

吉林人参低聚肽抗疲劳作用

鲍雷,王军波,蔡夏夏,张远,孙彬,张召锋,李勇

北京大学医学部公共卫生学院,北京 100191

摘要 为探讨吉林人参低聚肽对实验小鼠的抗疲劳作用,将336只SPF级雄性ICR小鼠随机分为7组,分别为空白对照组、乳清蛋白组(0.500 g/kg)及5个吉林人参低聚肽剂量组(0.125、0.250、0.500、1.000、2.000 g/kg)。连续灌胃30 d后,进行负重游泳实验测定各组小鼠负重游泳力竭时间,采用全自动生化仪测定各组小鼠血清尿素氮含量和乳酸脱氢酶活力,采用紫外分光光度计法检测各组小鼠血乳酸水平,采用试剂盒检测各组小鼠肝糖原含量。各项指标中空白对照组与乳清蛋白组之间均无统计学差异;与乳清蛋白组相比,适当剂量的吉林人参低聚肽干预可提高小鼠运动耐力,延长负重游泳时间,降低运动后血乳酸和血尿素氮的含量,提高乳酸脱氢酶活性和肝糖原的含量。因此,吉林人参低聚肽具有缓解实验小鼠体力疲劳功能。

关键词 吉林人参低聚肽;抗疲劳;肝糖原;血乳酸

中图分类号 R151.2

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.13.009

Anti-fatigue effects of *Panax ginseng* oligopeptide of Jilin Province

BAO Lei, WANG Junbo, CAI Xiaxia, ZHANG Yuan, SUN Bin, ZHANG Zhaofeng, LI Yong

School of Public Health, Peking University Health Science Center, Beijing 100191, China

Abstract The present study investigated the anti-fatigue effects of *Panax ginseng* oligopeptide of Jilin. 336 male ICR mice of SPF were randomized divided into 7 groups: control group, whey protein group, and other five groups of panax ginseng oligopeptide of Jilin at doses of 0.125, 0.250, 0.500, 1.000, 2.000 g/kg, respectively. After being fed for 30 days, the loading swimming time was determined by swimming experiment. The content of blood urea nitrogen and the activity of lactic dehydrogenase were measured by an automatic biochemical analyzer. The level of blood lactic acid in mouce was detected by ultraviolet spectrophotometer, and the liver glycogen of mouce was measured according to the kit. There were no significant differences between the control group and whey protein group in terms of the above indicators. Compared with the whey protein group, *Panax ginseng* oligopeptide of Jilin could significantly increase the burden swimming time, decrease the content of blood urea nitrogen and lactic acid, improve the activity of lactic dehydrogenase and increase the content of liver glycogen in mouce. Thus, it is concluded that panax ginseng oligopeptide of Jilin has excellent anti-fatigue effects in mouce.

Keywords *Panax ginseng* oligopeptide of Jilin; anti-fatigue; liver glycogen; blood lactic acid

人参为名贵中药材,有关人参的药用已经有4000多年的历史。近百年来,对人参的关注日益增多,其研究遍及全球。目前世界上的人参主要有4种:即中国的“吉林人参”、朝鲜的“高丽参”、日本的“东洋参”和加拿大、美国的“西洋参”。中国的人参为五加科植物人参的干燥根及根茎,主要产于吉林省。2012年9月4日,中国卫生部批准人参成为新资源食品,人参的应用将由单一的中药材拓展到食品、饮料

及保健产品等领域,范围大幅扩大,这为中国的人参产业发展提供了新的契机^[1]。

人参具有大补元气、生津止渴、安神等功效。近年来,大量药理研究、临床观察和流行病学调查研究均证实人参具有改善微循环、提高组织抗缺氧能力、抑制血小板聚集、抗肿瘤、抗衰老、抗辐射、抗疲劳等多种生物活性^[2-4]。人参的化学成分极为复杂,多肽成分种类繁多,功能多样。Ando等^[5]从人

收稿日期:2015-01-15; 修回日期:2015-03-31

基金项目:国家科技支撑计划项目(2006BAD27B08)

作者简介:鲍雷,博士研究生,研究方向为生物活性肽与健康,电子信箱:baolei6230@163.com;李勇(通信作者),教授,研究方向为营养与疾病,电子信箱:liyong@bjmu.edu.cn

引用格式:鲍雷,王军波,蔡夏夏,等.吉林人参低聚肽抗疲劳作用[J].科技导报,2015,33(13):56-60.

参根中分离出一种多肽物质,分子量为1400,其分子中氨基酸总数为14个,实验证明其具有抑制肾上腺素分解脂肪作用。人参多肽具有一定的降血糖作用,可对肾上腺、四氧嘧啶和葡萄糖所引起的高血糖有一定的抑制作用,并能增强肾上腺素对肝糖原的分解^[6]。张今等^[7]将Ando等的分离程序加以改进从人参中分离出一个14肽,测序发现他们得到的14肽存在一个氨基酸的差异,此14肽具有类似胰岛素作用。另外,研究发现人参糖肽可明显降低糖尿病大鼠血糖水平,具有改善糖尿病大鼠糖脂代谢和各种并发症及抑制胰岛素抵抗等作用^[8]。

低聚肽一般指由10个或10个以下氨基酸组成的小分子肽。研究发现,低聚肽在人体不需消化可直接吸收,比单个氨基酸的吸收更有效,且能直接参与蛋白质的合成,提高机体对蛋白质的利用率^[9]。目前对人参中低聚肽类的研究相对较少,其适宜剂量及作用效果也未明确。本实验通过对小鼠采用不同剂量的吉林人参低聚肽水溶液进行干预,观察吉林人参低聚肽的抗疲劳效果,探寻其发挥作用的最佳剂量。

1 材料和方法

1.1 样品

吉林人参低聚肽,由吉林肽谷生物工程有限责任公司提供,从吉林人参中利用生物酶解技术得到的小分子生物活性肽的混合物,以小分子低聚肽为主(分子量小于1000,质量分数为95%以上)。

1.2 实验动物

健康清洁级ICR雄性小鼠336只,6~8周龄,体重18~22 g,由北京大学医学部实验动物中心提供。实验动物分笼饲养,每笼6只,自由饮食、饮水。动物饲养实验室符合国标清洁级,温度范围(25±1)℃,相对湿度50%~60%,室内照明控制在12 h/12 h光暗周期节律。

1.3 实验动物分组与用药

雄性ICR小鼠336只,实验前称小鼠体重,按体重随机分为7组,每组48只。设立空白对照组、乳清蛋白组(0.500 g/kg)及5个吉林人参低聚肽剂量组(0.125、0.250、0.500、1.000、2.000 g/kg,分别用吉林人参低聚肽1、2、3、4、5组来表示),在图表中按顺序分别以A~G表示。各组动物再分为4个亚组,每组12只。空白对照组小鼠灌胃蒸馏水,其余各组灌胃相应浓度的乳清蛋白及吉林人参低聚肽的水溶液。各组小鼠均给以普通饲料,自由进食和饮水。每天灌胃1次,连续灌胃30 d。

1.4 实验方法

按照《保健食品的功能学评价程序和检验方法》进行^[10]。

1.4.1 负重游泳实验

取各组第1亚组12只小鼠,末次给予受试样品30 min后,在鼠尾根部负荷5%体重的铅皮,将小鼠置于游泳箱中游泳(水深≥30 cm,水温(25±1.0)℃),记录小鼠自游泳开始至

力竭死亡的时间,作为小鼠负重游泳时间。

1.4.2 血清尿素氮和乳酸脱氢酶活力的测定

取各组第2亚组12只小鼠,末次给予受试样品30 min后,在温度为30℃的水中不负重游泳90 min,休息60 min后拔眼球采血。置4℃冰箱约3 h,2000 r/min离心15 min分离血清,用日本奥林巴斯株式会社全自动生化仪AU400测定血清尿素氮含量和乳酸脱氢酶活力,试剂均采用英科新创(厦门)科技有限公司试剂。

1.4.3 血乳酸测定

取各组第3亚组12只小鼠,末次给予受试物30 min后采尾血20 μL,小鼠不负重在温度为30℃的水中游泳10 min,再于游泳后0和20 min分别采血20 μL,将3次采得的血样分别加入0.48 mL质量分数为1%的NaF溶液中充分混匀至透明,加入1.5 mL蛋白沉淀剂,振荡混匀,3000 r/min离心10 min,取上清液测定乳酸含量。

3个时间点血乳酸曲线下面积(C_s)按下式计算:

$$C_s = 1/2 \times (C_0 + C_1) \times 10 + 1/2 \times (C_1 + C_2) \times 20 \quad (1)$$

式中, C_0 为游泳前血乳酸值; C_1 为游泳后0 min的血乳酸值; C_2 为游泳后休息20 min的血乳酸值。

1.4.4 肝糖原测定

取各组第4亚组12只小鼠,末次给予受试物30 min后处死动物,取新鲜肝脏样本用生理盐水漂洗后,滤纸吸干,精确称取肝脏,按标本质量(mg):碱液体积(μL)=1:3,一起加入试管中,沸水浴20 min,流水冷却后按肝糖原测定试剂盒说明书进行,试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.5 统计方法

所有实验数据均以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用SPSS 13.0软件进行单因素方差分析, $P < 0.05$ 有统计学意义。

2 结果

2.1 吉林人参低聚肽对小鼠体重的影响

初、末期小鼠体重变化情况见表1,4个亚组中不同处理组小鼠体重之间相比较均无显著性差异($P > 0.05$)。

2.2 吉林人参低聚肽对小鼠负重游泳时间的影响

取各组第1亚组12只小鼠,测定小鼠负重游泳时间。如图1所示,空白对照组与乳清蛋白组小鼠平均负重游泳时间分别为14.06和14.20 min,二者相比无显著性差异($P > 0.05$);吉林人参低聚肽各剂量组小鼠的平均负重游泳时间分别为17.18、25.40、20.94、18.78和15.98 min,与乳清蛋白组相比分别延长了20.99%、78.87%、47.46%、32.25%和12.54%,其中吉林人参低聚肽2组差异具有显著性($P < 0.01$)。

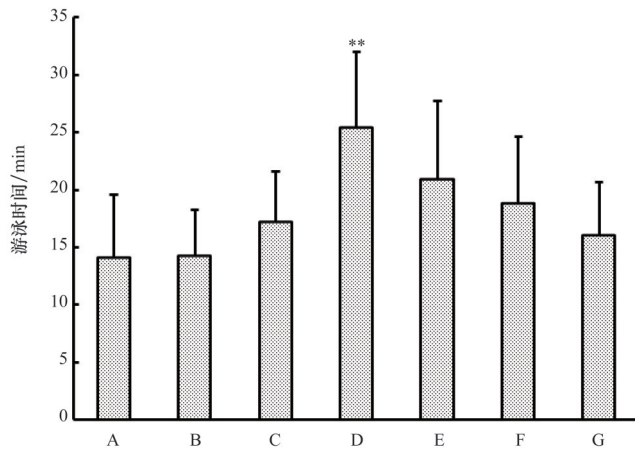
2.3 吉林人参低聚肽对小鼠血清尿素氮和乳酸脱氢酶活性的影响

取各组第2亚组12只小鼠,测定小鼠血清尿素氮和乳酸脱氢酶活性。如表2所示,空白对照组与乳清蛋白组小鼠血清尿素氮和乳酸脱氢酶活性均无显著性差异($P > 0.05$);而与

表1 吉林人参低聚肽对小鼠体重的影响($\bar{x}\pm s, n=12$)

Table 1 Effect of Panax ginseng oligopeptide on the body weight of mice ($\bar{x}\pm s, n=12$)

组别	剂量/(g·kg ⁻¹)	初始体重/g	终末体重/g	组别	剂量/(g·kg ⁻¹)	初始体重/g	终末体重/g		
第1亚组	A	0	25.13±1.31	34.70±2.70	第2亚组	A	0	25.33±1.43	36.65±3.63
	B	0.500	25.42±1.48	34.39±1.92		B	0.500	25.20±1.14	35.35±2.15
	C	0.125	25.50±1.06	34.39±2.89		C	0.125	25.86±1.35	35.73±2.87
	D	0.250	25.51±0.83	34.50±2.05		D	0.250	25.76±1.35	35.28±3.14
	E	0.500	25.67±1.27	35.73±1.85		E	0.500	25.90±1.13	35.47±2.43
	F	1.000	25.74±1.12	34.21±2.36		F	1.000	25.86±1.08	35.31±3.03
	G	2.000	25.87±0.71	34.58±2.65		G	2.000	25.38±1.49	33.01±2.68
组别	剂量/(g·kg ⁻¹)	初始体重/g	终末体重/g	组别	剂量/(g·kg ⁻¹)	初始体重/g	终末体重/g		
第3亚组	A	0	25.73±1.34	37.38±2.70	第4亚组	A	0	24.98±1.18	35.37±2.73
	B	0.500	26.26±1.32	33.83±1.66		B	0.500	25.81±2.56	33.86±3.48
	C	0.125	25.89±1.52	36.81±3.13		C	0.125	25.44±1.07	35.03±3.05
	D	0.250	25.43±1.18	36.75±2.79		D	0.250	24.83±0.97	33.58±3.73
	E	0.500	25.78±1.22	35.24±3.76		E	0.500	24.65±0.95	35.04±2.12
	F	1.000	25.73±1.25	35.57±3.98		F	1.000	25.27±1.15	33.90±2.60
	G	2.000	25.51±1.51	35.37±2.87		G	2.000	25.48±1.06	34.48±2.94



*表示与B组相比 $P<0.05$; **表示与B组相比 $P<0.01$
(表2、表3、图2同)

图1 吉林人参低聚肽对小鼠负重游泳时间的影响($\bar{x}\pm s, n=12$)

Fig. 1 Effect of Panax ginseng oligopeptide on the loading swimming time ($\bar{x}\pm s, n=12$)

乳清蛋白组相比,吉林人参低聚肽各剂量组血清尿素氮含量均有所降低,其中吉林人参低聚肽1组和2组小鼠血清尿素氮含量的差异具有显著性($P<0.05$);吉林人参低聚肽干预后各组小鼠乳酸脱氢酶活性与乳清蛋白组相比均有所增强,其中吉林人参低聚肽1组和2组的差异具有统计学意义($P<0.05$ 和 $P<0.01$)。

表2 吉林人参低聚肽对小鼠血清尿素氮和乳酸脱氢酶活性的影响($\bar{x}\pm s, n=12$)

Table 2 Effect of Panax ginseng oligopeptide on the content of blood urea nitrogen and the activity of actic dehydrogenase ($\bar{x}\pm s, n=12$)

组别	剂量/(g·kg ⁻¹)	尿素氮/(mmol·L ⁻¹)	乳酸脱氢酶/(U·L ⁻¹)
A	0.000	13.31±1.28	800.40±181.87
B	0.500	13.17±1.20	801.33±196.85
C	0.125	11.24±1.43*	1007.75±157.69*
D	0.250	11.12±1.21*	1071.17±135.11**
E	0.500	11.44±1.29	952.38±120.67
F	1.000	11.94±1.65	862.69±107.95
G	2.000	12.09±2.11	827.67±110.28

2.4 吉林人参低聚肽对小鼠血乳酸含量的影响

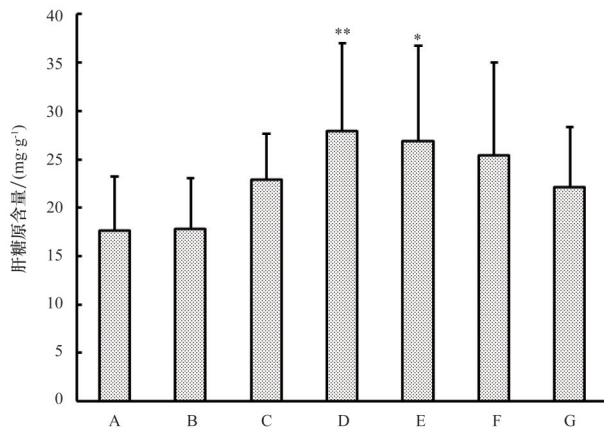
取各组第3亚组12只小鼠,测定小鼠血乳酸含量。各组小鼠游泳前血乳酸含量相比无显著性差异($P>0.05$);空白对照组和乳清蛋白组小鼠游泳后0、20 min血乳酸含量及3个时间点血乳酸曲线下面积均无统计学差异($P>0.05$);吉林人参低聚肽2组和3组小鼠游泳后0 min血乳酸水平与乳清蛋白组相比显著下降($P<0.01$ 和 $P<0.05$);吉林人参低聚肽1、2和3组小鼠游泳后20 min血乳酸水平显著低于乳清蛋白组($P<0.05$ 、 $P<0.01$ 和 $P<0.05$);吉林人参低聚肽1、2、3和4组小鼠3个时间点血乳酸曲线下面积均小于乳清蛋白组,差异有统计学意义($P<0.05$ 、 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 和 $P<0.05$),如表3所示。

表3 吉林人参低聚肽对小鼠血乳酸的影响($\bar{x}\pm s, n=12$)Fig. 3 Effect of Panax ginseng oligopeptide on the content of blood lactic acid ($\bar{x}\pm s, n=12$)

组别	剂量/ (g·kg ⁻¹)	游泳前血乳酸值/ (mg·L ⁻¹)	游泳后0 min血乳酸值/ (mg·L ⁻¹)	游泳后20 min血乳酸值/ (mg·L ⁻¹)	血乳酸值曲线下面积/ (mg·L ⁻¹)
A	0	195.51±40.54	439.81±57.16	339.29±46.88	10967.52±1198.17
B	0.500	197.84±40.46	438.65±49.79	331.18±33.66	10880.75±1070.04
C	0.125	191.45±42.94	389.01±41.40	272.99±49.61 [*]	9522.27±941.87 [*]
D	0.250	186.96±32.68	345.91±45.59 ^{**}	246.77±48.35 ^{**}	8591.06±970.75 ^{**}
E	0.500	197.38±32.31	379.49±40.39 [*]	277.12±33.25 [*]	9450.43±899.52 [*]
F	1.000	189.66±30.24	389.01±51.69	290.23±49.83	9685.70±937.76 [*]
G	2.000	190.73±36.81	423.49±33.00	297.05±24.33	10276.58±397.11

2.5 吉林人参低聚肽对小鼠肝糖原含量的影响

取各组第4亚组12只小鼠,测定小鼠肝糖原含量。空白对照组和乳清蛋白组小鼠平均肝糖原含量分别为17.64和17.77 mg/g,二者差异无统计学意义($P>0.05$);吉林人参低聚肽干预后各组小鼠的平均肝糖原含量分别为22.86、27.89、26.92、25.44和22.12 mg/g,与乳清蛋白组相比分别增加28.62%、56.95%、51.47%、43.17%和24.47%,其中D组和E组小鼠肝糖原水平的差异具有显著性($P<0.01$ 和 $P<0.05$),如图2所示。

图2 吉林人参低聚肽对小鼠肝糖原含量的影响($\bar{x}\pm s, n=12$)Fig. 2 Effect of Panax ginseng oligopeptide on the content of liver glycogen ($\bar{x}\pm s, n=12$)

3 讨论

运动性疲劳的产生是由于运动引起机体一系列生化改变导致的肌肉收缩力的降低,即机体运动耐力的下降是运动疲劳的发生最直接和最客观的表现^[11]。机体疲劳时,多个器官系统会发生相应的生化改变,如能源物质的消耗、血清尿素氮水平升高、乳酸脱氢酶活力下降及乳酸大量蓄积等^[12]。本研究通过检测小鼠负重游泳力竭时间、血清尿素氮水平、乳酸脱氢酶活力、血乳酸含量和肝糖原含量等指标对吉林人参低聚肽的抗疲劳效果进行综合评价。摄入蛋白质含量的

升高可能会对疲劳指标有一定的影响,本研究为避免由于单纯提高蛋白质的摄入量而引起假阳性结果,特设置乳清蛋白对照组,待测样品与乳清蛋白组进行比较可排除蛋白质对结果的影响,使实验结果的变化更多的是由于人参多聚肽的干预引起的。乳清蛋白是牛乳中酪蛋白沉淀分离时保留在上清液中的多种蛋白质组分的统称,其在消化过程中产生多种生物活性多肽,具有增强体质、提高免疫力、抗疲劳等多种功效^[13]。但在本实验中并未观察到乳清蛋白的抗疲劳作用,这可能与乳清蛋白浓度偏低、干预时间过短等因素有关。

力竭是运动性疲劳的特殊形式,是在疲劳的基础上降低运动强度和改变运动条件,机体继续保持运动直到完全不能运动的现象,是疲劳长期积累而引起机体功能紊乱的病理状态^[14]。因此,负重游泳时间的长短可以反映动物运动疲劳的程度,是评价小鼠体力强壮程度、抗疲劳能力的强有力的指标。本研究中,吉林人参低聚肽各剂量组小鼠负重游泳的持续时间均高于乳清蛋白组,其中吉林人参低聚肽二组最为显著($P<0.01$)。因而吉林人参低聚肽可提高小鼠的体力,增强小鼠的运动耐力,从而起到了抗疲劳作用。

研究表明,机体血尿素氮含量变化可说明体内含氮物质分解状态,也是评价机体在特殊条件下体力劳动负荷承受能力的一个较灵敏的指标^[15]。随着运动的增强,机体内蛋白质及氨基酸的分解代谢增强,其代谢转化生成尿素进入血液中,血尿素含量增加。运动后机体血尿素氮清除越快,疲劳消除的越快,抗疲劳的效果也越明显。本实验结果显示,吉林人参低聚肽各剂量组小鼠的血尿素氮水平明显低于乳清蛋白组,表明吉林人参低聚肽可提高小鼠的运动负荷能力,使其不易发生疲劳。

在机体剧烈运动时,细胞处于相对缺氧的状态,糖酵解加快,从而产生大量乳酸,引起肌肉中H⁺浓度上升,pH值下降。pH值下降会影响细胞内相关酶的活性,同时还会抑制肌质网对钙离子的释放和摄取,产生疲劳。机体中的血清乳酸脱氢酶可促使乳酸氧化,降低血乳酸质量浓度,减缓疲劳产生的速度。在本研究中,吉林人参低聚肽各剂量组小鼠的乳酸脱氢酶活性高于乳清蛋白组,而相比之下血乳酸含量显著降低,提示吉林人参低聚肽可以提高小鼠乳酸脱氢酶活性,

降低小鼠体内的血乳酸水平,延长运动时间,延缓疲劳的产生。另外,糖原是运动中最重要能源物质,糖原储备可作为评价机体抗疲劳的重要指标。通过实验可以看出,吉林人参低聚肽可以增强小鼠肝糖原的储备,提高小鼠耐力,延缓疲劳。此外,营养素及药物在机体中发挥作用均有一定的适宜浓度范围,并非干预剂量越大越好。相反,如果其浓度超过人体的可耐受最高剂量甚至会引发毒性反应。本研究所设置的剂量范围呈现出“倒U型”的量效关系,这可能与干预物的剂量、作用受体活性等方面有关,需在进一步的机制研究中进行探讨。

研究表明人参水提物及人参皂甙能抗脂质过氧化,保护抗氧化酶活性,具有较强的抗氧化活性^[16,17]。而氧化应激是导致机体机能下降的原因之一。因此,抗氧化作用是人参多聚肽抗疲劳作用的可能机制,需在进一步的实验研究中进行探讨和验证。

4 结论

通过设立空白对照组和乳清蛋白组作为对照组,探讨吉林人参低聚肽的抗疲劳作用。结果表明,吉林人参低聚肽可在一定程度上延缓实验小鼠疲劳的产生和加速其疲劳的消除,从而起到抗疲劳的作用,具备作为一种新型抗疲劳制剂的潜力,在本实验条件下得出的其适宜浓度范围为每天0.125~1.000 g/kg。但其抗疲劳作用的深层机制有待进一步研究和探讨。

参考文献(References)

[1] 中国行业研究网. 2012年卫生部批准人参为新资源食品[EB/OL]. 2012-09-04. <http://www.chinairm.com/news/20120905/636059.html>. ChinaIRN. Ministry of Health approved a new resource food ginseng in 2012[EB/OL]. 2012-09-04. <http://www.chinairm.com/news/20120905/636059.html>.

[2] 王筠默. 人参药理研究的进展[J]. 人参研究, 2001, 13(3): 2-7. Wang Junmo. Ginseng pharmacological research progress[J]. Ginseng Research, 2001, 13(3): 2-7.

[3] Kang S Y, Schini-Kerth V B, Kim N D. Ginsenosides of the protopanaxatriol group cause endothelium-dependent relaxation in the rat aorta[J]. Life Sciences, 1995, 56(19): 1577-1586.

[4] 张晓芬, 任伯成, 张青森. 人参抗运动疲劳作用的实验研究[J]. 中医药学报, 1995, 6(6): 29. Zhang Xiaofen, Ren Bocheng, Zhang Qingsen. Experimental study of anti-fatigue effects of ginseng[J]. Acta Chinese Medicine and Pharmacology, 1995, 6(6): 29.

[5] Ando T, Muraoka T, Yamasaki N, et al. Preparation of anti-lipolytic substance from Panax ginseng[J]. Planta Medica, 1980, 38(1): 18-23.

[6] 王本祥, 杨明, 金玉莲, 等. 人参多肽降血糖机制的研究[J]. 药学报, 1990, 25(6): 401-405. Wang Benyang, Yang Ming, Jin Yulian, et al. Studies on the mechanism of ginseng polypeptide induced hypoglycemia[J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 1990, 25(6): 401-405.

[7] 张今, 杜文媛, 张红缨, 等. 胰岛素样人参肽的氨基酸序列测定[J]. 吉

林大学自然科学学报, 1988, 4: 75-78.

Zhang Jin, Du Wenyuan, Zhang Hongying, et al. Analysis on the amino acid sequence of insulin-like ginseng peptide[J]. Journal of Jilin University, 1988, 4: 75-78.

[8] 刘雪梅, 陈文学, 杨铭, 等. 人参糖肽结合耐力运动对糖尿病大鼠降血糖作用及其机制研究[J]. 中国体育科技, 2014, 50(6): 134-140. Liu Xuemei, Chen Wenxue, Yang Ming, et al. Studies on hypoglycemic effect and mechanism of the ginseng glycopeptide combined endurance exercise on diabetic rats[J]. China Sport Science and Technology, 2014, 50(6): 134-140.

[9] 李勇. 肽临床营养学[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2012: 1-3. Li Yong. Peptide clinical nutrition[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2012: 1-3.

[10] 卫生部卫生监督司. 保健食品的功能学评价程序和检验方法[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003. Health Supervision Department of the Ministry of Health. The functional evaluation procedure and the test method of health food[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2003.

[11] 鲍蕾蕾, 陈海飞, 卞俊, 等. 复方灵芝孢子精油软胶囊抗疲劳耐缺氧能力研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(14): 130-132. Bao Leilei, Chen Haifei, Bian Jun, et al. Effect of compound ganoderma lucidum spore oil soft capsule on antifatigue property and oxygen deficit-tolerance in mice[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2014, 20(14): 130-132.

[12] 刘迪, 尚华, 宋晓宇. 杜仲叶树脂分离纯化产物的抗疲劳功效[J]. 食品科学, 2013, 34(5): 251-254. Liu Di, Shang Hua, Song Xiaoyu. Antifatigue effect of extract from eucommia ulmoides leaves purified by resin[J]. Food Science, 2013, 34(5): 251-254.

[13] 蒲玲玲, 郭长江. 乳清蛋白的组成及其主要保健功能[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(6): 68-70. Pu Lingling, Guo Changjiang. Composition and major health functions of whey protein[J]. Food and Nutrition in China, 2011, 17(6): 68-70.

[14] 伏育平. 运动中中枢疲劳的生理学研究进展[J]. 南京体育学院学报: 自然科学版, 2004, 3(2): 30-33. Fu Yuping. Research progress of central neural system fatigue in physiology[J]. Journal of Nanjing Institute of Physical Education: Natural Science, 2004, 3(2): 30-33.

[15] 李清宇, 杨颖, 贾琳斐, 等. 板栗多糖的分离纯化、结构分析及抗疲劳作用的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(7): 767-772. Li Qingyu, Yang Ying, Jia Linfei, et al. Purification, structural analysis and antifatigue assay of polysaccharide from castanea mollissima blume[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2013, 32(7): 767-772.

[16] 孙晓波, 魏菲. 人参对老化机体某些生理生化指标的影响[J]. 老年学杂志, 1989, 9(1): 59-61. Sun Xiaobo, Wei Fei. The effects of ginseng on some physiological and biochemical indexes in aging body[J]. Chinese Journal of Gerontology, 1989, 9(1): 59-61.

[17] 刘杰, 杜学海, 傅芳婷, 等. 人参皂甙清除反应性氧代谢产物预防大鼠膜性肾病[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志, 1995, 4(1): 29-31. Liu Jie, Du Xuehai, Fu Fangting, et al. Ginseng saponins remove the reactive oxygen metabolites to prevent membranous nephropathy in rats[J]. Chinese Journal of Nephrology Dialysis & Transplantation, 1995, 4(1): 29-31.

(编辑 田恬)