

# 中国青少年劳累尔指数发育曲线 的地区差异分析

季成叶 温大英 范志红 张琳

(北京医科大学儿童青少年卫生研究所, 北京 100083)

**关键词** 青少年; 劳累尔指数; 地区差异

## 内 容 提 要

在1985年全国学生体质与健康调查资料基础上运用多元分析方法作再分析。首先利用因子分析集中概括男女各56个地区、城乡青少年群体在劳累尔指数发育曲线上的主要差异;再 利用Q聚类分析,将这些样本按不同发育特点归纳成若干类;利用多项式拟合方程,绘制各类劳累尔指数发育曲线,为不同地区制订营养评价标准提供科学依据。

劳累尔指数( $\frac{\text{体重kg}}{\text{身高cm}^3} \times 10^7$ )由德国学者劳累尔首创于1908年。它通过每立方厘米体 积的重量表示,反映体内肌肉、骨骼、内脏器官和脂肪组织的总体发育状况,适用于显示 生长发育中的青少年在身体充实度、体型和营养水平方面的差异,故迄今仍在国内外被广 泛采用(平田钦逸,1983; World Health Organization, 1981)。

我国现使用的劳累尔指数正常值(16省市青少儿形态、机能、素质发育调查协作 组,1982)已跟不上我国儿童青少年生长发育实际水平,且该正常值在制订中未能充分考 虑各地城乡青少年在发育水平、成熟程度和体型等方面的巨大差异,这就给敏感地筛查营 养疾病(如营养不良和肥胖)带来困难。为此,本研究拟从分析比较各地青少年的生长发 育差异入手,运用多元统计手段,分类为不同地区样本设计劳累尔发育曲线,以便为各省 市区制订切实可行的营养评价标准提供科学依据。

## 一、对象与方法

分析数据来自1985年《中国学生体质与健康研究》(中国学生体质与健康研究组, 1987)。样本由全国(除台湾、西藏外)28个省市自治区按分层整群抽样原则,自本地籍 7-22岁身体健康的汉族小、中、大学生中随机抽选组成。各省市有城男、城女、乡 男、乡女样本各一,内含7-18岁各年龄人数287-306人,19-22岁各年龄人数74-101

收稿日期: 1993-02-09.

人, 合计男女各 56 个地区样本, 451 507 人。

根据对象的劳累尔指数发育曲线特点, 选择身高、体重和劳累尔指数等 3 项指标在 4 个年龄组的 12 个参数参与分析。这 4 个年龄组是: 7 岁、13 岁(女 11 岁)、18 岁和 22 岁。

分析基本步骤如下:

(1) 计算各样本内各指标参数均值与标准差; (2) 利用方差最大正交旋转因子分析法, 自 12 项指标参数中抽提因子, 以集中概括各地青少年群体在劳累尔指数发育曲线上的主要差异; (3) 将各指标参数的均值转化为因子分, 以此为据作样本间 Q 聚类分析 (Ward 法), 将男女各 56 样本归纳成若干类别; (4) 利用多项式拟合方程为上述各类绘制劳累尔指数发育曲线, 并就其在制订不同地区营养状况评价标准中的作用进行讨论分析。

## 二、结 果

### 1. 中国青少年生长发育的显著地区差异

表 1 显示, 各地青少年在生长发育水平上存在显著差异。7 岁身高的最大差值为 10.62cm(男)和 9.72cm(女); 体重最大差值为 4.59kg(男)和 3.79kg(女)。差异在生长突增高峰阶段(男 13 岁、女 11 岁)更大, 提示各地群体在发育早晚和各年龄成熟程度上也明显不同。值得注意的是, 这种比较还是在均值基础上进行的, 个体间的差值在男 13 岁时最大可达 30cm 以上。身高、体重的差异导致不同群体的劳累尔指数差别也很大: 在相同年龄时, 一些群体指数低, 体型相对瘦高; 另一些群体指数高, 体型相对粗壮。可见, 仅用一种劳累尔指数正常值无法全面、准确反映不同地区青少年群体的体型特点及营养状况。

表 1 男女生各 56 个群体 12 项指标的基本情况  
The basic analyses of 12 growth parameters for boys and girls

	指数	均值±标准差	变异系数	最大值—最小值
男           生	7 岁身高	119.51±2.58	2.16%	114.02—124.84
	13 岁身高	151.02±3.76	2.49%	143.67—159.39
	18 岁身高	168.31±2.27	1.35%	162.75—172.52
	22 岁身高	169.26±1.97	1.16%	164.00—173.28
	7 岁体重	20.92±1.04	4.97%	18.76—23.35
	13 岁体重	38.83±2.50	6.44%	33.80—45.48
	18 岁体重	56.11±1.72	3.07%	52.40—60.75
	22 岁体重	57.26±1.76	3.07%	53.65—60.50
	7 岁劳累尔指数	122.54±2.88	2.35%	117.97—130.90
	13 岁劳累尔指数	112.64±2.69	2.39%	106.92—119.64
	18 岁劳累尔指数	117.71±3.14	2.67%	110.78—124.45
	22 岁劳累尔指数	118.09±2.49	2.11%	112.06—123.34
女           生	7 岁身高	118.42±2.48	2.09%	113.22—122.94
	11 岁身高	139.76±3.62	2.59%	131.50—147.75
	18 岁身高	157.12±1.82	1.16%	152.70—160.52
	22 岁身高	158.16±1.68	1.06%	153.77—161.05
	7 岁体重	20.11±0.86	4.28%	18.19—21.98
	11 岁体重	30.63±1.96	6.40%	26.95—35.72
	18 岁体重	50.07±1.24	2.48%	46.93—52.83
	22 岁体重	50.48±1.27	2.52%	47.84—52.55
	7 岁劳累尔指数	121.12±3.22	2.66%	115.95—128.99
	11 岁劳累尔指数	112.13±3.11	2.77%	104.99—119.70
	18 岁劳累尔指数	120.15±4.51	3.49%	121.17—140.33

2. 因子分析与聚类分析结果

表 2 提示，自男女 12 项指标参数中可分别抽出两个因子，其累积贡献率分别达 87.9%(男)和 87.5%(女)，提示这些因子较好地集中概括了 12 项参数上的群体间差异。男女因子的构成方式略有不同，主要原因是女生 18 岁后体重的群体差异显著扩大，使其 18 岁、22 岁时体重的两参数相对独立并组成第二因子，其他指标则合组成第一因子。

表 2 男女生 12 项指标的因子分析  
The factors extracted from 12 growth parameters for boys and girls

指 标	男生		指 标	女生	
	第一因子	第二因子		第一因子	第二因子
7 岁身高	0.8311		7 岁身高	0.9398	
13 岁身高	0.8126		11 岁身高	0.9747	
18 岁身高	0.7949		18 岁身高	0.8849	
22 岁身高	0.8210		22 岁身高	0.8829	
7 岁体重	0.8899		7 岁体重	0.8200	
13 岁体重	0.8760		11 岁体重	0.8729	
18 岁体重	0.9581		18 岁体重		0.9401
22 岁体重	0.9048		22 岁体重		0.9158
7 岁劳累尔指数		0.7721	7 岁劳累尔指数	-0.9067	
13 岁劳累尔指数		0.8824	11 岁劳累尔指数	-0.7310	
18 岁劳累尔指数		0.9541	18 岁劳累尔指数	-0.9188	
22 岁劳累尔指数		0.9004	22 岁劳累尔指数	-0.8615	
特征值	8.1452	2.4056		7.8961	2.6030
说明率	67.9%	20.0%		65.8%	21.7%
累积说明率	└ 87.9% ┘			└ 87.5% ┘	

图 1、图 2 分别显示男女各样本的聚类分析流程。所用 Ward 法的基本原理是：先计算所有两两样本间的平方欧氏距离 D；然后，D 最小的两两样本率先聚合，形成一个小类；小类间再根据重新排定的 D 值，自小到大逐步结合成更大的类，直到全部聚合完成 (孙尚棋, 1990)。

$$\text{平方欧氏距离} \quad D_{(x,y)} = \sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2 \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

式内，D 即为 x、y 两样本间平方欧式距离，D 值越小提示样本间相似系数越高。x<sub>i</sub>、y<sub>i</sub> 为两样本第 i 项因子的因子分。m 为因子数，本研究中男女 m 均为 2。

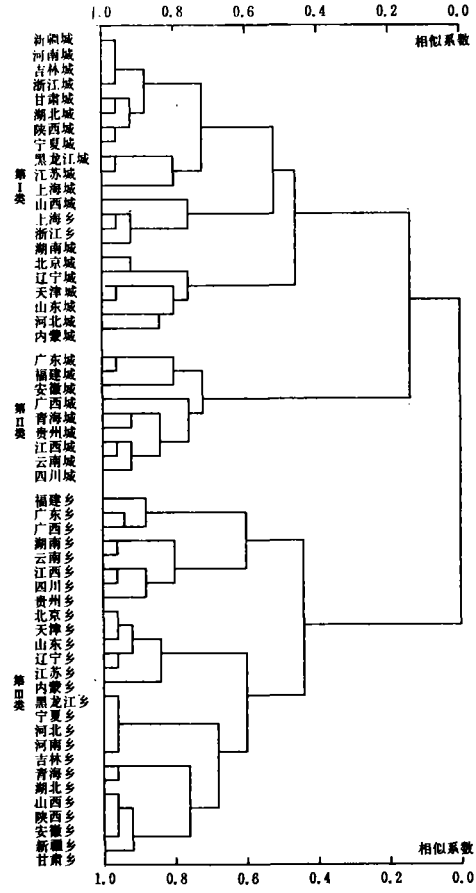
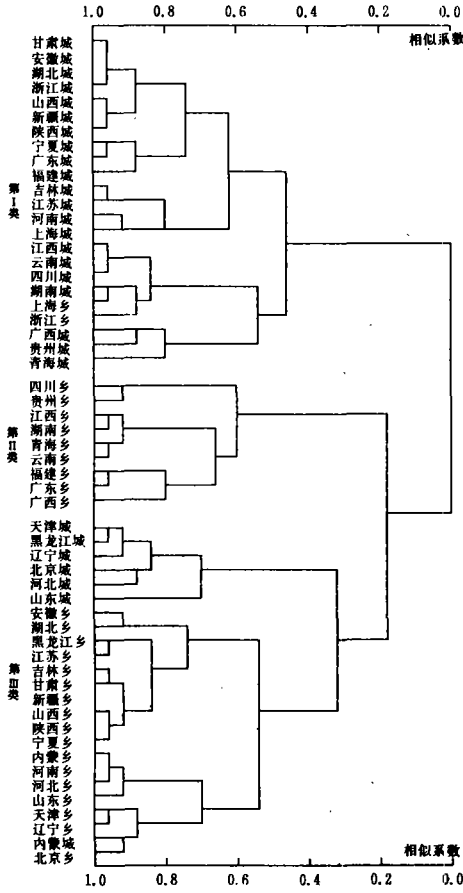


图 1 28 省市区城乡男生体型聚类图

The cluster dendrograms of urban and rural boys in 28 Chinese provinces

图 2 28 省市区城乡女生体型聚类图

The cluster dendrograms of urban and rural girls in 28 Chinese provinces

表 3 三类男生各指标的比较( $\bar{X} \pm S. D$ )

Comparisons of growth parameters among boy's three groups

指标	第 I 类 (n=23)	第 II 类 (n=9)	第 III 类 (n=24)
7 岁身高	120.4 ± 1.31	115.7 ± 1.09	120.0 ± 2.67
13 岁身高	152.4 ± 2.24	145.5 ± 1.56	151.8 ± 3.75
18 岁身高	169.2 ± 1.37	164.7 ± 1.30	168.8 ± 1.95
22 岁身高	169.8 ± 1.29	165.9 ± 1.15	169.9 ± 1.43
7 岁体重	21.1 ± 0.73	19.5 ± 0.39	21.3 ± 1.06
13 岁体重	39.1 ± 1.62	35.6 ± 1.00	39.8 ± 2.66
18 岁体重	55.8 ± 1.23	53.8 ± 0.80	57.4 ± 1.30
22 岁体重	56.8 ± 1.30	55.0 ± 1.20	58.6 ± 1.16
7 岁劳累尔指数	120.7 ± 1.79	126.2 ± 2.80	123.0 ± 2.26
13 岁劳累尔指数	110.6 ± 1.55	115.5 ± 2.70	113.7 ± 1.89
18 岁劳累尔指数	115.1 ± 1.97	120.6 ± 2.43	119.3 ± 2.27
22 岁劳累尔指数	116.0 ± 1.73	120.5 ± 2.01	119.3 ± 1.54

图 1 里, 56 个男生样本在相似系数 0.3 左右聚成三类。第 I 类里除上海、浙江乡村外, 余均为来自南方及西北的城市样本。第 II 类除青海乡村外, 均为来自最南方几个省区的乡村样本。第 III 类既包括东北、华北 (含京、津) 地区城市样本, 也包括以北方乡村为主体的乡村样本。

图 2 所示女生聚类结果在城乡、南北差异及地区毗邻关系方面与男生同, 但其三类 (相似系数 0.4) 在具体组成上略有差别。第 I 类以北方、华东、华中地区城市为主体; 第 II 类除青海外均来自南方城市; 第 III 类则囊括了除上海、浙江外的全部乡村女生。

表 3 分析三类男生在 12 项分析参数方面的异同。I、III 两类各年龄身高均值接近, 但后者自青春期突增高峰 (13 岁) 后体重优势逐渐明显, 故其劳累尔指数明显高于前者。相比之下, 第 II 类男生 (南方乡村) 各年龄身高、体重均居全面劣势, 其劳累尔指数均值不仅高于第 III 类, 更显著高于第 I 类, 体型相对矮壮。

表 4 三类女生各指标的比较( $\bar{X} \pm S. D$ )

Comparisons of growth parameters among girl's three groups

指标	第 I 类 (n=21)	第 II 类 (n=9)	第 III 类 (n=26)
7 岁身高	120.5 ± 1.64	118.3 ± 1.75	116.5 ± 1.77
11 岁身高	142.8 ± 2.18	140.4 ± 1.88	136.7 ± 2.54
18 岁身高	158.6 ± 1.00	156.7 ± 1.28	155.9 ± 1.53
22 岁身高	159.5 ± 1.10	157.8 ± 0.82	157.1 ± 1.61
7 岁体重	20.8 ± 0.75	19.8 ± 0.58	19.6 ± 0.67
11 岁体重	32.2 ± 1.51	30.3 ± 1.07	29.3 ± 1.52
18 岁体重	50.2 ± 0.69	48.3 ± 0.66	50.7 ± 1.16
22 岁体重	50.9 ± 0.76	48.8 ± 0.71	50.8 ± 1.29
7 岁劳累尔指数	118.6 ± 1.16	119.7 ± 2.90	124.0 ± 2.19
11 岁劳累尔指数	110.5 ± 1.06	109.4 ± 1.85	114.7 ± 2.83
18 岁劳累尔指数	125.8 ± 2.13	125.5 ± 2.00	133.7 ± 2.19
22 岁劳累尔指数	125.5 ± 2.29	124.2 ± 1.80	131.0 ± 2.05

表 4 中, 由北方及东部沿海城市女生为主体的第 I 类和由南方城市女生构成的第 II 类相比, 在相同年龄时前者高而重, 后者矮而轻, 但两者劳累尔指数十分接近。然而, 全部由乡村女生组成的第 III 类身高虽属三类中最低, 体重却自青春期突增 (11 岁) 后持续增长; 18 岁后不仅超过第 II 类而且赶上第 I 类。所以该类女生的劳累尔指数高于 I、II 类, 且越近成年时越明显。

### 3. 劳累尔指数发育曲线的制订和平滑化

图 3、图 4 为各类男女生建立劳累尔指数发育曲线 (第 I、II 类女生劳累尔指数各年龄均很接近, 故将两者合并), 并采用多项式 (Polynomial) 拟合使之平滑化。多项式拟合公式如下:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_6x^6$$

式中 x 即原点, 即某年龄劳累尔指数均值; y 为该值拟合后在 y 轴上的新点;  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、……通称拟合系数。为简便计, 仅用至三项式 (表 5), 但最低拟合回归系数也在

0.97 以上, 效果满意。

表 5 男女各类劳累尔指数多项式拟合曲线的组成

The polynomial fitting equations of Rohrer's index curves of boys and girls

类别		拟合多项式	拟合回归系数
男生	第 I 类	$-14.3150X+0.9102X^2-0.0180X^3+182.7307$	0.9909
	第 II 类	$-14.7810X+0.9350X^2-0.0185X^3+190.5843$	0.9853
	第 III 类	$-14.7317X+0.9544X^2-0.0193X^3+186.6426$	0.9816
女生	第 I+II 类	$-25.7316X+1.9053X^2-0.0427X^3+220.7314$	0.9881
	第 III 类	$-30.3465X+2.2737X^2-0.0516X^3+243.5466$	0.9774

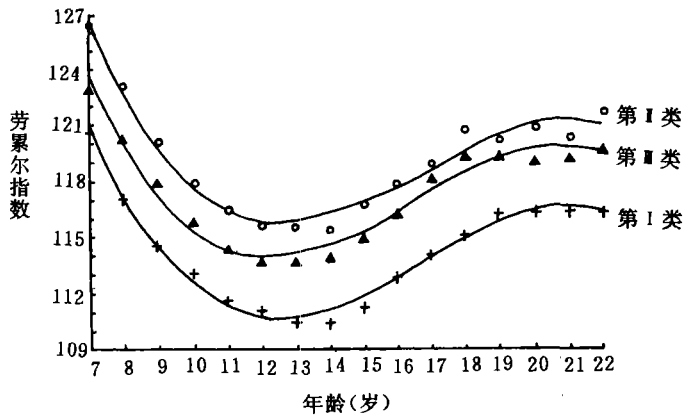


图 3 三类男生的劳累尔指数发育曲线示意图

The Rohrer's index curves of boy's three clusters

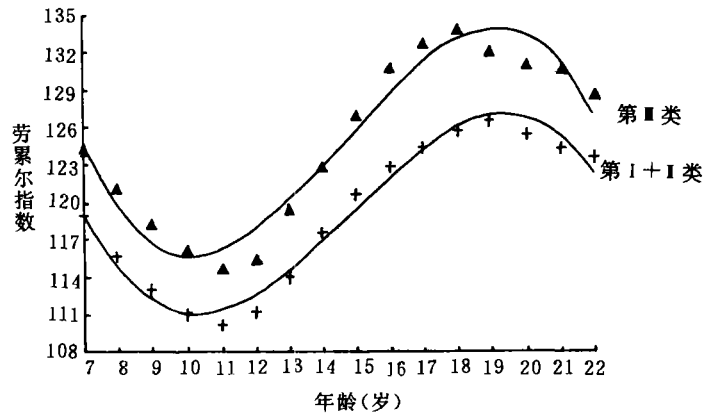


图 4 三类女生的劳累尔指数发育曲线示意图

The Rohrer's index curves of girl's three clusters

### 三、讨 论

本研究选用的 12 项分析参数较充分考虑到青少年的发育规律。以劳累尔指数为例, 7 岁值青春期前奏; 18 岁则是结束青春期、跨入成年期的关键年龄; 男 13、女 11 岁正值多数青少年生长突增高峰, 绝大多数群体劳累尔指数均值亦最低; 22 岁时身高不再增长但体重仍可变化, 故此时劳累尔指数反映不同群体在充实度、体型方面的变化。说明这四项参数既是该指数发育曲线图形的关键要素, 在表现群体差异上又都相当敏感(季成叶, 1991)。不过, 无论个体或群体, 仅凭劳累尔指数无法准确评价营养状况。譬如 A、B 两个 16 岁男孩劳累尔指数均为 110, 但 A 身高 170cm、体重 54kg, B 身高却仅 145cm、体重 33kg; 很明显, 前者生长良好, 营养正常, 后者却属营养不良。正是基于这一理由, 在选用四项劳累尔指数同时, 加用了同年龄身高、体重作参数, 以求全面反映群体生长发育水平。因子分析表明, 这些参数的有机结合能较好体现不同地区群体在发育水平、成熟早晚和体型特点上的差异, 集中概括程度较高, 从而为利用因子得分将样本清晰地划入不同类创造了有利条件。

聚类分析结果首先揭示出显著的城乡差异。表现为城市男女生体型普遍相对瘦长, 而乡村男女生普遍相对粗壮。例如, 乡村女生绝大多数聚入第Ⅲ类, 其劳累尔指数在各年龄均明显高于城市女生。又如男生, 南方乡村(第Ⅱ类)及与其对应的南方城市(第Ⅰ类)样本间; 甘肃、陕西、宁夏、山西、新疆等城乡样本(分别聚在Ⅰ、Ⅲ类)间均有类似的差异。北京、天津、辽宁、山东等地城乡男生合聚在第Ⅲ类, 但对图 1 细加观察即可见城乡之间在样本相似程度上仍有较大差别。城乡差异的主要原因是, 乡村男女生早期生长显著落后于城市, 其中身高的落后程度更甚于体重; 青春期生长突增后身高仍相对落后, 体重却逐步赶上甚至超过城市男女生, 由此导致体型的明显差别。其次是南北差异。这可从东北、华北的城市男生聚在第Ⅲ类, 大部分南方城市男生却聚在第Ⅰ类, 以及北方乡村男生多聚于第Ⅲ类, 而南方乡村男生多聚于第Ⅱ类等获得充分证明。图 2 所显示的南北城市女生不同聚类趋势则表现得更为直接和明晰。这一南北差异的直接结果是: 在身材同样较高的情况下, 北方城市男女生较南方城市男女生体型相对粗壮; 而在同样身材相对较矮的情况下, 南方乡村男女生较北方乡村男女生体型相对细瘦。聚类分析还显示两个“例外”: 一是无论男女, 上海、浙江乡村样本与其他乡村样本不同, 被聚入城市样本里; 二是无论城乡男女, 青海样本均和南方样本显示出更大相似性。前者提示经济较发达的东南沿海地区, 乡村青少年身材较高而表现出“城市化”倾向; 后者可直接归因为青海城乡男女生(尤其青春发育后期)增重不足。可见, 在分析我国青少年生长地区差异时, 还有第三个因素, 即社会经济发展水平的差异同样不可忽视。该结果与笔者等以往对我国青少年形态、生理及性发育等地区差异所作的分析基本一致(季成叶等, 1990; Ji *et al.*, 1991)。其影响因素是多方面的, 既与各地气候、地理与生态环境有直接联系, 也与当地经济发展、人民生活水平及生活饮食习惯有关。上述三大差异, 是这些众多因素共同作用的综合效应(季成叶等, 1992)。

在为男女各类群体试行建立劳累尔指数发育曲线过程中, 有以下两点启示。第一, 利

用劳累尔指数评价结果作地区间比较时, 应兼顾身高特点以避免导出错误结论。明显的例证如女生第 I、II 类, 两者该发育曲线相似 (故图 4 予以合并), 实质上前者身材高而重, 后者矮而轻, 两者发育水平明显有别。第二, 因各地制订劳累尔指数正常值主要用于筛选营养不良和肥胖, 故对该群体之体型特征应有充分估计。以第 II 类男生为例, 这些南方乡村群体内较多的个体属身矮体轻、劳累尔指数偏高。故在作肥胖筛选时, 所取劳累尔指数上限宜从严 (如用第 97 百分位, 即  $P_{97}$ , 而非通常的  $P_{95}$ ); 当筛选营养不良时则应相反, 指数下限应从宽 (如用  $P_5$  甚至  $P_{10}$  而不是  $P_3$ )。对表现为身高体轻的第 I 类男生则恰恰相反, 筛选肥胖所用上限从宽而筛选营养不良时下限从严。对其他各类男女生均应根据其体型特征作适当处理, 以使所得结果更具精确和可比性。

### 参 考 文 献

- 十六省市青少儿形态、机能与素质发育调查协作组, 1982. 科学技术成果报告: 中国青少年儿童身体形态、机能与素质的研究. 132-133. 科学技术文献出版社. 北京.
- 中国学生体质与健康研究组, 1987. 中国学生体质与健康研究. 1097-1112. 人民教育出版社. 北京.
- 孙尚棋, 1990. 实用多变量统计方法及计算程序. 144-163. 北京医科大学与中国协和医科大学联合出版社. 北京.
- 季成叶等, 1990. 22省市汉族女青少年生长发育状况的分析. 人类学学报, 9(3): 189-195.
- 季成叶, 1991. 学龄儿童超重与肥胖的劳累尔指数典则判别法. 北京: 海峡两岸肥胖学术交流会大会报告 (No. 144).
- 季成叶等, 1992. 中国农村青少年生长发育地区差异的环境影响因素浅析. 中国体育科学学会学报, 12(1): 38-42.
- 平田敏逸, 他, 1983. 体力の診断と评价. 东京: 大修馆书店, 第6版; 182-261页.
- Cornoni-Huntley, J. et al., 1983. National Health and Nutrition Examination. Part I. Epidemiologic follow up survey. *Public Health Report*, 1: 245-251.
- Ji, C.Y. et al., 1991. The geographic clustering of body size of Chinese children aged 7 years. *Ann. Hum. Biol.*, 18(2): 137-153.
- World Health Organization (WHO), 1981. Development of indicators for monitoring progress towards health for all by the year of 2000, Geneva: WHO Office, pp. 34-121.



## ANALYSES ON THE GEOGRAPHIC DIFFERENCES OF ROHRER'S INDEX CURVES IN CHINESE YOUTHS

Ji Chengye Wen Daying Fan Zhihong Zhang Lin

*(Institute of Child and Adolescent Health, Beijing Medical University, Beijing 100083)*

**Key words** Chinese youth; Rohrer's Index; Geographic difference

### Abstract

This study was designed to analyse the geographic differences of Chinese youths' Rohrer's Index curves by using multivariate analysing method. The means of height, weight and Rohrer's Index of those aged 7, 13 (11 for girls), 18 and 22 years were used as parameters. Firstly, by using factor analysis, two factors were extracted, both for boys and girls, from these parameters. Then by using the factor scores as new variables and by using the Q mode cluster analysis, both boys' and girls' groups were classified into several clusters. Comparisons between these clusters showed significant urban-rural differences, north-south differences as well as developed-underdeveloped differences, not only on youths' body size, but also on their body shape. Rohrer's Index curves were set up and smoothed by the polynomial fitting equations for each of these clusters, and the use of these curves in setting up the norms in screening out the individuals with abnormal nutrition and health status were discussed.