干预前后患者果糖胺值比较 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)

组别	FMN
干预组	1.17 ± 0.32
对照组	0.02 ± 0.01
P值	0.000

试验结果

对患者血糖的影响

表3 重症杂糖干预前后患者血糖值比较 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)

组别	FBG	FPG
干预组	4.29 ± 0.96	7.75 ± 3.09
对照组	-0.25 ± 0.13	0.66 ± 0.18
P值	0.000	0.000

试验结果

对患者胰岛素敏感性的影响

表7 重症杂糖干预前后患者胰岛素敏感性值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	ISI
干预组	0.83 ± 1.98
对照组	0.14 ± 0.06
P值	0.000

试验结果

► 对患者体质指数的影响

表II 重组杂粮干预前后患者体质指数对比 ($\bar{x} \pm s$)

组别	BMI
干预组	0.84 ± 0.35
对照组	0.24 ± 0.11
P值	0.24

试验结果

A、B两组患者观察指标的二级交叉设计方差分析结果

表II 二级交叉设计受试者间、受试者内变异

指标	受试者间变异		受试者内变异	
	F	P	F	P
FBG	0.99	0.33	4.87	0.03
FBG	1.67	0.06	6.39	0.07
TC	0.71	0.94	0.35	0.63
TG	0.63	0.99	0.53	0.54
FTN	0.82	0.45	0.49	0.69
FMN	0.86	0.75	1.08	0.30
IM	0.97	0.35	0.18	0.67
BMI	0.54	0.59	1.33	0.25

结论

重组混合杂粮可以:

- 1.使餐后血糖增加的速度缓慢而持续。
- 2.具有改善2型糖尿病脂代谢紊乱的作用。
- 3.导致餐后血糖胰岛素分泌的降低,降低餐后胰岛素应答。
- 4.可明显提高糖尿病患者的胰岛素敏感性指数,从而增加胰岛素敏感性,降低胰岛素抵抗。
- 5.可以减轻患者的体质质量,防止肥胖的发生。

已发表的论文

1. 张文青, 赵晓娟. 膳食纤维对胰岛素抵抗相关慢性疾病的影响[J]. 临床医药实践. 2009, 18(6): 403-405
2. 张文青, 赵晓娟. 杂粮食品胰岛素指数的评估[J]. 中国医疗前沿. 2011, 6(4): 1-3
3. 张文青, 原陈珊. 食物血糖生成指数与慢性代谢性疾病发生的新进展[J]. 临床医药实践. 2009, 18(7): 483-485.
4. 张文青, 原陈珊. 山西粗杂粮制品血糖生成指数测定[J]中国药物与临床. 2011, 11(4): 365-368.

THANKS !

请各位老师指导!