

## 城乡社区成人不同季节血清类胡萝卜素水平

汪之頔<sup>1</sup> 张辉珍<sup>1</sup> 刘敏<sup>2</sup> 苏冬<sup>3</sup> 宋新娜<sup>4</sup> 赖建强<sup>5</sup>

南京医科大学公共卫生学院营养与食品卫生学系, 南京 210029



**摘要:**目的 测定部分城乡成年居民血清中类胡萝卜素的浓度。方法 从三个不同类型的社区中,选择184人30~60岁成人(男性84,女100)作为被调查对象,分别于夏、秋、冬、春四个季节时采集每个受试者的空腹静脉血,用HPLC测定血清中 $\beta$ -胡萝卜素、 $\alpha$ -胡萝卜素、 $\beta$ -隐黄质、番茄红素、叶黄素类(叶黄素和玉米黄质)五种类胡萝卜素的含量。结果 被调查者四个季节的血清中,五种类胡萝卜素的平均浓度( $\mu\text{mol/L}$ )为: $\beta$ -胡萝卜素 $0.72 \pm 0.20$ ,  $0.71 \pm 0.18$ ,  $0.70 \pm 0.19$ 和 $0.63 \pm 0.20$ ,  $\alpha$ -胡萝卜素 $0.037 \pm 0.018$ ,  $0.039 \pm 0.015$ ,  $0.038 \pm 0.017$ 和 $0.030 \pm 0.019$ ,  $\beta$ -隐黄质 $0.11 \pm 0.03$ ,  $0.14 \pm 0.03$ ,  $0.13 \pm 0.04$ 和 $0.10 \pm 0.03$ , 叶黄素和玉米黄质 $0.61 \pm 0.16$ ,  $0.45 \pm 0.09$ ,  $0.46 \pm 0.12$ 和 $0.47 \pm 0.14$ , 番茄红素 $0.43 \pm 0.26$ ,  $0.11 \pm 0.06$ ,  $0.07 \pm 0.04$ 和 $0.07 \pm 0.03$ 。春季时血清 $\beta$ -胡萝卜素明显低于其他三个季节,但其中城市中心社区居民的血清 $\beta$ -胡萝卜素浓度没有明显季节变化。血清 $\alpha$ -胡萝卜素、 $\beta$ -隐黄质、叶黄素和玉米黄质、番茄红素浓度都有着显著的季节变化。三类居民间在每个季节、每一种类胡萝卜素成分的血清平均浓度都有显著差别。结论 本文报告了184名中国成年居民夏、秋、冬、春四个季节713份血清中类胡萝卜素摄入量数据,为了解部分人群的血液类胡萝卜素分布提供资料。

**关键词:** 类胡萝卜素 血清浓度 成人 营养调查

中图分类号: Q562 R151.42

文献标识码: A

## Serum carotenoid concentrations in some chinese adults from urban , suburban and rural communities

WANG Zhixu , ZHANG Huizhen , LIUmin , SU Dong , SONG Xinna , LAI Jianqiang

Department of Nutrition and Food Hygiene , School of Public Health ,  
Nanjing Medical University , Nanjing 210029 , China

**Abstract: Objective** The study was carried out to analyze serum carotenoids concentration of some Chinese adults by HPLC. **Methods** One hundred and eighty four 30 ~ 60 year-old adults ( 84 males and 100 females) from three different communities were recruited in the investigation. The fast blood samples were collected and separated into serum in summer ,autumn ,winter and spring of the year ,respectively. The serum were extracted with organic solvents and analyzed with a HP1100 HPLC for the concentration of  $\beta$ -carotene , $\alpha$ -carotene , $\beta$ -cryptoxanthin , lycopene and lutein/zeaxanthin. **Results** The average serum concentration of carotenoids of investigated population in summer ,autumn ,winter and spring were as followed ( in $\mu\text{mol/L}$ ) ,respectively:  $\beta$ -carotene  $0.72 \pm 0.20$ ,  $0.71 \pm 0.18$ ,  $0.70 \pm 0.19$  and  $0.63 \pm 0.20$ ;  $\alpha$ -carotene  $0.037 \pm 0.018$ ,  $0.039 \pm 0.015$ ,  $0.038 \pm 0.017$  and  $0.030 \pm 0.019$ ;  $\beta$ -cryptoxanthin  $0.11 \pm 0.03$ ,  $0.14 \pm 0.03$ ,  $0.13 \pm 0.04$  and  $0.10 \pm 0.03$ ; lutein + zeaxanthin  $0.61 \pm 0.16$ ,  $0.45 \pm 0.09$ ,  $0.46 \pm 0.12$  and  $0.47 \pm 0.14$ ; lycopene  $0.43 \pm 0.26$ ,  $0.11 \pm 0.06$ ,  $0.07 \pm 0.04$  and  $0.07 \pm 0.03$ . The average serum  $\beta$ -carotene concentration of total population was lowest in spring ,but the descent did not occurred from urban sub-population. There were significant seasonal changes in average serum concentrations of  $\alpha$ -carotene ,  $\beta$ -cryptoxanthin , lutein + zeaxanthin , and lycopene from total population. Further more , there was

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目; 中国营养学会营养科研基金资助项目(2004)

作者简介: 汪之頔,男,教授,博士; E-mail: zhixu.wang@126.com

1 青岛市产品质量监督检验所科研中心

2 山东省青岛疗养院

3 山东省济宁市市中区疾病预防控制中心

4 山东烟台毓璜顶医院营养科

5 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所

significant difference of serum concentration of every carotenoid between three sub-populations in every season.

**Conclusions** The data of serum carotenoid concentration in total 713 blood samples from some Chinese adults were reported here ,which would be helpful to understanding the population distribution of carotenoid concentration in China.

**Key words:** carotenoids , serum concentration , adult

许多流行病学研究表明,增加蔬菜和水果的消费量能降低多种慢性疾病的发病危险,蔬菜、水果摄入量与心血管疾病、肿瘤、糖尿病以及其他疾病呈负相关<sup>[1,2]</sup>。目前尚未完全明确植物性食物中哪些植物化学物质发挥了健康作用,但类胡萝卜素在近年来日益受到关注。类胡萝卜素是一组具有维生素 A 样化学结构的化合物,主要存在于植物性食物中,它们是植物化学物质中的重要成员<sup>[2]</sup>。尽管发现食物中存在许多的类胡萝卜素,但是人体血液中分布的类胡萝卜素主要有 5 种:α-胡萝卜素、β-胡萝卜素、β-隐黄质、番茄红素以及叶黄素类(叶黄素和玉米黄质)<sup>[2]</sup>。调查发现,类胡萝卜素膳食摄入量和血液中浓度与各种原因造成的死亡率、心血管疾病、各种癌症、胰岛素抵抗和其他慢性疾病负相关<sup>[3]</sup>。由于类胡萝卜素具有可能的健康效益,了解其人群膳食摄入量和血液浓度对于预防慢性疾病也就具有相当的意义。目前,有不少的调查文献报道了不同人群的血液类胡萝卜素分布浓度<sup>[2]</sup>,但是很少有文献涉及中国居民血液类胡萝卜素数据资料。本文调查和测定了 184 名中国城乡居民血清中 5 种类胡萝卜素成分的浓度。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

2005 年 5 月,按照分层抽样的方法,分别选择济宁市城区中心位置的北门社区(A 点)、城市周边的国光社区(B 点)和远郊农村任城区的安居镇某自然村(C 点)为调查地点,采用“知情同意”的原则,从 3 个社区随机选择 184 名 30~60 岁居民为调查对象。

### 1.2 体检和血液标本的采集

分别于 2005 年 6~7 月份、2005 年 9~10 月份、2005 年 12 月以及 2006 年 3~4 月份季节性膳食调查开始进行。测量被调查者身高、体重、血压;采空腹静脉血 10ml,室温放置半小时后,离心分离血清,保存于现场-20℃冰箱,然后在干冰保护下转移至实验室-70℃保存待测。

### 1.3 血清中类胡萝卜素含量的测定

**1.3.1 仪器** HPLC 为 HP1100 液相色谱系统,配有双元泵、VWD 紫外-可见光检测器和自动进样仪;色谱柱为 Waters® YMC™ Carotenoids S-3 4.6×150 mm Column(由美国 TUFTS 大学 Jean Mayer USDA Human Nutrition Research Center on Aging, Boston 的 the carotenoids and Health Laboratory 实验室赠送)。设定检测器波长在 450nm 检测类胡萝卜素,340nm 检测视黄醇<sup>[4]</sup>。

**1.3.2 血清样品的抽提** 取 200μl 血清于 13×100mm 试管中,加入 50μl 生理盐水(0.85%),100μl 含视黄醇醋酸酯和 β-胡萝卜素-4-酮的内标溶液,3ml 氯仿甲醇混合液(CHCl<sub>3</sub>:MeOH=2:1),震荡 40 秒,2500rpm 离心 10 分钟,取下层液体到另一试管中,40℃水浴中 N<sub>2</sub> 吹干。上层液加入 2ml 正己烷,震荡 40 秒,2500rpm 离心 10 分钟,再取上清液到前述试

管中,40℃水浴中 N<sub>2</sub> 吹干。试管吹干后,加 200μl 无水乙醇复溶,机械震荡和超声波震荡各 20 秒,移入自动进样仪的试管中,HPLC 进样 50μl<sup>[4]</sup>。

**1.3.3 色谱分离条件** HPLC 流动相为甲醇(MeOH):特丁基甲基醚(MTBE):水(H<sub>2</sub>O)的混合液其中水中含有 1.0% 乙酸铵。流动相 A 中 MeOH:MTBE:H<sub>2</sub>O 的体积比为 83:15:2,流动相 B 中 MeOH:MTBE:H<sub>2</sub>O=8:90:2。流动相流速 1ml/min,梯度洗脱程序为:100% 流动相 A 开始保持 1min,经 1min 线性梯度变化至 93% A 和 7% B,保持 3min,然后 17min 线性梯度变化至 45% A 和 55% B,保持 1min,再经 11min 线性梯度变化至 5% A 和 95% B,保持 4min,最后用 2min 线性梯度回调至 100% A。100% A 持续 10min 使系统平衡,至下一轮初始状态<sup>[4]</sup>。

### 1.4 数据的统计与分析

采用方差分析比较血清类胡萝卜素水平在不同人群和不同季节间的差别,显著性水准设定为 α=0.05;两两比较采用 LSD-t 检验。数据的统计处理均采用 SPSS 11.5 完成。

## 2 结果

### 2.1 被调查者的基本情况

本研究中抽取并同意接受调查的受试者共 184 人,平均年龄(44.1±8.1)岁,男性 84 名,女性 100 名。A 点调查 62 人(男性 31 人、女性 31 人),B 点调查 57 人(男性 28 人、女性 29 人),C 点调查 65 人(男性 25 人、女性 40 人)。3 点调查对象性别构成无统计学差异( $X^2=2.10, P>0.05$ )。三个社区受试者 BMI 平均值差异显著,B 点被调查者平均 BMI 处于超重状态,可见其中超重和肥胖比例较多。在前两次(夏季和秋季)调查时,所有志愿者均全部完成了膳食调查和血样采集;冬季调查时,有 8 人退出调查,7 人只参与体检和采血但没有配合收集膳食样本;春季调查时,又有 7 人退出调查,8 人没有配合膳食采样。被调查者的年龄分布和 BMI 状况,以及四个季节调查的血清样本数分布情况见表 1。

### 2.2 被调查者在不同季节时血清中 β-胡萝卜素的浓度

全部被调查者血清 β-胡萝卜素浓度在夏、秋、冬三个季节差别不明显,尤其是 A 点被调查者季节间无明显波动。B 和 C 点血清 β-胡萝卜素浓度季节间差异明显,夏季最高,春季最低。三个点之间在每个季节都是差别显著,A 最高,B 点次之,C 点最低。见表 2。

### 2.3 被调查者在不同季节时血清中 α-胡萝卜素的浓度

被调查者血清 α-胡萝卜素浓度存在季节波动,一般是春季最低。三个点之间在每个季节都是差别显著,A 最高,B 点次之,C 点最低。见表 3。

### 2.4 被调查者在不同季节时血清中 β-隐黄质的浓度

被调查者血清 β-隐黄质浓度存在季节波动,一般是春季最低,冬季一般也比较低,秋季最高,夏季也比较高。三个点之间在每个季节都是差别显著,A 最高,B 点次之,C 点最低。见表 4。

表 1 被调查者的年龄、BMI 以及完成血液样本采集的情况

Table 1 The average age and body mass index (BMI) of the investigated adults and the distribution of serum sample from communities and seasons

社区	年龄 <sup>(1)</sup> ( $\bar{x} \pm s$ )			BMI <sup>(2)</sup> ( $\bar{x} \pm s$ )			血清样本数			
	合计	男	女	男	女	合计	夏	秋	冬	春
A	42.8 ± 7.6	42.2 ± 8.2	43.4 ± 7.1	24.0 ± 3.5	23.3 ± 3.3	23.7 ± 3.4	62	62	60	56
B	43.8 ± 7.5	43.7 ± 8.2	43.9 ± 7.0	26.9 ± 2.9	25.1 ± 3.1	26.0 ± 3.1	57	57	57	55
C	45.7 ± 8.8	45.0 ± 9.1	46.2 ± 8.6	21.9 ± 5.4	24.4 ± 2.9	23.4 ± 4.2	65	65	59	58
合计	44.1 ± 8.1	43.5 ± 8.5	44.7 ± 7.7	24.4 ± 4.4	24.3 ± 3.1	24.3 ± 3.8	184	184	176	169

注: (1) 社区间的年龄比较, 男女合计为  $F=2.24, P=0.110$ ; 男性为  $F=0.476, P=0.478$ ; 女性为  $F=1.411, P=0.249$ 。  
 (2) 社会间的比较, 男女合计为  $F=9.119, P=0.000$ ; 男性为  $F=10.562, P=0.000$ ; 女性为  $F=2.727, P=0.070$ 。

表 2 被调查者血清 β-胡萝卜素的浓度

Table 2 Seasonal view of serum β-carotene concentration in the investigated adults ( $\bar{x} \pm s$ ) μmol/L

人群	性别	夏	秋	冬	春	季节间方差分析
城市	小计 <sup>(1)</sup>	0.81 ± 0.23	0.83 ± 0.18	0.88 ± 0.16	0.82 ± 0.20	$F=1.606, P=0.189$
	男	0.82 ± 0.20	0.81 ± 0.20	0.88 ± 0.16	0.81 ± 0.19	$F=0.889, P=0.449$
	女	0.79 ± 0.27	0.84 ± 0.17	0.89 ± 0.20	0.84 ± 0.20	$F=0.953, P=0.417$
郊区	小计 <sup>(1)</sup>	0.72 ± 0.17	0.67 ± 0.15 <sup>ab</sup>	0.64 ± 0.11 <sup>bc</sup>	0.54 ± 0.11 <sup>d</sup>	$F=14.56, P=0.000$
	男	0.71 ± 0.16	0.64 ± 0.13	0.66 ± 0.10	0.56 ± 0.10	$F=5.25, P=0.002$
	女	0.73 ± 0.19	0.70 ± 0.16	0.62 ± 0.13	0.53 ± 0.11	$F=10.35, P=0.000$
农村	小计 <sup>(1)</sup>	0.63 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.52 ± 0.09 <sup>c</sup>	$F=12.85, P=0.000$
	男	0.60 ± 0.14	0.61 ± 0.11	0.55 ± 0.10	0.50 ± 0.09	$F=5.54, P=0.001$
	女	0.66 ± 0.15	0.64 ± 0.14	0.59 ± 0.09	0.54 ± 0.10	$F=7.07, P=0.000$
合计	小计 <sup>(1)</sup>	0.72 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.70 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.20 <sup>b</sup>	$F=7.69, P=0.000$
	男	0.72 ± 0.19	0.70 ± 0.18	0.71 ± 0.19	0.63 ± 0.19	$F=3.42, P=0.018$
	女	0.72 ± 0.21	0.72 ± 0.18	0.69 ± 0.20	0.63 ± 0.20	$F=4.52, P=0.004$
社区间方差分析		$F=13.29, P=0.000$	$F=27.39, P=0.000$	$F=85.97, P=0.000$	$F=82.97, P=0.000$	

注: (1) 4 个季节间两两比较, 同一行内没有标注相同字母者差异显著 ( $P < 0.05$ )

表 3 被调查者血清 α-胡萝卜素的浓度<sup>(1)</sup>

Table 3 Seasonal view of serum α-carotene concentration in the investigated adults ( $\bar{x} \pm s$ ) μmol/L

人群	性别	夏	秋	冬	春	季节间方差分析
城市	小计 <sup>(1)</sup>	0.049 ± 0.015 <sup>a</sup>	0.050 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.046 ± 0.019 <sup>ab</sup>	0.042 ± 0.019 <sup>b</sup>	$F=3.08, P=0.028$
	男	0.050 ± 0.015	0.050 ± 0.014	0.044 ± 0.019	0.038 ± 0.017	$F=3.72, P=0.013$
	女	0.048 ± 0.015	0.050 ± 0.012	0.047 ± 0.018	0.046 ± 0.020	$F=0.353, P=0.787$
郊区	小计 <sup>(1)</sup>	0.038 ± 0.018 <sup>a</sup>	0.037 ± 0.015 <sup>a</sup>	0.034 ± 0.016 <sup>a</sup>	0.024 ± 0.016 <sup>b</sup>	$F=8.63, P=0.000$
	男	0.032 ± 0.018	0.034 ± 0.013	0.034 ± 0.015	0.026 ± 0.018	$F=1.52, P=0.213$
	女	0.043 ± 0.017	0.040 ± 0.016	0.033 ± 0.017	0.022 ± 0.012	$F=10.06, P=0.000$
农村	小计 <sup>(1)</sup>	0.025 ± 0.010 <sup>a</sup>	0.031 ± 0.010 <sup>b</sup>	0.033 ± 0.011 <sup>b</sup>	0.025 ± 0.017 <sup>a</sup>	$F=6.18, P=0.000$
	男	0.024 ± 0.011	0.029 ± 0.009	0.034 ± 0.012	0.028 ± 0.020	$F=2.30, P=0.082$
	女	0.026 ± 0.010	0.032 ± 0.010	0.032 ± 0.011	0.023 ± 0.013	$F=5.81, P=0.001$
合计	小计 <sup>(1)</sup>	0.037 ± 0.018 <sup>a</sup>	0.039 ± 0.015 <sup>a</sup>	0.038 ± 0.017 <sup>a</sup>	0.030 ± 0.019 <sup>b</sup>	$F=9.02, P=0.000$
	男	0.036 ± 0.018	0.039 ± 0.016	0.038 ± 0.017	0.031 ± 0.019	$F=3.31, P=0.020$
	女	0.038 ± 0.017	0.040 ± 0.015	0.038 ± 0.017	0.030 ± 0.019	$F=5.94, P=0.001$
社区间方差分析		$F=41.37, P=0.000$	$F=38.15, P=0.000$	$F=13.02, P=0.000$	$F=19.55, P=0.000$	

注: (1) 4 个季节间两两比较, 同一行内没有标注相同字母者差异显著 ( $P < 0.05$ )

2.5 被调查者在不同季节时血清中叶黄素 + 玉米黄质的浓度

被调查者血清叶黄素 + 玉米黄质浓度存在季节波动, 但只有夏季水平最高, 秋、冬、春三个季节差别并不大。三个点之间在每个季节都是差别显著, A 点和 C 点比较高, B 点最低, 最高水平见于夏季 C 点人群, 最低点冬季 C 点热群。见表 5。

2.6 被调查者在不同季节时血清中番茄红素的浓度

被调查者血清番茄红素浓度特点明显, 只有夏季可见明显水平, 秋冬春季一般都很低。在三种社区居民中, A 点每个季节的水平都明显高于两外两类人群 (B 点和 C 点)。见表 6。

3 讨论

研究表明, 人体血液中存在总类胡萝卜素中, 绝大部分是 α-胡萝卜素、β-胡萝卜素、β-隐黄素、叶黄素和玉米黄素、番茄红素, 它们在血液中的浓度最高<sup>[4]</sup>。尽管类胡萝卜素的健康作用尚没有完全阐明, 但毫无疑问, 血液类胡萝卜素浓度水平显然是探讨类胡萝卜素健康作用的重要指标。Ford 报道美国成年人群血清类胡萝卜素水平存在着显著的性别和种族差异<sup>[5]</sup>, 这种差异除了代谢方面的原因外, 主要是由于饮食习惯的差异造成的。

表 4 被调查者血清  $\beta$ -隐黄质的浓度

人群	性别	夏	秋	冬	春	季节间方差分析
城市	小计 <sup>(1)</sup>	0.12 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.16 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.16 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.11 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	$F = 36.89, P = 0.000$
	男	0.12 $\pm$ 0.03	0.15 $\pm$ 0.04	0.15 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.03	$F = 22.46, P = 0.000$
	女	0.13 $\pm$ 0.03	0.16 $\pm$ 0.03	0.16 $\pm$ 0.02	0.12 $\pm$ 0.03	$F = 15.51, P = 0.000$
郊区	小计 <sup>(1)</sup>	0.10 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.14 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.14 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.09 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	$F = 50.59, P = 0.000$
	男	0.10 $\pm$ 0.02	0.14 $\pm$ 0.03	0.14 $\pm$ 0.03	0.09 $\pm$ 0.03	$F = 27.98, P = 0.000$
	女	0.11 $\pm$ 0.02	0.14 $\pm$ 0.03	0.14 $\pm$ 0.03	0.09 $\pm$ 0.03	$F = 22.52, P = 0.000$
农村	小计 <sup>(1)</sup>	0.10 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.12 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.10 $\pm$ 0.02 <sup>ac</sup>	0.09 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	$F = 24.70, P = 0.000$
	男	0.11 $\pm$ 0.02	0.13 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.03	$F = 10.31, P = 0.000$
	女	0.10 $\pm$ 0.02	0.12 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.02	0.08 $\pm$ 0.03	$F = 16.91, P = 0.000$
合计	小计 <sup>(1)</sup>	0.11 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.14 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.13 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	0.10 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup>	$F = 70.02, P = 0.000$
	男	0.11 $\pm$ 0.02	0.14 $\pm$ 0.03	0.13 $\pm$ 0.03	0.09 $\pm$ 0.03	$F = 38.14, P = 0.000$
	女	0.11 $\pm$ 0.03	0.14 $\pm$ 0.03	0.13 $\pm$ 0.04	0.10 $\pm$ 0.03	$F = 32.71, P = 0.000$
社区间方差分析	$F = 13.15,$ $P = 0.000$	$F = 18.08,$ $P = 0.000$	$F = 96.79,$ $P = 0.000$	$F = 10.91,$ $P = 0.000$		

注: (1) 四个季节间两两比较, 同一行内没有标注相同字母者差异显著 ( $P < 0.05$ )

表 5 被调查者血清叶黄素和玉米黄质合计的浓度

人群	性别	夏	秋	冬	春	季节间方差分析
城市	小计 <sup>(1)</sup>	0.59 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	0.49 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	0.50 $\pm$ 0.15 <sup>b</sup>	0.52 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	$F = 5.44, P = 0.001$
	男	0.60 $\pm$ 0.15	0.49 $\pm$ 0.10	0.52 $\pm$ 0.16	0.53 $\pm$ 0.17	$F = 3.08, P = 0.030$
	女	0.57 $\pm$ 0.17	0.49 $\pm$ 0.08	0.49 $\pm$ 0.14	0.50 $\pm$ 0.16	$F = 2.34, P = 0.077$
郊区	小计 <sup>(1)</sup>	0.56 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	0.42 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	0.40 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	0.41 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>	$F = 25.10, P = 0.000$
	男	0.58 $\pm$ 0.17	0.43 $\pm$ 0.07	0.41 $\pm$ 0.07	0.41 $\pm$ 0.12	$F = 12.49, P = 0.000$
	女	0.54 $\pm$ 0.15	0.42 $\pm$ 0.07	0.40 $\pm$ 0.07	0.41 $\pm$ 0.10	$F = 12.37, P = 0.000$
农村	小计 <sup>(1)</sup>	0.66 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	0.44 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	0.47 $\pm$ 0.09 <sup>bc</sup>	0.49 $\pm$ 0.12 <sup>c</sup>	$F = 53.78, P = 0.000$
	男	0.65 $\pm$ 0.14	0.43 $\pm$ 0.09	0.45 $\pm$ 0.09	0.46 $\pm$ 0.08	$F = 25.28, P = 0.000$
	女	0.68 $\pm$ 0.15	0.44 $\pm$ 0.08	0.48 $\pm$ 0.10	0.52 $\pm$ 0.13	$F = 30.08, P = 0.000$
合计	小计 <sup>(1)</sup>	0.61 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	0.45 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	0.46 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>	0.47 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	$F = 57.33, P = 0.000$
	男	0.61 $\pm$ 0.16	0.46 $\pm$ 0.09	0.46 $\pm$ 0.12	0.47 $\pm$ 0.14	$F = 26.76, P = 0.000$
	女	0.60 $\pm$ 0.17	0.45 $\pm$ 0.08	0.46 $\pm$ 0.11	0.48 $\pm$ 0.14	$F = 30.44, P = 0.000$
社区间方差分析	$F = 7.81,$ $P = 0.001$	$F = 10.30,$ $P = 0.000$	$F = 11.46,$ $P = 0.000$	$F = 10.38,$ $P = 0.000$		

注: (1) 四个季节间两两比较, 同一行内没有标注相同字母者差异显著 ( $P < 0.05$ )

表 6 被调查者血清番茄红素的浓度

人群	性别	夏	秋	冬	春	季节间方差分析
城市	小计 <sup>(1)</sup>	0.67 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	0.15 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.10 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	0.09 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	$F = 391.96, P = 0.000$
	男	0.62 $\pm$ 0.20	0.15 $\pm$ 0.03	0.09 $\pm$ 0.03	0.09 $\pm$ 0.02	$F = 191.64, P = 0.000$
	女	0.72 $\pm$ 0.22	0.16 $\pm$ 0.04	0.10 $\pm$ 0.05	0.10 $\pm$ 0.02	$F = 216.48, P = 0.000$
郊区	小计 <sup>(1)</sup>	0.24 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	0.10 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.05 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	0.05 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	$F = 47.18, P = 0.000$
	男	0.22 $\pm$ 0.15	0.09 $\pm$ 0.05	0.05 $\pm$ 0.03	0.05 $\pm$ 0.03	$F = 25.35, P = 0.000$
	女	0.25 $\pm$ 0.20	0.10 $\pm$ 0.06	0.05 $\pm$ 0.03	0.05 $\pm$ 0.03	$F = 22.42, P = 0.000$
农村	小计 <sup>(1)</sup>	0.36 $\pm$ 0.19	0.08 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.05 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	0.06 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	$F = 140.27, P = 0.000$
	男	0.34 $\pm$ 0.17	0.06 $\pm$ 0.06	0.04 $\pm$ 0.04	0.05 $\pm$ 0.03	$F = 58.09, P = 0.000$
	女	0.38 $\pm$ 0.19	0.08 $\pm$ 0.06	0.05 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.03	$F = 81.70, P = 0.000$
合计	小计 <sup>(1)</sup>	0.43 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>	0.11 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.07 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	0.07 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	$F = 284.64, P = 0.000$
	男	0.40 $\pm$ 0.24	0.10 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.04	0.07 $\pm$ 0.03	$F = 134.32, P = 0.000$
	女	0.45 $\pm$ 0.28	0.11 $\pm$ 0.06	0.07 $\pm$ 0.04	0.07 $\pm$ 0.03	$F = 151.56, P = 0.000$
社区间方差分析	$F = 80.08,$ $P = 0.000$	$F = 36.63,$ $P = 0.000$	$F = 35.54,$ $P = 0.000$	$F = 35.27,$ $P = 0.000$		

注: (1) 四个季节间两两比较, 同一行内没有标注相同字母者差异显著 ( $P < 0.05$ )

本文调查对象包括三类人群:第一类为城市中心社区的居民,其收入水平和文化程度相对较高,生活水平较高,饮食内容也比较丰富;第二类为城市周边社区居民,是随着城市扩张和城市化进程,由原来的农村居民发展而来,主要为小型企业工人和个体商户,收入水平和文化程度中等,生活和饮食水平一般,并因工时等因素限制,饮食内容不平衡,饮酒、超重和肥胖问题较多。第三类为农村社区居民,收入来自承包的责任田和外出务工,文化程度也较低,其生活仍然有限,饮食仍较为单调,农忙季节时普遍应付饮食。

本文测定的部分中国成年居民血清样本中, $\beta$ -胡萝卜素的浓度范围为 $0.24 \sim 1.35 \mu\text{mol/L}$ , $\alpha$ -胡萝卜素为 $0 \sim 0.085 \mu\text{mol/L}$ , $\beta$ -隐黄质为 $0.03 \sim 0.24 \mu\text{mol/L}$ ,叶黄素和玉米黄素为 $0.26 \sim 0.99 \mu\text{mol/L}$ ,番茄红素为 $0 \sim 0.96 \mu\text{mol/L}$ ,其中 $\alpha$ -胡萝卜素和番茄红素的差异最大,部分季节时部分血样中几乎监测不到 $\alpha$ -胡萝卜素和番茄红素,而夏季血液番茄红素又可以达到相当高的水平。

夏季、秋季、冬季和春季时,这些成人血清 $\beta$ -胡萝卜素的平均浓度( $\mu\text{mol/L}$ )分别为 $0.72 \pm 0.20$ , $0.71 \pm 0.18$ , $0.70 \pm 0.19$ 和 $0.63 \pm 0.20$ ,春季时明显低于其他三个季节;该季节差异来自第二和第三类居民,而第一类城市中心社区居民的血清 $\beta$ -胡萝卜素浓度在四个季节间波动很小。四个季节时血清 $\alpha$ -胡萝卜素的平均浓度分别为( $\mu\text{mol/L}$ ) $0.037 \pm 0.018$ , $0.039 \pm 0.015$ , $0.038 \pm 0.017$ 和 $0.030 \pm 0.019$ ,尽管浓度水平很低,但也呈现出了一定的季节变化,而且其季节差异来自全部三类人群。血清 $\beta$ -隐黄质的四季平均浓度( $\mu\text{mol/L}$ )分别为 $0.11 \pm 0.03$ , $0.14 \pm 0.03$ , $0.13 \pm 0.04$ 和 $0.10 \pm 0.03$ ,总体平均和各类人群都有明显季节变化。血清叶黄素和玉米黄素的四季平均浓度( $\mu\text{mol/L}$ )分别为 $0.61 \pm 0.16$ , $0.45 \pm 0.09$ , $0.46 \pm 0.12$ 和 $0.47 \pm 0.14$ ,季节变化明显。血清番茄红素的四季平均浓度( $\mu\text{mol/L}$ )分别为 $0.43 \pm 0.26$ , $0.11 \pm 0.06$ , $0.07 \pm 0.04$ 和 $0.07 \pm 0.03$ ,是季节性变化最为明显的类胡萝卜素成分,夏季平均浓度可达冬春季的 $6 \sim 7$ 倍。此外,三人群间在每个季节、每一种类胡萝卜素成分的血清平均浓度都有显著差别。

汪之頔等人<sup>[4,6]</sup>曾经报道了参加 $\beta$ -胡萝卜素代谢实验的15名50~60岁和10名35~50岁农村志愿者血清类胡萝卜素水平,与本文测定的农村居民春季比较接近。许多文献报道了其他国家各种人群的血液类胡萝卜素浓度,包括美国、法

国、瑞典、日本等,其中美国人群的血液类胡萝卜素浓度资料最为丰富。与美国等西方人群资料<sup>[2,5,7]</sup>相比,本文调查的中国居民血清中番茄红素和 $\alpha$ -胡萝卜素浓度偏低,而叶黄素和玉米黄素则相对较高。但是,与Ozasa K等<sup>[8]</sup>和Ito Y等<sup>[9]</sup>报告的日本人群数据相比,调查的中国居民具有较高的 $\beta$ -胡萝卜素水平,以及类似的较高叶黄素和玉米黄素浓度、较低的番茄红素浓度。不同人群血液类胡萝卜素浓度的差异,可能体现了膳食组成的特点,同为亚洲国家的中国和日本,膳食组成比较相似,人群血液类胡萝卜素分布特点也比较接近。美国居民血液番茄红素浓度普遍较高,可能与其膳食中番茄酱制品的广泛存在有关。

## 参考文献

- 1 JOSHIPURA KJ, ASCHERIO A, MANSON JE, et al. Fruit and vegetable intake in relation to risk of ischemic stroke [J]. JAMA, 1999; 282: 1233-1239.
- 2 FORD ES, GILLESPIE C, BALLEW C, et al. Serum carotenoid concentration in US children and adolescents. Am J Clin Nutr, 2002; 76: 818-27.
- 3 COOPER DA. Carotenoids in health and disease: recent scientific evaluations, research recommendations and the consumer [J]. J Nutr, 2004; 134: 221S-224S.
- 4 汪之頔, 焦华, 曹岷光, 等. 人体 $\beta$ -胡萝卜素的肠转化和吸收后转化的研究[J]. 卫生研究, 2003; 32(3): 215-221.
- 5 FORD ES. Variations in serum carotenoid concentrations among United States adults by ethnicity and sex [J]. Ethn Dis, 2000; 10: 208-17.
- 6 汪之頔, 谷贻光, 张传东. 中青年人体内 $\beta$ -胡萝卜素转化为维生素A的效率[J]. 卫生研究, 2006; 35(5): 59-62.
- 7 NATARAJAN L, ROCK CL, MAJOR JM, et al. On the importance of using multiple methods of dietary assessment [J]. Epidemiology, 2004; 15(6): 738-45.
- 8 OZASA K, ITO Y, SUZUKI K, et al. Association of serum carotenoid concentration and dietary habits among the JACC Study subjects [J]. J Epidemiol, 2005; 15 (Suppl 2): S220-7.
- 9 ITO Y, SUZUKI K, SUZUKI K, et al. Lung cancer mortality and serum levels of carotenoids, retinol, tocopherols, and folic acid in men and women: a case-control study nested in the JACC Study. J Epidemiol, 2005; 15 (Suppl 2): S140-9.

收稿日期:2010-11-18