

大学生血浆多不饱和脂肪酸含量及其与疲劳的关系

梁 添^{1,2}, 孙振欣¹, 孙远明^{1,2}, 杨艺超¹, 吴湛波¹, 柳春红^{1,2*}

1. 华南农业大学食品学院食品科学系, 广州 510642
2. 广东省食品质量安全重点实验室, 广州 510642

[摘要] **目的** 探讨大学生血浆多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFAs)含量与疲劳的关系。**方法** 血浆样本来自广州市某大学 65 位健康大学生, 多不饱和脂肪酸检测方法为气相色谱法(GC)。采用程序升温法, 初始柱温 170℃, 经 3℃/min 升温至 210℃并保持 6 min, 再以 10℃/min 升温至 230℃并保持 46 min。检测指标有亚油酸(linoleic acid, LA)、花生四烯酸(arachidonic acid, AA)、 α -亚麻酸(α -linolenic acid, α -LNA)、二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)。采用酸催化法(H₂SO₄/甲醇)对多不饱和脂肪酸进行甲酯化, 内标法(正十七酸)定量测定。研究对象的疲劳测评采用简明心境量表(brief profile of mood states, BPOMS)中的疲劳亚量表。**结果** 不同性别大学生血浆中 AA 含量的差异有统计学意义($P < 0.01$); 不同性别大学生在疲劳得分上的差异无统计学意义($P > 0.05$); 男生、女生以及全体调查对象 α -LNA 含量与疲劳得分均呈负相关($r = -0.454\ 3, r = -0.342\ 2, r = -0.367\ 4, P$ 均 < 0.05); 同时, 按疲劳情绪得分中位数分组, 把调查对象划分为高分组($n = 33$)和低分组($n = 32$), 结果高、低分组血浆中 α -LNA 水平、蛋类和坚果类食品的摄入频率差异均有统计学意义($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$); 多不饱和脂肪酸和疲劳(Y)的多重线性回归分析显示, 只有 α -LNA(X)进入最后的回归模型, 回归方程为: $Y = 10.256\ 1 - 0.029\ 35X$ ($t = 2.59, P = 0.090\ 8$)。**结论** 疲劳现象在大学生中普遍存在, 疲劳与 α -LNA 水平呈负相关; 大学生应养成科学的饮食习惯, 多摄入富含 ω -3 多不饱和脂肪酸尤其是 α -LNA 的食物以预防和缓解疲劳。

[关键词] 多不饱和脂肪酸; 疲劳; 量表; 大学生

[中图分类号] R 153 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2012)10-1099-05

Plasma content of polyunsaturated fatty acids and its relationship with fatigue among college students

LIANG Tian^{1,2}, SUN Zhen-xin¹, SUN Yuan-ming^{1,2}, YANG Yi-chao^{1,2}, WU Zhan-bo¹, LIU Chun-hong^{1,2*}

1. Department of Food Science, College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China
2. Key Laboratory of Food Safety of Guangdong Province, Guangzhou 510642, Guangdong, China

[Abstract] **Objective** To explore the relationship between plasma content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and fatigue among college students. **Methods** A total of 65 healthy voluntary subjects were recruited from a university in Guangzhou. Plasma samples were collected and PUFAs levels were determined by gas chromatography (GC). The temperature program ramped from 170℃ to 210℃ at 3℃ per minute for 6 minutes, then from 210℃ to 230℃ at 10℃ per minute for 46 minutes. The examination items included: linoleic acid (LA), arachidonic acid (AA), α -linolenic acid (α -LNA), eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). Acid catalysis method was used for catalyzing methyl esterification of fatty acid, and an internal standard method using heptadecanoic acid was adopted for direct and quick determination of PUFAs in plasma. Fatigue sub-scale of brief profile of mood states (BPOMS) was used for fatigue evaluation. **Results** Significant gender difference was found in AA levels among the subjects ($P < 0.01$) and no gender difference was found for fatigue score ($P > 0.05$). Levels of α -LNA were negatively correlated with the fatigue score among males, females and all the subjects ($r = -0.454\ 3, r = -0.342\ 2, r = -0.367\ 4, P$ all < 0.05). The subjects were divided into a high-score group ($n = 33$) and a low-score group ($n = 32$) according to fatigue scores. And we found that the α -LNA levels and intake frequencies of eggs and nuts were significantly different between the high-score group and the low-score group ($P < 0.01$ or $P < 0.05$). Multiple linear regression analysis for the factors of fatigue (Y) showed that only α -LNA (X) entered the model after adjusting, with the regression equation being: $Y = 10.256\ 1 - 0.029\ 35 X$ ($t = 2.59, P = 0.090\ 8$). **Conclusion** Fatigue is common among

[收稿日期] 2011-12-12 **[接受日期]** 2012-06-20

[作者简介] 梁 添, 硕士生. E-mail: liangtian813@126.com

* 通信作者(Corresponding author). Tel: 020-85283448, E-mail: liuch@scau.edu.cn

college students, and it is negatively correlated with the α -LNA level. Students should develop a scientific diet and take more food rich in ω -3 fatty acid, especially in α -LNA so as to effectively prevent and alleviate fatigue.

[Key words] polyunsaturated fatty acids; fatigue; scale; college students

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2012, 33(10): 1099-1103]

疲劳是指人在活动过程中,由于心理、生理或环境原因使机体过度劳累而产生的一种衰竭状态^[1]。如机体长期处于此状态,将会诱发亚健康甚至导致心理或生理疾病。这一现象已引起社会的广泛关注。目前国内对大学生疲劳状况的调查与分析主要集中在心理科学、运动科学、体育学等领域^[2-4],方法多为观察不同群体的疲劳程度,如比较性别、学历、专业差异等^[5-6],但在食品营养领域的相关研究尚少见。国外关于此领域的研究多集中在临床医学方面,对象多为慢性疲劳综合征(chronic fatigue syndrome, CFS)或抑郁症患者^[7-10],对正常人群脂肪酸和疲劳的关系研究较少。

多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFAs)是构成体内脂肪的一类脂肪酸,也是人体必需脂肪酸(essential fatty acid, EFA)的来源。根据双键的位置及功能将多不饱和脂肪酸分为 ω -6系列和 ω -3系列。亚油酸(linoleic acid, LA)和花生四烯酸(arachidonic acid, AA)属 ω -6系列; α -亚麻酸(α -linolenic acid, α -LNA)、二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)、二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)则属 ω -3系列。Puri等^[7]报道发现个体补充 ω -3多不饱和脂肪酸对缓解CFS是有益的;Maes等^[8]研究发现,提高体内DHA的水平以及 ω -6/ ω -3对改善CFS患者的症状具有积极作用;Grenyer等^[10]通过观察83例抑郁症患者服用EPA+DHA的效果,发现和对照组相比疲劳症状无明显差别。本研究测定在校大学生血浆多不饱和脂肪酸含量,同时采用简明心境量表(brief profile of mood states, BPOMS)对大学生疲劳状况及其生活行为习惯等进行调查,分析两者的相关性,旨在探讨多不饱和脂肪酸含量和疲劳的关系,为防止、缓解疲劳以及治疗由疲劳导致的疾病提供参考。

1 材料和方法

1.1 试剂 标准品正十七酸(C17:0)、正十七酸甲酯(C17:0甲酯)、亚油酸甲酯(C18:2甲酯)、 α -亚麻酸甲酯(C18:3甲酯)、花生四烯酸甲酯(C20:4甲酯)、二十二碳六烯酸甲酯(C22:6甲酯)、二十碳五烯酸甲酯(C20:5甲酯)均为色谱纯,购自美国

Sigma公司。甲醇(色谱纯)、浓硫酸(分析纯)、氯化钠(分析纯)购自广州化学试剂厂。正己烷(分析纯)、环己烷(分析纯)购自天津大茂化学试剂厂。水为超纯水。

1.2 仪器设备 配有氢火焰离子检测器的气相色谱仪(GC-14C,日本岛津公司);岛津 clarity 工作站;漩涡震荡器(上海医科大学仪器厂);电子天平(精度0.1 mg,常熟市衡器厂);离心机(上海离心机机械研究所);DK-8D电热恒温水槽(上海医用恒温设备厂);超声清洗机(H66025型,无锡市超声电子设备厂);REVCO型超低温冰箱(美国 Asherille NC公司)。

1.3 研究对象 从广州市某高校大学二年级和大学四年级3个班的学生中征集志愿者,有67人签署知情同意书,其中1人因有抑郁症被剔除。发放及收回问卷66份,有效问卷65份,有效率为98.48%。其中男生30名,女生35名,年龄(21.99 \pm 1.61)岁,学习专业均为食品营养学。

1.4 血浆样品采集及前处理 早晨空腹抽血,65名大学生分别于肘静脉处抽取血液10 ml,随即分离出血浆,放入-70℃冰箱内保存。取血浆0.3 ml,加入内标物0.25 ml(194.04 μ g/ml C17:0)混匀,20% H₂SO₄/甲醇1 ml,旋涡振荡混匀,置60℃水浴2 h。取出冷却至室温,加入正己烷、饱和氯化钠溶液各1 ml,旋涡振荡混匀3 min,静置30 min,高速离心10 min(3 000 r/min,离心半径为8 cm)。取上清液0.75 ml,氮气吹干,加环己烷0.1 ml溶解。

1.5 血浆5种多不饱和脂肪酸的检测 检测指标包括LA、AA、 α -LNA、EPA及DHA 5种多不饱和脂肪酸。检测方法为气相色谱法(gas chromatography, GC)。色谱条件为 Stabil wax-DA 柱(30 m \times 0.25 mm \times 0.5 μ m),载气为氮气(纯度99.99%)。初始柱温170℃,程序升温速率为3℃/min,至210℃保持6 min,再以10℃/min速率升温至230℃保持46 min;检测器温度250℃;分流比2.5:1;进样量1 μ l。

1.6 检测方法的验证 脂肪酸甲酯标准品中加入内标C17:0甲酯,用环己烷倍比稀释后进样,以确定线性范围。取已知浓度的混合血浆0.3 ml,按1.4项下样品处理方法进行低、中、高浓度(10、50、100 μ g/ml)加标实验,以测得量与加入量来计算平均回

收率。随机抽取 3 份血样,按 1.4 项下样品处理方法制备,同日内对每份样品各测定 5 次,计算 5 种脂肪酸甲酯含量以及 RSD,考察日内精密密度;随机抽取 5 份血样,每份样品按 1.4 项下样品处理方法制备,于第 1、2、3、5、7 天对所抽取的 5 份样品进行检测,每份样品在检测当天均进样检测 1 次,计算每份样品中 5 种脂肪酸甲酯含量以及 RSD,考察日间精密密度。

1.7 疲劳测评方法 本实验采用祝蓓里修订的 BPOMS^[11],该量表由 7 个分量表组成,测评的情绪分别为紧张、愤怒、疲劳、抑郁、精力、慌乱以及与自我有关的情绪,每个分量表代表 7 项独立的情绪要素。本研究选用其中的疲劳亚量表,包括描述疲劳的 5 个条目:无精打采的、劳累的、精疲力尽的、倦怠的、疲惫不堪的。每个条目有 5 个描述性的语句作为选项,评分标准为:“几乎没有”,0 分;“有一点”,1 分;“适中”,2 分;“相当多”,3 分;“非常地”,4 分。累计 5 个条目分数,总分越高,说明疲劳程度越严重。调查对象于每晚睡前填写 BPOMS,连续填写 6 d。

1.8 主要脂肪来源摄入的饮食调查 调查内容主要包括 7 个条目,每个条目代表一类脂肪食品,分别是:西式快餐(如麦当劳、肯德基、比萨饼/必胜客等);肉类(如猪、牛、羊肉);禽类(如鸡、鸭、鹅等);鱼、虾和蟹类;牛奶或奶制品(如奶粉、酸奶、奶昔);蛋类(如鸡蛋、鹅蛋、鹌鹑蛋等);坚果类(如花生、核桃、瓜子、杏仁、板栗等);油炸食品类(如炸薯条、炸鱼、炸花生、炸干豆等)。摄入次数作为选项,包括每周少于 1 次、每周 1 次、每周 2~3 次、每周 4~6 次、每天 1 次、每天 2 次或 2 次以上,统计时分别转化为 0 次、1 次、2.5 次、5 次、7 次、14 次。

1.9 统计学处理 采用的试验设计类型为单因素两水平设计,采用 EpiData 3.0 软件建立数据库,问卷由双人独立录入,核查校对后转至 SAS 9.1 软件进行数据处理,统计方法包括 Wilcoxon 秩和检验、Spearman 秩相关分析和多重线性回归分析。检验水平(α)为 0.05。

2 结果

2.1 血浆多不饱和脂肪酸的检测 采用程序升温法,在极性柱上对已甲酯化的脂肪酸进行检测。从色谱图(图 1)上可以看出,在选定的色谱条件下,5 种多不饱和脂肪酸甲酯的色谱峰之间及与内标峰之间得到完全分离。

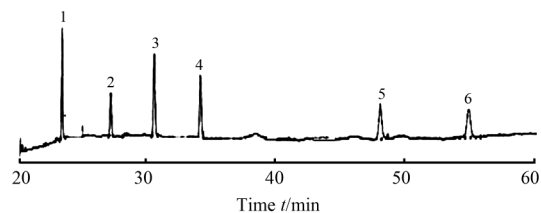


图 1 血浆多不饱和脂肪酸甲酯色谱图

Fig 1 Methyl ester gas chromatograph chart of plasma polyunsaturated fatty acid

1: C17 : 0 methyl ester; 2: C18 : 2 methyl ester; 3: C18 : 3 methyl ester; 4: C20 : 4 methyl ester; 5: C20 : 5 methyl ester; 6: C22 : 6 methyl ester

2.2 多不饱和脂肪酸色谱检测方法的验证 α -LNA 甲酯、AA 甲酯、EPA 甲酯、DHA 甲酯的线性范围为 3~400 $\mu\text{g}/\text{ml}$,LA 甲酯的线性范围为 50~1 000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 。在此范围内脂肪酸甲酯和内标色谱峰面积比值对浓度进行线性回归,线性关系良好($r > 0.99$)。5 种多不饱和脂肪酸的平均回收率为 82.2%~96.6%。日内精密密度 RSD<6%,日间精密密度 RSD<8%。

2.3 不同性别大学生血浆多不饱和脂肪酸含量、疲劳测验得分比较 结果显示女生 AA 含量较男生低,差异有统计学意义($P < 0.01$),LA、 α -LNA、EPA、DHA 含量及疲劳程度在男女生之间的差异均无统计学意义(表 1)。

表 1 不同性别大学生血浆多不饱和脂肪酸含量、疲劳测验得分比较

Tab 1 Comparison of plasma polyunsaturated fatty acid levels and fatigue score between male and female students

Cluster	$\bar{x} \pm s$		P
	Male (n=30)	Female (n=35)	
LA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	325.28 \pm 75.32	327.40 \pm 68.56	0.572 4
α -LNA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	33.03 \pm 15.45	39.82 \pm 18.66	0.147 2
AA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	157.57 \pm 25.76	143.50 \pm 32.04	0.006 1
EPA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	23.36 \pm 29.88	20.72 \pm 24.13	0.718 6
DHA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	94.64 \pm 35.49	95.46 \pm 33.75	0.350 3
Fatigue score	8.98 \pm 2.48	9.63 \pm 3.53	0.661 3

LA: Linoleic acid; α -LNA: α -Linolenic acid; AA: Arachidonic acid; EPA: Eicosapentaenoic acid; DHA: Docosahexaenoic acid

2.4 多不饱和脂肪酸含量与疲劳的相关性分析 结果显示,男生、女生以及全体调查对象中均只有血浆 α -LNA 含量与疲劳测验得分呈中等相关($r = -0.454 3$, $r = -0.342 2$, $r = -0.367 4$, P 均<0.05,表 2)。

表 2 血浆多不饱和脂肪酸含量与疲劳测验得分的相关性分析

Tab 2 Correlation analysis between plasma polyunsaturated fatty acid levels and fatigue score

Cluster	Male (n=30)		Female (n=35)		Total(N=65)	
	r	P	r	P	r	P
LA	-0.142 6	0.452 2	-0.248 4	0.150 2	-0.185 4	0.139 1
α-LNA	-0.454 3	0.011 7	-0.342 2	0.044 2	-0.367 4	0.002 6
AA	-0.253 8	0.176 0	-0.025 9	0.882 4	-0.147 5	0.241 0
EPA	-0.123 4	0.515 8	-0.165 7	0.341 5	-0.146 3	0.244 8
DHA	-0.070 4	0.711 6	-0.048 5	0.782 0	-0.001 4	0.991 2
ω-6/ω-3	0.085 6	0.653 0	0.021 9	0.900 8	0.027 0	0.831 1

LA: Linoleic acid; α-LNA: α-Linolenic acid; AA: Arachidonic acid; EPA: Eicosapentaenoic acid; DHA: Docosahexaenoic acid. ω-6=LA+AA; ω-3=α-LNA+EPA+DHA

2.5 多不饱和脂肪酸含量、富脂类食物摄入与疲劳的秩和检验分析 按疲劳情绪得分中位数将调查对象分为两个组:低分组 32 人,高分组 33 人。结果显示低分组人群血浆中 α-LNA 的含量及进食蛋类和坚果类食品的频率均高于高分组,差异有统计学意义($P<0.01$ 或 $P<0.05$,表 3)。

表 3 疲劳得分高、低分组血浆多不饱和脂肪酸含量及主要脂肪类食物摄入频率

Tab 3 Plasma polyunsaturated fatty acid levels and intake frequency of fatty foods in high-score fatigue and low-score fatigue groups

Cluster	$\bar{x} \pm s$		P
	Low-scoring group (n=32)	High-scoring group (n=33)	
LA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	337.68±77.01	315.51±69.77	0.397 4
α-LNA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	41.40±25.66	32.11±27.62	0.006 7
AA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	150.75±57.44	149.26±64.04	0.604 2
EPA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	25.49±36.49	18.49±10.07	0.660 2
DHA $\rho_B/(\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$	95.35±32.41	94.82±34.22	0.973 8
ω-6/ω-3	3.25±1.05	3.30±0.88	0.679 4
Intake frequency			
Western fast food	0.56±0.35	0.53±0.12	0.594 0
Meat, birds	9.00±4.10	9.27±3.79	0.767 3
Fishes, shrimp, crabs	1.38±1.63	0.93±0.64	0.617 7
Milk, dairy products	2.50±2.51	3.26±2.95	0.397 2
Eggs	3.82±2.53	2.27±1.99	0.007 1
Nuts	1.24±1.62	0.59±0.20	0.031 8
Fried foods	0.80±0.73	0.80±0.73	0.549 1

LA: Linoleic acid; α-LNA: α-Linolenic acid; AA: Arachidonic acid; EPA: Eicosapentaenoic acid; DHA: Docosahexaenoic acid; ω-6=LA+AA; ω-3=α-LNA+EPA+DHA

2.6 多不饱和脂肪酸含量与疲劳的多重线性回归分析 以5种多不饱和脂肪酸含量为自变量(X),疲劳为因变量(Y),同时调整年龄、性别、身高、体质量,进行多重线性回归分析。同时采用前进法、后退法和逐步回归分析法筛选自变量(进入的显著性水

平 $sl_e=0.1$,剔除的显著性水平 $sl_s=0.1$),结果均只有一个自变量 α-LNA 进入回归模型,选择逐步回归法,回归方程为: $Y=10.256 1-0.029 35X(t=2.95, P=0.090 8)$ 。

3 讨论

气相色谱法检测脂肪酸首先涉及脂肪酸的甲酯化问题,常用的方法有酸催化和碱催化^[12]。有学者研究发现,如用碱催化中的三氟化硼/甲醇法对血浆中多不饱和脂肪酸进行脂肪酸的衍生化,发现脂类很难完全提取,同时甲酯化后的脂肪酸甲酯的相对峰面积明显减小,会对血浆中多不饱和脂肪酸含量较少的 C18:3、C20:5 和 C22:6 的测定带来误差^[13]。此外,三氟化硼还具有毒性,对实验人员产生危害,因此本实验采用酸催化法。

疲劳主要表现为躯体(或生理)疲劳和脑力(或心理)疲劳两个方面,二者既有区别,又复合存在^[14]。本研究中某大学学生 BPOMS 疲劳亚量表得分较全国大学生心境常模水平偏高^[11,15],这与近年来的研究^[15-17]结果相同,说明十几年来我国大学生的疲劳感有增无减,这可能与当代大学生正处于社会转型期,竞争日益激烈,面临着来自社会、家庭、学业和就业等多重压力,还可能与本研究的调查时间处在学期期末,学生们正积极备考等因素有关,此时投入学习的时间相对较多,而用于休息的时间则较少,体力得不到充分恢复,身体疲劳可能升高。

本研究结果显示,疲劳情绪高分组中,蛋类和坚果类食品的摄入频率均低于低分组,且差异具有统计学意义($P<0.01, P<0.05$)。蛋类脂肪含量为 9%~15%,含油坚果类的脂肪含量则高达 40%~70%,且以不饱和脂肪酸为主,其中核桃和松子还含有较多的 α-LNA,对提高膳食中的 ω-3 多不饱和脂

肪酸水平有一定贡献^[18]。有研究发现,对比喂食富含 ω -6多不饱和脂肪酸油脂的大鼠,喂食富含 ω -3多不饱和脂肪酸油脂的大鼠能使骨骼、肌肉中的耗氧量降低,明显延缓疲劳症状出现的时间,从而增强其对疲劳的耐受程度^[19],这与本实验研究结果相吻合。此外,本研究还显示 ω -3多不饱和脂肪酸和 ω -6多不饱和脂肪酸的比例与疲劳并无相关性,这一点则与Stanley等^[20]的报道一致。

大学生为了保持良好的学习状态,提高学习和工作效率,必须注意适当减少学习和生活过程中可能出现的各种形式的疲劳。Hobday等^[21]通过对患有CFS人群的饮食调查发现,相对于倡导复杂的膳食养生法,简单的居民膳食指南对治疗CFS更具实效。因此,在日常生活中,大学生可以结合《中国居民膳食指南》制定科学的饮食计划,养成健康的饮食习惯,多摄入富含 ω -3多不饱和脂肪酸的食物。

4 利益冲突

所有作者声明本文不涉及任何利益冲突。

[参考文献]

- [1] 宋书文. 管理心理学词典[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1989: 311.
- [2] 陈维清, 叶晓青. 大学学生心理压力与慢性疲劳综合征[J]. 疾病控制杂志, 2006, 10: 369-372.
- [3] 彭雪涵, 陈伟霖. 大学生运动性疲劳的机理、判断以及恢复的研究[J]. 福建工程学院学报, 2008, 6: 385-388.
- [4] 祖晶, 吴本连. 大学生体育学习心理疲劳的产生原因与对策研究[J]. 心理科学, 2009(5): 1235-1237.
- [5] 骆勇, 杨善才. 高校大学生疲劳状况的调查与分析[J]. 运动, 2009(1): 104-105.
- [6] 郭建中, 李杰, 姜亢. 北京某高校学生疲劳状况调查[J]. 中国学校卫生, 2011, 32: 589-590.
- [7] Puri B K. The use of eicosapentaenoic acid in the treatment of chronic fatigue syndrome [J]. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 2004, 70: 399-401.
- [8] Maes M, Mihaylova I, Leunis J C. In chronic fatigue syndrome,

the decreased levels of omega-3 poly-unsaturated fatty acids are related to lowered serum zinc and defects in T cell activation [J]. Neuro Endocrinol Lett, 2005, 26: 745-751.

- [9] Appleton K M, Peters T J, Hayward R C, Heatherley S V, McNaughton S A, Rogers P J, et al. Depressed mood and n-3 poly-unsaturated fatty acid intake from fish: non-linear or confounded association? [J]. Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol, 2007, 42: 100-104.
- [10] Grenyer B F, Crowe T, Meyer B, Owen A J, Grigonis-Deane E M, Caputi P, et al. Fish oil supplementation in the treatment of major depression: a randomised double-blind placebo-controlled trial [J]. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry, 2007, 31: 1393-1396.
- [11] 祝蓓里. POMS量表及简式中国常模简介[J]. 天津体育学院学报, 1995, 10: 35-37.
- [12] 寇秀颖, 于国萍. 脂肪和脂肪酸甲酯化方法的研究[J]. 食品研究与开发, 2005, 26: 46-47.
- [13] 马振菁, 王滔, 陈发同, 黄炼红. 气相色谱法检测健康人血清游离脂肪酸[J]. 福建医科大学学报, 2006, 40: 179-181.
- [14] 汪琪, 汪姝. 初中学生疲劳症状的调查分析[J]. 中国行为医学科学, 2004, 13: 458.
- [15] 李杰, 王海英, 侯友. 蒙汉大学生心境状况调查与分析[J]. 内蒙古师范大学学报: 哲学社会科学版, 2009(2): 19-23.
- [16] 杨俊茹, 傅雪林, 殷恒蝉, 陈雁飞. 北京大学生心境状况与特点的研究[J]. 北京体育大学学报, 2006, 29: 474-476.
- [17] 宋天华, 朱建伟. 四川省高校体育专业学生毕业前心境状态特征分析[J]. 南京体育学院学报: 自然科学版, 2011, 10: 102-104.
- [18] 孙远明. 食品营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 195-196, 222.
- [19] Peoples G E, McLennan P L. Omega-3 polyunsaturated fatty acid incorporation improves oxygen efficiency and reduces skeletal muscle fatigue in rat [J]. Cardiovasc Drugs Ther, 2008, 22: 133-134.
- [20] Stanley J C, Elsom R L, Calder P C, Griffin B A, Harris W S, Jebb S A, et al. UK Food Standards Agency Workshop Report: the effects of the dietary n-6:n-3 fatty acid ratio on cardiovascular health [J]. Br J Nutr, 2007, 98: 1305-1310.
- [21] Hobday R A, Thomas S, O'Donovan A, Murphy M, Pinching A J, et al. Dietary intervention in chronic fatigue syndrome [J]. J Hum Nutr Diet, 2008, 21: 141-149.

[本文编辑] 魏学丽, 尹茶