

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2016.0038

环境因素对中国城市青少年 体表面积发育的影响

高国柱

安徽滁州城市职业学院, 凤阳 233100

摘要: 用 Stevenson 和 DuBois 公式计算 30 个省市城市 7~18 岁男女青少年的体表面积均值, 并对其进行因子分析求得发育分。采用发育分与自然因素和社会经济因素进行相关分析和多元逐步回归分析, 研究环境因素对中国城市青少年体表面积发育的综合影响。结果显示, 中国城市青少年体表面积发育存在地域差异, 男女青少年体表面积发育分排在前 5 位的均位于环渤海地区; 发育分与地球经度、地球纬度、年日照时数、气温年较差、人均 GDP、人均可支配收入以及每千人中卫生技术人员数呈显著性正相关, 与海拔、年降水量、年均相对湿度、恩格尔系数、人口出生率、人口增长率以及儿童负担率呈显著性负相关; 影响中国城市青少年体表面积发育的关键因素为海拔、年均相对湿度、恩格尔系数和儿童负担率。青少年体表面积发育在环境因素方面是受自然环境因素与社会经济生活两者之间共同相互作用的结果。

关键词: 环境因素 城市青少年 中国 体表面积 生长发育

中图法分类号: R179; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2016)03-0445-13

Effects of environmental factors on adolescent body surface area growth of urban Chinese

GAO Guozhu

Chuzhou City Vacation College of Anhui, Fengyang 233100

Abstract: This research used Stevenson and DuBois' formulae to calculate the average body surface area of 7-18 year-old adolescents in 30 cities throughout China, and then used factor analysis to obtain growth scores. Correlation analysis and multiple regression analysis were used to analyze the growth scores, natural environment and socio-economic environment to

收稿日期: 2014-07-09; 定稿日期: 2015-01-09

基金项目: 安徽省高等学校教学质量与改革工程项目 (2014tszy050)

作者简介: 高国柱 (1967-), 男, 汉族, 安徽省全椒人, 硕士, 副教授, 主要从事青少年体质健康和体质人类学研究。

E-mail: togaoguo-zhu@aliyun.com

Citation: Gao GZ. Effects of environmental factors on adolescent body surface area growth of urban Chinese[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2016, 35(3): 445-457

determine the comprehensive effects of the environmental factors on adolescents body surface area growth. The results show that the development of body surface area of urban Chinese adolescents has regional differences. Specifically, the body surface area in the top five samples were located in circum-Bohai Sea region. Growth scores had a conspicuous positive correlation with longitude and latitude, sunshine duration, annual range of temperature, GDP per capita, disposable income per capita and number of medical technicians per 1000 people. Growth scores had a negative correlation with altitude, annual precipitation, relative humidity, Engel's coefficients, birth rate, rate of population increase and children's burden rate. The key factors that affected adolescent body surface area growth of urban Chinese were altitude, annual average humidity, Engel's coefficients and children's burden rate. Environmental factors that influenced body surface area growth come from the result of co-interaction between the natural and socio-economic environments.

Key words: Environment; Urban; Adolescent; China; Body surface area; Growth

青少年生长发育既受个体先天遗传因素的影响, 又受后天环境因素的制约。遗传决定了生长发育的潜力, 为生长发育提供了可能性, 环境决定了生长发育的速度和可能达到的程度, 影响遗传潜力在不同程度上的正常发挥, 决定着生长发育的现实性^[1]。国内有关人类生长发育的环境因素影响研究已有报道, 但多以 18 岁年龄段群体为个案, 并且围绕身高、体质量和胸围三项指标开展的相关研究^[2-5]。人体体表面积不仅与人的基础代谢、肺活量、心输出量、肾小球过滤率等一些重要生理指标密切相关, 而且还与能反映人体体质强弱的身体形态、机能和素质指标呈一定相关性, 近年来更受到环境科学的青睐, 在临床、体育训练与教学等方面也具有重要应用价值^[6-12]。青少年体表面积发育的研究仅见少数地区的调查研究, 尚缺少全国性资料, 特别是缺乏对其影响因素的研究^[13-16]。

因人体形态的不规则性, 体表面积直接测量费力、费时, 学术界普遍采用以身高、体质量为自变量的回归公式来计算, 自 1848 年 Bergmann 和 Rubner 首次设想和提出人体体表面积, 目前已有较多的人体体表面积计算公式, 如 DuBois 公式^[17]、Stevenson 公式^[18-19]、赵松山公式^[21-22]和胡咏梅公式^[23-24], 但因公式建立时所选择的样本量及测量上的误差尚存在诸多争议^[13, 24]。高国柱等利用密切值法优选认为青少年体表面积计算公式较为适合的是 Stevenson 和 DuBois 公式^[25]。

本文以 2010 年中国学生体质与健康调研中 30 个省市区城市 7~18 岁学生的生长发育资料, 采用 7~18 岁学生体表面积的 12 个参数, 经因子分析获取青少年体表面积发育得分与各省市区所在省会城市的自然环境因素和社会经济环境因素作相关分析, 试图查明影响城市青少年体表面积发育的关键因素, 为相关地区制订营养评价标准提供科学依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

以中国 30 个省市(西藏、台湾除外)所在省会城市 2010 年 7~18 岁青少年为研究对象, 各城市每个年龄段男生样本 137~150 人, 女性样本 123~150 人, 共获得有效样本 107574 人(男生 53830 人, 女生 53744 人)。按性别、年龄分组, 年龄按实足年龄算, 如 8.00~8.99 岁为 8 岁组^[26], 以此类推, 共分 12 个年龄段 24 组。

1.2 研究指标

身高、体质量数据来自学生体质健康网¹⁾和《2010 年中国学生体质与健康调研报告》^[27], 男女性体表面积值分别根据 Stevenson 公式 ($S=0.0061H+0.0128W-0.01529$) 和 DuBois 公式 ($S=70.49W^{0.425}\cdot H^{0.725}$; S 表示体表面积 (m^2), H 表示身高, W 表示体质量) 计算而得^[25]。

林琬生等^[2]、季成叶等^[3, 4]、张天成等^[5, 6]的研究显示, 地球经纬度、海拔等地理位置, 年日照时数、气温年较差、年平均气温、年降水量、年均相对湿度等气候因素, 年人均 GDP、年人均可支配收入、年人均储蓄、恩格尔系数、总人口数、出生率、死亡率、人口自然增长率、儿童负担率、老人抚养率、医院床位数、每千人中卫生技术人员数等社会经济生活指标对青少年的身高、体质量和胸围的发育存在不同程度的影响; 潘雷^[28]等研究显示出现代人头面部表面积在全球范围内有纬度性变化, 也与当地温度有密切联系; 李琳^[29]等、顾珩^[30]等研究表明, 大气中可吸入颗粒 P_{M10} 、 SO_2 排放量和 NO_2 排放量会影响青少年的呼吸功能, 进而影响其生长发育; 张振营^[31]等、韩忠敏^[32]等研究揭示水体污染也对青少年身高、体重和胸围产生影响。可见环境中地理位置、气候因素、大气和水体污染以及社会经济生活会影响到青少年的生长发育。故本研究选取上述参数作为影响青少年体表面积发育的指标, 考虑到化学需氧量排放能反映水体受有机物污染的程度, 是我国控制污染总量排放的重要水质参数, 因而将化学需氧量作为影响水体污染的参数指标。地球经度、地球纬度、海拔数据资料来自中国气象科学数据共享服务网²⁾中各省市所在省会城市的地理信息, 气候、环境监测和社会生活指标来源于中华人民共和国国家统计局编制的中国统计年鉴³⁾中各省市所在省会城市 2007~2010 年四年统计数据。

1.3 研究方法

用 Microsoft Excel 软件计算 30 个省市城市青少年身高、体质量或体表面积增长率 ($R=\frac{A-B}{B}\times 100\%$, 式中 R 表示身高、体质量或体表面积增长率, A 为各城市 18 岁平均身高、体质量或体表面积, B 为各城市 7 岁平均身高、体质量或体表面积)、最大发育年龄(岁), $[Y_{\max}=A_{\max}+\frac{L_{\max}-L_{-1}}{L_{\max}-L_{-1}+L_{\max}-L_{+1}}-0.5]$, 式中 Y_{\max} 表示最大发育年龄(岁),

1) <http://www.csh.edu.cn/MOETC/home/homeAction!login.action>

2) <http://cdc.cma.gov.cn/>

3) <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>

A_{\max} 为身高最大年增长值出现时的年龄(岁), L_{\max} 、 L_{-1} 、 L_{+1} 分别为出现 A_{\max} 的当年、前一年和后一年的身高均值^[3] 以及气候、环境监测和社会环境指标 2007~2010 年四年的均值数据。运用 SPSS18.0 统计软件对身高、体质量和体表面积 3 项指标的 36 个参数进行描述性统计, 并且利用方差最大正交旋转对各省市 7~18 岁男女青少年体表面积 12 个参数均值进行因子分析, 将此转化为因子得分, 最后将各省市城市男女青少年体表面积因子得分与自然环境因素和社会环境因素进行相关分析、多元逐步回归分析。

2 结果与分析

2.1 中国城市青少年身高、体质量和体表面积发育状况

中国 30 个区域城市汉族青少年身高、体质量随年龄的增长而增长, 各省市增长不很均匀, 存在着显著的地区差异(表 1~2)。在 7~18 岁的 12 年中, 男生身高由 126.90cm 增高到 172.17cm, 身高增长 1.36 倍, 共增长了 45.27cm, 年平均增高 3.77cm, 平均增长率为 35.69%, 增长率最大的是西宁, 最小的是郑州; 体质量由 23.69kg 增长到 63.08kg, 增长 2.66 倍, 共增长了 39.39kg, 年平均增长 3.28kg, 平均增长率为 136.49%, 增长率最大和最小分别为昆明与郑州。女生身高由 125.51cm 增高到 159.91cm, 身高增长 1.27 倍, 共增长了 34.40cm, 年平均增高 2.87cm, 平均增长率为 27.45%, 增长率最大的是西宁, 最小的是南京; 体质量由 24.70kg 增长到 52.08kg, 增长 2.11 倍, 共增长了 27.38kg, 年平均增长 2.28kg, 平均增长率为 111.24%, 增长率最大和最小与身高一样, 分别也是西宁与南京。

中国 30 个区域城市汉族青少年体表面积也存在显著的地区差异。男生体表面积值分别由 7 岁时的 0.96m^2 , 增长到 18 岁时的 1.71m^2 , 增长了 0.75m^2 , 年均增长 0.06m^2 , 平均增长率为 77.09%, 增长率最大的是西宁, 最小的是郑州。女生体表面积值分别由 7 岁时的 0.87m^2 增长到 18 岁时的 1.50m^2 , 增长了 0.63m^2 , 年均增长 0.05m^2 , 平均增长率为 63.81%, 增长率最大的也是西宁, 但最小的则是南京。

中国 30 个区域城市汉族青少年体质形态发育的差异还体现在发育早晚的不同, 男女群体最大发育年龄平均为 15.70 岁和 13.34 岁, 男生最早为银川、最迟为武汉, 女生最早为合肥、最迟为郑州。

2.2 中国城市青少年身高、体质量和体表面积发育因子分析

对各省市城市 7~18 岁青少年身高、体质量、体表面积进行因子分析检验, 身高 KMO 值男女性分别为 0.87, 0.88, $p < 0.05$, 体质量 KMO 值男女性分别为 0.91, 0.89, $p < 0.05$, 体表面积 KMO 值男女性分别为 0.89、0.90, $p < 0.05$, 说明变量间的偏相关效果较好, 可以进行因子分析。各省市城市 7~18 岁男女青少年身高、体质量、体表面积因子分析如表 3, 可以看出男女性因子结构略有不同, 主要体现在 12 岁前后的差异。男女性身高 12 项参数均可抽取二个因子, 其累积贡献率分别为 91.05%、91.87%, 男性因子 1 和女性因子 2 反映的是青春期前的身高发育状况, 定义为青春期前身高因子, 男性因子 2 和女性

表 1 中国城市男青少年体表面积发育水平

Tab.1 Body surface area development of urban Chinese adolescent boys

省市 P&C	身高 (cm)				体质量 (kg)				体表面积 (m ²)				最大发育年龄 BDA (y)	排序 Sequence
	7 岁	18 岁	身高增长率 GRH (100%)	因子得分 Factor score	7 岁	18 岁	体质量增长率 GRW (100%)	因子得分 Factor score	7 岁	18 岁	体表面积增长率 GRBSA (100%)	因子得分 Factor score		
北京	129.47	175.38	35.46	1.41	28.15	68.7	142.31	1.34	1.00	1.79	79.51	1.41	14.53	3
天津	128.87	173.85	34.9	1.95	28.69	70.88	143.67	2.18	1.00	1.80	80.16	1.95	14.84	1
石家庄	129.6	174.5	34.65	1.14	28.09	66.98	140.44	1.11	1.00	1.78	78.1	1.14	17.97	4
太原	126.69	171.45	35.33	0.34	26.19	68.02	145.4	0.43	0.96	1.72	79.62	0.34	19.18	9
呼和浩特	127.35	171.89	34.97	0.34	27.29	66.52	135.73	0.39	0.97	1.72	76.63	0.34	14.84	10
沈阳	128.89	175.68	36.3	0.83	28.4	72.09	133.35	0.74	1.00	1.77	77.26	0.83	15	8
长春	125.55	175.16	39.51	-0.07	26.76	69.85	146.75	-0.08	0.96	1.76	84.28	-0.07	15.09	17
哈尔滨	128.56	174.21	35.51	0.32	27.23	71.82	128.42	0.21	0.98	1.71	74.1	0.32	16.93	11
上海	129.17	175.01	35.49	1.04	28.21	65.78	138.96	0.96	1.00	1.78	78.44	1.04	14.69	5
南京	128.36	172.28	34.22	0.87	28.1	65.99	130.5	0.84	0.99	1.73	74.49	0.87	15.68	7
杭州	127.29	171.87	35.02	0.22	26.67	63.26	135.85	0.17	0.96	1.70	76.24	0.22	14.28	14
合肥	126.51	171.01	35.18	-0.51	26.5	63.39	136.19	-0.45	0.96	1.69	76.55	-0.51	15.25	21
福州	127.95	173.64	35.71	0.27	27.01	63.13	137.69	0.11	0.97	1.73	77.54	0.27	15.14	13
南昌	124.98	169.92	35.96	-0.61	26.09	59.54	132.54	-0.62	0.94	1.66	75.97	-0.61	14.2	22
济南	130.45	175.06	34.2	1.87	29.25	68.4	138.8	1.9	1.02	1.81	77.84	1.87	15.6	2
郑州	129.09	172.47	33.6	0.99	28.62	64.51	122.71	1.07	1.00	1.72	71.35	0.99	18.33	6
武汉	126.4	171.37	35.58	-0.30	27.04	62.39	132.36	-0.26	0.96	1.70	75.96	-0.30	19.39	19
长沙	126.29	170.34	34.88	-0.26	26.87	60.88	134.02	-0.17	0.96	1.69	75.89	-0.26	17.61	18
广州	125.69	170.57	35.71	-0.73	25.19	61.23	129.42	-0.83	0.94	1.63	73.81	-0.73	16.01	24
南宁	125.28	168.79	34.73	-0.68	25.81	60.18	129.87	-0.6	0.94	1.64	73.75	-0.68	14.44	23
海口	124.51	168.6	35.41	-1.59	24.9	64.47	125.58	-1.62	0.93	1.59	72.32	-1.59	16.18	28
成都	126.16	171.83	36.2	-0.93	25.75	58.43	134.41	-0.98	0.95	1.67	76.26	-0.93	16.45	25
贵阳	123.39	167.02	35.36	-1.89	23.85	60.26	136.86	-1.68	0.91	1.59	75.57	-1.89	14.88	30
昆明	122.09	169.8	39.08	-1.21	23.3	62.19	156.78	-1.21	0.89	1.65	85.23	-1.21	14.26	26
重庆	123.87	168.52	36.05	-1.23	24.85	65.21	135.53	-1.12	0.92	1.62	76.4	-1.23	14.86	27
西安	127.83	171.51	34.17	-0.39	26.29	63.9	139.22	-0.38	0.96	1.70	76.29	-0.39	14.59	20
兰州	128.08	173.9	35.77	0.02	26.63	65.05	138.49	-0.09	0.97	1.72	77.54	0.02	15.47	16
西宁	121.87	173.18	42.1	-1.59	23.65	62.89	151.84	-1.66	0.89	1.67	86.5	-1.59	14.53	29
银川	127.92	172.7	35.01	0.11	26.92	63.29	136.37	0.01	0.97	1.72	76.45	0.11	14.01	15
乌鲁木齐	128.76	173.32	34.61	0.30	28.16	65.24	124.75	0.27	0.99	1.71	72.66	0.30	16.71	12
平均值	126.90	172.17	35.69		23.69	63.08	136.49		0.96	1.71	77.09		15.7	

注: P&C 表示 Provinces and cities; GRH 表示 Growth rate of height; GRW 表示 Growth rate of weight; GRBSA 表示 Growth rate of body surface area; BDA 表示 The biggest development age

表 2 中国城市女青少年体表面积发育水平
Tab.2 Body surface area development of urban Chinese adolescent girls

省市 P&C	身高 (cm)				体质量 (kg)				体表面积 (m ²)				最大发育年龄 BDA(y)	排序 Sequ
	7 岁	18 岁	身高增长率 GRH (100%)	因子得分 Factor score	7 岁	18 岁	体质量增长率 GRW (100%)	因子得分 Factor score	7 岁	18 岁	体表面积增长率 GRBSA (100%)	因子得分 Factor score		
北京	128.07	162.51	26.89	1.01	26.24	56.67	115.97	0.88	0.95	1.57	64.86	1.03	14.90	3
天津	126.93	161.14	26.95	0.62	26.48	56.79	114.46	1.29	0.95	1.56	64.42	1.20	12.65	1
石家庄	127.31	161.85	27.13	0.76	25.77	53.11	106.09	0.76	0.94	1.52	61.83	0.85	12.71	4
太原	125.56	159.82	27.29	0.04	24.66	53.34	116.3	0.24	0.91	1.51	65.34	0.20	12.93	13
呼和浩特	126.25	159.97	26.71	0.11	24.91	54.57	119.07	0.34	0.92	1.53	65.68	0.30	12.50	11
沈阳	127.09	161.82	27.33	0.71	25.8	53.34	106.74	0.56	0.94	1.53	62.23	0.68	13.01	6
长春	123.61	163.34	32.14	0.1	24.29	54.74	125.36	0.13	0.90	1.55	72.87	0.13	13.65	15
哈尔滨	127.35	161.43	26.76	0.48	25.95	53.15	104.82	0.34	0.94	1.52	61.06	0.42	16.03	9
上海	128.1	162.72	27.03	0.87	26.8	53.72	100.45	0.66	0.96	1.54	59.84	0.81	12.67	5
南京	128.43	160.87	25.26	0.6	26.69	52.77	97.71	0.52	0.96	1.51	57.3	0.61	12.91	8
杭州	127.21	160.19	25.93	0.29	25.33	51.97	105.17	0.12	0.93	1.50	60.41	0.20	15.19	12
合肥	125.58	159	26.61	-0.32	24.59	51.38	108.95	-0.28	0.91	1.48	62.3	-0.32	9.46	19
福州	127.06	160.61	26.4	0.52	25.57	51.54	101.56	0.18	0.94	1.50	59.64	0.32	10.50	10
南昌	124.35	157.84	26.93	-0.36	23.87	50.42	111.23	-0.38	0.90	1.46	63.35	-0.41	13.74	21
济南	127.75	163.28	27.81	0.98	26.25	55.7	112.19	1.06	0.95	1.56	64.48	1.15	12.99	2
郑州	126.98	160.89	26.7	0.41	26.19	53.04	102.52	0.7	0.95	1.52	60.24	0.67	17.29	7
武汉	123.61	160.1	29.52	-0.25	23.6	50.98	116.02	-0.27	0.89	1.49	67.34	-0.29	14.07	18
长沙	124.29	157.44	26.67	-0.44	23.83	49.87	109.27	-0.42	0.90	1.45	62.46	-0.48	13.92	24
广州	125.35	157.79	25.88	-0.25	24.1	48.81	102.53	-0.46	0.90	1.44	59.49	-0.44	12.59	23
南宁	124.29	156.88	26.22	-0.53	24.37	48.76	100.08	-0.31	0.90	1.44	58.98	-0.42	16.88	22
海口	124.22	156.7	26.15	-0.91	23.55	46.89	99.11	-1.15	0.89	1.41	58.58	-1.21	12.34	28
成都	125.01	159.19	27.34	-0.44	24.07	50.95	111.67	-0.61	0.90	1.48	63.88	-0.62	11.84	25
贵阳	121.53	156.45	28.73	-1.45	22.61	49.87	120.57	-0.96	0.86	1.45	68.09	-1.24	13.06	30
昆明	121.27	158.9	31.03	-0.83	21.75	51.19	135.36	-0.76	0.85	1.48	75.02	-0.87	10.60	26
重庆	123.77	156.24	26.23	-0.94	23.63	49.02	107.45	-0.75	0.89	1.44	61.45	-0.91	14.80	27
西安	126.04	158.84	26.02	-0.35	24.36	52.19	114.24	-0.31	0.91	1.49	63.48	-0.35	12.94	20
兰州	126.43	159.71	26.32	0.14	24.57	52.44	113.43	0.03	0.92	1.50	63.5	0.08	11.79	16
西宁	119.42	160.71	34.58	-1.06	21.53	51.55	139.43	-1.1	0.83	1.50	79.74	-1.22	16.32	29
银川	125.84	160.7	27.7	0.16	24.41	52.71	115.94	-0.1	0.91	1.51	65.61	-0.02	13.98	17
乌鲁木齐	126.47	160.8	27.14	0.32	25.16	51.17	103.38	0.04	0.93	1.49	60.93	0.14	11.89	14
平均值	125.51	159.91	27.45		24.70	52.08	111.24		0.87	1.50	63.81		13.34	

注：P&C 表示 Provinces and cities; GRH 表示 Growth rate of height; GRW 表示 Growth rate of weight; GRBSA 表示 Growth rate of body surface area; BDA 表示 The biggest development age

因子 1 反映的是青春期的身高发育状况, 定义为青春期身高因子。体质量 12 项参数男性可抽取一个因子, 累积贡献率为 85.75%, 女性可抽取二个因子, 累积贡献率为 90.41%, 男性因子 1 反映 7~18 岁 12 个年龄段的体质量发育状况, 定义为体质量因子, 女性因子 1 反映的是青春期前的体质量发育状况, 定义为青春期前体质量因子, 因子 2 反映的是青春期的体质量发育状况, 定义为青春期体质量因子。体表面积 12 项参数男性可抽取一个因子, 累积贡献率为 86.46%, 女性可抽取二个因子, 累积贡献率为 92.34%, 男性因子 1 反映 7~18 岁 12 个年龄段的体表面积发育状况, 定义为体表面积因子, 女性因子 1 反映的是青春期前的体表面积发育状况, 定义为青春期前体表面积因子, 因子 2 反映的是青春期的体表面积发育状况, 定义为青春期体表面积因子。可见这些因子较好地集中概括了男女身高、体质量和体表面积三项指标各 12 项参数上的群体间差异。

采用回归方法获取各因子得分函数并求出各因子得分, 再以各因子对应的方差贡献率为权数求出青少年生长发育综合因子得分, 可以对青少年生长发育状况进行综合评价, 综合因子得分越高, 生长发育状况越好。身高、体质量、体表面积综合因子得分及各城市青少年体表面积得分排序如表 1、表 2, 结果显示, 男女性青少年体表面积发育前五名依次是天津、济南、北京、石家庄和上海, 最低三位是贵阳、西宁和海口。

2.3 中国城市青少年身高、体质量和体表面积发育与环境的关系

中国城市青少年身高、体质量、体表面积发育因子得分与自然环境因素的相关分析如表 4。地理因素的地球经度、纬度与身高、体质量、体表面积发育呈显著性正相关($p < 0.05$),

表 3 中国城市青少年体表面积发育因子分析
Tab.3 Factor analysis of body surface area development of urban Chinese adolescents

年龄 Age	身高 Height				体质量 Weight			体表面积 Body surface area		
	男 Male		女 Female		男 Male	女 Female		男 Male	女 Female	
	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 1	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 1 Factor 1	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 1 Factor 1	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2
7	0.85			0.89	0.93	0.87		0.93	0.88	
8	0.93			0.88	0.87	0.88		0.88	0.88	
9	0.89			0.95	0.91	0.93		0.92	0.95	
10	0.87			0.92	0.92	0.90		0.93	0.92	
11	0.79			0.85	0.93	0.92		0.94	0.90	
12	0.69		0.67		0.93	0.69		0.93	0.69	
13		0.70	0.81		0.95		0.74	0.95		0.76
14		0.70	0.88		0.95		0.85	0.95		0.87
15		0.80	0.83		0.95		0.82	0.95		0.82
16		0.88	0.89		0.93		0.93	0.94		0.92
17		0.92	0.91		0.92		0.91	0.92		0.92
18		0.89	0.96		0.93		0.91	0.92		0.93
特征值	5.66	5.27	5.71	5.31	10.29	5.51	5.34	10.38	5.55	5.53
贡献率	47.14%	43.91%	47.60%	44.27%	85.75%	45.90%	44.51%	86.46%	46.24%	46.10%
累积贡献率	91.05%		91.87%		85.75%	90.41%		86.46%	92.34%	

表 4 自然因素与中国城市青少年体表面积相关分析

Tab.4 Correlation analyses between natural factors and body surface area development of urban Chinese adolescents

自然环境因素 NEI	男 Male			女 Female		
	身高 Height	体质量 Weight	体表面积 Body surface area	身高 Height	体质量 Weight	体表面积 Body surface area
地球经度	0.46*	0.44*	0.50*	0.49**	0.50**	0.50**
地球纬度	0.57**	0.56**	0.57**	0.57**	0.58**	0.59**
海拔	-0.39*	-0.43*	-0.42**	-0.43*	-0.42*	-0.43*
年日照时数	0.47**	0.40*	0.42*	0.44*	0.39*	0.41*
气温年较差	0.57**	0.56**	0.57**	0.57**	0.58**	0.59**
年平均气温	-0.27	-0.24	-0.25	-0.26	-0.28	-0.28
年降水量	-0.35	-0.39*	-0.37*	-0.32	-0.40*	-0.38*
年均相对湿度	-0.54**	-0.53**	-0.54**	-0.50**	-0.53**	-0.53**
可吸入颗粒 P _{M10}	0.34	0.33	0.34	0.33	0.30	0.32
SO ₂ 排放量	0.14	0.26	0.23	0.13	0.23	0.21
NO ₂ 排放量	0.30	0.21	0.24	0.34	0.24	0.27
化学需氧量排放量	0.04	0.08	0.07	0.05	0.07	0.07

注：NEI 表示 Natural environmental indicators；*p<0.05，**p<0.01，***p<0.001

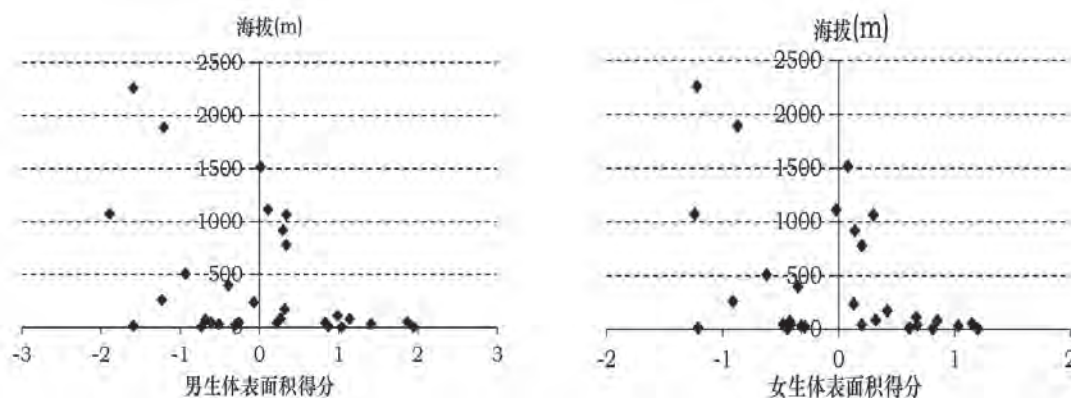


图 1 中国城市青少年体表面积与海拔之间的关系

Fig.1 The relationship between the altitude and body surface area development of adolescents in urban of china

与海拔呈显著性负相关 ($p<0.05$, 图 1)；气候因素中，无论男女年日照时数、气温年较差与身高、体质量、体表面积发育呈显著正相关 ($p<0.05$, 图 2)，与年均相对湿度呈显著性负相关 ($p<0.05$)，除身高外，体质量和体表面积还与年降水量呈显著性负相关 ($p<0.05$)；环境监测各指标与男女性身高、体质量、体表面积发育均呈正相关但不显著 ($p>0.05$)。

社会经济方面相关分析表明，除了人均可支配收入与男女性体质量无显著性差异外，人均 GDP、人均可支配收入、每千人中卫生技术人员数与男女青少年身高、体质量、体

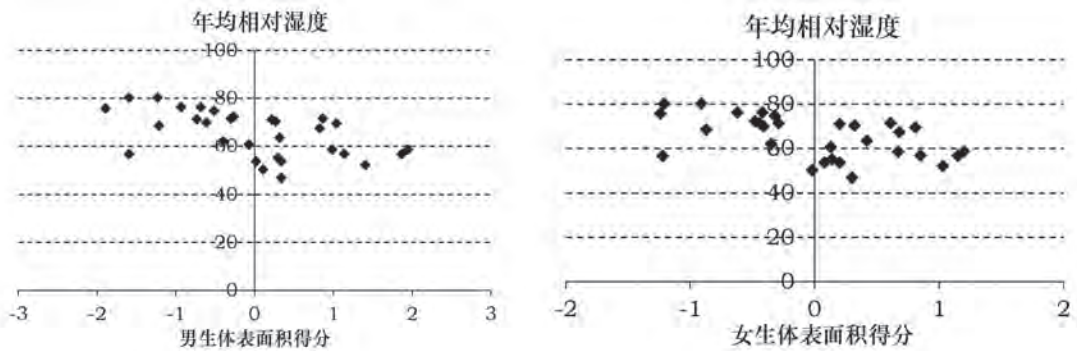


图 2 中国城市青少年体表面积与年均相对湿度之间的关系

Fig.2 The relationship between the annual average humidity and body surface area development of adolescents in urban of china

表面积发育呈显著性正相关 ($p < 0.05$)；恩格尔系数、人口出生率、人口自然增长率、儿童负担率 4 项指标对城市青少年身高、体质量、体表面积发育呈显著的负性影响 ($p < 0.05$, 图 3、4)，而人们普遍关注的人口总数增加以及的老年抚养比例增大对城市青少年体表面积的影响并不大 (表 5)。

为进一步考查环境对中国城市青少年体表面积影响的关键因素，以男女青少年体表面积因子得分为因变量，以自然环境和社会经济各指标为自变量进行多元逐步回归分析，结果如表 6 所示。表 6 显示，影响中国城市男女青少年体表面积发育的关键因素是自然因素的海拔和年均相对湿度，分别可解释的程度为 0.75、0.74，社会经济因素的恩格尔系数和儿童负担率，分别可解释的程度为 0.74、0.75。

3 讨论

本研究表明，30 个省市城市汉族青少年体表面积随着年龄的增长而增长，青少年身高、体质量随着年龄的增长而增加，则他们体表面积也随之增加，这与儿童少年多数形态、生理指标的年龄变化趋势一致^[33]。研究还显示，30 个省市城市汉族青少年体表面积存在显著的地区差异，这种差异体现在发育早晚的不同，男女群体最大发育年龄平均为 15.70 岁和 13.34 岁。以女性体表面积增长率最大的西宁和最小的南京为例，南京女孩最大发育年龄为 12.91 岁，在 18 岁时身高、体质量均高于青海，在 7~18 岁的 12 年间，两指标分别增长 25.26% 和 97.71%，相反西宁女孩最大发育年龄为 16.32 岁，而同一时期西宁女孩的身高和体质量增长了 34.58% 和 139.43%，反映了西宁女孩在 7 岁前的发育水平相当低。

因子分析表明各省市城市 7~18 岁男女青少年体表面积发育的结构略有不同，主要体现在 12 岁前后，说明青春期前后各地区青少年体表面积发育差异较大，这可能与区域环境有关。但男女性青少年体表面积发育总体得分前五名依次均是天津、济南、北京、石家庄和上海，最低三位均是贵阳、西宁和海口，说明环渤海地区男女青少年群体体表面积发育最高，而贵阳、西宁和海口男女青少年群体体表面积发育相对较低，与唐锡麟的“环渤

表 5 社会因素与中国城市青少年体表面积相关分析

Tab.5 Correlation analyses between socio-economic factors and body surface area development of urban Chinese adolescents

社会经济因素 SEI	男 Male			女 Female		
	身高 height	体质量 weight	体表面积 body surface area	身高 height	体质量 weight	体表面积 body surface area
人均 GDP	0.50**	0.46*	0.66**	0.52**	0.45**	0.66**
人均可支配收入	0.40**	0.34	0.48**	0.42**	0.35	0.49**
人均储蓄	0.45**	0.40*	0.36	0.47**	0.41*	0.38*
恩格尔系数	-0.74**	-0.76**	-0.77**	-0.73**	-0.76**	-0.76**
总人口数	0.12	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13
出生率	-0.47**	-0.47**	-0.48**	-0.49**	-0.53**	-0.52**
死亡率	-0.25	-0.12	-0.16	-0.27	-0.16	-0.20
人口自然增长率	-0.42*	-0.44*	-0.44*	-0.43*	-0.49**	-0.48**
儿童负担率	-0.73**	-0.69**	-0.71**	-0.74**	-0.71**	-0.72**
老人抚养率	0.15	0.19	0.18	0.17	0.18	0.18
医院床位数	0.30	0.32	0.32	0.31	0.30	0.31
每千人中卫生技术人员数	0.56**	0.52**	0.54**	0.56**	0.52**	0.54**

注：SEI 表示 The social and economic indicators ; *p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

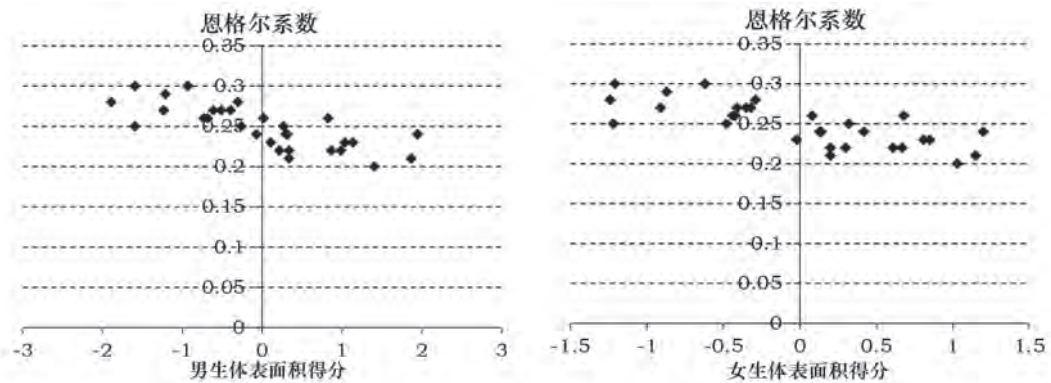


图 3 中国城市青少年体表面积与恩格尔系数之间的关系

Fig.3 The relationship between the Engel's coefficients and body surface area development of adolescents in urban of china

海地区青年平均身高最高”的结论基本吻合，但与“云南群体平均身高最低”的结论略有不同^[34]，原因可能是两研究的指标不同，唐锡麟研究所选指标仅为身高，而本研究考察的是体表面积，是将身高、体质量二项指标进行的综合研究，其次也有可能是本研究所选的样本为青少年，与唐锡麟研究所选的样本结构有所不同。因子分析还表明，男、女性表面积 12 项指标各累计贡献 86.46%和 92.34%，显示出这些参数能较好体现不同区域群体体表面积在发育水平、成熟早晚和体型特点上的差异，概括程度较高。

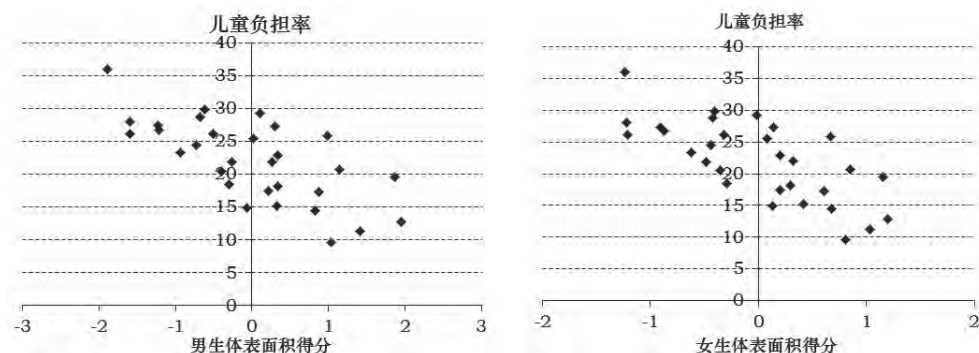


图 4 中国城市青少年体表面积与儿童负担率之间的关系

Fig.4 Multiple regression analysis of environmental factors and body surface area development of urban Chinese adolescents

表 6 环境因素与城市青少年体表面积多元逐步回归分析

Tab.6 Multiple regression analysis of the environmental factors and body surface area development of adolescents in urban of china

自然环境因素 NEI	偏回归系数的统计检验 T 值 T		社会经济因素 SEI	偏回归系数的统计检验 T 值 T	
	男 Male	女 Female		男 Male	女 Female
经度	0.93	1.64	人均 GDP	0.01	-0.09
纬度	0.70	1.12	人均可支配收入	-0.56	-0.54
海拔	-6.95***	-6.87***	人均储蓄	0.23	0.40
年日照时数	-0.14	-0.16	恩格尔系数	-4.97***	-4.96***
气温年较差	0.05	0.45	总人口数	1.63	1.58
年平均气温	-0.37	-0.91	出生率	0.47	-0.10
年降水量	-1.57	-1.72	死亡率	1.03	0.65
年均相对湿度	-7.81***	-7.58***	人口自然增长率	-0.01	-0.35
可吸入颗粒 P _{M10}	1.09	0.88	儿童负担率	-3.92***	-4.27***
SO ₂ 排放量	1.17	0.87	老人抚养率	1.14	1.01
NO ₂ 排放量	1.01	0.35	医院床位数	1.78	1.69
化学需氧量排放量	0.24	0.13	每千人中卫生技术人员数	-0.99	-1.13
复相关系数 (R)	0.86	0.86	复相关系数 (R)	0.86	0.87
决定系数 (R ²)	0.75	0.74	决定系数 (R ²)	0.74	0.75
F 检验	39.77***	38.05***	F 检验	37.84***	40.67***

注：NEI 表示 Natural environmental indicators；SEI 表示 The social and economic indicators；T 表示 The statistical test of T value of partial regression coefficient；*** $p < 0.001$

国内外的相关研究均显示环境中的地理位置、气象因素和社会经济生活对青少年的生长发育存在不同程度的相关性^[2-6]。本研究表明地理因素中的地球经度和纬度与身高、体质量、体表面积发育均呈显著性正相关，与海拔呈显著性负相关（表 4），提示青少年体表面积发育有随地球经、纬度的增大、海拔递减而增高，且这种增高是身高和体质量共同作用的结果，意味着中国城市青少年体表面积发育也存在着北高南低、东高西低的发育规律；气候因素中，无论男女年日照时数、气温年较差与体表面积发育呈显著正相关，年降水量、年平均湿度与体表面积呈显著性负相关，提示年日照时数越长、年温差越大、年

降水量越少、年平均湿度越小,城市青少年体表面积发育有越高的趋势;空气监测和水体监测指标与男女性体表面积发育均呈正相关但不显著。相关分析结果可以揭示出中国城市青少年群体生长发育南北差异、东西差异的主要根源可能是由于地球经、纬度和海拔的不同而形成的日照时数、气温年较差、年降水量等气候因素相互作用的结果,与相关研究基本一致^[1,3,6]。大气污染和水体污染程度与青少年体表面积发育呈正相关但并不显著,表明中国城市环境污染还未对青少年生长发育造成严重影响,可能与我国“十一五”期间污染减排取得重大进展有关。资料显示,2010年,全国化学需氧量排放总量1238.1万吨,比2009年下降3.09%;二氧化硫排放总量2185.1万吨,比2009年下降1.32%。与2005年相比,化学需氧量和二氧化硫排放总量分别下降12.45%和14.29%^[35]。而从社会经济方面来看,人均GDP、人均可支配收入、每千人中卫生技术人员数与体表面积发育呈显著性正相关,说明社会经济发达程度和医疗水平高低对青少年体表面积发育影响较大;恩格尔系数、人口出生率、人口自然增长率、儿童负担率4项指标对城市青少年体表面积发育呈显著的负性影响,提示人们生活水平越高、区域人口自然增长比例特别是出生人口比例越少以及儿童负担越小,青少年体表面积发育会越高,说明社会经济的发展程度可能会影响到人们的生活方式,进而影响到青少年的生长发育。

本研究表明,无论男女,海拔、年均相对湿度、恩格尔系数和儿童负担率四项指标对中国城市青少年体表面积的作用T值及显著性均较高,且男女自然因素、社会经济生活因素对其作用的四种模型回归式复相关系数分别为0.86, 0.86, 0.86和0.87,决定系数(R^2)分别为可0.75, 0.74, 0.74, 0.75(表6),说明这四种因素在城市青少年体表面积发育上起着非常重要的作用,同时也说明青少年生长发育是受自然环境因素与后天社会经济生活的改善两者之间共同相互作用的结果。研究显示,随海拔的增加,空气中氧气含量会变少,从平原移居到高原的健康人群,机体肺通气量开始降低,食物摄取量减少,容易造成机体营养不足^[36,37]。可以推测,海拔对城市男女青少年体表面积的影响可能与机体摄氧量有关。虽然气候因素对人体生长发育的影响尚无肯定的结论,但相关实验室资料和调查数据更倾向于这种影响作用^[6]。年平均相对湿度对青少年体表面积发育的影响一方面可能由于年平均相对湿度大的区域,年降水量也大($r=0.81$; $p<0.01$),年日照时数就短($r=-0.81$; $p<0.01$),气温年较差也会变小($r=-0.67$; $p<0.01$),这种气候条件会减少皮肤中的胆固醇转变为维生素D₃的量,进而影响到骨骼的发育;另一方面可能是机体对该区域气候变化长期适应的结果。在平均相对湿度较大的环境中,短的年日照时数和小的气温年较差变化会促使机体尽可能地通过减少体表面积来降低体内能量的释放,以维持机体体温的恒定。恩格尔系数对青少年体表面积发育的影响,可能与人们生活水平的不断提高(特别是食物消费)会改善青少年的营养状况,利于青少年的生长发育有关,而家庭子女负担过重可能带来生活方式的改变也可能会对青少年生长发育产生深远的影响。

参考文献

- [1] 张一民, 邢文华. 1985-2000 年中国汉族学生身体形态特征的动态变化规律 [J]. 体育科研, 2008, 29(3): 1-16
- [2] 林琬生, 胡承康. 中国青年生长发育环境差异的研究 [J]. 人类学学报, 1990, 9(2): 152-159
- [3] 季成叶, 袁捷, 温大英. 中国农村青少年生长发育地区差异的环境影响因素浅析 [J]. 体育科学, 1992, 12(1): 38-46
- [4] 季成叶. 中国城市青少年的生长发育特点及其环境影响因素分析 [J]. 体育科学, 1992, 12(5): 42-46
- [5] 张天成. 中国 23 个少数民族 18 岁学生生长发育自然环境差异的研究 [J]. 中国体育科技, 2010, 46(5): 134-138
- [6] 张天成, 张福兰. 环境因素对我国城市 18 岁学生生长发育影响的研究 [J]. 山东体育学院学报, 2011, 21(7): 55-58
- [7] 王玢, 左明雪. 人体及动物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1986: 189
- [8] 张镜如. 生理学 (4 版) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996: 227
- [9] 陈志强. 人体体表面积计算方法的比较研究 [J]. 中国运动医学杂志, 2003, 22(6): 576-579
- [10] 左启华. 儿科学 (第 3 版) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1993: 54
- [11] 李继国, 王中南. 苗族城镇中小学学生体表面积调查研究 [J]. 中国体育科技, 2005, 41(6): 109-111
- [12] 王宗爽, 段小丽, 刘平, 等. 环境健康风险评估中我国居民暴露参数探讨 [J]. 环境科学研究, 2009, 22(10): 1164-1170
- [13] 黄拥军, 喻志坚, 陈秀虎, 等. 广东瑶族青少年学生体表面积研究 [J]. 人类学学报, 2010, 29(4): 425-430
- [14] 梁明康, 蒋葵, 朱芳武, 等. 广西汉族学生体表面积调查 [J]. 解剖学杂志, 2007, 30(5): 627-630
- [15] 吴晔. 浙西南山区 7~19 岁畲族与汉族学生体表面积比较 [J]. 中国学校卫生, 2012, 33(1): 52-54
- [16] 李辉, 李梦园, 杨俊敏, 等. 汉族与维吾尔族中小学生体表面积比较 [J]. 中国学校卫生, 2014, 35(2): 280-281
- [17] 宇传华, 徐勇勇, 夏绪来, 等. 人体体表面积公式 [J]. 中华预防医学杂志, 1999, 33(2): 123-124
- [18] Stevenson PH. Calculation of the body-surface area of Chinese [J]. Chi J Physiology, Report Series, 1928, II (1): 13-14
- [19] Stevenson PH. An additional note on the calculation of the surface area of Chinese. subject: The technique of measurement and a modified arm constant [J]. Chi J Physiol, 1930, IV (3): 327-334
- [20] 赵松山, 刘友梅, 姚家邦, 等. 中国成年女子体表面积的测量 [J]. 营养学报, 1987, 9(3): 200-207
- [21] 赵松山, 刘友梅, 姚家邦, 等. 中国成年男子体表面积的测量 [J]. 营养学报, 1984, 6(2): 87-96
- [22] 胡咏梅, 武晓洛, 胡志红, 等. 关于中国人体表面积公式的研究 [J]. 生理学报, 1999, 5(1): 45-48
- [23] 胡咏梅, 王新潮, 任爱红, 等. 中国人体表面积实测值与以 Stevenson 公式计算值的比较 [J]. 新乡医学院学报, 1996, 16(3): 228-230
- [24] 高国柱, 陈立武, 钱庆兵, 等. 皖东农村汉族青少年体表面积分析 [J]. 解剖学杂志, 2014, 37(4): 537-542
- [25] 席焕久, 陈昭. 人体测量方法 (第 2 版) [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 4
- [26] 中国学生体质与健康研究组. 2010 年中国学生体质与健康调研报告 [M]. 高等教育出版社, 2012: 187-210
- [27] 潘雷, 魏东, 吴秀杰. 世界主要人群头面部表面积的纬度分布特点及其与温度的关系 [J]. 中国科学, 2014, 44(8): 1844-1853
- [28] 陈琳, 洪传浩, 陶旭光. 大气二氧化碳污染对妇女和儿童肺功能的影响 [J]. 环境与健康杂志, 1993, 10(4): 152
- [29] 顾珩, 康家琦, 程义斌, 等. 城市大气污染对儿童呼吸功能的影响 [J]. 卫生研究, 2007, 36(3): 326-327
- [30] 张振营, 王平, 魏爱民. 西平县小洪河水污染对儿童生长发育的影响 [J]. 河南预防医学杂志, 2003, 14(6): 347
- [31] 韩忠敏, 柳璐, 原有峰. 黑河污染对儿童生长发育的影响 [J]. 现代预防医学, 2009, 36(24): 4623-4626
- [32] 唐锡麟. 儿童少年生长发育 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991: 156-174
- [33] 唐锡麟, 王志强, 王冬妹. 中国汉族青年身高水平的地域分布 [J]. 人类学学报, 1994, 13(2): 143-148
- [34] 环境保护部. 中国环境公报 [EB/OL]. http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/qt/201108/t20110829_216607.htm [2011-08-29]
- [35] 格日力. 居住低海拔和高海拔地区藏族低氧通气反应的特点 [J]. 中华结核和呼吸系疾病杂志, 1994, 17(6): 364
- [36] 高钰琪. 高原病理生理学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 57-75.