

聚葡萄糖润肠通便功能 及其有效剂量研究

王学敏,孙丰义⁺,陈朝青,伍敏晖,王鑫,何梅^{*}

(北京市营养源研究所,北京 100069)

摘要:为研究聚葡萄糖润肠通便作用的效果及有效剂量,将120只昆明雄性小鼠,随机分为两个实验组,一组进行小肠运动实验,一组进行排便实验,每个实验组又随机分为空白对照组、模型对照组、聚葡萄糖干预组(低、中、高3个剂量),低、中、高剂量分别为0.5、1.0、3.0 g/kg,连续干预14 d后,利用盐酸洛哌丁胺建立小鼠便秘模型,测定小肠墨汁推进率、首例排黑便时间、6 h内排黑便例数和粪便重量。结果表明,与模型对照组相比,聚葡萄糖低、中、高剂量组小肠墨汁推进率有增加趋势,仅高剂量组差异具有统计学意义($P < 0.05$);聚葡萄糖低、中、高剂量组首例排黑便时间、6 h内排黑便例数均无显著差异($P > 0.05$);低、中剂量组的粪便重量与模型对照组无差异,但高剂量组粪便重量较模型对照组极显著升高($P < 0.01$)。聚葡萄糖具有润肠通便的作用,其有效剂量为3.0 g/kg。

关键词:水溶性膳食纤维,聚葡萄糖,润肠通便,有效剂量

Study on the Laxative Function and Effective Dose of Polydextrose

WANG Xue-min, SUN Feng-yi⁺, CHEN Zhao-qing, WU Min-hui, WANG Xin, HE Mei^{*}

(Beijing Institute of Nutritional Resources, Beijing 100069, China)

Abstract: In order to study the effect and effective dose of polydextrose on the laxative function, 120 Kunming male mice were randomly divided into two trail groups, one for small intestine movement experiment and the other for defecation experiment. Each trail group was randomly divided into blank control group, model control group and low, middle and high polydextrose groups. Low, medium and high dose concentrations were 0.5, 1.0 and 3.0 g/kg, respectively. After 14 days of intervention, loperamide was used to establish the constipation model of mice, then the intestinal ink propulsion rate, first black stool time, fecal number and fecal weight within 6 h were measured. The results showed that, compared with the model control group, the intestinal propulsion rate of the low, middle and high dose polydextrose group had an increasing trend, but the difference was statistically significant only in the high dose group ($P < 0.05$); there was no significant difference in the first defecation time and the number of fecal particles in the low, middle and high dose polydextrose groups ($P > 0.05$). There was no difference in fecal weight between the low and middle dose polydextrose groups and the model control group, but the fecal weight of the high dose polydextrose group was extremely significantly higher than that of the model control group ($P < 0.01$). Therefore, high dose of polydextrose had a laxative effect, the effective dose was 3.0 g/kg.

Key words: water-soluble dietary fiber; polydextrose; laxative function; effective dose

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2020)01-0306-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.01.050

引文格式: 王学敏, 孙丰义, 陈朝青, 等. 聚葡萄糖润肠通便功能及其有效剂量研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(1): 306-309.

收稿日期: 2019-03-28 + 并列第一作者

作者简介: 王学敏(1988-), 女, 硕士研究生, 助理研究员, 研究方向: 健康食品研发与评价, E-mail: wangxuemin0303@163.com。

孙丰义(1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 健康食品工艺研究, E-mail: 657691461@qq.com。

*** 通讯作者:** 何梅(1969-), 女, 博士, 研究员, 研究方向: 健康食品研发与评价, E-mail: hemei2003@163.com。

基金项目: 十三五国家重点研发计划-营养功能性食品制造关键技术研究(2016YFD0400600); 北京市科学技术研究院北科青年学者计划(YS 201903)。

化能力的检测[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(10): 149-152.

[30] 陈金城, 丰慧君, 张海容. 红茶、绿茶、乌龙茶活性成分抗氧化性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(3): 62-66.

[31] 戴妙妙, 王婷婷, 马壮, 等. 紫娟茶中花青素的抗氧化性

研究[J]. 中国食品添加剂, 2015(7): 117-122.

[32] 尹世磊, 赵谋明, 滕建文, 等. 六堡茶在体外模拟胃肠道消化过程中的成分变化与抗氧化活性变化[J]. 现代食品科技, 2017, 33(8): 88-94.

便秘是肠道功能异常的一种常见病症,随着饮食结构改变、生活节奏加快和社会心理等因素的影响,其发病率呈逐年上升趋势^[1]。我国成年人便秘的患病率为3.2%~11.6%,老年人患病率为11.5%,70岁以上患病率为11.7%~19.5%^[2-4]。便秘虽不直接导致死亡,危及生命,但对人体危害仍不可轻视,会给人体带来痛苦、降低生活舒适度,已成为影响现代人生活质量的重要病症。目前,防治便秘的产品以药物、润肠通便中草药、膳食纤维等为主。但药物和某些润肠通便中草药普遍存在一定的副作用,例如损伤肠道黏膜、影响肠道微生态环境、引起电解质紊乱、具有药物依赖性等,不适合长期食用。合理调整饮食结构、摄入足量膳食纤维是缓解和预防便秘的重要措施之一^[5-6]。

聚葡萄糖是随机交联的葡萄糖组成的多糖,由葡萄糖、山梨糖醇、柠檬酸或磷酸按一定比例混合,在高温下聚合并精制而成^[7]。因具有低热量、调节肠道、促进营养物质吸收、血糖生成指数低等功能^[8-11],聚葡萄糖在50多个国家被批准使用,已被广泛应用于食品、保健食品等领域^[12-13]。作为一种水溶性膳食纤维,目前市面上很多膳食纤维类产品均含有聚葡萄糖,但国内关于聚葡萄糖润肠通便的文献较少,很多都是含有聚葡萄糖的产品的润肠功能评价,仅有1篇人群试验^[14],此文采用随机对照试验,研究了每天服用10 g聚葡萄糖对功能性便秘患者的改善效果。国外关于聚葡萄糖润肠通便功能的文献中^[15-19],在人群试验中的有效剂量在4~20 g,剂量范围较大。但是,目前缺少关于聚葡萄糖润肠通便有效剂量的研究。

为进一步研究聚葡萄糖润肠通便作用的效果及有效剂量,本研究通过建立小鼠便秘模型,利用小肠运动实验和排便实验来探讨不同剂量聚葡萄糖的润肠通便效果和有效剂量,为相关功能食品的开发提供剂量设计依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

小鼠 选用成年健康昆明雄性小鼠体重在18~22 g(4周龄),共120只,购自北京华阜康实验动物技术有限公司(实验动物生产许可证:SCXK(京)2014-0004),正式实验前3~5 d即购买此批动物,使之适应动物实验室环境(饲养许可证号:SYXK(京)2014-0047),实验室温度(22±1)℃,湿度60%~70%,每日12 h交替光照与黑暗,动物自由饮食饮水;聚葡萄糖(PDX) 纯度≥90%(平均聚合度大于12,分子量大于2000),保龄宝生物股份有限公司;盐酸洛哌丁胺胶囊 西安杨森制药有限公司;阿拉伯树胶 广西汕头市西陇化工厂;墨汁 上海精细文化用品有限公司。

手术剪 张家港永协刀剪厂;眼科镊 张家港永协刀剪厂;直尺 得力集团有限公司;秒表 迪卡依体育用品有限公司;电子天平 精度0.1 g,量程2000 g 英衡电器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 剂量设计及分组 小鼠适应性喂养3~5 d后

随机分成2组,每组60只,分别进行小肠运动实验和排便实验。每组实验分别设空白对照组、模型对照组和聚葡萄糖低、中、高剂量组,共计5组,每组12只。空白对照组和模型对照组灌胃给予蒸馏水,聚葡萄糖低、中、高剂量组灌胃相应浓度的聚葡萄糖,剂量分别为0.5、1.0、3.0 g/kg bw。

1.2.2 聚葡萄糖对小鼠体重影响的测定 小鼠体重分组后,称量各组小鼠体重,记为初始体重;灌胃给予盐酸洛哌丁胺造模前,称量各组小鼠体重,记为最终体重。

1.2.3 小肠运动实验 灌胃给予聚葡萄糖14 d后,各组小鼠禁食不禁水20 h。模型对照组和聚葡萄糖3个剂量组灌胃给予盐酸洛哌丁胺8 mg/kg bw,空白对照组给予蒸馏水灌胃。

给予洛哌丁胺0.5 h后,聚葡萄糖低、中、高剂量组分别灌胃给予含相应浓度受试样品的实验墨汁(含10%墨汁、10%阿拉伯树胶),空白对照组和模型对照组给予实验墨汁灌胃。

25 min后立即脱颈椎处死动物,打开腹腔分离肠系膜,剪取上端自幽门、下端至回盲部的肠管,置于托盘上,轻轻将小肠拉成直线,测量肠管长度为小肠总长度,从幽门至墨汁前沿为墨汁推进长度。按下式计算墨汁推进率:

$$\text{墨汁推进率}(\%) = \frac{\text{墨汁推进长度}(\text{cm})}{\text{小肠总长度}(\text{cm})} \times 100$$

1.2.4 小肠粪便实验 聚葡萄糖灌胃14 d后,各组小鼠禁食不禁水20 h。空白对照组灌胃给予蒸馏水,模型对照组和聚葡萄糖三个剂量组灌胃给予洛哌丁胺10 mg/kg bw。

给予盐酸洛哌丁胺0.5 h后,空白对照组和模型对照组灌胃墨汁、聚葡萄糖各剂量组灌胃给予含相应浓度聚葡萄糖的墨汁,动物均单笼饲养,正常饮水进食。从灌墨汁开始,记录每只动物首粒排黑便时间、6 h内排黑便粒数及重量。

1.3 数据处理

所有数据采用均值±标准差表示,因墨汁推进率为百分数,在进行数据统计前,需要先进行数据转换, $Y = \sin^{-1} \sqrt{X}$ (X为墨汁推进率,需用小数表示;Y为墨汁推进率进行数据转换后的数据),再进行数据统计分析。采用SPSS 18.0软件进行统计分析,实验数据符合正态分布、方差齐,则用方差分析,若不符合,则用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 聚葡萄糖对小鼠体重的影响

由表1可知,实验前各组小鼠初始体重无显著差异($P > 0.05$);灌胃给予不同剂量聚葡萄糖14 d后,各组小鼠最终体重均无显著差异($P > 0.05$)。实验期间各组小鼠皮毛有光泽,饮食和活动正常。空白对照组和模型对照组粪便形状正常,均为粒状便;聚葡萄糖不同剂量组虽粪便与空白对照组和模型对照组相比稍软,粪便湿润程度适中,但均未见腹泻和稀便等现象,表明实验所用不同剂量聚葡萄糖对小鼠的体重增加无明显影响。

表1 不同剂量聚葡萄糖对小鼠体重的影响

Table 1 Effects of different doses of polydextrose on body weight

分组	小肠运动实验 (n = 60)		小肠粪便实验 (n = 60)	
	初始体重 (g)	最终体重 (g)	初始体重 (g)	最终体重 (g)
空白对照组	23.1 ± 1.3	38.9 ± 2.4	22.9 ± 1.3	39.5 ± 2.1
模型对照组	22.9 ± 1.1	38.5 ± 2.6	23.2 ± 1.4	37.9 ± 2.8
聚葡萄糖低剂量组	22.2 ± 1.2	38.8 ± 2.0	22.3 ± 1.2	38.4 ± 2.2
聚葡萄糖中剂量组	22.6 ± 1.3	38.4 ± 2.5	22.4 ± 1.2	40.1 ± 2.6
聚葡萄糖高剂量组	22.6 ± 1.4	39.6 ± 2.8	23.0 ± 1.1	39.1 ± 2.5

表2 不同剂量聚葡萄糖对小鼠小肠推进率的影响

Table 2 Effects of different doses of polydextrose on intestinal propulsion rate in mice

分组	小肠总长 (cm)	推进距离 (cm)	小肠墨汁推进率 (%)
空白对照组	53.9 ± 2.1	40.7 ± 6.7	75.4 ± 12.0
模型对照组	54.7 ± 4.2	26.0 ± 5.5 **	47.8 ± 11.1 **
聚葡萄糖低剂量组	55.5 ± 5.1	31.9 ± 6.0	57.8 ± 11.8
聚葡萄糖中剂量组	54.8 ± 4.4	31.9 ± 7.5	58.3 ± 13.5
聚葡萄糖高剂量组	56.0 ± 4.8	36.4 ± 7.9 ##	65.6 ± 14.1 #

注: * 表示与空白对照组相比, $P < 0.05$; ** 表示与空白对照组相比, $P < 0.01$; #表示与模型对照组相比, $P < 0.05$; ##表示与模型对照组相比, $P < 0.01$; 表3同。

表3 不同剂量聚葡萄糖对小鼠排便的影响

Table 3 Effects of different doses of polydextrose on defecation in mice

分组	首例排黑便时间 (min)	6 h 内排黑便粒数 (个)	6 h 内粪便重量 (g)
空白对照组	161.3 ± 73.2	13.2 ± 9.7	0.48 ± 0.39
模型对照组	288.8 ± 99.9 **	5.5 ± 4.7 **	0.22 ± 0.15 **
聚葡萄糖低剂量组	315.7 ± 68.0	8.0 ± 7.6	0.26 ± 0.29
聚葡萄糖中剂量组	257.0 ± 84.5	8.4 ± 6.0	0.39 ± 0.25
聚葡萄糖高剂量组	229.1 ± 95.4	9.8 ± 5.6	0.48 ± 0.30 ##

2.2 聚葡萄糖对小鼠小肠运动的影响

不同剂量聚葡萄糖对小鼠小肠推进运动的影响见表2。与空白对照组相比,模型对照组的小肠推进率极显著减小 ($P < 0.01$),表明给予盐酸洛哌丁胺后,小鼠小肠蠕动抑制模型建立成功。

与模型对照组相比,随着聚葡萄糖剂量的增加,小肠墨汁推进率增加;但低、中剂量仅有增加趋势,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),高剂量组的小肠墨汁推进率显著高于模型对照组 ($P < 0.05$)。因此,聚葡萄糖高剂量对肠道蠕动抑制模型的小肠运动具有促进作用。

2.3 聚葡萄糖对小鼠排便的影响

不同剂量聚葡萄糖对小鼠小肠排便实验的影响见表3。与空白对照组相比,模型对照组的首例黑便时间极显著延长 ($P < 0.01$),6 h 排黑便粒数极显著减少 ($P < 0.01$),6 h 粪便重量极显著减轻 ($P < 0.01$),差异均具有统计学意义。表明小鼠便秘模型建立成功。

在模型成立的条件下,与模型对照组相比,聚葡萄糖低、中、高剂量组首例粪便时间、6 h 内排黑便粒数均无显著差异;聚葡萄糖低、中剂量组的6 h 内粪便重量与模型对照组无显著差异 ($P > 0.05$),但高剂量组6 h 内粪便重量较模型对照组极显著升高 ($P < 0.01$)。因小鼠排便都是一粒一粒排的,排便粒数在

一定程度上可能反映排便频率,此实验结果表示,聚葡萄糖对排便频率无明显影响,但在高剂量可增加小鼠6 h 内粪便重量,从而对小鼠排便有影响。

3 讨论与结论

本研究结果表明,高剂量 (3.0 g/kg) 聚葡萄糖可显著促进肠道蠕动抑制模型的小肠运动 ($P < 0.05$),虽不能显著缩短首例粪便时间和6 h 内排黑便粒数 ($P > 0.05$),但可极显著增加6 h 内粪便重量 ($P < 0.01$),同时对小鼠的体重增加无明显影响,由此表明高剂量聚葡萄糖具有一定程度的润肠通便作用。其机制可能是因聚葡萄糖的复杂结构,使其经过胃和小肠时不被消化酶水解,能够到达大肠,被肠道菌群发酵,产生大量的短链脂肪酸如醋酸、丁酸等,从而降低了肠道pH,刺激肠道蠕动、增加粪便含水量和体积,并保持一定的渗透压,从而促进粪便排出^[14,20-21]。

王莹等^[14]采用自身对照试验,评价了聚葡萄糖对功能性便秘患者的有效性,结果发现,每天服用10 g聚葡萄糖,治疗1周后,排便困难、粪便性状、排便不尽感、排便频率均有明显差异,有效率达73.3%,但腹胀未见改善;服用后随访7 d,排便困难、粪便性状、频率仍有明显差异。针对透析便秘患者的人群试验结果表明^[17],每天10 g聚葡萄糖,干预8周,聚葡萄糖可改善肠道功能,排便频率由每周3次增加至每周7.5次,而且无腹泻问题出现。Jie等^[20]采用

随机对照试验评价了摄入不同剂量(4、8、12 g/d)聚葡萄糖对健康志愿者机体生理功能的影响,肠道功能评价结果表明,干预28 d后,3个剂量均明显增加了粪便频率,改善了排便困难,而且没有腹痛、腹泻等不良反应。Adele Costabile 等^[15]的研究发现,补充聚葡萄糖8 g/d,持续3周,对健康受试者的排便习惯有影响,并且无腹部不适感,排便困难和排便规律有改善。Timm 等^[18]的研究发现,每天摄入聚葡萄糖20 g,连续10 d,粪便数量和排便量明显增加,粪便更软,pH降低,但肠道传输时间未发生变化;而且聚葡萄糖干预组腹胀、肠鸣音较对照组严重。

根据以上文献报道,聚葡萄糖在人群试验中的使用量在8~20 g左右。本研究显示聚葡萄糖在高剂量3 g/kg时具有润肠通便功能,若以人60 kg标准体重计算,种属间换算系数计为10,则人体每天聚葡萄糖剂量为18 g,在人群试验的使用剂量范围内,但剂量较高,这可能与种属差异、聚葡萄糖聚合度差异、干预时间等有关。聚葡萄糖是随机交联的葡萄糖组成的多糖,其聚合聚在2~120之间,平均聚合度大于12,不同原料厂家生产的聚葡萄糖,其聚合聚可能存在差异,进而影响其功能。干预时间也影响聚葡萄糖改善肠道的功能,Duncan 等研究发现^[22],聚葡萄糖短期摄入并不能缩短肠道传输时间。

本研究为聚葡萄糖在通便功能食品中的剂量设计提供了一定的依据,但存在一定的局限性。本实验仅设计了3个剂量组,初步评价了其润肠通便效果和有效剂量,未探讨聚葡萄糖润肠通便的机制,进一步的实验可设置多个剂量组,并设置不同干预时间,研究聚葡萄糖润肠通便功能的最低有效剂量和干预时间,并探讨其可能的机制,为聚葡萄糖通便类功能产品的研发提供数据支持。

参考文献

- [1] 中华医学会消化病学分会胃肠动力组.中国慢性便秘诊治指南(2013版)[J].中国消化杂志,2013,33(5):291-297.
- [2] 向雪莲,侯晓华.《2013年中国慢性便秘诊治指南》重点解读[J].中国实用外科杂志,2013,33(11):940-942.
- [3] 于普林,李增金,郑宏,等.老年人便秘流行病学特点的初步分析[J].中华老年医学杂志,2001,20(2):132-134.
- [4] 蔡云清,王惠娟,张旭,等.南京市老年便秘患病率及其与亚健康症状关系的调查[J].中华老年医学杂志,2004,23(4):267-269.
- [5] 中国营养学会.中国居民膳食营养素参考摄入量(2013版)[M].北京:科学出版社,2014:464.
- [6] 方秀才,刘宝华.慢性便秘[M].北京:人民卫生出版社,2015:125.
- [7] 杨月欣,李宁.营养功能成分应用指南[M].北京:北京大学医学出版社,2011:156-157.

- [8] Do Carmo M M, Walker J C, Novello D, et al. Polydextrose: Physiological function, and effects on health[J]. Nutrients, 2016, 8(9):1-13.
- [9] Raza G S, Putaala H, Hibberd A A, et al. Polydextrose changes the gut microbiome and attenuates fasting triglyceride and cholesterol levels in Western diet fed mice[J]. Sci Rep, 2017, 7(1):5294.
- [10] 辛修锋.膳食纤维聚葡萄糖的生理功能研究进展[J].中国食品添加剂,2011(21):128-132.
- [11] Soong Y Y, Lim W X, Leow M K, et al. Combination of soya protein and polydextrose reduces energy intake and glycaemic response via modulation of gastric emptying rate, ghrelin and glucagon-like peptide-1 in Chinese[J]. Br J Nutr, 2016, 115(12):2130-2137.
- [12] 张莉,袁卫涛,薛雅莺,等.聚葡萄糖的应用研究进展[J].精细与专用化学品,2012,20(9):38-40.
- [13] 陈智慧,鹿明利,杨海军.水溶性膳食纤维聚葡萄糖的功能研究与应用现状[J].中国乳业,2012(4):52-55.
- [14] 王莹,王鸿,周金花,等.聚葡萄糖治疗功能性便秘的临床疗效分析[J].氨基酸和生物资源,2011,33(3):56-57.
- [15] Adele Costabile, Francesca Fava, Hema, et al. Impact of polydextrose on the faecal microbiota: A double-blind, crossover, placebo-controlled feeding study in healthy human subjects[J]. British Journal of Nutrition, 2012, 108, 471-481.
- [16] Ibarra A, Pelipiyagina T, Rueffer M, et al. Efficacy of polydextrose supplementation on colonic transit time, bowel movements, and gastrointestinal symptoms in adults: A double-blind, randomized, placebo-controlled trial[J]. Nutrients, 2019, 11(2):439.
- [17] Shimada M, Nagano N, Goto S, et al. Effect of polydextrose intake on constipation in Japanese dialysis patients: A triple-blind, randomized, controlled trial[J]. J Nutr Sci Vitaminol, 2015, 61(4):345-335.
- [18] Timm D A, Thomas W, Boileau T W, et al. Polydextrose and soluble corn fiber increase five-day fecal wet weight in healthy men and women[J]. J Nutr, 2013, 143(4):473-478.
- [19] Hengst C I, Ptak S, Roessler A, et al. Effects of polydextrose supplementation on different faecal parameters in healthy volunteers[J]. Int J Food Sci Nutr, 2009, 60 Suppl 5:96-105.
- [20] Jie Z, Bang Yao L, Ming Jie X, et al. Studies on the effects of polydextrose intake on physiologic functions in Chinese people[J]. Am J Clin Nutr, 2000, 72(6):1503-1509.
- [21] Hengst C, Ptak S, Roessler A, et al. Effects of polydextrose supplementation on different faecal parameters in healthy volunteers[J]. Int J Food Sci Nutr, 2009, 60 Suppl 5:96-105.
- [22] Duncan P I, Enters-Weijnen C F, Emami N, et al. Short-term daily intake of polydextrose fiber does not shorten intestinal transit time in constipated adults: A randomized controlled trial[J]. Nutrients, 2018, 10(7):920.

(上接第300页)

- 究进展[J].海峡预防医学杂志,2011,17(2):26-28.
- [31] 刘华钢,梁秋云,蒙华琳,等.仙人掌果多糖提取物降血糖作用的实验研究[J].中药材,2010,33(2):240-242.
- [32] 叶丹榕,黄月娥,陈锦权,等.鲍鱼脏器粗多糖对糖尿病

- 小鼠生理功能的影响[J].现代食品科技,2014(4):26-33.
- [33] 徐先祥,黄玉香,夏伦祝,等.太子参多糖对糖尿病小鼠抗氧化能力与胰腺病理的影响[J].食品工业科技,2012,33(24):392-393.