

亚麻籽膳食对高血压患者血压和 BMI 影响的 Meta 分析

尹 婷,孔晨晨,赵春善

(北华大学 护理学院,吉林 吉林 132013)

摘要:通过检索国内外数据库中符合纳入、排除标准的随机对照试验,筛选纳入的文献,采用 Cochrane 协作组的偏倚风险评价方法对纳入的文献进行质量评价,并使用 CMA3.3 软件对提取的数据进行 Meta 分析,探讨亚麻籽膳食对高血压患者血压和 BMI 影响的效果。结果最终纳入 8 篇文章,Meta 分析结果显示:亚麻籽膳食能有效降低血压和 BMI,合并效应具有统计学意义,SBP [WMD = -4.209, 95% CI (-8.214, -0.203), $P = 0.039$]、DBP [WMD = -2.988, 95% CI (-4.691, -1.284), $P = 0.001$]、BMI [WMD = -0.748, 95% CI (-1.275, -0.221), $P = 0.005$];食用时间 12 周以上合并效应具有统计学意义,SBP [WMD = -7.365, 95% CI (-10.847, -3.883), $P < 0.001$]、DBP [WMD = -3.488, 95% CI (-5.486, -1.410), $P = 0.001$]、BMI [WMD = -0.780, 95% CI (-1.510, -0.049), $P = 0.036$];每天食用亚麻籽 10~30 g 合并效应具有统计学意义,SBP [WMD = -6.983, 95% CI (-10.438, -3.528), $P < 0.001$]、DBP [WMD = -4.505, 95% CI (-6.726, -2.284), $P < 0.001$]、BMI [WMD = -0.728, 95% CI (-1.453, -0.004), $P = 0.049$]。因此,持续食用 12 周以上,每日食用 10~30 g 亚麻籽膳食能够有效降低高血压患者的血压和 BMI。

关键词:亚麻籽;高血压;BMI;Meta 分析

中图分类号:TS201.4;TS222+.1 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)08-0045-07

Meta-analysis of the effect of flaxseed diet on blood pressure and BMI in patients with hypertension

YIN Ting, KONG Chenchen, ZHAO Chunshan

(Nursing College, Beihua University, Jilin 132013, Jilin, China)

Abstract:The included literature was screened by searching for randomized controlled trials that met the inclusion and exclusion criteria in domestic and international databases, the quality of the included literature was evaluated using the risk of bias evaluation criteria of the Cochrane collaboration, and the extracted data were subjected to Meta analysis using CMA3.3 software to explore the effect of flaxseed diets on blood pressure and BMI in patients with hypertension. Finally, 8 articles were included. Meta analysis results showed that flaxseed diet could effectively reduce blood pressure and BMI, and the combined effect was statistically significant, SBP [WMD = -4.209, 95% CI (-8.214, -0.203), $P = 0.039$], DBP [WMD = -2.988, 95% CI (-4.691, -1.284), $P = 0.001$], BMI [WMD = -0.748, 95% CI (-1.275, -0.221), $P = 0.005$]. The combined effect of consumption for more than 12 weeks was statistically significant, SBP [WMD = -7.365, 95% CI (-10.847, -3.883), $P < 0.001$], DBP [WMD = -3.488, 95% CI (-5.486, -1.410), $P = 0.001$], BMI [WMD = -0.780, 95% CI (-1.510, -0.049), $P = 0.036$].

The combined effect of consuming 10-30 g of flaxseed a day was statistically significant, SBP [WMD = -6.983, 95% CI (-10.438, -3.528), $P < 0.001$], DBP [WMD = -4.505,

收稿日期:2020-09-22;修回日期:2021-04-28

基金项目:吉林省科技厅项目(20200403114SF)

作者简介:尹 婷(1996),女,在读硕士,研究方向为慢性病管理(E-mail)502484077@qq.com。

通信作者:赵春善,副教授(E-mail)forchunshan@163.com。

95% CI(-6.726, -2.284), $P < 0.001$], BMI [WMD = -0.728, 95% CI(-1.453, -0.004), $P = 0.049$]. Therefore, continuous consumption for more than 12 weeks and daily consumption of 10 - 30 g flaxseed diet could effectively reduce blood pressure and BMI in patients with hypertension.

Key words: flaxseed; hypertension; BMI; Meta analysis

目前,我国心血管疾病呈逐年上升趋势^[1],约40%居民的死亡归因于心血管疾病^[2],而高血压是心血管疾病发生的最主要危险因素,因此防治高血压已成为我国重要的公共卫生问题。膳食管理在高血压一级预防和治疗中起着至关重要的作用。2002年美国心脏病协会将亚麻籽列为潜在心血管保护食物^[3]。亚麻籽因富含膳食纤维、 α -亚麻酸和木脂素等成分,能够降低胆固醇、改善动脉粥样硬化^[4],已成为近几年高血压膳食治疗的研究热点。目前,国内外已有研究证实了亚麻籽膳食的降血压作用^[5],但食用时间、剂量和对血压的确切影响尚不确定^[6-7]。因此,本研究对近15年来国内外发表相关的随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)进行Meta分析,进一步探究亚麻籽膳食对高血压影响的效果,为今后高血压患者饮食管理的深入研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 文献纳入标准和排除标准

1.1.1 纳入标准

①国内外发表的关于亚麻籽膳食对高血压影响的研究;②纳入研究的研究对象为原发性高血压患者;③使用亚麻籽干预2周以上;④干预组采用亚麻籽制剂,含干预组、对照组人数;⑤纳入研究提供干预组和对照组干预前后的收缩压(SBP)、舒张压(DBP)和(或)身体质量指数(BMI)。

1.1.2 排除标准

①非随机对照试验;②纳入的研究对象为合并其他心脑血管或代谢疾病患者;③纳入研究的干预方法中使用除亚麻籽制剂以外其他制剂;④数据重复发表,质量差;⑤无法获得原文,缺少或无结局指标;⑥统计学方法错误且无法修正。

1.2 文献检索策略

以计算机检索为主,检索了公开发表的符合本次研究的中英文文献,检索时间从建库至2020年4月。中文以“亚麻籽”AND“血压 OR 高血压 OR 降压”AND“随机对照试验”为检索词在中国知网、中国生物医学文献数据库、维普和万方数据库中检索。英文以“flaxseed OR linseed”AND“blood pressrue OR hypertension OR hypotension”AND“randomized controlled trial”为检索词,在Cochrane Library、Wed

of science、Pubmed、Embase中检索。

1.3 文献筛选和资料提取

全部文献的筛选与纳入研究信息的提取均由2名研究人员分别独立完成。应遵循纳入和排除标准对文献进行筛选;纳入研究信息的提取包括研究的基本信息(作者、发表时间和国家)、干预措施、样本量以及结局指标等。

1.4 文献质量评价

按照Cochrane协作组的偏倚风险评价标准进行方法学质量评价^[8],包括:①随机分配;②随机分配方案隐藏;③对干预对象或实施者采用盲法;④对结局指标测评者采用盲法;⑤结局数据的完整性、失访情况的报告;⑥存在选择性报告结果;⑦无其他偏倚来源。由2名研究人员对各个项目独立作出判断,若文献对以上标准完全满足,则文献的质量等级为“A”,表示有低度偏倚风险;若文献对以上标准部分满足,则文献的质量等级为“B”,表示有中度偏倚风险;若文献对以上标准完全不满足,则文献的质量等级为“C”,表示有高度偏倚风险,排除此等级文献。若2名研究人员意见不统一,通过讨论解决,如遇分歧,由第三名研究者进行评价。

1.5 统计学方法

本次Meta分析使用CMA3.3(Comprehensive Meta-analysis 3.3)软件进行。通过 Q 检验判断所纳入文献结果之间是否有异质性,若 $P < 0.1$ 、 $I^2 > 50\%$,则表示各研究结果间存在统计学异质性,分析时使用随机效应模型;反之,使用固定效应模型。对所纳入文献进行敏感性分析以判定研究结果的稳定程度。本研究测量血压值、身体质量指数(BMI),采用加权均数差(WMD)以及95%置信区间(CI)表示。使用Egger's检验的方法以判定发表偏倚是否存在。

2 结果与讨论

2.1 文献检索结果

通过对各数据库进行检索后共获得相关文献725篇,使用EndNote x9软件剔除重复后获得358篇,阅读文题与摘要初筛后获得24篇,仔细阅读全文,最终纳入8篇(文献[9-16]),其中7篇英文(文献[9-15]),1篇中文(文献[16])。文献纳入流程见图1。

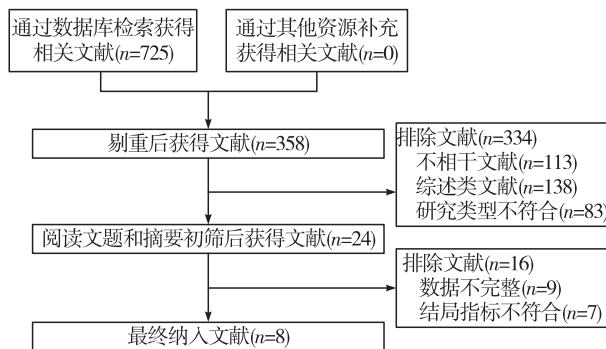


图 1 文献纳入流程

2.2 纳入文献的基本特征及质量评价结果

纳入文献的基本特征见表 1。对纳入文献的质量进行评价,结果见表 2。由表 2 可见,纳入的 8 篇(文献[9-16])文献中 2 篇(文献[11,16])质量等级为“**A**”,6 篇(文献[9-10,12-15])质量等级为“**B**”。其中 Machado 等^[10]单独研究了棕色和金色亚麻籽对高血压患者的影响,在进行 Meta 分析时使用 Machado(a)和 Machado(b)进行区分。

表 1 纳入文献的基本特征

纳入文献			样本量 (T/C)	实验组		对照组	结局指标	研究类型
作者	年份	国家		剂量/ (g/d)	时间/ 周			
Haghighatsiar 等 ^[9]	2019	伊朗	80(40/40)	36	8	安慰剂治疗	SBP、DBP、BMI	RCT
Machado 等 ^[10]	2015	巴西	61(20、20/21)	28	11	常规护理	SBP、DBP、BMI	RCT
Barre 等 ^[11]	2012	加拿大	16(8/8)	6	12	安慰剂治疗	SBP、DBP	RCT
Cassani 等 ^[12]	2015	巴西	27(14/13)	60	7	安慰剂治疗	SBP、DBP、BMI	RCT
Paschos 等 ^[13]	2007	希腊	87(59/28)	12	12	常规护理	SBP、DBP	RCT
Saxena 等 ^[14]	2014	印度	50(25/25)	30	12	常规护理	SBP、DBP、BMI	RCT
Rodriguez - Leyva 等 ^[15]	2013	加拿大	86(45/41)	30	24	常规护理	SBP、DBP	RCT
杨波 ^[16]	2016	中国	83(42/41)	4	12	常规治疗	SBP、DBP、BMI	RCT

注:T.实验组;C.对照组。

表 2 纳入文献的质量评价结果

纳入研究	随机分配	分配方案 隐藏	盲法		完整数 据报告	选择性 报告结果	其他偏 倚来源	文献 质量
			干预对象或 实施者	结局 测评者				
文献[9]	是	是	否	否	是	是	否	B
文献[10]	不清楚	不清楚	不清楚	不清楚	是	是	否	B
文献[11]	是	是	是	是	是	是	否	A
文献[12]	不清楚	不清楚	是	是	是	是	否	B
文献[13]	不清楚	不清楚	否	否	是	是	不清楚	B
文献[14]	不清楚	不清楚	是	是	是	是	否	B
文献[15]	不清楚	不清楚	不清楚	不清楚	是	是	不清楚	B
文献[16]	是	是	是	是	是	是	否	A

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 亚麻籽膳食对血压的影响

纳入的 8 篇文献均评价了亚麻籽膳食对 SBP 的影响,各研究间具有异质性 ($P = 0.009, I^2 = 57.134%$),故采用随机效应模型进行分析。结果显示,两组间具有统计学差异 [WMD = -4.209, 95% CI(-8.214, -0.203), $P = 0.039$]。纳入的 8 篇文献均评价了亚麻籽膳食对 DBP 的影响,各研究间具有同质性 ($P = 0.261, I^2 = 20.513%$),故采用固定效应模型进行分析。结果显示,两组间具有统计学差异 [WMD = -2.988, 95% CI(-4.691,

-1.284), $P = 0.001$]。具体见图 2。

2.3.2 亚麻籽膳食对 BMI 的影响

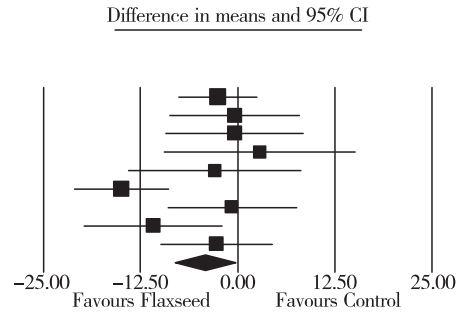
共纳入 5 篇文献,各研究间具有同质性 ($P = 0.999, I^2 = 0%$),故采用固定效应模型进行分析。结果显示,两组间具有统计学差异 [WMD = -0.748, 95% CI(-1.275, -0.221), $P = 0.005$]。详见图 3。

2.4 亚组分析结果

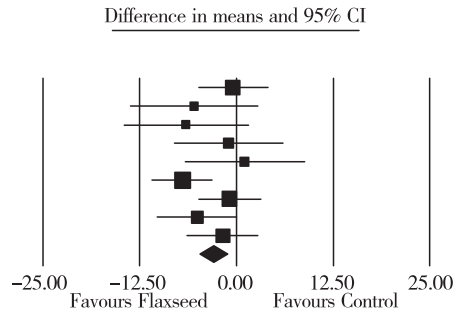
2.4.1 食用时间对血压和 BMI 影响的 Meta 分析

将食用时间分成小于 12 周和大于或等于 12 周两个亚组,Meta 分析结果见表 3。

Study name	Statistics for each study						
	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	P-Value
Haghighatsiar et al.2019	-2.620	2.530	6.402	-7.579	2.339	-1.035	0.300
Machado et al.2015 (a)	-0.470	4.207	17.696	-8.715	7.775	-0.112	0.911
Machado et al.2015 (b)	-0.480	4.435	19.672	-9.173	8.213	-0.408	0.914
Barre et al.2012	2.800	6.208	38.540	-9.368	14.968	0.451	0.652
Cassani et al.2015	-3.000	5.591	31.256	-13.958	7.958	-0.537	0.592
Paschos et al.2007	-15.000	3.049	9.297	-20.976	-9.024	-4.919	0.000
Saxena et al.2014	-0.720	4.180	17.476	-8.914	7.474	-0.172	0.863
Rodriguez-Leyva et al.2013	-10.900	4.485	20.118	-19.691	-2.109	-2.430	0.015
杨波.2016	-2.750	3.616	13.076	-9.837	4.337	-0.760	0.447
	-4.209	2.044	4.176	-8.214	-0.203	-2.060	0.039



Study name	Statistics for each study						
	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	P-Value
Haghighatsiar et al.2019	-0.500	2.174	4.728	-4.762	3.762	-0.230	0.818
Machado et al.2015 (a)	-5.520	4.118	16.959	-13.591	2.551	-1.340	0.180
Machado et al.2015 (b)	-6.550	4.048	16.390	-14.485	1.385	-1.618	0.106
Barre et al.2012	-1.000	3.521	12.398	-7.901	5.901	-0.284	0.776
Cassani et al.2015	1.000	3.869	14.972	-6.584	8.584	0.258	0.796
Paschos et al.2007	-7.000	1.949	3.800	-10.820	-3.180	-3.591	0.000
Saxena et al.2014	-0.880	1.993	3.973	-4.787	3.027	-0.441	0.659
Rodriguez-Leyva et al.2013	-5.000	2.635	6.942	-10.164	0.164	-1.898	0.058
杨波.2016	-1.750	2.323	5.395	-6.303	2.803	-0.753	0.451
	-2.988	0.869	0.756	-4.691	-1.284	-3.437	0.001



注:上图为 SBP,下图为 DBP。

图 2 亚麻籽膳食对血压的影响

Study name	Statistics for each study						
	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	P-Value
Haghighatsiar et al.2019	-0.430	0.926	0.858	-2.245	1.385	-0.464	0.642
Machado et al.2015 (a)	-0.770	0.700	0.490	-2.143	0.603	-1.100	0.272
Machado et al.2015 (b)	-0.760	0.636	0.405	-2.007	0.487	-1.194	0.232
Cassani et al.2015	-0.820	1.028	1.057	-2.835	1.195	-0.797	0.425
Saxena et al.2014	-0.670	0.597	0.356	-1.840	0.500	-1.122	0.262
杨波.2016	-0.850	0.477	0.228	-1.785	0.085	-1.781	0.075
	-0.748	0.269	0.072	-1.275	-0.221	-2.781	0.005

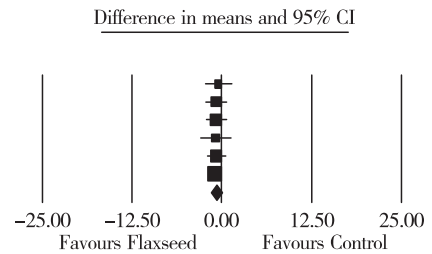


图 3 亚麻籽膳食对 BMI 的影响

表 3 亚组分析结果

观测指标	纳入文献	异质性		效应量估计值		P
		I ² /%	P	WMD	95% CI	
SBP						
< 12 周	[9,10,12]	0.000	0.953	-1.882	(-5.487,1.723)	0.306
≥12 周	[11,13-16]	44.379	0.033	-7.365	(-10.847,-3.883)	<0.001
< 10 g/d	[11,16]	0.000	0.440	-1.344	(-7.468,4.780)	0.667
10~30 g/d	[10,13-15]	72.351	0.006	-6.983	(-10.438,-3.528)	<0.001
> 30 g/d	[9,12]	0.000	0.951	-2.685	(-7.203,1.833)	0.244
DBP						
< 12 周	[9,10,12]	2.221	0.381	-1.918	(-5.024,1.187)	0.226
≥12 周	[11,13-16]	36.959	0.175	-3.488	(-5.486,-1.410)	0.001
< 10 g/d	[11,16]	0.000	0.859	-1.523	(-5.323,2.278)	0.432
10~30 g/d	[10,13-15]	24.484	0.258	-4.505	(-6.726,-2.284)	<0.001
> 30 g/d	[9,12]	0.000	0.735	-0.140	(-3.855,3.575)	0.941
BMI						
< 12 周	[9,10,12]	0.000	0.990	-0.714	(-1.475,0.048)	0.066
≥12 周	[14,16]	0.000	0.814	-0.780	(-1.510,-0.049)	0.036
< 10 g/d	[16]	0.000	1.000	-0.850	(-1.785,0.085)	0.075
10~30 g/d	[10,14]	0.000	0.992	-0.728	(-1.453,-0.004)	0.049
> 30 g/d	[9,12]	0.000	0.778	-0.605	(-1.953,0.744)	0.380

由表 3 可见,食用亚麻籽超过 12 周才会对高血压患者血压和 BMI 产生显著影响,SBP [WMD = -7.365,95% CI(-10.847,-3.883),P<0.001]、DBP [WMD = -3.488,95% CI(-5.486,-1.410),

$P = 0.001$]、BMI [WMD = -0.780 , 95% CI ($-1.510, -0.049$), $P = 0.036$]。

2.4.2 食用剂量对血压和 BMI 影响的 Meta 分析

将食用剂量分成小于 10 g/d、10 ~ 30 g/d 和大于 30 g/d 共 3 个亚组, Meta 分析结果见表 3。由表 3 可见, 每天食用亚麻籽 10 ~ 30 g 才会对高血压患者血压和 BMI 产生显著影响, SBP [WMD = -6.983 , 95% CI ($-10.438, -3.528$), $P < 0.001$]、DBP [WMD = -4.505 , 95% CI ($-6.726, -2.284$), $P < 0.001$]、BMI [WMD = -0.728 , 95% CI ($-1.453, -0.004$), $P = 0.049$]。

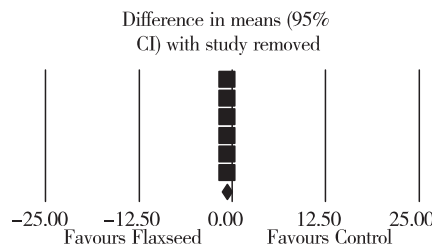
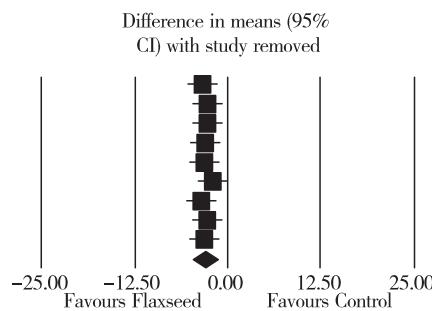
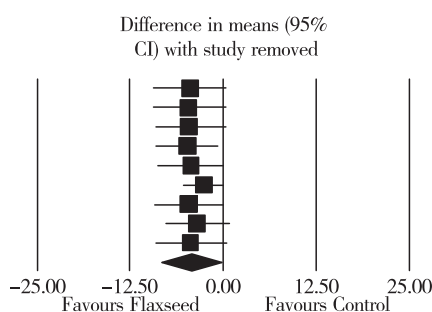
2.5 发表偏倚和敏感性分析结果

本次 Meta 分析使用 Egger's 检验进行发表偏倚的分析, 提示均无统计学意义 (SBP, $P = 0.413$; DBP, $P = 0.990$; BMI, $P = 0.272$), 说明无明显的发表偏倚。采用逐项剔除每项研究的方法, 对 SBP 进行敏感性分析发现, 剔除 Paschos 等^[13] 的研究后, I^2 由 57.134% ($P = 0.009$) 大幅度降为 0.0% ($P = 0.676$), 而纳入和剔除其他研究并未对异质性有较大影响, 故这篇研究可能是异质性的来源之一。详见图 4。

Study name	Point	Statistics with study removed					Z-Value	P-Value
		Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit			
Haghighatsiar et al.2019	-4.394	2.424	5.876	-9.145	0.357	-1.813	0.070	
Machado et al.2015 (a)	-4.640	2.237	5.003	-9.024	-0.256	-2.074	0.038	
Machado et al.2015 (b)	-4.615	2.231	4.975	-8.986	-0.243	-2.069	0.039	
Barre et al.2012	-4.743	2.124	4.509	-8.905	-0.581	-2.233	0.026	
Cassani et al.2015	-4.276	2.231	4.976	-8.648	0.095	-1.917	0.055	
Paschos et al.2007	-2.529	1.407	1.981	-5.287	0.229	-1.797	0.072	
Saxena et al.2014	-4.608	2.246	5.044	-9.010	-0.206	-2.052	0.040	
Rodriguez-Leyva et al.2013	-3.439	2.159	4.622	-7.671	0.792	-1.593	0.111	
杨波.2016	-4.350	2.332	5.440	-8.922	0.221	-1.865	0.062	
	-4.209	2.044	4.176	-8.214	-0.203	-2.060	0.039	

Study name	Point	Statistics with study removed					Z-Value	P-Value
		Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit			
Haghighatsiar et al.2019	-3.461	0.948	0.900	-5.320	-1.602	-3.649	0.000	
Machado et al.2015 (a)	-2.869	0.889	0.791	-4.613	-1.126	-3.226	0.001	
Machado et al.2015 (b)	-2.815	0.890	0.792	-4.560	-1.071	-3.163	0.002	
Barre et al.2012	-3.117	0.897	0.805	-4.875	-1.358	-3.474	0.001	
Cassani et al.2015	-3.199	0.892	0.796	-4.948	-1.451	-3.586	0.000	
Paschos et al.2007	-1.991	0.971	0.943	-3.895	-0.088	-2.050	0.040	
Saxena et al.2014	-3.483	0.966	0.933	-5.376	-1.589	-3.605	0.000	
Rodriguez-Leyva et al.2013	-2.742	0.921	0.848	-4.547	-0.937	-2.977	0.003	
杨波.2016	-3.189	0.937	0.879	-5.206	-1.352	-3.402	0.001	
	-2.988	0.869	0.756	-4.691	-1.284	-3.437	0.001	

Study name	Point	Statistics with study removed					Z-Value	P-Value
		Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit			
Haghighatsiar et al.2019	-0.777	0.281	0.079	-1.328	-0.226	-2.765	0.006	
Machado et al.2015 (a)	-0.744	0.291	0.086	-1.315	-0.173	-2.554	0.011	
Machado et al.2015 (b)	-0.745	0.297	0.088	-1.327	-0.164	-2.511	0.012	
Cassani et al.2015	-0.743	0.279	0.078	-1.289	-0.196	-2.665	0.008	
Saxena et al.2014	-0.768	0.301	0.091	-1.359	-0.177	-2.548	0.011	
杨波.2016	-0.701	0.326	0.106	-1.339	-0.062	-2.151	0.031	
	-0.748	0.269	0.072	-1.275	-0.221	-2.781	0.005	



注: 上图为 SBP; 中图为 DBP; 下图为 BMI。

图 4 敏感性分析

2.6 讨论

本研究分析结果显示, 膳食摄入亚麻籽后血压下降 0.56 kPa/0.40 kPa。Sleight 等^[17] 研究表明, 血压每降低 0.44 kPa/0.19 kPa (3.3 mmHg/1.4 mmHg) 心血管事件发生风险减少 22%。Rodriguez-Leyva 等^[15] 对高血压患者进行为期 6 个月的研究发现, 膳食中添加 30 g 亚麻籽, 收缩压和舒张压分别降低 2.0 kPa (15 mmHg) 和 0.93 kPa (7 mmHg)。亚麻籽降低血压的生物学机制尚不完全清楚。亚麻籽中含有的开环异落叶松树脂酚二葡萄糖苷 (SDG) 是

一种已知的植物雌激素, 是一种血管紧张素转换酶抑制剂, SDG 可通过刺激鸟苷酸环化酶, 产生环鸟苷酸使血管平滑肌舒张, 从而降低血压; 膳食摄入亚麻籽能够增加血浆中 α -亚麻酸的含量, 抑制可溶性环氧化物水解酶的分泌, 降低氧脂素的浓度, 从而产生降低血压的作用。此外, 高血压患者摄入亚麻籽后 BMI 下降 0.748 kg/m²。苏健等^[18] 发现 BMI 每增加 1 个标准差, 高血压的患病风险增加 57%。马玉霞等^[19] 研究表明, 血压水平随 BMI 呈线性增长趋势。中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作

组^[20]对24万中国人群进行分析发现,BMI大于24 kg/m²的人群患高血压的风险是正常人群的3~4倍。摄入的亚麻籽属于高纤维、低血糖指数(Glycemic index, GI)膳食,能起到饱腹效果,促进肠胃蠕动和脂肪的氧化,可达到减轻饥饿感、降低体重及BMI的作用。张坚^[21]在对中国人群膳食脂肪酸摄入量的研究中表明,我国大部分居民由于严重缺乏n-3系列脂肪酸的摄入,机体长期处于亚健康状态,极易引发心脑血管疾病。而亚麻籽中富含的 α -亚麻酸是n-3系列脂肪酸的主要来源,因此富含亚麻酸的亚麻籽具有较好的食用价值。

亚组Meta分析结果显示,如果通过食用亚麻籽以达到降低血压和BMI的效果,食用时间应超过12周,这与Pan等^[22]的研究结果一致。Whelton等^[23]发现,如果通过补充亚麻籽降低高血压,干预时间越长,效果越明显。除此之外,本研究还发现每日食用亚麻籽10~30 g,对降低血压和BMI更有效,这对高血压患者饮食治疗具有重要的指导意义。

本次研究所纳入文献部分样本量较小,不排除在测量结局指标时所使用的血压计、听诊器等存在差异,且不能排除原文献存在发表偏倚,缺乏更多高质量的RCT。因此,在未来可以针对以上导致偏倚发生的因素,进行针对高血压患者的大样本的研究,完善实验设计,以便获得更科学、更可靠的证据。

3 结论

亚麻籽膳食能在一定程度上降低高血压患者的血压和BMI,相比较而言,食用亚麻籽超过12周且每日食用10~30 g更有效果,该结果可为高血压患者的膳食治疗提供参考依据。

参考文献:

[1] 中国高血压防治指南(2018年修订版)[J]. 中国心血管杂志,2019,24(1):24-56.

[2] 徐建伟. 我国开展减盐行动的策略研究[D]. 北京:中国疾病预防控制中心,2014.

[3] KRIS-ETHERTON P M, HARRIS W S, APPE L J. Fish consumption, fish oil, *omega*-3 fatty acids, and cardiovascular disease[J]. J Am Heart Assoc, 2002,106(21):2747-2757.

[4] 林凤英,林志光,邱国亮,等. 亚麻籽的功能成分及应用研究进展[J]. 食品工业,2014,35(2):220-223.

[5] KHALESIS S, IRWIN C, SCHUBERT M. Flaxseed consumption may reduce blood pressure: a systematic review and meta-analysis of controlled trials[J]. J Nutr, 2015,145(4):758-765.

[6] WHELTON S P, HYRE A D, PEDERSEN B, et al. Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a meta-analysis

of randomized, controlled clinical trials[J]. J Hypertens, 2005,23(3):475-481.

[7] STREPPPEL M T, ARENDS L R, VAN'T VEER P, et al. Dietary fiber and blood pressure: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials[J]. Arch Intern Med,2005,165(2):150-156.

[8] HIGGINS J, GREEN S. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions: version 5.1.0[M]. New Jersey: John Wiley&Sons Inc, 2013.

[9] HAGHIGHATSIAR N, ASKARI G, SARAF-BANK S, et al. Effect of flaxseed powder on cardiovascular risk factor in dyslipidemic and hypertensive patients[J/OL]. Int J Prev Med,2019,10:218[2020-09-22]. http://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_563_17.

[10] MACHADO A M, DE PAULA H, CARDOSO L D, et al. Effects of brown and golden flaxseed on the lipid profile, glycemia, inflammatory biomarkers, blood pressure and body composition in overweight adolescents[J]. Nutrition,2015,31(1):90-96.

[11] BARRE D E, MIZIER-BARRE K A, STELMACH E, et al. Flaxseed lignan complex administration in older human type 2 diabetics manages central obesity and prothrombosis - an invitation to further investigation into polypharmacy reduction[J/OL]. J Nutr Metab, 2012,2012:585170[2020-09-22]. <https://doi.org/10.1155/2012/585170>.

[12] CASSANI R S, FASSINI P G, SILVAH J H, et al. Impact of weight loss diet associated with flaxseed on inflammatory markers in men with cardiovascular risk factors: a clinical study[J]. Nutr J,2015,14(1):5-12.

[13] PASCHOS G K, MAGKOS F, PANAGIOTAKOS D B, et al. Dietary supplementation with flaxseed oil lowers blood pressure in dyslipidaemic patients[J]. Eur J Clin Nutr, 2007,61(10):1201-1206.

[14] SAXENA S, KATARE C. Evaluation of flaxseed formulation as a potential therapeutic agent in mitigation of dyslipidemia[J]. Biomed J,2014,37(6):386-390.

[15] RODRIGUEZ-LEYVA D, WEIGHELL W, EDEL A L, et al. Potent antihypertensive action of dietary flaxseed in hypertensive patients[J]. Hypertension, 2013,62(6):1081-1089.

[16] 杨波. 膳食n-3脂肪酸在中国人群中的降血压作用及机制研究[D]. 杭州:浙江大学,2016.

[17] SLEIGHT P, YUSUF S, POGUE J, et al. Blood-pressure reduction and cardiovascular risk in HOPE study[J]. Lancet,2001,358(9299):2130-2131.

[18] 苏健,向全永,吕淑荣,等. 成年人体质指数、腰围与高血压、糖尿病和血脂异常的关系[J]. 中华疾病控制杂志,2015,19(7):696-700.

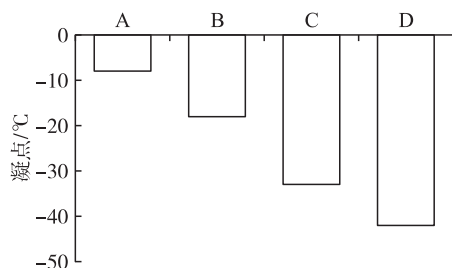


图6 4个样品的凝点

由图6可看出,菜籽油凝点为 -18°C ,本实验制备的产物凝点为 -32°C ,而油酸异辛酯凝点为 -42°C 。产物达到了预期要求,凝点大幅降低,但凝点高于油酸异辛酯是因为本产品中还含有少量的脂肪酸甲酯。对比油酸甲酯(凝点 -8°C)和油酸异辛酯(凝点 -42°C)可看出,长碳链且含支链的油酸异辛酯具有良好的低温性能。

3 结论

以甲醇钠为催化剂催化菜籽油与异辛醇的酯交换反应制备脂肪酸异辛酯,通过单因素实验和正交实验确定了最佳的酯交换工艺条件为:醇油摩尔比5:1,反应时间20 min,反应温度 50°C ,催化剂添加量0.6%。在最佳条件下,产物中脂肪酸酯含量达到95.13%。

红外光谱分析结果表明,产物为脂肪酸异辛酯混合物,GC-MS分析结果表明产物主要成分是10种脂肪酸酯,有脂肪酸甲酯和脂肪酸异辛酯两类,含量分别为13.77%和86.23%。脂肪酸异辛酯中,主要成分是油酸异辛酯,含量达到58.06%。产物凝点为 -32°C ,大幅低于菜籽油(凝点 -18°C)。

参考文献:

[1] GNANASEKARAN D, CHAVIDI V P. Green fluids from vegetable oil: power plant [M]// Vegetable oil based bio-lubricants and transformer fluids. Singapore: Springer,

2018: 3-26.

- [2] AB GHANI S, MUHAMAD N A, NOORDEN Z A, et al. Methods for improving the workability of natural ester insulating oils in power transformer applications: a review [J]. Electric Power Syst Res, 2018, 163(10): 655-667.
- [3] 凡勇. 几种植物绝缘油的抗氧化性能研究 [J]. 绝缘材料, 2013, 46(2): 45-48.
- [4] 周璇,陈江波,余辉,等. 菜籽油酯交换制备植物绝缘油及电气性能研究 [J]. 应用化工, 2012, 41(8): 1375-1379.
- [5] SITORUS H B H, BEROUAL A, SETIABUDY R, et al. Pre-breakdown phenomena in new vegetable oil-based *Jatropha curcas* seeds as substitute of mineral oil in high voltage equipment [J]. IEEE Transact Dielectr Insul, 2015, 22(5): 2442-2448.
- [6] 吴俐亚. 乙酯化植物绝缘油及其介电性能研究 [D]. 重庆:重庆大学, 2018.
- [7] 陈顺玉. 生物柴油降凝剂脂肪酸异丙酯的制备及降凝效果的研究 [J]. 福建师范大学学报, 2009, 25(4): 62-66.
- [8] 徐娟. 油酸异丁酯的合成及其对生物柴油降凝效果研究 [J]. 应用化工, 2011, 40(4): 582-588.
- [9] 彭亮. 甲醇钠催化酯交换制备中/长链结构甘三酯 [J]. 中国油脂, 2011, 36(3): 5-9.
- [10] 韩立娟,李琳,刘国琴. 甲醇钠催化体系下化学法与超声法对提高脂肪酸甲酯化度影响的研究 [J]. 农产品加工, 2009(3): 103-107.
- [11] 钱建芳. 油酸异辛酯的合成新方法 [J]. 精细与专用化学品, 2013, 21(2): 30-32.
- [12] 王兴之,左臣盛,宋攀,等. Brønsted 酸性离子液体催化合成硬脂酸异辛酯 [J]. 石油化工高等学校学报, 2014, 27(4): 16-20.
- [13] 王盈盈. 花生四烯酸乙醇酰胺的酶法制备 [D]. 江苏无锡:江南大学, 2017.

(上接第50页)

- [19] 马玉霞,张兵,王惠君,等. 体质指数、腰围、腰臀比、腰围身高比与城乡居民血压关系的研究 [J]. 卫生研究, 2012, 41(1): 70-74.
- [20] 中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组. 我国成人人体重指数和腰围对相关疾病危险因素异常的预测价值:适宜体重指数和腰围切点的研究 [J]. 中华流行病学杂志, 2002(1): 10-15.
- [21] 张坚. 中国人群膳食脂肪酸摄入量情况分析 [C]//中国疾病预防控制中心达能营养中心. 达能营养中心第十三届学术研讨会“膳食脂肪与健康”论文集. 北京:

中国疾病预防控制中心达能营养中心, 2010: 40-45.

- [22] PAN A, SUN J, CHEN Y, et al. Effects of a flaxseed-derived lignan supplement in type 2 diabetic patients: a randomized, double-blind, cross-over trial [J/OL]. PLoS One, 2007, 2(11): e1148 [2020-09-22]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001148>.
- [23] WHELTON S P, HYREA D, PEDERSEN B, et al. Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled clinical trials [J]. J Hypertens, 2005, 23(3): 475-481.