

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2016.0024

海拔对儿童和青少年生长发育的影响

席焕久, 李文慧, 温有锋, 刘堃

辽宁医学院生物人类学研究所 锦州 121001

摘要: 为进一步探讨自然环境因素对生长发育的影响, 本文收集了 14 个省会城市 1996 年以来 7-18 岁 107986 (男 56300, 女 51686) 儿童青少年的身高、体重、胸围资料及体质测量当年的海拔、年降水量、年均气温和年日照时数资料, 做海拔等自然环境因素与发育指标的 Z-分数和发育分相关与回归分析。结果表明, 从低海拔组到中海拔组、高海拔组, 儿童青少年的生长发育指标逐步下降, 其中体重与 BMI 有统计学意义 ($P < 0.05$), 但身高和胸围无统计学意义 ($P > 0.05$), 低海拔组发育指标明显好于高海拔组; 生长发育水平与海拔的相关系数大于年均气温和日照时数, 与年降水量不相关; 回归分析表明海拔每增加 1000m, 身高、体重、胸围和 BMI 分别减少 0.112, 0.101, 0.043 和 0.118 个 Z-分数。在四项自然环境因素中, 海拔对生长发育的影响最大, 对身高、体重、胸围和 BMI 的贡献率分别是 28.0%, 26.8%, 12.0%, 16.8%。

关键词: 海拔; 影响; 生长发育; 省会城市

中图法分类号: Q983; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2016)02-0267-16

Altitude effects on growth and development of children and adolescents

Huanjiu Xi, Wenhui Li, Youfeng Wen, Kun Liu

Institute of Biological Anthropology in Liaoning Medical University Jinzhou 121001

Abstract: In this research, the effect of altitude on growth and development of 107,986 children and adolescents from 7 to 18 years old in 14 capital cities of China was examined. Altitude, annual precipitation, average annual temperature and annual sunshine hours were regressed using z-scores and developmental scores for height, weight, chest circumference and BMI. Independent of environmental conditions, altitude negatively affected height, weight, chest circumference and BMI by approximately -0.112, -0.101, -0.043 and -0.118 z-scores per kilometer altitude above sea level, respectively. Approximately 28.0%, 26.8%, 12.0%, 16.8% of a reduction of height, weight, chest circumference and BMI were due to altitude effects among four natural

收稿日期: 2015-07-24; 定稿日期: 2015-09-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30270696)

作者简介: 席焕久 (1945-), 男, 满族, 辽宁绥中人, 硕士, 教授, 主要从事人类学研究。E-mail: huanjiuxi@163.com

Citation: Xi HJ, Li WH, Wen YF, et al. Altitude effects on growth and development of children and adolescents[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2016, 35(2): 267-282

circumference factors. There was a declining gradient from low to high altitude although it was insignificant ($P>0.05$) for height and chest circumference but significant ($P<0.05$) for weight and BMI. However, the development level of children and adolescents in low altitude groups is much better than that found in high altitude groups. Altitude was an important factor in affecting growth and development of children and adolescents.

Key words: Altitude; Growth and development; Urban

今年是吴汝康院士百年诞辰，为弘扬他为人类学发展做出的巨大贡献，特献上此文以纪念吴汝康院士并供同行们分享。

1 前 言

海拔对生长发育的影响有多大，这是很多学者一直探讨的复杂问题。1990年林琬生等在中国青年生长发育环境差异的研究中提出，自然环境因素是影响人类生长发育的一个不可忽视的因素^[1]。高原地区与一些具有良好营养状况地区的儿童青少年相比，往往高原地区居住者身体更短、更轻、成熟更晚^[2]。席焕久等的研究也证明，藏族儿童青少年发育水平平均低于中国九省市的水平^[3]。海拔对儿童青少年生长发育的影响也有不同的研究结论，生活在3800-4000m玻利维亚的Aymara儿童往往比生活在较高海拔的Quechua儿童高和重^[4]。Little根据南墨西哥儿童青少年的研究对海拔与生长发育的关系做了比较细致的分析，认为近36%的身高的减少和54%BMI的增加来自海拔^[5]，但王文初等做的主成分分析认为身高与海拔不相关，与其他环境因素相关^[6]。那么海拔对儿童青少年的生长发育到底有没有影响？有多大影响？这就是本文要回答的问题。

2 研究对象和方法

本文从全国收集了14个省会城市1996年以来7-18岁107986名（男，56300名；女，51686名）儿童青少年的身高、体重和胸围资料^[3,7-19]以及所在省会城市当年体质测量时的自然生态参数（海拔、年降水量、年平均气温、日照时数）^[20-33]（详见附件，表1-3）。除拉萨的儿童青少年的身高、体重、胸围和BMI是本课题组自己采集或计算并全部为藏族外，其余数据均来自省会城市当时的统计年鉴且不分民族。在选择时，不包括直辖市，去掉了时间久远的（1995年以前）以及测量数据不全（只有身高和体重）的资料。参照Little等^[5]的方法，将这些资料按海拔分成3组，即低海拔（L）组0-999m、中海拔（M）组1000-1999m、高海拔（H）组2000m以上，其中海拔最低的是广州（6.6m），海拔最高的是拉萨（3658m）。这14个省会城市分布在全国的东西南北中。身高、体重、BMI和胸围的Z-分数参照系是2010年全国的平均值（详见附件表4）^[34]。

Z-分数公式为 $Z = (X - \bar{X}) / SD$ 生长发育指标的Z-分数见附件表4。

表 1 不同海拔样本的构成
Tab.1 Samples in different altitude

年龄 (岁)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	合计	文献来源
拉萨	51/53	56/56	48/79	53/58	57/49	55/47	63/55	50/49	52/58	57/63	56/59	58/54	1336(656/680)	[3] 席焕久等 2009
西宁	72/104	119/96	133/188	145/128	108/95	148/158	398/411	597/626	659/688	656/631	620/636	399/449	8264 (4054/4210)	[7] 杜增茹 2001
兰州	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	1200 (600/600)	[8] 李志强等 2002
银川	-	31/24	57/55	60/38	89/70	122/110	328/371	650/701	639/721	535/582	351/355	305/247	6441 (3167/3274)	[9] 杨建军等 2006
贵阳	50/50	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	50/50	2000 (1000/1000)	[10] 董东风等 2002
呼和浩特	60/60	60/60	60/60	60/60	60/60	60/60	60/60	60/60	60/60	60/60	60/60	60/60	1440 (720/720)	[11] 刘梦来等 2012
太原	105/105	103/104	103/103	103/105	105/104	102/105	104/104	104/103	105/104	107/103	103/105	106/105	2500 (1250/1250)	[12] 高翠青等 2006
福州	102/102	102/102	102/102	102/102	102/102	102/102	102/102	102/102	102/102	102/102	102/100	104/100	2444 (1226/1218)	[13] 林馨等 2014
长沙	5313/4546	5270/4535	5308/4585	5017/4357	4984/4203	3155/2411	1195/862	1168/1041	1378/1179	912/961	862/987	-	64229 (34562/29667)	[14] 康如彤等 2006
沈阳	350/350	350/350	350/350	350/350	350/350	350/350	350/350	350/350	350/350	350/350	350/350	350/350	8400 (4200/4200)	[15] 陈蓉等 2007
武汉	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	2400 (1200/1200)	[16] 李林等 2013
海口	71/71	71/74	71/74	71/74	71/74	71/74	71/74	71/74	71/74	71/74	71/74	72/70	1734 (853/881)	[17] 杨来益等 2002
南京	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	52/26	2796 (1372/1424)	[18] 苏立新等 2002
广州	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	120/120	2880 (1440/71440)	[19] 熊莉华等 2007
合计	6564/5831	6642/5881	6712/6076	6441/5752	6406/5587	4645/3897	3151/2869	3632/3586	3896/3816	3330/3404	3055/3206	1826/1781	107986 (56300/51686)	--

注: 表中“/”前为男, 后为女

表 2 儿童青少年身高、体重和胸围 (\bar{X} , cm/kg)
Tab.2 Height, Weight and Chest circumference of Children and Adolescents

性别	年龄 项目 (岁)	全国	拉萨	西宁	兰州	银川	贵阳	呼和浩特	太原	福州	长沙	沈阳	武汉	海口	南京	广州		
男	身高	7	126.90	122.87	121.82	122.17	--	122.12	128.90	127.60	128.20	122.40	126.00	127.10	121.11	128.74	126.25	
		8	132.15	128.04	126.79	127.07	122.30	128.19	133.30	133.20	132.60	127.50	132.30	132.00	126.80	133.47	131.33	
		9	137.44	129.88	131.44	131.52	127.50	131.32	138.40	136.90	138.60	132.60	137.30	137.10	132.26	138.91	135.16	
		10	142.45	133.84	135.44	136.79	133.20	136.37	141.80	142.70	141.70	137.50	142.90	144.00	136.94	142.28	140.90	
		11	148.14	141.23	139.72	141.59	136.50	141.72	149.60	148.50	150.00	142.80	148.80	147.40	141.75	149.04	148.06	
		12	154.23	146.73	147.05	148.16	144.30	145.23	157.10	153.70	158.50	147.00	152.30	156.60	147.69	157.85	154.14	
		13	161.71	150.75	152.56	154.99	154.00	153.45	161.10	163.10	165.40	151.60	161.20	161.30	156.36	164.67	162.12	
		14	166.99	158.23	159.08	164.25	158.80	160.68	167.40	167.70	170.70	158.90	167.20	167.20	164.77	168.68	167.30	
		15	170.01	162.84	165.01	166.91	165.30	163.72	170.70	170.80	172.10	164.00	170.90	171.10	166.56	171.95	168.53	
		16	171.48	164.70	168.80	169.03	169.10	166.71	172.50	173.90	173.90	167.20	173.70	171.30	167.11	172.02	170.26	
		17	172.24	167.61	170.29	170.30	172.70	168.78	174.20	173.50	174.80	169.20	174.10	172.30	168.72	174.02	171.01	
		18	172.17	167.65	171.12	171.12	173.90	167.46	173.90	173.00	173.00	--	174.60	171.20	169.66	171.30	171.44	
	体 重		7	26.69	23.06	21.72	22.08	--	22.97	27.70	26.50	27.10	24.30	26.20	27.40	22.42	28.10	25.97
			8	29.63	26.07	25.02	24.71	22.90	26.97	30.90	31.90	29.60	26.90	30.20	29.70	25.86	32.00	28.62
			9	33.44	26.72	26.88	26.52	25.71	29.03	33.80	32.50	34.30	30.00	33.70	35.10	27.75	35.30	31.34
			10	37.16	28.93	28.72	30.04	29.63	30.68	37.60	36.80	35.10	33.50	37.20	37.90	30.42	38.31	35.72
			11	41.69	34.62	31.49	34.30	32.67	34.96	44.60	40.00	42.20	37.00	41.60	40.60	33.37	43.60	40.55
			12	46.25	35.95	35.84	37.38	36.50	36.73	53.00	46.60	48.50	39.50	44.10	46.10	36.97	48.04	44.80
		13	51.79	39.65	38.58	42.17	45.65	42.06	51.50	52.50	53.50	42.70	51.00	48.40	44.81	54.20	50.76	
		14	56.37	45.62	43.43	49.40	49.15	48.29	58.40	58.70	56.60	47.40	56.30	55.30	50.42	57.77	57.23	
		15	59.36	47.16	48.55	52.35	54.94	51.44	61.30	61.30	59.50	52.30	60.50	62.10	52.20	62.53	57.00	
		16	61.03	50.42	52.84	55.40	59.55	53.48	62.00	65.00	60.70	55.80	63.70	63.10	53.49	61.91	57.56	
		17	62.68	53.54	54.67	56.50	63.86	57.34	66.20	65.80	63.90	58.30	65.70	65.90	56.74	66.70	58.49	
		18	63.08	53.59	56.11	58.89	65.24	56.43	67.20	62.30	63.80	--	65.60	66.30	57.66	63.63	60.79	

续表 2 儿童青少年身高、体重和胸围 (\bar{X} , cm/kg)
Tab.2 Height, Weight and Chest circumference of Children and Adolescents

性别	项目	年龄 (岁)	全国	拉萨	西宁	兰州	银川	贵阳	呼和浩特	太原	福州	长沙	沈阳	武汉	海口	南京	广州	
男	胸围	7	60.71	58.91	60.26	58.69	--	57.22	61.90	61.40	61.60	58.20	60.00	61.40	58.10	62.63	62.42	
		8	63.04	60.99	60.56	60.74	57.13	60.73	64.50	64.40	63.10	60.40	63.30	62.80	60.97	65.94	64.59	
		9	66.07	61.85	62.20	62.32	58.57	62.54	66.60	66.60	65.40	66.20	62.60	65.10	67.90	63.46	68.26	67.37
		10	68.71	63.58	63.80	64.94	61.43	63.27	69.50	68.20	68.20	66.60	65.10	67.00	70.40	64.82	70.67	70.47
		11	71.55	67.10	65.81	68.21	63.88	66.64	74.60	74.60	70.60	72.50	67.30	69.20	71.50	66.74	74.34	73.42
		12	73.87	69.21	69.43	69.64	66.00	67.62	79.20	79.20	75.20	75.20	68.80	70.90	74.10	69.35	77.28	75.97
		13	77.33	70.52	70.78	73.41	70.18	71.52	77.00	77.00	77.60	78.10	70.80	76.40	75.20	75.05	80.98	79.50
		14	80.31	74.97	74.25	77.90	71.62	75.77	82.10	82.10	81.90	80.60	73.20	79.70	79.50	78.47	83.48	83.85
		15	82.11	76.04	77.22	80.38	73.38	77.07	82.80	82.80	82.80	82.80	76.60	82.10	83.70	80.21	86.23	83.77
		16	83.45	77.52	82.13	82.37	77.92	77.92	79.59	85.30	84.50	83.80	79.20	83.80	84.70	81.34	86.24	84.12
女	身高	7	86.23	81.88	82.75	85.04	84.52	81.78	87.90	85.50	86.50	--	85.70	85.40	84.63	87.76	86.62	
		8	125.51	119.92	121.15	120.64	--	121.31	127.10	125.50	126.90	121.10	125.30	125.20	120.94	126.67	123.71	
		9	130.72	124.69	125.17	126.18	122.71	127.02	131.30	131.30	131.20	132.40	126.00	131.20	130.80	126.07	132.09	129.62
		10	136.55	129.66	130.24	132.19	126.45	131.71	135.50	135.50	135.80	139.40	132.00	135.90	136.40	131.95	137.67	135.05
		11	142.87	135.39	135.45	135.75	131.44	137.85	142.90	142.90	142.60	147.20	138.10	143.30	140.50	138.13	144.22	141.66
		12	149.17	136.79	142.31	142.24	141.86	144.16	149.60	149.60	148.10	153.60	144.00	149.80	149.00	145.23	150.88	148.16
		13	153.46	142.89	149.03	147.48	148.17	146.52	155.10	155.10	153.50	157.90	147.50	153.60	154.10	148.96	155.77	152.58
		14	157.13	149.28	153.14	153.27	154.19	152.31	158.10	158.10	159.00	159.30	150.70	158.50	157.10	153.42	157.10	155.74
		15	158.91	150.67	155.45	156.49	156.44	153.61	159.60	159.60	158.20	161.00	154.10	159.70	157.90	154.95	159.48	157.77
		16	159.33	153.56	157.56	157.04	158.76	155.79	161.10	161.10	159.60	161.00	155.50	160.80	160.40	155.65	160.30	157.79
17	160.00	155.31	159.17	157.61	161.74	156.57	160.80	160.80	161.30	162.10	157.10	162.40	160.00	156.04	160.31	158.13		
18	159.91	154.62	159.78	157.83	161.62	155.47	160.70	160.70	161.40	162.10	--	161.80	159.50	156.91	159.32	157.52		

续表 2 儿童青少年身高、体重和胸围 (\bar{x} , cm/kg)
Tab.2 Height, Weight and Chest circumference of Children and Adolescents

性别	年龄 (岁)	项目	全国	拉萨	西宁	兰州	银川	贵阳	呼和浩特	太原	福州	长沙	沈阳	武汉	海口	南京	广州	
女	7	体重	24.70	21.62	21.67	21.13	--	21.65	24.80	24.00	24.78	22.90	25.20	24.60	21.78	25.53	24.15	
	8		27.42	24.22	23.75	23.48	22.65	24.86	28.20	27.70	28.19	25.20	28.50	27.80	24.28	29.39	27.05	
	9		30.91	26.23	25.73	25.83	23.88	27.49	30.50	30.70	31.97	28.50	31.00	30.20	26.91	32.70	29.78	
	10		35.05	30.06	27.43	28.69	27.81	31.14	37.30	34.70	37.48	32.10	35.20	32.40	30.99	36.72	33.67	
	11		39.94	33.81	31.51	32.76	33.34	36.14	41.80	40.10	43.81	36.10	40.40	38.70	34.78	43.18	38.82	
	12		43.60	36.38	36.09	35.36	37.92	37.59	44.70	43.70	46.51	38.70	43.60	44.70	38.86	44.12	42.95	
	13		47.55	40.47	39.70	40.17	44.16	40.59	48.00	48.60	48.31	41.30	48.60	47.30	43.00	45.89	46.11	
	14		49.83	44.59	43.07	45.03	46.36	43.95	50.50	49.00	49.43	45.30	50.50	49.10	44.18	51.09	48.01	
	15		50.97	47.23	45.71	48.16	49.76	48.04	53.10	52.10	51.43	47.40	52.30	53.00	45.55	52.05	51.02	
	16		51.86	48.29	47.46	47.94	52.06	48.94	53.10	53.00	51.65	49.00	53.70	52.10	45.54	53.14	49.93	
	17		52.21	50.77	48.84	53.67	53.78	49.07	53.30	52.50	51.60	49.30	54.20	53.10	48.72	53.79	50.69	
	18		52.08	53.59	49.42	50.57	53.56	47.32	56.00	53.40	52.49	--	54.30	51.90	48.61	53.63	49.72	
	胸围	7		58.25	57.21	59.35	57.13	--	57.67	59.10	57.20	58.90	56.60	58.00	58.70	57.33	59.64	57.95
		8		60.58	58.80	58.85	58.50	55.69	60.48	62.00	60.70	62.20	58.40	61.20	60.70	58.80	62.62	60.04
		9		63.22	60.54	61.06	60.58	55.89	63.27	63.90	63.40	64.80	61.00	62.80	62.20	61.13	65.50	62.10
		10		66.56	63.25	62.07	63.00	59.28	66.17	69.50	66.00	69.00	63.80	65.00	64.60	64.43	68.16	65.18
		11		70.28	65.53	65.68	65.98	63.69	69.75	72.30	69.80	73.90	67.00	68.30	70.10	67.47	74.49	69.03
		12		72.90	69.53	69.17	68.55	66.89	70.64	73.80	72.50	75.20	69.20	70.10	74.70	70.95	75.96	71.63
13			75.77	71.74	74.27	72.63	68.47	73.01	77.50	75.90	77.50	71.90	75.70	77.60	73.38	77.58	73.90	
14			77.53	76.53	75.43	76.24	68.48	75.50	79.00	77.40	77.90	74.50	77.40	78.50	74.61	82.30	75.03	
15			78.34	79.05	77.03	78.17	70.09	78.73	80.00	78.70	79.50	76.80	77.80	80.40	75.67	83.18	77.19	
16			79.44	79.68	79.17	78.39	79.34	79.79	79.80	79.70	79.70	79.30	79.00	80.80	75.85	83.79	76.53	
17			79.88	81.02	79.45	80.12	81.19	79.39	81.60	79.90	79.70	79.50	79.80	82.40	78.20	84.66	77.09	
18			79.89	81.11	79.82	80.91	81.74	78.42	82.70	81.00	80.30	--	79.90	80.90	78.04	84.56	76.90	

表 3 各省会城市的自然生态参数
Tab.3 The natural ecological parameters of capital cities

城市	时间	海拔 (M)	年降水量 (ml)	年均气温 (°C)	年日照时数 (h)
拉萨	2004	3658.0	500.0	7.4	3000.0
西宁	1997	2296.2	410.0	5.5	2786.1
兰州	2000	1520.0	995.0	8.8	2600.0
银川	2005	1111.5	778.0	9.8	244.5
贵阳	2000	1071.2	942.3	14.5	1278.0
呼和浩特	2010	1063.0	469.5	7.6	2156.5
太原	2005	777.9	336.9	9.8	2796.0
福州	2010	84.0	1500.0	18.0	1840.0
长沙	2005	44.9	1390.0	17.2	1423.1
沈阳	2005	41.6	500.0	8.3	2372.5
武汉	2010	23.3	1337.9	16.6	1544.0
海口	2000	14.1	1686.4	24.2	2000.0
南京	2002	8.9	1074.6	16.6	2182.4
广州	2004	6.6	1506.3	22.4	1917.0

数据来自省会城市或省市区当年的统计年鉴

发育分的计算公式

发育总分 = 身高发育分 + 体重发育分 + 胸围发育分 + BMI 发育分

发育分 = $(100 + (X_i - \bar{X}) \times 10/S) \times$ 权重系数

X_i 表示第 i 个省会城市某指标的均值。权重系数值根据生长发育的因子分析载荷量大小和因子得分确定^[1]。

经计算男身高、体重、胸围、BMI 的权重系数分别是 0.2501, 0.2583, 0.2536, 0.2380; 而女分别为 0.2468, 0.2570, 0.2514, 0.2448。

数据处理: 本文应用 EXCEL 及 SPSS20.0 软件进行数据处理, 主要统计学方法为方差分析、双变量相关分析和回归分析。

3 结果

3.1 三组不同海拔的体质发育比较

三组不同海拔的体质发育比较见表 5。三个组的方差分析表明, 从低海拔 (L) 组、中海拔 (M) 组到高海拔 (H) 组, 身高、体重、胸围和 BMI 有不断减小趋势, 存在一个梯度, 体重和 BMI 有统计学意义 ($P < 0.05$), 身高和胸围但无统计学意义 ($P > 0.05$)。

3.2 男女身高、体重、胸围和 BMI 的 Z 分数与海拔的相关分析

男女身高、体重、胸围和 BMI 的 Z 分数与海拔的相关分析见表 6。从表 6 看出, 海拔与身高、体重、胸围和 BMI 的 Z- 分数有着明显的负相关关系 ($P < 0.01$)。四项身体发

表 4 省会城市儿童青少年身高、体重、胸围和 BMI 的 Z-分数值

Tab.4 Z-scores for Height, Weight, Chest circumference and BMI of Children and Adolescents in capital cities

性别	项目	年龄	拉萨	西宁	兰州	银川	贵阳	呼和浩特	太原	福州	长沙	沈阳	武汉	海口	南京	广州			
男	身高	7	-0.69	-0.87	-0.81	--	-0.82	0.34	0.12	0.22	-0.77	-0.15	0.03	-0.99	0.32	-0.11			
		8	-0.70	-0.91	-0.86	-1.67	-0.67	0.20	0.18	0.08	-0.79	0.03	-0.03	-0.91	0.22	-0.14			
		9	-1.19	-0.95	-0.94	-1.57	-0.97	0.15	-0.09	0.18	0.18	-0.76	-0.02	-0.05	-0.82	0.23	-0.36		
		10	-1.26	-1.02	-0.83	-1.35	-0.89	-0.09	0.04	-0.11	-0.11	-0.72	0.07	0.23	-0.80	-0.02	-0.23		
		11	-0.88	-1.07	-0.83	-1.48	-0.82	0.19	0.05	0.24	0.24	-0.68	0.08	-0.09	-0.81	0.11	-0.01		
		12	-0.87	-0.83	-0.70	-1.15	-1.05	0.33	-0.06	0.50	0.50	-0.84	-0.22	0.28	-0.76	0.42	-0.01		
		13	-1.33	-1.11	-0.82	-0.94	-1.01	-0.07	0.17	0.45	0.45	-1.23	-0.06	-0.05	-0.65	0.36	0.05		
		14	-1.20	-1.09	-0.38	-1.13	-0.87	0.06	0.10	0.51	0.51	-1.11	0.03	0.03	-0.30	0.23	0.04		
		15	-1.09	-0.76	-0.47	-0.71	-0.95	0.10	0.12	0.32	0.32	-0.91	0.13	0.17	-0.52	0.29	-0.22		
		16	-1.08	-0.43	-0.39	-0.38	-0.76	0.16	0.39	0.39	0.39	-0.68	0.36	-0.03	-0.70	0.09	-0.20		
		17	-0.75	-0.32	-0.31	0.07	-0.56	0.32	0.20	0.41	0.41	-0.49	0.30	0.01	-0.57	0.29	-0.20		
		18	-0.72	-0.17	-0.17	0.27	-0.75	0.27	0.13	0.13	0.13	--	0.39	-0.15	-0.4	-0.14	-0.12		
		男	体重	7	-0.64	-0.88	-0.81	--	-0.65	0.18	-0.03	0.07	-0.42	-0.09	0.13	-0.75	0.25	-0.13	
				8	-0.54	-0.70	-0.75	-1.03	-0.41	0.19	0.35	0.00	-0.42	0.09	0.01	-0.58	0.36	-0.15	
				9	-0.85	-0.83	-0.88	-0.98	-0.56	0.05	-0.12	0.11	0.11	-0.44	0.03	0.21	0.24	-0.27	
				10	-0.89	-0.91	-0.77	-0.82	-0.70	0.05	-0.04	-0.22	-0.22	-0.40	0.00	0.08	-0.73	0.12	-0.16
				11	-0.67	-0.96	-0.70	-0.85	-0.63	0.27	-0.16	0.05	0.05	-0.44	-0.01	-0.1	-0.78	0.18	-0.11
				12	-0.87	-0.88	-0.75	-0.82	-0.80	0.57	0.03	0.19	0.19	-0.57	-0.18	-0.01	-0.78	0.15	-0.12
13	-1.01			-1.1	-0.80	-0.51	-0.81	-0.02	0.06	0.14	0.14	-0.75	-0.07	-0.28	-0.58	0.20	-0.09		
14	-0.88			-1.06	-0.57	-0.59	-0.66	0.17	0.19	0.02	0.02	-0.73	-0.01	-0.09	-0.49	0.11	0.07		
15	-1.02			-0.90	-0.59	-0.37	-0.66	0.16	0.16	0.01	0.01	-0.59	0.10	0.23	-0.60	0.26	-0.20		
16	-0.95			-0.73	-0.50	-0.13	-0.68	0.09	0.36	-0.03	-0.03	-0.47	0.24	0.19	-0.68	0.08	-0.31		
17	-0.81			-0.71	-0.55	0.10	-0.47	0.31	0.28	0.11	0.11	-0.39	0.27	0.29	-0.53	0.36	-0.37		
18	-0.85			-0.63	-0.38	0.19	-0.60	0.37	-0.07	0.06	0.06	--	0.23	0.29	-0.49	0.05	-0.21		

续表 4 省会城市儿童青少年身高、体重、胸围和 BMI 的 Z-分数值
 Tab.4 Z-scores for Height, Weight, Chest circumference and BMI of Children and Adolescents in capital cities

性别	项目	年龄	拉萨	西宁	兰州	银川	贵阳	呼和浩特	太原	福州	长沙	沈阳	武汉	海口	南京	广州		
	胸围	7	-0.32	-0.08	-0.36	--	-0.62	0.21	0.12	0.16	-0.45	-0.13	0.12	-0.46	0.34	0.30		
		8	-0.33	-0.40	-0.37	-0.95	-0.37	0.23	0.22	0.01	-0.42	0.04	-0.04	-0.33	0.47	0.25		
		9	-0.58	-0.53	-0.52	-1.03	-0.49	0.07	-0.09	0.02	-0.48	-0.13	0.25	-0.36	0.30	0.18		
		10	-0.63	-0.6	-0.46	-0.90	-0.67	0.10	-0.06	-0.26	-0.44	-0.21	0.21	-0.48	0.24	0.22		
		11	-0.51	-0.66	-0.39	-0.89	-0.57	0.35	-0.11	0.11	0.11	-0.49	-0.27	-0.01	0.32	0.22		
		12	-0.52	-0.50	-0.48	-0.89	-0.70	0.6	0.15	0.15	0.15	-0.57	-0.33	0.03	-0.51	0.38	0.24	
		13	-0.79	-0.76	-0.45	-0.83	-0.67	-0.04	0.03	0.09	0.09	-0.76	-0.11	-0.25	-0.26	0.42	0.25	
		14	-0.64	-0.72	-0.29	-1.04	-0.54	0.21	0.19	0.03	0.03	-0.85	-0.07	-0.10	-0.22	0.38	0.42	
		15	-0.76	-0.61	-0.22	-1.09	-0.63	0.09	0.09	0.09	0.09	-0.69	0.00	0.20	-0.24	0.51	0.21	
		16	-0.80	-0.18	-0.15	-0.75	-0.52	0.25	0.14	0.05	0.05	-0.58	0.05	0.17	-0.29	0.38	0.09	
		17	-0.55	-0.40	-0.19	-0.26	-0.47	0.35	0.32	0.15	0.15	-0.42	0.16	0.20	-0.13	0.60	0.01	
		18	-0.60	-0.48	-0.16	-0.24	-0.62	0.23	-0.10	0.04	0.04	--	-0.07	-0.11	-0.22	0.21	0.05	
		BMI	7	-0.72	-1.07	-0.99	--	-0.65	0.05	-0.17	-0.05	-0.20	-0.04	0.21	-0.71	0.21	-0.16	
			8	-0.53	-0.70	-0.83	-0.82	-0.28	0.21	0.50	-0.07	-0.07	-0.21	0.14	0.04	-0.44	0.49	-0.19
			9	-0.82	-0.94	-1.04	-0.83	-0.38	-0.02	-0.16	0.07	0.07	-0.28	0.08	0.43	-0.81	0.26	-0.24
			10	-0.87	-1.06	-0.90	-0.65	-0.73	0.15	-0.10	-0.33	-0.33	-0.24	-0.04	-0.01	-0.84	0.24	-0.13
			11	-0.66	-1.15	-0.76	-0.59	-0.64	0.37	-0.34	-0.10	-0.10	-0.34	-0.08	-0.12	-0.96	0.25	-0.20
			12	-1.11	-1.16	-0.98	-0.78	-0.82	0.82	0.11	0.06	-0.06	-0.47	-0.17	-0.26	-1.01	-0.07	-0.24
	13		-1.02	-1.40	-0.97	-0.24	-0.84	0.02	-0.03	-0.11	-0.11	-0.53	-0.08	-0.52	-0.64	0.08	-0.21	
	14		-0.84	-1.29	-0.80	-0.31	-0.64	0.26	0.28	-0.33	-0.33	-0.61	-0.03	-0.18	-0.69	0.04	0.10	
	15		-1.18	-1.16	-0.75	-0.18	-0.58	0.21	0.20	-0.19	-0.19	-0.47	0.08	0.29	-0.74	0.26	-0.20	
	16		-1.03	-1.05	-0.65	0.03	-0.72	0.04	0.35	-0.33	-0.33	-0.38	0.17	0.36	-0.76	0.08	-0.43	
	17		-0.98	-1.08	-0.78	0.13	-0.47	0.33	0.35	-0.10	-0.10	-0.36	0.26	0.51	-0.57	0.43	-0.54	
	18		-1.09	-1.05	-0.58	0.14	-0.57	0.46	-0.23	0.02	0.02	--	0.12	0.66	-0.62	0.20	-0.30	

续表 4 省会城市儿童青少年身高、体重、胸围和 BMI 的 Z-分数值
 Tab.4 Z-scores for Height, Weight, Chest circumference and BMI of Children and Adolescents in capital cities

性别	项目	年龄	拉萨	西宁	兰州	银川	贵阳	呼和浩特	太原	福州	长沙	沈阳	武汉	海口	南京	广州		
女	身高	7	-0.99	-0.77	-0.87	--	-0.75	0.28	0.00	0.25	-0.78	-0.04	-0.06	-0.81	0.21	-0.32		
		8	-1.01	-0.93	-0.76	-1.34	-0.62	0.1	0.08	0.28	-0.79	0.08	0.01	-0.78	0.23	-0.18		
		9	-1.06	-0.97	-0.67	-1.55	-0.74	-0.16	-0.12	0.44	-0.70	-0.10	-0.02	-0.71	0.17	-0.23		
		10	-1.04	-1.04	-0.99	-1.60	-0.70	0.00	-0.04	0.60	-0.67	0.06	-0.33	-0.66	0.19	-0.17		
		11	-1.68	-0.93	-0.94	-0.99	-0.68	0.06	-0.15	0.60	-0.70	0.09	-0.02	-0.54	0.23	-0.14		
		12	-1.53	-0.64	-0.87	-0.77	-1.01	0.24	0.01	0.64	-0.86	0.02	0.09	-0.65	0.33	-0.13		
		13	-1.32	-0.67	-0.65	-0.49	-0.81	0.16	0.31	0.37	-1.08	0.23	-0.01	-0.62	-0.01	-0.23		
		14	-1.46	-0.61	-0.43	-0.44	-0.94	0.12	-0.13	0.37	-0.85	0.14	-0.18	-0.70	0.10	-0.20		
		15	-1.00	-0.31	-0.40	-0.10	-0.61	0.31	0.05	0.29	-0.66	0.25	0.18	-0.64	0.17	-0.27		
		16	-0.95	-0.20	-1.21	-0.05	-0.71	0.23	0.21	0.32	-0.59	0.41	0.02	-0.69	0.07	-0.32		
		17	-0.84	-0.15	-0.43	0.31	-0.61	0.14	0.23	0.38	-0.52	0.43	-0.07	-0.63	0.24	-0.39		
		18	-0.95	-0.02	-0.37	0.31	-0.80	0.14	0.27	0.39	--	0.34	-0.07	-0.54	-0.11	-0.43		
			体重	7	-0.67	-0.66	-0.77	--	-0.66	0.02	-0.15	0.02	-0.39	0.11	-0.02	-0.63	0.18	-0.12
				8	-0.58	-0.66	-0.71	-0.86	-0.46	0.14	0.05	0.14	-0.40	0.19	0.07	-0.57	0.35	-0.07
				9	-0.72	-0.80	-0.79	-1.09	-0.53	-0.06	-0.03	0.16	-0.37	0.01	-0.11	-0.62	0.28	-0.17
				10	-0.65	-0.99	-0.82	-0.94	-0.51	0.29	-0.05	0.31	-0.38	0.02	-0.34	-0.53	0.22	-0.18
				11	-0.69	-0.95	-0.81	-0.74	-0.43	0.21	0.02	0.44	-0.43	0.05	-0.14	-0.58	0.37	-0.13
				12	-0.8	-0.83	-0.91	-0.63	-0.66	0.12	0.01	0.32	-0.54	0.00	0.12	-0.52	0.06	-0.07
13	-0.79			-0.88	-0.83	-0.38	-0.78	0.05	0.12	0.09	-0.70	0.12	-0.03	-0.51	-0.19	-0.16		
14	-0.62			-0.80	-0.57	-0.41	-0.70	0.08	-0.10	-0.05	-0.54	0.08	-0.09	-0.67	0.15	-0.22		
15	-0.45			-0.64	-0.34	-0.15	-0.36	0.26	0.14	0.06	-0.43	0.16	0.25	-0.66	0.13	0.01		
16	-0.47			-0.57	-0.51	0.03	-0.38	0.16	0.15	-0.03	-0.37	0.24	0.03	-0.82	0.17	-0.25		
17	-0.19			-0.44	0.19	0.21	-0.41	0.14	0.04	-0.08	-0.38	0.26	0.12	-0.46	0.21	-0.20		
18	0.19			-0.34	-0.19	0.19	-0.61	0.50	0.17	0.05	--	0.29	-0.02	-0.45	0.20	-0.30		

续表 4 省会城市儿童青少年身高、体重、胸围和 BMI 的 Z-分数值
Tab.4 Z-scores for Height, Weight, Chest circumference and BMI of Children and Adolescents in capital cities

性别	项目	年龄	拉萨	西宁	兰州	银川	贵阳	呼和浩特	太原	福州	长沙	沈阳	武汉	海口	南京	广州	
	胸围	7	-0.21	0.23	-0.23	--	-0.12	0.17	-0.22	0.13	-0.34	-0.05	0.09	-0.19	0.28	-0.06	
		8	-0.32	-0.31	-0.37	-0.87	-0.02	0.25	0.02	0.29	-0.39	0.11	0.02	-0.32	0.36	-0.10	
		9	-0.43	-0.34	-0.42	-1.17	0.01	0.11	0.03	0.25	-0.35	-0.07	-0.16	-0.33	0.36	-0.18	
		10	-0.47	-0.64	-0.51	-1.04	-0.06	0.42	-0.08	0.35	-0.39	-0.22	-0.28	-0.30	0.23	-0.2	
		11	-0.62	-0.6	-0.56	-0.86	-0.07	0.26	-0.06	0.47	-0.43	-0.26	-0.02	-0.37	0.55	-0.16	
		12	-0.45	-0.5	-0.58	-0.80	-0.30	0.12	-0.05	0.31	-0.49	-0.37	0.24	-0.26	0.41	-0.17	
		13	-0.56	-0.21	-0.44	-1.02	-0.39	0.24	0.02	0.24	-0.54	-0.01	0.26	-0.33	0.25	-0.26	
		14	-0.15	-0.31	-0.19	-1.36	-0.30	0.22	-0.02	0.06	-0.45	-0.02	0.15	-0.44	0.72	-0.37	
		15	0.11	-0.2	-0.03	-1.28	0.06	0.26	0.06	0.18	-0.24	-0.08	0.32	-0.41	0.75	-0.18	
		16	0.04	-0.04	-0.17	-0.02	0.06	0.06	0.04	0.04	-0.06	-0.02	0.22	-0.58	0.71	-0.47	
		17	0.19	-0.07	0.04	0.22	-0.08	0.29	0.00	-0.03	-0.06	-0.01	0.42	-0.28	0.79	-0.46	
		18	0.20	-0.01	0.17	0.30	-0.24	0.46	0.18	0.18	0.07	--	0.00	0.16	0.76	-0.49	
		BMI	7	-0.47	-0.67	-0.85	--	-0.71	-0.24	-0.32	-0.21	-0.05	0.27	0.01	-0.58	0.17	0.07
			8	-0.29	-0.56	-0.81	-0.63	-0.40	0.19	0.03	0.02	0.02	-0.11	0.32	0.13	0.50	0.03
			9	-0.58	-0.84	-1.07	-0.98	-0.43	0.02	0.04	0.04	-0.07	-0.13	0.12	-0.21	0.40	-0.15
			10	-0.42	-1.21	-0.88	-0.59	-0.43	0.60	-0.06	-0.06	0.07	-0.19	-0.02	-0.41	0.26	-0.21
			11	0.06	-1.21	-0.89	-0.70	-0.28	0.37	0.17	0.17	0.32	-0.27	0.03	-0.26	0.52	-0.13
			12	-0.35	-1.16	-1.15	-0.63	-0.51	0.03	0.02	0.02	0.07	-0.37	-0.02	0.16	-0.51	-0.03
	13		-0.56	-1.18	-1.09	-0.35	-0.89	-0.03	-0.02	-0.02	-0.11	-0.54	0.04	-0.05	-0.50	-0.13	
	14		-0.05	-1.07	-0.75	-0.44	-0.62	0.05	-0.09	-0.09	-0.37	-0.37	0.04	-0.02	-0.74	-0.25	
	15		-0.03	-1.02	-0.34	-0.21	-0.17	0.23	0.23	0.23	-0.14	-0.29	0.09	0.32	-0.78	0.11	
	16		-0.06	-1.00	0.10	0.10	-0.11	0.11	0.10	0.10	-0.36	-0.21	0.09	0.05	-1.08	0.27	
	17		0.46	-0.79	0.86	0.12	-0.27	0.16	-0.15	-0.15	-0.54	-0.30	0.11	0.32	-0.35	0.19	
	18		1.37	-0.68	-0.04	0.09	-0.53	0.88	0.09	0.09	-0.26	--	0.25	0.02	-0.42	0.51	

表 5 不同海拔的身高、体重、胸围和 BMI 比较 ($\bar{X} \pm SD$)
Tab.5 Comparison of height, weight, chest circumference and BMI at different altitudes

		L组 (0-999m)	M组 (1000-1999m)	H组 (2000m-)
H (cm)	男	153.72±16.75	151.41±17.26	148.48±16.83
	女	148.68±12.53	146.90±13.06	143.94±13.30
	合计	151.20±14.97	149.15±15.39	146.21±15.18
W(kg)	男	46.20±13.39	43.83±13.88	38.72±11.46 [#]
	女	41.39±10.07	39.92±10.91	37.40±10.47
	合计	43.79±12.06	41.88±12.57	38.06±10.88 [#]
CC(cm)	男	74.53±8.92	72.30±9.21	70.59±8.09
	女	71.63±8.05	70.74±8.47	70.22±8.54
	合计	73.08±8.60	71.52±8.84	70.41±8.23
BMI	男	18.99±1.72	18.48±2.03	17.07±1.38 ^{#**※}
	女	18.32±1.74	18.02±2.14	17.60±2.19
	合计	18.66±1.76	18.25±2.09	17.34±1.83 ^{#**※}

L 组与 H 组比较, # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$; M 组与 H 组比较, ※ $P < 0.05$, ※※ $P < 0.01$

表 6 身高、体重、胸围和 BMI 的 Z 分数与自然环境因素的相关系数
Tab.6 Correlation coefficients between Z-scores for height, weight, chest circumference, BMI and natural environmental factors

		海拔(m)		年平均降水量 (ml)		年平均气温℃		年平均日照时数(h)	
		r	p	r	p	r	p	r	p
Z-H	男	-0.511	0.000	0.039	0.617	0.135	0.082	-0.097	0.214
	女	-0.552	0.000	0.023	0.766	0.104	0.181	-0.130	0.096
	合计	-0.531	0.000	0.031	0.570	0.120	0.029	-0.113	0.039
Z-W	男	-0.576	0.000	0.023	0.769	0.141	0.070	-0.190	0.014
	女	-0.461	0.000	-0.030	0.704	0.077	0.326	-0.113	0.146
	合计	-0.520	0.000	-0.002	0.973	0.110	0.045	-0.153	0.005
Z-CC	男	-0.480	0.000	0.120	0.122	0.247	0.001	-0.095	0.225
	女	-0.219	0.005	-0.019	0.809	0.051	0.514	-0.125	0.108
	合计	-0.350	0.000	0.052	0.345	0.150	0.006	-0.109	0.048
Z-BMI	男	-0.579	0.000	0.023	0.766	0.146	0.061	-0.260	0.001
	女	-0.240	0.002	-0.067	0.390	0.038	0.631	-0.073	0.350
	合计	-0.413	0.000	-0.020	0.717	0.093	0.090	-0.169	0.002

育指标 (Z- 分数) 与海拔相关系数大于其它三个自然环境参数, 但与年平均降水量不相关 ($P > 0.05$)。

3.3 身高、体重、胸围和 BMI 的 Z 分数与海拔的回归分析

身高、体重、胸围和 BMI 的 Z 分数与海拔的回归分析见表 7。

分别以身高、体重、胸围和 BMI 的 Z- 分数作为因变量, 以海拔为自变量, 进行一元线性回归, 表明每增加 1000m 海拔, 身高、体重、胸围和 BMI 分别减少 0.112, 0.101, 0.043 和 0.118 个标准单位。根据决定系数海拔对 H、W、CC、BMI 的贡献分别是 28.0%,

表 7 身高、体重、胸围和 BMI 的 Z 分数与海拔的回归分析

Tab.7 Regression analysis between Z-scores for height, weight, chest circumference, BMI and altitude

因变量		海拔M			ANOVA			
		B	SE	P	F	P	R ²	调整R ²
Z-H	男	-0.129	0.046	0.005	57.970	0.000	0.261	0.257
	女	-0.096	0.043	0.027	71.688	0.000	0.304	0.300
	合计	-0.112	0.031	0.000	129.529	0.000	0.282	0.280
Z-W	男	-0.102	0.035	0.004	81.245	0.000	0.331	0.327
	女	-0.101	0.034	0.003	44.330	0.000	0.213	0.208
	合计	-0.101	0.024	0.000	121.996	0.000	0.270	0.268
Z-CC	男	-0.045	0.034	0.189	49.216	0.000	0.231	0.226
	女	-0.042	0.036	0.252	8.291	0.005	0.048	0.042
	合计	-0.043	0.025	0.087	46.182	0.000	0.123	0.120
Z-BMI	男	-0.108	0.039	0.006	82.915	0.000	0.336	0.332
	女	-0.127	0.043	0.003	10.018	0.002	0.058	0.052
	合计	-0.118	0.030	0.000	67.747	0.000	0.170	0.168

26.8%, 12.0%, 16.8%。

在此基础上, 我们按照林琬生^[1]的方法, 身高、体重、胸围和 BMI 的加权分, 以此作为因变量, 把海拔作为自变量进行回归分析, 得出方程

$$Y=99.066-0.002 \text{ 海拔}$$

$R=-0.500$ ($P<0.001$), 说明海拔对生长发育的影响之大。

4 讨论

4.1 自然环境因素对生长发育的影响

很多研究证明, 高原地区的儿童青少年生长发育指标普遍低于 WHO 的参考标准^[35]。Dang 等^[36]在其研究中发现, 藏族的身高和体重与 WHO 参考标准相比, HAZ 和 WAZ 分布明显左移, 平均达 -1.53 和 -1.05。玻利维亚 Ancoraimes (3800-4000m) 儿童身高、体重也低于本国的标准^[4]。在 Aymara 地区, 与其国家参考标准比较, 从儿童到成年身高都矮于非高原地区, 只有 6-10 岁与参考标准接近^[37]。印度 (Choglam Sar) 2007 年儿童青少年生长发育指标明显低于国内同年水平^[38]。Weitz 等^[39], Haas 等^[40], Stinson^[41] 和 Tripathy^[42], 席焕久等^[3]的研究也都证实了这一点。本研究结果再次证明, 高海拔地区的儿童青少年的身高、体重、胸围和 BMI 都小于低海拔地区的儿童青少年。

高原缺氧对生长发育的影响是明显的, 生活在高海拔地区的儿童青少年比低海拔地区轻、矮, 这已得到很多学者的共识。随着海平面的升高这些指标有降低的倾向, 而在 2000 m 以下似乎无大影响。回归分析表明, 每升高 1000m 海拔, 会降低一定的 Z- 分数。这与 Little 等^[5]的结果不同, 在南墨西哥 Oaxaca 的儿童研究中, 海拔对身高、BMI 有影响,

而对体重无影响。他认为人的线性生长可能在 1000m 以上受到影响。本研究的结果是海拔对身高、体重、胸围和 BMI 都有负向影响, 这是否与民族或者遗传因素有关, 因而产生不同的适应机制, 还有待于继续研究。

4.2 海拔是影响生长发育的自然环境因素中比较重要的因素

自然环境因素包括很多变量, 海拔, 气温, 湿度, 纬度, 日照, 降水, 紫外线照射等, 本文选取海拔, 年均气温, 年日照时数和年降水量四个变量, 力求反映这些自然环境因素对生长发育的影响。

这四个变量分别与身高、体重、胸围和 BMI 进行相关分析, 除年降水量与这些生长发育指标无关外, 其他指标都与生长发育有关。一般说来, 海平面水平的空气密度是 $1292\text{g}/\text{m}^3$, 标准气压为 1013.2 毫巴, 拉萨的空气密度是 $810\text{g}/\text{m}^3$, 标准气压为 652 毫巴, 分别相当于平原的 62.64% 和 64.35%。人在生长发育过程中, 需要充分的氧供, 空气中的氧气不足会影响儿童青少年的生长发育, 表现为生长缓慢, 腿短, 胸径较大^[43]。

高原具有多重环境压力, 除高原缺氧外, 空气干燥、强烈的辐射、寒冷、人烟稀少、大风、崎岖的地形、有限的营养等, 但缺氧是最重要的^[44,45]。由于高原地区氧分压小, 生活在高原地区的居民生长缓慢与慢性缺氧有关, 氧的减少导致生长缓慢已得到动物实验证明^[46], 但是在人类, 还有一部分原因是与极端寒冷, 有限的营养资源和健康状况不佳有关^[47], 这方面将另有文章发表。

长期生活在高原环境中可以降低儿童的线性生长^[44], 可多达 1-4cm^[48], 但 Freyre 等认为海拔对生长及最后获得体重或身高具有很小的作用^[37]。厄瓜多尔的高原地区与海滨地区比较研究表明, 生后 5 年内, 高原对塑造生长起较小作用^[49]。对生活在海拔 2000m 的土耳其 CA (6-14 岁) 研究显示, 海拔对生长发育具有肯定地影响^[50]。

在高原出生长大的比短时间在高原生活的儿童身材矮小, 高原与其它环境、遗传因素相对对生长发育作用是小的^[41]。高原与低出生体重有关, 高原缺氧使胎儿在子宫内生长延迟^[51]。Freyre 等^[37]对海平面、中等海拔和高海拔青少年的生长发育研究表明, 中等海拔的青少年青春启动与海平面的青少年相近, 但持续时间长, 高海拔的青少年青春启动比另两个海拔的青少年明显晚, 而且持续时间更长。高原缺氧对生长发育的影响也有一个由量变到质变的适应过程, 只有达到一定的海拔并持续一定的时间才可能影响生长发育指标的变化, 或许这是很多研究结果不完全一致的原因^[43]。

在安第斯山生活的人口所有的身体径线与肢体相对长度都随着海拔的梯度而变化。沿海个体较大, 高原个体的肢体相对长但较小^[52]。这些不同的研究结果的原因还需要进一步探讨。

4.3 标准化 Z-分数的应用

不同时代, 不同自然环境、不同社会环境下生长发育不具可比性, 因而不能简单说哪个地区的儿童青少年发育水平高, 哪个地区的低。而全国又不可能同时测量 (全国统一组织调查除外), 这就需要用科学的统计方法对原始数据进行处理, 最终得出科学合理的结论。

标准分数 (standard score) 也叫 z 分数 (z-score), 是一个观测值或测量值与平均值的差再除以标准差得到的值。目前应用于财务预警, 教学评价^[53, 54], 联合国的世界儿童

青少年的生长发育指标的评价也用 Z- 分数。

Z- 分数代表着原始分数和母体平均值之间的距离, 是以标准差为单位。在原始分数低于平均值时 Z 则为负数, 反之则为正数。具有可比性, 而原始数据无参照点, 故无可比性。Z- 分数以总体平均分为基准, 以标准差为单位, 因而, 无论时间多么不同, 其所处的位置是相同的。

标准分数能够真实的反应一个分数距离平均数的相对标准距离, 反映一个原始数据在总体中所处的位置, 具体说, 某市儿童青少年平均生长发育指标(如身高、体重等) Z- 分数越大, 那么它的位置越靠前, 即发育水平越好。如果我们把每一个分数都转换成标准分数, 那么每一个标准分数会以标准差为单位表示一个具体分数到平均数的距离或离差。

由于标准分数不仅能表明原始分数在分布中的地位, 它还是以标准差为单位的等距量表, 故把原始分数转化为标准分数, 可以在不同分布的各原始分数之间进行比较。本研究用 2010 年全国学生体质与健康调查的身高、体重和胸围及以此计算出来的 BMI 均数、标准差作为标准平均值, 用标准分数计算, 排除了时间等因素的干扰, 可以较真实地反应海拔对生长发育的影响。

参考文献

- [1] 林婉生, 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
- [2] Baker P. Human adaptation to high altitude[J]. Science, 1969, 163:1149-1156
- [3] 席焕久. 西藏藏族人类学研究 [M]. 北京: 北京科学技术出版社, 2009, 52-61
- [4] Stinson S. The physical growth of high altitude Bolivian Aymara children[J]. Am J Phys Anthropol, 1980, 52(3):377-385
- [5] Little BB, Robert MM, Pena Reyes ME, et al. Altitude Effects on Growth of Indigenous Children in Oaxaca[J]. Southern Mexico Am J Phys Anthropol, 2013, 152:1-10
- [6] 王文初, 郭玉凤, 刘锋, 等. 基于主成分回归分析的环境因素与学生身高关系的研究 [J]. 湖南文理学院学报: 自然科学版, 2013, 25 (2): 78-83
- [7] 杜增茹. 西宁市中小學生 35 年生长发育变化趋势 [J]. 中国学校卫生, 2001, 22(6): 559-560
- [8] 李志强, 肖克慧, 古丽萍, 等. 1959-2000 年兰州市中小學生形态发育动态分析 [J]. 中国校医, 2002, 16(4): 305-307
- [9] 杨建军, 张毓洪, 姚金萍, 等. 银川市 8-18 岁学生生长发育现状分析 [J]. 宁夏医学院学报, 2006. 28(3): 218-221
- [10] 董东风, 刘红. 贵阳地区中小學生生长发育动态调查 [J]. 中国校医, 2002, 16(4): 308
- [11] 刘梦来, 庞淑珍. 2010 年呼和浩特市中小學生身体形态、机能和素质发育状况 [J]. 疾病监测与控制杂志, 2012, 6(9): 539-541
- [12] 高翠青, 李怀应, 刘华平. 太原市 2005 年中小學生生长发育现状分析 [J]. 中国学校卫生, 2006, 27(9):782-784
- [13] 林馨, 周权, 张秋, 等. 福州地区中小學生生长发育状况调查 [J]. 海峡预防医学杂志, 2014, 20(2): 25-26
- [14] 康如彤, 钟燕, 刘康香. 长沙市城区中小學生生长发育与营养状况调查分析 [J]. 实用预防医学, 2006, 13(3): 610-611
- [15] 陈蓉, 张迪, 谭咏惠, 等. 沈阳地区中小學生形态与机能发育水平分析 [J]. 中国学校卫生, 2007, 28(12): 1125-1126
- [16] 李林, 李冬冬, 罗宝双, 等. 武汉市中小學生身体形态发育现状及 10 年趋势分析 [J]. 实用预防医学, 2013, 20(5): 563-566
- [17] 杨来益, 洪义海, 黄行魁, 等. 海口市中小學生形态、机能发育及营养状态分析 [J]. 中国热带医学, 2002, 2 (增): 81-83
- [18] 苏立新, 周文, 杨军, 等. 2002 年与 2000 年南京市学生生长发育监测结果的分析与思考. 中华预防医学会儿少卫生分会第六届全国学术交流会论文集 [C].2002, 150-162
- [19] 熊莉华, 麦锦城. 2004 年广州市城乡中小學生生长发育状况分析 [J]. 中国校医, 2007, 21(4): 371-374
- [20] 拉萨市统计局. 拉萨市统计年鉴. 2007
- [21] 西宁市统计局. 西宁市统计年鉴. 北京, 中国统计出版社, 1998.
- [22] 兰州市统计局. 兰州市统计年鉴. 2001
- [23] 银川市统计局. 银川市统计年鉴. 北京, 中国统计出版社, 2006
- [24] 贵阳市统计局. 贵阳市统计年鉴. 2001

- [25] 内蒙古自治区统计局. 内蒙古自治区经济统计年鉴. 2011
- [26] 太原市统计局. 太原市社会经济统计年鉴. 太原市统计年鉴. 2006
- [27] 福州市统计局, 国家统计局福州市调查队. 福州市统计年鉴. 北京, 中国统计出版社, 2011
- [28] 长沙市统计局. 长沙市统计年鉴. 2006
- [29] 沈阳市统计局. 沈阳市统计年鉴. 2006
- [30] 武汉市统计局. 武汉市统计年鉴. 2011
- [31] 海口市统计局. 海口市统计年鉴. 2001
- [32] 南京市统计局. 南京市统计年鉴. 2003
- [33] 广州市统计局. 广州市统计年鉴. 2005
- [34] 中华人民共和国教育部, 中华人民共和国体育总局, 中华人民共和国卫生部, 中华人民共和国民族事务委员会, 中华人民共和国科学技术部, 中华人民共和国财政部, 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. 北京, 高等教育出版社, 2010.
- [35] WHO Global Database on Children Growth and Malnutrition. Reference 2007 www.who.int/nutgrowthdb/
- [36] Dang S, Yan H, Yamamoto S, et al. Poor nutrition status of younger Tibetan children living at high altitudes [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2004, 58(6): 938-946
- [37] Freyre EA, Ortiz MV. The effect of altitude on adolescent growth and development [J]. *J Adolesc Health Care*, 1988, 9(2): 144-149
- [38] Khadiilkar W, Khadiilkar AV, Cole TJ, et al. Crosssectional growth curves for height, weight and body mass index for affluent Indian children, 2007[J]. *Indian Pediatr*, 2009, 46(6): 477-489.
- [39] Weitz CA, Garruto RM, Chin CT, et al. Morphological growth and thorax dimensions among Tibetan compared to Han children, adolescents and young adults born and raised at high altitude[J]. *Ann Hum Biol*, 2004, 31(3): 292-310
- [40] Haas JD, Moreno-Black G, Frongillo EA Jr, et al. Altitude and infant growth in Bolivia: A longitudinal study [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1982, 59(3): 251-262
- [41] Stinson S. The effect of high altitude on the growth of children of high socioeconomic status in Bolivia [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1982, 59(1): 61-71
- [42] Tripathy V, Gupta R. Growth among Tibetans at high and low altitudes in India[J]. *Am J Hum Biol*, 2007, 19(6): 789-800.
- [43] 席焕久, 温有锋, 张海龙, 等. 青藏高原与安第斯高原地区儿童青少年的身高、体重和胸围的对比 [J]. *人类学学报*, 2014, 33(1): 198-213
- [44] de Meer K, Bergman R, Kusner JS, et al. Differences in physical growth of Aymara and Quechua children living at high altitude in Peru [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1993, 90(1):59-75
- [45] Pawson IG, Huicho L, Muro M, et al. Alberto. Growth of children in two economically diverse Peruvian high-altitude communities [J]. *Am J Hum Biol*, 2001,13(3): 323-340
- [46] Frisancho AR, Baker PT. Altitude and growth: A study of the patterns of physical growth of a high altitude Peruvian Quechua[J]. *Am J Phys Anthropol*. 1970, 32:279-292
- [47] Beall CM. Two routes to functional adaptation: Tibetan and Andean high-altitude natives[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 15:8655-8660
- [48] Greksa LP. Growth and development of Andean high altitude residents [J]. *High Alt Med Biol*, 2006, 7(2): 116-124
- [49] Leonard WR, DeWalt KM, Stansbury JP, et al. Growth differences between children of highland and coastal Ecuador [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1995, 98(1): 47-57.
- [50] Malkoç I, Mazıcıoğlu MM, Özkan B, et al. Height, weight and body mass index percentiles of children aged 6-14 years living at moderate altitudes[J]. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*, 2012, 4(1): 14-20
- [51] López Camelo JS, Campaña H, Santos R, et al. Effect of the interaction between high altitude and socioeconomic factors on birth weight in a large sample from South America [J]. *Am J Phys Anthropol*, 2006, 129(2): 305-310
- [52] Leatherman TL, Carey JW, Thomas RB. Socioeconomic change and patterns of growth in the Andes [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1995, 97(3):307-321
- [53] 张炳江. 基于 Z 分数的实验结果评价方法的探讨 [J]. *高等数学研究*, 2008, 11(4): 77-79
- [54] 廖珍珠, 应益华. 上市公司财务预警 Z-分数模型的改进与应用 [J]. *商业会计*, 2011, 20: 37-38