

# 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

席焕久<sup>1</sup>, 温有锋<sup>1</sup>, 张海龙<sup>1</sup>, 李文慧<sup>1</sup>, 任甫<sup>1</sup>, 黄克强<sup>2</sup>,  
肖艳杰<sup>1</sup>, 叶丽平<sup>1</sup>, 李春山<sup>2</sup>, 陈昭<sup>3</sup>

1. 辽宁医学院人类学研究所, 锦州 121001; 2. 辽宁医学院附属第二医院, 锦州 121001;  
3. 美国亚利桑那大学公共卫生学院流行病学与统计学系, 图桑 85724-5211

**摘要:** 通过青藏高原和安第斯山高原地区儿童青少年身高、体重和胸围的对比, 探讨高原地区儿童青少年生长发育的规律和特点, 找出儿童青少年生长发育的高原地区差异, 进一步改善高原地区居民的健康状态, 促进儿童青少年生长发育, 为高原医学和高原人类学的发展提供理论基础。本文以青藏高原和安第斯山高原地区儿童青少年为研究对象。选择在西藏出生长大、经体检证明身体健康 6-21 岁藏族男女(父母 3 代藏族)共 2813 例有效样本(男, 1417 例; 女, 1396 例), 在知情同意情况下直接测量了身高、体重和胸围。印度、秘鲁、玻利维亚、智利等国家和地区儿童青少年生长发育资料从文献中获取。去除不完整的无法比较及年代过于久远的材料, 排除小样本及数据不全和不符合要求的样本, 严格控制质量。所有测量数据输入 SPSS13.0 统计软件包。对数据进行描述性统计分析、独立样本 t 检验、方差分析等统计学处理。结果显示: 1) 青藏高原儿童青少年男女身高高于安第斯山男女。2) 青藏高原儿童青少年的体重与安第斯山儿童青少年相近。3) 青藏高原儿童青少年的胸围明显小于安第斯山儿童青少年。高原地区与非高原地区儿童青少年生长发育相比有相似性又有特殊性(如发育水平低, 胸腔较大, 生长发育指标普遍低于 WHO (2007) 和本国国内水平)。西藏藏族儿童青少年比安第斯山的发育好, 两者具有不同的体质特征, 这可能与生态环境、高原缺氧、遗传因素和社会经济文化等多种因素有关。

**关键词:** 儿童; 青少年; 生长发育; 青藏高原; 安第斯山; 藏族

**中图分类号:** Q983; **文献标识码:** A; **文章编号:** 1000-3193(2014)02-0198-16

高原高山的“环境、资源和人类生存”问题已引起全球科研人员的高度关注。据 2000 年联合国人口司的统计, 全世界居住在海拔 4000 英尺 (1219.2m) 以上的人群总数约为 6.2 亿, 占全球总人口的 10% 左右<sup>[1]</sup>, 同时每年又有大量的人群到高山高原地区定居、工作或旅游, 因此, 蒙受高原缺氧影响的人数远不止于此。高原缺氧问题涉及高原环境与人类进化、遗传、生长发育、生理机能和疾病状态等一系列问题。

青藏高原是中国最大的高原, 也是世界上平均海拔最高的高原, 有“世界屋脊”和“第 3 极”之称, 平均海拔 4000m-5000m。位于中亚, 大部在中国西南部, 包括西藏自治区、青海省的全部和四川省、新疆维吾尔自治区以及甘肃、云南的一部分, 还跨越尼泊尔、

收稿日期: 2013-06-14; 定稿日期: 2013-11-26

基金项目: 国家自然科学基金 (30270696)

作者简介: 席焕久 (1945-), 男, 辽宁省绥中县人, 辽宁医学院生物人类学研究所所长, 教授, 主要从事人类学研究。

E-mail: huanjiuxi@163.com

印度等国。高原周围有喜马拉雅山，昆仑山，横断山脉等环绕。这些山脉海拔大多超过 6000m-8000m。高原内部被山脉分隔成许多盆地、宽谷。湖泊众多，是长江、黄河等亚洲许多大河的发源地<sup>[2]</sup>（图 1-A）。地形多变，属于高原大陆性气候。居住着藏族、汉族等多个民族，藏族为世世代代的土生土长的高原人群，而移居高原的汉族大多定居下来，因而是一个理想的高原群体。

安第斯山（Andes）是世界上最长的山脉，称“南美洲脊梁”，平均海拔 3660m，位于南美洲，是美洲科迪勒拉山系主干。跨越秘鲁、玻利维亚、智利、阿根廷、哥伦比亚、厄瓜多尔等国，全长约 8900km。有许多高峰终年积雪，海拔超过 6000m，间有高原和谷地。南美洲重要河流都发源于安第斯山（图 1-B）。气候和植被类型复杂多样。安第斯山脉是南美洲开发最早的地区，中段山区保留着古代印加帝国的许多文化遗迹<sup>[3]</sup>。居民主要为印欧混血种，其次为印第安人克丘亚族和艾马拉族。南美洲由于 15 世纪西班牙人入侵安第斯，与当地产生很多混血后代，长期混杂使种族的血谱体系很难查清<sup>[4]</sup>，因而可能会有不同于藏族的特点。

高原地区气候的共同点是：普遍空气干燥，稀薄，紫外线辐射强烈，气温较低，降雨量较少，这种特别的生态环境造就了高原居民特有的体质特征。然而，两大高原又有不同的特点，青藏高原是世界上海拔最高的高原，而安第斯山是世界上最长的山脉，生态环境不完全一样。有关高原缺氧的生理学研究表明，亚洲、非洲、美洲的高原居民各有一系列生理适应机制，相互间是不同的<sup>[5]</sup>，青藏高原居民的慢性高原病发病率低于安第斯山居民<sup>[6]</sup>，Moore 等（2000）在高原适应研究中发现，与其它高原地区相比，藏族婴儿很少有子宫内生长滞后，有良好的氧通气能力，低的血红蛋白浓度等<sup>[7]</sup>。高原地区居民的这些特有的生理适应机制必然导致形态变化的差异。虽然一些学者对高原人口做了一些比较研究<sup>[7-20]</sup>，但这些研究或局限于本地区，或只做时间上的比较，或结果不一，或偏重生理功能，或集中在分子生物学方面，而对两大高原儿童青少年（Children and Adolescents, CA）身高体重等形态表象探讨不多。为了集中对两大高原 CA 的身高、体重及胸围进行研究，我们课题组从 2003 年到 2011 年 3 次去西藏进行调查研究，采集了一些在西藏缺氧环境中



图 1 A. 青藏高原 (Qinghai-Tibet Altitude) ; B. 安第斯山 (Andes)

CA 生长发育的信息，同时，从文献上收集一些青藏高原和安第斯山 CA 生长发育的相关资料，旨在通过两大高原地区 CA 生长发育的比对，探讨高原地区 CA 生长发育的规律和特点，找出 CA 生长发育的高原地区差异，进一步改善高原地区常住居民和暂住居民的健康状态，促进 CA 生长发育，为高原医学和高原人类学的发展提供理论基础。

## 1 研究对象与方法

以青藏高原和安第斯山地区 CA 为研究对象，收集了中国、印度、尼泊尔、秘鲁、玻利维亚、智利等国家 CA 生长发育资料，去除了不完整的无法比较及年代过于久远的材料。西藏藏族的身高发育指标按照吴汝康等（1984）<sup>[21]</sup> 和 Lohman 等（1988）<sup>[22]</sup> 的方法，经地方伦理委员会批准，在知情同意情况下直接测量调查所得，选择 6-21 岁西藏出生长大、经体检证明身体健康的拉萨和那曲地区藏族（父母 3 代藏族）男女各 16 个年龄组共 2813 例有效样本（男 1417 例，女 1396 例），每岁为一个年龄组，如 7.00-7.99 为 7 岁。研究对象的分组和年龄分布见表 1、2。直接测量了身高、体重、胸围等，排除数据不全及不符合要求的样本，严格控制质量。所有测量数据输入 SPSS13.0 统计软件包。为便于计算，拉萨和那曲资料合并统计。对数据进行描述性统计分析、样本 *t* 检验、方差分析等统计学处理。

表 1 西藏儿童青少年年龄分布  
**Tab.1 Age distribution of children and adolescents living in the Tibetan Plateau**

年龄 Age	拉萨 Lhsa		那曲 Nagqu		合计 Total
	男 Male	女 Female	男 Male	女 Female	
6-	9	22			31
7-	51	51	61	51	214
8-	56	56	50	49	211
9-	47	79	58	57	241
10-	53	58	49	53	213
11-	57	49	50	48	204
12-	55	46	52	49	202
13-	63	55	50	55	223
14-	50	49	50	48	197
15-	52	58	45	46	201
16-	57	63	45	48	213
17-	56	59	51	49	215
18-	58	54	51	42	205
19-	68	58			126
20-	49	27			76
21-	24	17			41
合计 Total	805	801	612	595	2813

## 2 结 果

### 2.1 高原地区儿童青少年身高

高原地区 CA 身高见表 3、4。从表 3、4 看出，男女各年龄组身高随年龄增加，达到最大身高后开始下降，各国下降时间不等。除玻利维亚（La Paz）因缺乏 6-~10- 年龄组外，余男女身高在 6-21 岁之间形成二次交叉。藏族 CA 的身高高于青海、印度及安第斯山的

表 2 青藏高原与安第斯高原地区儿童青少年样本  
**Tab.2 Samples of children and adolescents from the Tibetan high altitude and the Andes**

年龄 Age	青藏高原Tibetan Altitude				安第斯山Andes											
	中国China		印度India		玻利维亚Bolivia				秘鲁Peru				智利Chile			
	青海Qinghai		Cholam Sar		Ancoraimes		La Paz		Aymara		Nuroan		Marguiri		Putre	
	男 Male	女 Female	男 Male	女 Female	男 Male	女 Female	男 Male	女 Female	男 Male	女 Female	男 Male	女 Female	男 Male	女 Female	男 Male	女 Female
6-	43	43	35	22	10	10			15	16	38	24	19	19		
7-					14	15			21	8	51	37	21	25	6	9
8-	55	50	20	19	19	19			18	10	54	45	21	16		
9-					17	21			15	15	52	56	19	13	5	17
10-	53	42	16	21	25	21	7		11	7	46	55	18	13		
11-					15	16	25	16	13	7	51	50	14	21	10	10
12-	60	43	23	23	36	13	57	41	13	15	62	45	15	23		
13-					37	13	45	31	12	13	51	36	15	24	20	15
14-	68	43	33	14	58	11	34	42			33	41	23	11		
15-					27	7	20	32			40	33	18	14	21	11
16-	60	39	20	24	28		17	17			39	23	10	9		
17-					31		11	25			30	15	12	9	12	10
18-	45	43	14	41	20		7	6			15	6	5	1		
19-					19		4	9			11	7			3	4
20-	44	32									19	11				
21-											7	11				
合计Total	428	335	161	164	356	146	220	219	118	91	595	495	229	209	77	76
海拔Altitude (m)	3200-4300		3521		3800		3600		3810		3860		2500-4200		3530	
参考文献	[10]		[12]		[23]		[24]		[11]		[25]		[14]		[26]	

CA ( $P<0.05$ )。两大高原地区 CA 身高的方差分析 (表 8、9) 表明, 青藏高原 CA 的身高比安第斯山 CA 平均高 6.43cm (男) 和 7.11cm (女) ( $P<0.01$ ) (图 2)。如果用同年代西藏的数据<sup>[27]</sup>进行对比, 1985 年两大高原男性身高无显著性差异 ( $P>0.05$ ), 而青藏高原女性比安第斯山女性平均高 5.02cm ( $P<0.05$ )。藏族男性除与 La Paz 的相差不大外, 余皆西藏高于其它各国; 藏族女性除低于 La Paz 外, 均高于其它各国 ( $P<0.05$ )。1995 年青藏高原男女比安第斯山男女平均高 4.50cm (男) 和 5.79cm (女) ( $P<0.01$ )。

## 2.2 高原地区儿童青少年体重

高原地区 CA 体重见表 5、6。男女体重随年龄增加。西藏, 印度, 智利, 玻利维亚 (Ancoraimes) 男女体重在 6-21 岁之间形成二次交叉。表 5、6 显示, 西藏 CA 的体重与其它地区相比, 藏男、藏女重于其它, 印度低于安第斯山各国 ( $P<0.05$ ), 是人种、民族所致还是两地区差异所致, 尚须进一步研究。两大高原地区 CA 体重的方差分析 (表 8, 表 9) 表明, 青藏高原 CA 的体重虽比安第斯山平均重 1.69kg (男) 和 1.14kg (女), 但无统计学意义 ( $P>0.05$ ) (图 2); 若用西藏 1985 年和 1995 年的数据<sup>[27]</sup>进行比较, 青藏高原男女与安第斯山男女相差不大。

## 2.3 高原地区儿童青少年胸围

高原地区 CA 胸围见表 7。西藏, 秘鲁 (Nunoan) 在 6-21 岁之间形成二次交叉。从表

表 3 高原地区男性儿童、青少年的身高 (X±S)  
**Tab.3 Stature of male children and adolescents living in high altitudes (cm)**

年龄 Age	青藏高原 Tibetan Altitude		安第斯山 Andes				智利 Chile		
	中国 China	印度 India	玻利维亚 Bolivia		秘鲁 Peru				
	西藏Tibet	青海Qinghai	Choglam Sar	Ancoraimes	La Paz	Aymara	Nunoan	Mariquiri	Pu tre
6-	118.87±3.49		102.1±5.16	103.65±4.35		105.0±5.7	107.8±5.6	110.3±3.3	
7-	122.87±6.52	113.2±5.7		111.79±4.82		113.3±5.0	112.8±6.6	115.6±6.0	117.80±4.36
8-	128.03±6.19		113.2±6.71	112.47±3.41		116.3±1.5	115.4±5.1	119.8±4.3	
9-	129.88±5.05	121.6±5.8		121.49±6.55		128.0±5.4	121.6±5.9	122.3±7.0	123.08±7.23
10-	133.84±8.48		124.5±7.33	124.98±6.05	131.4±4.3	130.2±5.6	125.4±4.8	126.5±4.6	
11-	141.23±7.26	131.1±5.7		130.65±8.72	135.6±6.1	128.8±4.6	129.0±7.4	132.1±4.7	135.06±5.01
12-	146.73±8.73		131.8±7.17	133.44±6.08	138.0±5.6	134.3±7.0	133.0±5.9	137.6±6.2	
13-	150.75±7.08	142.3±6.6		138.25±6.70	145.4±6.8	139.4±5.5	138.5±7.2	141.8±7.5	146.84±8.47
14-	158.23±8.73		139.5±8.79	144.55±6.95	153.4±8.4		143.2±6.7	152.0±8.1	
15-	162.84±7.07	153.1±8.7		150.53±9.23	158.6±5.9		149.4±9.3	153.6±7.0	156.70±3.42
16-	164.70±6.62		153.6±10.20	153.84±6.74	162.7±4.5		155.5±5.8	159.7±4.4	
17-	167.61±4.72	164.4±6.2		154.31±4.52	161.0±4.3		157.1±6.8	158.4±6.0	164.45±6.12
18-	166.71±5.11		160.0±6.16	159.44±4.00	160.9±4.4		160.0±6.0	160.6±5.3	
19-	166.61±5.77	166.6±5.0		159.97±4.78	163.2±3.3		159.6±5.0		160.33±3.96
20-	168.08±5.24		164.5±8.52	159.97±4.78			158.2±5.3		
21-	167.06±6.22	167.8±5.9					161.2±7.0		
22-			164.5±8.52				161.2±7.0		
来源文献	本文This paper	Weitz et al[10]	Trypathy et al[12]	Stinson[23]	Greska et al[24]	de Meer et al[11]	Leatherman et al[25]	Pawson et al[14]	Dittmar[26]
海拔Altitude (m)	3658	3200-4300	3521	3800	3600	3810	3860	2500-4200	3530

表 4 高原地区女性儿童、青少年的身高 ( $\bar{X}\pm S$ )  
**Tab.4 Stature of female children and adolescents living in high altitude (cm)**

年龄 Age	青藏高原 Tibetan Altitude				安第斯山 Andes				
	中国 China	青海 Qinghai	印度 India	玻利维亚 Bolivia	秘鲁 Peru	智利 Chili	秘 鲁 Peru	秘 鲁 Peru	
6-	西藏 Tibet	117.94±3.66	Choglam Sar	Ancoraimes	La Paz	Aymara	Numoan	Marquiri	Pu Tre
7-		120.47±5.64	109.9±7.63	103.57±6.01		108.6±3.7	104.8±4.8	108.9±4.8	
8-		127.07±6.45	111.6±6.77	116.55±4.53		117.0±1.2	110.9±3.9	114.6±4.0	116.76±3.80
9-		130.93±7.22	122.9±5.5	120.47±6.11		112.2±1.0	116.5±5.1	118.0±5.3	
10-		136.70±6.29	122.8±4.65	125.60±4.90		123.3±3.9	120.1±6.4	124.4±4.3	123.14±4.92
11-		143.38±7.58	132.9±8.4	128.86±4.21		127.0±5.2	124.2±5.8	130.3±7.7	
12-		146.71±8.37	133.4±9.46	136.7±8.6		132.0±4.6	129.0±7.4	133.8±7.6	134.24±5.24
13-		150.63±6.39	144.5±7.6	136.42±6.33		135.8±5.5	137.9±7.6	141.3±5.8	
14-		153.50±8.21	150.7±5.1	138.87±5.23		143.6±4.7	138.9±5.9	146.5±5.6	147.23±5.31
15-		155.38±6.52	150.7±5.1	140.55±4.86		150.2±5.2	143.3±6.9	145.6±4.0	
16-		154.96±5.09	151.2±4.02	147.41±7.11		149.6±4.9	147.0±5.7	147.6±3.3	151.54±2.30
17-		157.96±4.95	154.7±4.8	151.2±4.02		150.3±5.3	149.1±3.6	149.2±4.3	
18-		157.11±4.87	153.1±4.67	152.0±5.0		152.0±5.0	148.0±4.5	148.3±4.0	152.79±5.51
19-		157.61±5.41	155.7±6.2	151.9±6.5		151.9±6.5	148.9±4.8	150.8	
20-		158.30±5.59	154.1±6.01	151.9±2.2		148.1±4.0	148.1±4.0	151.22±4.70	
21-		156.73±6.65	157.3±4.1			147.2±3.5	147.2±3.5		
22-			154.1±6.01			147.4±5.6	147.4±5.6		
来源文献	本文 This paper	Weitz et al[10]	Trypathy et al[12]	Stimson[23]	Greska et al[24]	de Meer et al[11]	Leatherman et al[25]	Pawson et al[14]	Ditmar[26]
海拔 Altitude (m)		3658	3521	3800	3600	3810	3860	2500-4200	3530

7 看出, 尽管西藏应用 2004 年的数据, 但秘鲁 CA 明显大于西藏与印度 CA 的胸围 ( $P < 0.01$ )。男女胸围随年龄增加。两大高原地区的胸围的方差分析 (表 8、9) 表明, 青藏高原男女比安第斯山男女的胸围平均小 6.37cm (男) 和 4.77cm (女, 6-15 岁) ( $P < 0.01$ ) (图 2); 若用 1985 年和 1995 年西藏的数据<sup>[27]</sup>比较, 安第斯山男女的胸围仍较大。

## 3 讨 论

### 3.1 高原地区儿童青少年生长发育特点

青藏高原和安第斯高原 CA 的身高、体重、胸围, 尽管不同地区样本量不同, 但都表现出它们随年龄增长而增长, 达到最大数值后略有下降。

#### 3.1.1 具有儿童青少年生长发育的普遍性

随着科技的发展和社会的进步, 高原地区 CA 生长发育指标不断增长。1985-2005 年期间, 西藏藏族学生的身高、体重在 7-18 岁男女学生中分别增长 3.94cm、5.08kg 和 2.25cm、4.25kg<sup>[28]</sup>。秘鲁 (Huancayo, 3280m) 1977、1978 和 1982 年 3 次身高体重测量也发现这种增长趋势<sup>[16]</sup>。安第斯山 (Nunoan) 1983-1984 年与 1964-1966 年对比, 青少年更高、更重, 成熟年龄、最高生长速度和停止生长时间比 60 年代早 1-2 年<sup>[25]</sup>。

西藏城区与牧区相比, 男身高、体重、胸围的增长, 城男提前于牧区男 2 年, 17-18 岁期间差别不大; 城女身高增长比牧区女提前 2 年, 城女重于牧女, 胸围相差不大<sup>[29]</sup>。玻利维亚 (La Paz, 3600m) 城市儿童都比高原农村的印第安人高, 与秘鲁城市相近, 这两个城市高海拔样本的身高与低海拔农村印第安人相似<sup>[24]</sup>。这些研究表明, 尽管在高原地区, 城市 CA 的生长发育仍好于农村 (牧区), 其它国家与地区都有类似情况。由于城乡 (城牧) 经济发展水平不同, 最终都反映在营养上的差异, 导致生长发育水平不同, 这已被大量研究所证明。

从民族之间比较看, 西藏藏族与青海藏族学生相比, 前者生长发育明显好于后者, 男女皆如此。Bailey(2007) 对西藏 (3100m) 中学藏汉族学生调查发现, 藏族学生比汉族学生高、重<sup>[30]</sup>。阿坝藏族男女生身高增长速度高峰时间较汉族分别提前 1.4 岁和 0.5 岁。藏族学生进入青春期年龄早于汉族, 2005 年调查发现, 藏族学生生长发育指标均大于汉族<sup>[31]</sup>。在男性中藏族比汉族有明显的胸深 (胸部矢状径), 在女性中, 藏族比汉族有明显的胸宽 (胸部横径), 藏族男女比汉族有较大的胸围。

印度的难民 (3521m) 比安第斯山居民高、重<sup>[12]</sup>。高原人口身高的差异很大, 玻利维亚 La Paz 儿童身高最高与最低样本相差总量达 10cm (男) 和 8cm (女)。La Paz 儿童比 Quechua 儿童相对身高来说具有相当小的胸径, 但到成年后相近<sup>[24]</sup>。

#### 3.1.2 具有高原地区儿童青少年生长发育的特殊性

高原地区 CA 生长发育指标普遍低于 WHO (2007) 的参考标准<sup>[32]</sup>。西藏藏族除男 (6-8 岁) 身高、(6-9 岁) 体重略高于 WHO 标准外, 余都低于这个标准。Dang 等 (2004) 研究发现, 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 -1.53 和 -1.05<sup>[33]</sup>。玻利维亚 Ancoraimes (3800-4000m) 儿童身高、体重与安第斯山的其它地区接近,

表 5 高原地区男性儿童、青少年体重 ( $\bar{X}\pm S$ )  
**Tab.5 Weight of male children and adolescents living in high altitudes (kg)**

年龄 Age	青藏高原Tibete Plateau				安第斯山Andes				智利Chile Pu Tre
	中国 China		印度India	玻利维亚Bolivia		秘鲁Peru		Marquiri	
	西藏Tibet	青海Qinghai	Choglan Sar	Ancoraimes	La Paz	Aymara	Nuñoan		
6-	21.83±3.46		16.1±2.22	17.41±1.68		19.1±2.4	19.7±2.0	19.1±1.9	
7-	23.06±3.92	19.0±2.5		20.12±2.27		22.0±2.7	21.3±2.7	20.6±3.6	23.00±3.07
8-	26.07±4.24		18.8±2.14	20.90±2.14		22.9±1.0	22.8±2.2	22.4±2.1	
9-	26.72±3.90	22.6±3.1		24.49±2.77		28.2±2.9	25.3±2.7	23.8±3.9	25.00±3.02
10-	28.93±4.60		23.6±3.65	26.96±3.37	28.3±2.8	32.0±4.6	27.2±2.8	26.0±3.1	
11-	34.62±7.01	27.1±3.6		30.68±6.68	30.1±3.0	28.8±2.1	29.6±4.3	29.3±3.7	31.45±2.69
12-	35.95±7.27		26.2±3.82	31.77±3.87	32.1±3.6	31.4±4.3	31.7±4.3	33.6±4.7	
13-	39.65±6.97	33.2±5.1		34.76±4.45	36.1±4.8	34.8±3.7	34.9±5.2	36.0±5.4	42.30±5.83
14-	45.62±8.80		32.4±4.36	39.40±5.60	42.8±7.2		38.8±6.0	43.2±6.3	
15-	47.15±5.87	41.5±6.9		45.06±7.71	47.9±5.8		44.5±2.1	46.0±6.3	50.09±6.08
16-	50.42±6.73		41.9±8.64	48.16±6.28	51.1±4.0		50.9±4.8	51.4±6.0	
17-	53.54±7.71	52.7±5.6		49.56±3.69	50.6±5.9		51.0±5.5	52.2±6.0	59.25±5.75
18-	53.04±5.78		51.2±7.09	55.67±4.74	52.7±3.8		57.2±4.3	55.6±3.0	
19-	55.26±7.42	55.8±4.7		56.74±4.94	52.9±7.9		58.1±6.3		60.33±0.58
20-	55.52±6.98		63.9±5.13	56.74±4.94			58.5±4.0		
21-	56.87±9.61	57.7±6.0					60.5±7.2		
22-			63.9±5.13				60.5±7.2		
来源文献	本文This paper	Weitz et al[10]	Trypathy et al[12]	Stinson[23]	Greska et al[24]	de Meer et al[11]	Leatherman et al[25]	Pawson et al[14]	Dittmar[26]
海拔 Altitude (m)	3658	3200-4300	3521	3800	3600	3810	3860	2500-4200	3530

表 6 高原地区儿童青少年体重 ( $\bar{X}\pm S$ )  
**Tab.6 Weight of female children and adolescents living in high altitudes (kg)**

年龄 Age	青藏高原 Tibetan Plateau				安第斯山 Andes				智利 Chile
	中国 China	印度 India	玻利维亚 Bolivia	秘鲁 Peru	秘鲁 Peru	玻利维亚 Bolivia	秘鲁 Peru	智利 Chile	
6-	西藏 Tibet 21.25±2.65	Choglam Sar 15.1±2.38	Ancoraimes 17.21±2.20	La Paz 19.3±1.4	Nunuan 18.8±2.7	Marquiri 18.7±2.5	Pu Tre 21.17±2.05		
7-	21.62±3.31	18.6±2.2	20.94±1.59	22.85±1.95	22.9±2.1	23.4±2.3			
8-	24.22±5.18	17.7±2.31	22.85±1.95	26.0±2.7	24.8±2.8	24.5±3.2	24.94±3.63		
9-	26.23±6.40	21.7±2.5	24.63±3.48	28.0±2.7	27.0±2.9	28.8±4.2			
10-	30.06±5.53	22.2±3.12	26.81±2.94	31.4±4.9	30.3±4.7	30.6±5.3	32.45±3.88		
11-	33.81±6.48	26.7±4.7	29.79±2.86	33.1±4.2	35.7±4.9	37.2±6.4			
12-	36.38±6.89	28.4±5.35	33.53±3.78	39.1±2.3	37.6±6.0	41.6±6.8	43.00±6.06		
13-	40.47±7.67	34.4±6.2	37.03±6.69	41.20±3.97	43.1±6.3	43.4±7.2			
14-	44.59±7.00	38.5±8.29	41.20±3.97	45.0±6.9	46.5±6.8	47.2±4.5	48.27±5.00		
15-	47.23±6.22	41.6±5.4	47.05±5.83	48.1±5.3	51.7±5.5	50.1±6.1			
16-	48.29±5.99	45.1±5.93		48.6±5.8	51.6±4.6	49.2±2.8	52.80±6.04		
17-	50.77±7.11	49.2±5.1		52.2±6.2	52.9±4.0	55.1			
18-	49.31±6.97	50.3±4.09		54.1±4.0	51.3±6.2		58.25±5.56		
19-	50.61±6.72	52.1±5.9		51.6±3.8	52.6±6.2				
20-	52.42±8.21	53.2±8.54			48.8±6.2				
21-	52.01±5.66	50.7±5.7			48.9±6.2				
22-		53.2±8.54							
来源文献	本文 This paper	Weitz et al[10]	Stinson[23]	de Meer et al[11]	Leatherman et al[25]	Pawson et al[14]	Dittmar[26]		
海拔 Altitude(m)	3658	3521	3800	3810	3860	2500-4200	3530		

表 7 高原地区儿童青少年胸围 ( $\bar{X}\pm S$ )

Tab.7 Chest circumference of children and adolescents living in high altitudes (cm)

年龄Age	青藏高原Tibetan Plateau				安第斯山Andes	
	中国 China				秘鲁 Peru	
	西藏Tibet		青海Qinghai		Nunoan	
	男	女	男	女	男	女
6-	57.32±3.95	56.28±3.18			62.2±2.7	60.4±3.4
7-	58.91±4.28	57.21±4.06	56.1±0.4	54.0±0.3	63.9±3.4	62.7±2.8
8-	60.99±4.54	58.80±4.67			65.0±2.9	64.9±3.2
9-	61.85±4.54	60.54±6.27	58.7±0.3	57.0±0.4	67.2±3.1	66.1±2.9
10-	63.58±3.86	63.25±5.34			68.4±3.1	67.7±3.5
11-	67.10±5.44	65.53±6.02	61.6±0.4	60.7±0.4	70.8±4.1	70.0±4.2
12-	69.21±5.44	69.53±6.41			71.7±2.6	73.6±3.6
13-	70.52±7.85	71.74±7.99	66.5±0.4	66.1±0.6	73.9±4.0	73.1±4.4
14-	74.97±6.61	76.53±6.64			77.4±4.2	78.3±2.8
15-	76.04±4.40	79.05±5.91	73.0±0.4	72.2±0.6	80.1±7.0	77.4±1.9
16-	77.52±7.46	79.68±5.41			84.4±4.8	
17-	80.64±5.99	81.02±5.93	81.3±0.5	78.7±0.6	85.2±3.9	
18-	81.88±3.61	80.11±5.95			89.3±3.5	
19-	82.54±5.62	79.43±7.55	82.5±0.5	80.1±0.7	89.9±3.4	
20-	83.33±4.48	80.49±6.83			91.0±3.2	
21-	84.49±6.68	83.04±4.75	86.9±0.8	81.9±0.7	92.2±3.2	
22-					92.2±2.2	
来源文献	本文This paper		Weitz et al[10]		Leatherman et al[25]	
海拔Altitude (m)	3658		3200-4300		3860	

表 8 两大高原生长发育指标比较 (男)

Tab.8 Comparison of growth and development indices of people living in high altitudes (male)

年龄Age	青藏高原Tibetan Plateau			安第斯山Andes		
	身高Height	体重Weight	胸围Chest circumference	身高Height	体重Weight	胸围Chest circumference
6-	110.46±9.99	18.97±4.08	57.32±3.95	106.66±4.96	18.83±1.93	62.20±2.70
7-	118.04±7.62	21.03±3.69	57.51±3.12	114.26±5.10	21.40±2.67	63.90±3.40*
8-	120.62±9.97	22.44±4.99	60.99±4.54	115.99±4.25	22.25±1.84	65.00±2.90
9-	125.74±6.65	24.66±3.88	60.28±3.36	123.29±6.00	25.36±3.04	67.20±3.10*
10-	129.17±8.74	26.20±4.76	63.58±3.86	127.70±5.10	28.09±3.59	68.40±3.10
11-	136.17±8.05	30.86±6.47	64.35±4.58	131.87±5.95	29.99±3.51	70.80±4.10
12-	139.27±10.86	31.58±7.36	69.21±5.44	135.27±5.66	32.11±3.62	71.70±2.60
13-	146.53±7.67	36.43±6.51	68.51±5.44	141.70±6.88	36.48±4.98	73.90±4.00
14-	148.87±12.91	39.01±9.54	74.97±6.61	148.29±7.97	41.05±5.75	77.40±4.20
15-	157.97±8.87	44.33±6.51	74.52±3.25	153.77±7.17	46.71±5.42	80.10±7.00
16-	159.15±9.80	46.16±8.35	77.52±7.46	157.94±5.90	50.39±4.76	84.40±4.80
17-	166.01±5.23	53.12±6.04	80.97±3.82	159.05±5.95*	52.55±5.80	85.20±3.90
18-	163.36±6.26	52.12±5.87	81.88±3.61	160.15±4.40	55.29±3.82	89.30±3.50
19-	166.61±4.83	55.53±5.56	82.52±3.57	160.78±3.97*	57.02±5.57	89.90±3.40*
20-	166.29±6.62	59.71±7.15	83.33±4.48	159.09±4.62	57.62±4.13	91.00±3.20
21-	167.43±5.44	57.27±7.20	85.70±4.46	161.20±7.00	60.50±7.20	92.20±3.20
22-	164.50±8.52	63.90±5.13	-	161.20±7.00	60.50±7.20	92.20±2.20
合计Total	145.69±20.67	39.48±15.31	71.56±10.56	139.26±18.63**	37.79±13.87	77.93±11.05**

注: “\*”与青藏高原比较, 同项目间  $P<0.05$ ; “\*\*”表示与青藏高原比较, 同项目间  $P<0.01$

表 9 两大高原生长发育指标比较 (女)

Tab.9 Comparison of growth and development indices of people living in high altitudes (female)

年龄Age	青藏高原 Tibetan Plateau			安第斯山 Andes		
	身高Height	体重Weight	胸围Chest circumference	身高Height	体重Weight	胸围Chest circumference
6-	113.92±6.93	18.18±4.05	56.28±3.18	106.47±4.83*	18.50±2.09	60.40±3.40
7-	116.64±6.45	20.11±3.01	55.61±3.12	114.42±3.70	21.48±2.96	62.70±2.80*
8-	119.34±10.33	20.96±5.06	58.80±4.67	115.81±4.35	22.91±3.39	64.90±3.20
9-	126.92±7.23	23.97±5.00	58.77±4.42	122.28±4.76	24.98±2.74	66.10±2.90*
10-	129.75±9.08	26.13±5.89	63.25±5.34	125.94±7.01	27.65±2.89	67.70±3.50
11-	138.14±9.17	30.26±6.39	63.12±4.64	132.43±6.18	31.06±4.00	70.00±4.20
12-	140.06±10.82	32.72±6.54	69.53±6.41	138.94±5.63	35.13±4.43	73.60±3.60
13-	147.57±7.12	37.44±7.07	68.94±5.92	143.51±5.90	39.79±5.32	73.10±4.40
14-	148.95±8.06	41.55±7.63	76.53±6.64	144.91±5.87	43.18±5.49	78.30±2.80
15-	153.04±5.83	44.42±6.05	75.63±5.31	148.63±4.55	47.42±4.73	77.40±1.90
16-	153.08±4.59	46.70±5.61	79.68±5.41	149.53±3.90	50.13±5.20	-
17-	156.33±4.71	49.99±5.60	79.86±3.98	150.27±4.65*	51.45±4.58	-
18-	154.90±5.16	49.81±5.14	80.11±5.95	150.53±4.25	54.03±2.98	-
19-	156.66±5.31	51.36±5.71	79.77±4.81	150.41±3.72*	53.72±5.70	-
20-	156.34±5.45	52.81±7.50	80.49±6.83	147.20±3.50*	52.60±6.20	-
21-	157.02±4.95	51.36±5.13	82.47±3.10	147.40±5.60*	48.80±6.20	-
22-	154.37±5.61	53.20±8.54	-	147.40±5.60	48.90±6.20	-
合计Total	142.17±16.53	37.84±13.58	70.54±10.61	135.06±15.28**	36.70±12.56	69.42±6.51

注：“\*”表示与青藏高原比较，同项目间P<0.05；“\*\*”表示与青藏高原比较，同项目间P<0.01

但滞后，比美国儿童有更大的胸径，而与秘鲁 Quechua 相比却高、重，但胸径小，也低于本国的标准<sup>[23]</sup>。印度 (Choglam Sar) 2007 年 CA 生长发育指标明显低于国内同年水平<sup>[34]</sup>，根据数字测算男女身高分别相差 10.5cm 和 9.9cm，体重相差 17.5kg 和 12.7kg。

高海拔地区儿童生长发育以较小身材为特点，生长滞后，如安第斯山的 Aymara 和 Quechua 地区就是如此。高原缺氧使人生长缓慢<sup>[12]</sup>。在 Aymara 地区，不同样本之间有明显的差异，身高相差可达 13cm，10-13 岁体重相差不大，之后明显。与国家参考标准比较，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<sup>[35]</sup>。

秘鲁 CA 的胸围明显大于西藏藏族和印度。藏族有明显的胸深 (胸部矢状径) (男) 和明显的胸宽 (胸部横径) (女)，这种胸围变化可能是对低氧环境的适应<sup>[36]</sup>。对玻利维亚与安第斯山人研究发现，安第斯山当地人胸径相对身高而言随海拔而增高<sup>[37]</sup>。胸径的变

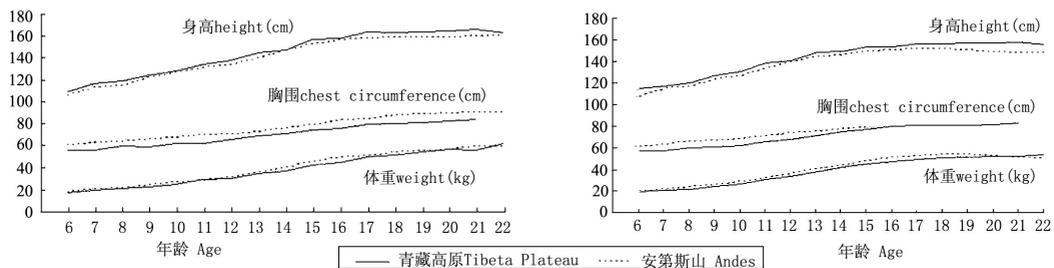


图 2 两大高原生长发育指标比较 (左 Left: 男 Male; 右 Right: 女 Female)  
Fig.2 Comparison of growth and development indices of people living in high altitudes

化是长期适应高原缺氧形成的, 安第斯山高原居民的前后胸径与内外胸径增大就是适应高原缺氧长期进化的结果。Karen(2007) 对史前 Atacama 高原居民胸部骨研究发现, 他们的胸骨长和宽、锁骨长和宽的值很大, 肋骨的长度和面积很大而曲度最小, 提示胸廓前后深内外宽, 低海拔地区居民则表现窄(胸部横径小)和浅(胸部矢状径小)的胸, 表明高原缺氧作为环境压力塑造了安第斯山居民的生物学特征<sup>[38]</sup>。安第斯山高原地区儿童具有较大的胸深(胸部矢状径)和胸宽(胸部横径), 但相对身高来说胸径较小<sup>[18]</sup>。在高原地区儿童生长发育过程中, 肺和胸容积不断增加<sup>[11]</sup>。Greksa 等(1984) 研究发现, 在 Aymara 和 Quechua 的成人, 胸的大小相近, 说明达到同样大的胸径, 不同地区的人有不同的过程<sup>[24]</sup>。

### 3.2 影响高原地区儿童青少年生长发育的因素的分析

在生长发育期, 人的外形的可塑性是很大的, 受气候、生态、海拔高度、遗传、社会政治经济文化等多种因素的影响, 绝不是某一种因素作用的结果。

#### 3.2.1. 遗传因素

西藏藏族与其它高原居民都表现出发育水平低、生长缓慢、胸径大等。这些高原居民特有的体质特征与特有的基因有关。研究发现, 西藏人口(Sherpa 地区) eNOS 两个位点频率比低海拔地区高, Yi 等在与缺氧有关的 2 个基因 EPAS1 和 EGLN1 选择性扫描(sweep) 中发现了强信号, 这两个基因与非藏族的低海拔地区(汉族与日本人)明显的不同<sup>[19]</sup>。通过高海拔与低海拔人口基因组扫描筛查, 发现在几个染色体区有正向直接选择的证据, HIF(hypoxia inducible factor) 通道基因与高原适应有关, 只有一个 HIF 通道基因 EGLN1 是西藏和安第斯山二个地区公共候选的, 这种遗传适应类型对西藏和安第斯山人口是独特的<sup>[8]</sup>。这虽然不是形态学直接的基因基础, 但我们提供了一个新的解释线索。

高原地区 CA 的生长发育除了有共同特点之外, 两大高原居民之间还存在明显的差异, 相互间不同的循环、呼吸功能和血红蛋白的适应高原变化在安第斯山、西藏和埃塞俄比亚高原人口都表现得很明显。西藏和安第斯山各自独有的特征可能与两大高原人口的高原遗传适应各自不同有关。这些适应高原的遗传差异导致不同的生理适应功能<sup>[5, 8]</sup>, 长期的生理适应性改变必然引起形态学的变化。HIF 的调节基因 EGLN1 和 EPAS1 及 2 个 HIF 靶基因 PRKAA1 和 NOS2A 被认为是西藏(EPAS1) 和安第斯山(PRKAA1, NOS2A) 自然选择的候选基因。PRKAA1, NOS2A 对人的呼吸生理过程起着重要作用<sup>[8]</sup>。Laura 等(2010) 在安第斯山和西藏人口中分别分辨出 38 和 14 个候选区域, 而且两地区候选基因区域不重叠, 最支持的候选者是 PRKAA1 和 NOS2A(安第斯山) 以及 EPAS1(西藏), HIF-1a, EPAS-1 代表了西藏高原人口适应高原生活的最关键的基因<sup>[39]</sup>。由于西藏与安第斯山人口基因的不同, 导致两地区人口高原适应差异。

最近研究揭示, HIF 氧信号通道是西藏高原人口强烈的正向选择目标, 而安第斯山人口却无类似的机制, 可能与居民的高原居住历史长短有关<sup>[40]</sup>。青藏高原人类活动的时间早于安第斯山, 有更长的进化时间, 因而表现出比安第斯山居民具有更好的适应机制。

#### 3.2.2. 高原缺氧

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 CA 比低海拔地区轻、矮, 这已得到很多学者的共识。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<sup>[1][14]</sup>。西藏藏族 CA 生长发育水平低于全国平均水平，Weitz 等<sup>[9]</sup>对青海与北京 CA 的比较研究以及 Haas 等<sup>[41]</sup>，Stinson<sup>[37]</sup>和 Tripathy 等<sup>[12]</sup>，Weitz 的研究也都证实了这一点。长期生活在高原环境中可以降低儿童的线性生长<sup>[11]</sup>，可达 1-4cm<sup>[42]</sup>。但是也有不同的情况，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<sup>[35]</sup>。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<sup>[13]</sup>。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<sup>[43]</sup>。

高原缺氧对胸部发育的作用可以通过坐高、胸围、小腿长及相关比值反映出来。2000 年 Weitz 等对青海藏族研究发现，在 3200m 和 3800m 时，胸径的性差很小，在 4300m 时男性比在 3200m，3800m 时轻度增加胸宽（胸部横径）和胸深（胸部矢状径）<sup>[10]</sup>。印度 Ladakh Bods (3514m) 生长比平原地区快，19 岁时较高较重且有很大的胸围<sup>[44]</sup>。然而 Weitz 等 (2004) 却发现，相对身高来说，胸径在高原和平原地区相近，海拔和 / 或营养似乎不能影响胸径<sup>[36]</sup>。生活在埃塞俄比亚高原地区的儿童与低海拔地区的儿童相比并没有表现出与海拔相关的胸部增长，可能具有特殊的高原适应类型，因为该地区居民的 Hb 和 SaO<sub>2</sub> 水平与海平面水平居民相近<sup>[15]</sup>。在高原出生长大的比短时间在高原生活的儿童身材矮小，相对身高来说，胸径随海拔增加而变大，高原与其它环境、遗传因素相比对生长发育作用是小的<sup>[37]</sup>。

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<sup>[45]</sup>。Freyre 等 (1988) 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高度的青少年明显晚，而且持续时间更长<sup>[35]</sup>。

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高度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。

### 3.2.3 社会经济、政治与文化

高原地区儿童生长发育受社会经济环境影响很大<sup>[14]</sup>。拉萨和那曲从 1965 年到 2005 年，区域经济发展迅速，国民生产总值不断增长，生活水平不断提高，人民的健康和卫生观念不断更新，因而健康状况明显改善<sup>[46]</sup>。CA 的身高、体重等迅速增长。西藏拉萨与那曲 CA 所表现出来的城乡（牧）差异以及西藏 2005 年比 1965 年身高体重的明显增加说明了社会经济文化对生长发育的影响。安第斯山高原的情况也说明了这个问题。1964-1999 年 Nunoan 的儿童生长研究发现，随着社会经济政治文化的改善，儿童生长发育阻滞现象减轻，身高和体重都在增长<sup>[15]</sup>。

Larrea(2002) 对 4 国 1995-1998 年家庭，民族，居住地和高原地区进行分析发现，玻利维亚、厄瓜多尔、秘鲁都有很高的生长发育阻滞率，高海拔、不协调的社会经济情况的作用明显，特别在当地人中更是如此；相反，哥伦比亚社会经济情况不协调的区域很小，因而生长发育阻滞率也较低。社会经济情况最好与最差相比其生长发育阻滞率可相差 3 倍<sup>[17]</sup>。在 La Paz (玻利维亚，3600m) 和 Bogota (哥伦比亚，2600m) 两个城市社会经济情况比较中发现，社会经济情况影响出生体重<sup>[45]</sup>。2000 年 Weitz 等对青海藏族最高最重个体的测量发现，他们仍比低海拔地区富裕儿童轻、矮。玻利维亚一所法国学校儿童调查表

明, 高社会经济背景的儿童虽然生活在高原地区, 但对生长发育无大影响<sup>[15]</sup>。社会经济文化对生长发育的影响主要通过营养起作用。高原人口的线性生长(包括坐高)主要来自营养<sup>[11,30]</sup>。社会经济情况不佳, 以营养作为中介对安第斯山当地人的生长滞后起了重要作用。具有良好社会经济背景的外来儿童比当地人具有更好的生长发育类型<sup>[47]</sup>。

总之, 青藏高原与安第斯山高原 CA 生长发育既符合 CA 生长发育的普遍规律又具有高原地区特点。高原地区的 CA 比低海拔地区轻、矮, 发育缓慢, 胸径较大。青藏高原 CA 比安第斯山的发育好, 两者具有不同的体质特征, 这些差异的原因是多方面的, 生态环境、高原缺氧、遗传因素和社会经济、政治与文化等都对其产生影响, 绝不是某一种因素所致, 但高原地区居民的特殊体质及两大高原地区居民之间的特殊适应可能与遗传适应的差异有关, 高原地区的适应性形态变化及其原因还需要探讨和研究。

致谢: 本文是在国家自然科学基金和辽宁省政府基金支持下完成的, 西藏自治区有关部门, 一些医院、学校、朋友、同志, 辽宁医学院的领导、老师、研究生等给予了大力支持和帮助, 赵红老师和胡荣博士为本文收集不少文献, 在此一并表示感谢!

## 参考文献

- [1] Ward MP. Tibet: Human and medical geography [J]. *J Wild Med*, 1990, 1(1): 36-46
- [2] 青藏高原. 百度百科, 2012-8-25. <http://baidu.com/view/4979.htm>
- [3] 安第斯山脉. 百度百科, 2012-8-25. <http://baidu.com/view/88.htm>
- [4] Garrudo RM, Dutt JS. Lack of prominent compensatory polycythemia in traditional native Andeans living at 4200 meters [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1983, 61(3): 355-366
- [5] Scheinfeldt LB, Tishkoff SA. Living the high life: High-altitude adaptation [J]. *Genome Biol*, 2010, 11(9): 133
- [6] Wu T. The Qinghai-Tibetan Plateau: How high do Tibetans live? [J]. *High Alt Med Biol*, 2(4): 489-499.
- [7] Moore LG, Armaza F, Villena M, et al. Comparative aspects of high-altitude adaptation in human populations [J]. *Adv Exp Med Biol*, 2000, 475: 45-62.
- [8] Bigham A, Bauchet M, Pinto D, et al. Identifying signatures of natural selection in Tibetan and Andean populations using dense genome scan data[J]. *PLoS Genet*, 2010, 6(9): 1-14.
- [9] Weitz CA, Garruto RM, Chin CT, et al. Morphological growth and thorax dimensions among Tibetans compared to Han children, adolescents and young adults born and raised at high altitude[J]. *Ann Hum Biol*, 2004, 31(3): 292-310
- [10] Weitz CA, Garruto RM, Chin CT, et al. Growth of Qinghai Tibetans living at three different high altitudes[J]. *Am J Phys Anthropol*, 2000, 111(1): 69-88
- [11] 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
- [12] Tripathy V, Gupta R. Growth among Tibetans at high and low altitudes in India[J]. *Am J Hum Biol*, 2007, 19(6): 789-800
- [13] 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
- [14] 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
- [15] Pawson IG, Huicho L. Persistence of growth stunting in Peruvian high altitude community, 1964-1999[J]. *Am J Hum Biol*, 2010, 22(3): 367-374
- [16] Gonzales GF, Valera J, Rodriguez L, et al. Secular change in growth of native children and adolescents at high altitude Huancayo, Peru (3280 meters)[J]. *Am J Phys Anthropol*, 1984, 64(1): 47-51
- [17] Larrea C, Freire W. Social inequality and child malnutrition in four Andean countries [J]. *Rev Panam Salud Publica*, 2002, 11(5-6): 356-364
- [18] Stinson S. Chest dimensions of European and Aymara children at high altitude [J]. *Ann Hum Biol*, 1985, 12(4): 333-338
- [19] Peng Y, Yang Z, Zhang H, et al. Genetic variations in Tibetan populations and high-altitude adaptation at the Himalayas [J]. *Mol*

- Biol Evol, 2011, 28(2): 1075-1081
- [20] Wilson MJ, Julian CG, Roach RC. Genomic analysis of high-altitude adaptation: innovations and implications [J]. *Curr Sports Med Rep*, 2011, 10 (2): 59-61
- [21] 吴汝康, 吴新智, 张振标. 人体测量方法 [M]. 科学出版社, 1984
- [22] Timothy G Lohman, Alex F Roche, Reynaldo Martorell. *Anthropometric Standardization Reference Manual* [M]. Illinois: Champaign, 1988
- [23] Stinson S. The physical growth of high altitude Bolivian Aymara children[J]. *Am J Phys Anthropol*, 1980, 52(3): 377-385
- [24] Greksa LP, Spielvogel H, Paredes-Fernandez L, et al. The physical growth of urban children at high altitude [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1984, 65(3): 315-322
- [25] 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
- [26] Dittmar M. Linear growth in weight, stature, sitting height and leg length, and body proportions of Aymara school-children living in an hypoxic environment at high altitude in Chile [J]. *Z Morphol Anthropol*, 1997, 81(3): 333-344
- [27] 胡佩瑾, 季成叶, 赵德才, 等. 1965-2004 年西藏藏族学生身体形态的变化趋势 [J]. *中华预防医学杂志*, 2005, 39 (6) : 380-384
- [28] 马军, 吴双胜, 周学雷, 等. 中国 1985-2005 年藏族学生身体形态发育及营养状况动态分析 [J]. *中华流行病学杂志*, 2009, 30(10): 1030-1033
- [29] 肖艳杰, 席焕久. 西藏地区 7-18 岁藏族学生体格发育状况调查 [J]. *中国学校卫生*, 2007, 28(11): 968-970
- [30] Bailey SM, Xu J, Feng JH, et al. Tradeoffs between oxygen and energy in tibial growth at high altitude [J]. *Am J Hum Biol*, 2007, 19(5):662-668
- [31] 杜晓燕, 胡小琪, 张倩, 等. 四川阿坝州藏汉族儿童青少年生长发育状况分析 [J]. *中国学校卫生*, 2011, 32 (6) : 744-746
- [32] WHO Global Database on Children Growth and Malnutrition. Reference 2007. <http://www.who.int/nutgrowthdb/>
- [33] 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
- [34] Khadilkar VV, Khadilkar 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
- [35] Freyre EA, Ortiz MV. The effect of altitude on adolescent growth and development [J]. *J Adolesc Health Care*, 1988, 9 (2): 144-149
- [36] Weitz CA, Garruto RM. Growth of Han migrants at high altitude in central Asia [J]. *Am J Hum Biol*, 2004, 16(4): 405-419
- [37] 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
- [38] Weinstein KJ. Thoracic skeletal morphology and high-altitude hypoxia in Andean prehistory [J]. *Am J Phys Anthropol*, 2007, 134 (1): 36-49
- [39] van Patot MC, Gassmann M. Hypoxia: Adapting to high altitude by mutating EPAS-1, the gene encoding HIF-2 $\alpha$  [J]. *High Alt Med Biol*, 2011, 12(2): 157-167
- [40] Jay F Storz. Genes for high altitudes [J]. *Science*, 2010, 329(5987): 40-41
- [41] 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
- [42] Greksa LP. Growth and development of Andean high altitude residents [J]. *High Alt Med Biol*, 2006, 7(2): 116-124
- [43] Malkoc I, Mazıcıqlu 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
- [44] Malik SL, Singh IP. Growth trends among male Bods of Ladakh--a high altitude population [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1978, 48(2): 171-175
- [45] 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
- [46] 陈涛. 2005 年西藏人均国内生产总值首次超过 1000 美元. 商务部网站, 2006-1-16 [www.gov.cn](http://www.gov.cn)
- [47] de Meer K, Heymans HS, Zijlstra WG. Physical adaptation of children to life at high altitude [J]. *Eur J Pediatr*, 1995, 154 (4): 263-272

## Comparative Study of the Height, Weight and Chest Circumference of Children and Adolescents Between the Tibetan Plateau and the Andes

XI Huanjiu<sup>1</sup>, WEN Youfeng<sup>1</sup>, ZHANG Hailong<sup>1</sup>, LI Wenhui<sup>1</sup>, REN Fu<sup>1</sup>,  
HUANG Keqiang<sup>2</sup>, XIAO Yanjie<sup>1</sup>, YE Liping<sup>1</sup>, LI Chunshan<sup>2</sup>, Zhao CHEN<sup>3</sup>

1. Institute of Anthropology in Liaoning Medical University, Jinzhou Liaoning 121001;

2. Second Affiliated Hospital of Liaoning Medical University, Jinzhou Liaoning 121001;

3. Mel and Enid Zuckerman College of Public Health, University of Arizona, Tucson USA 85724-5211

**Abstract:** This study compares the height, weight and chest circumference of children and adolescents living in the Tibetan Plateau with those in the Andes in order to explore the patterns and characteristics of growth and development and to identify differences in growth and development between the two regions. Findings from this study may be used to help improve the health of residents, to promote good growth and development, and to provide a theoretical framework for high-altitude medicine and anthropology. A total of 2813 healthy children and adolescents (men 1606, women 1207) aged 6-19 years old were recruited with informed consent. To be eligible for this study, participants had to have lived and grown up in Tibet, and both their paternal and maternal side of the family had to be Tibetan (for at least the past three generations). Their stature, weight, chest circumference were measured. Comparison data on growth and development of children and adolescents in India, Peru, Bolivia, and Chile were abstracted from published studies. Papers with incomplete data, small sample sizes or outdated information were not included in this study. Statistical analysis was done using SPSS13.0. The results have suggested that children and adolescents from the Tibetan plateau was taller than those from the Andes. Weights of children and adolescents in the two regions were similar. In addition, chest circumference was smaller in those living in the Tibetan plateau than those in the Andes. It is concluded that growth and development of children and adolescents in highlands follow similar patterns, but also show specific characteristics such as growth delay, lower growth level and large chest dimensions. Growth and development levels of children and adolescents were better in Tibet than in the Andes, possibly a result of features resulting from such factors as hypoxia, heredity or socioecological levels.

**Key words:** Children; Adolescents; Development; Qinghai-Tibet; High altitude; Andes