

# 男性青少年脂肪组织分布与相对骨龄的关系——Fels 追踪研究<sup>1)</sup>

席 换 久

(锦州医学院解剖教研室)

Alex F. Roche and Richard N. Baumgartner

(Division of Human Biology, Wright State University, School of Medicine,  
Yellow Springs, OH, U. S. A.)

关键词 脂肪组织分布; 骨龄

## 内 容 提 要

本文对 Fels 追踪研究中 8—17 岁男性青少年的相对骨龄与脂肪分布类型之间的关系做了分析。按体重/身高<sup>2</sup>调整后,如用每个年龄的三种皮褶厚度(ST)指数的均值表示脂肪分布类型的话,8—12 岁时,脂肪分布类型呈外周型分布,但 13 岁后开始朝向心型发展呈全身性分布。如用肩胛下 ST/(肩胛下 ST + 胳三头肌区 ST) 的比例表示的话,那么 14—17 岁时,相对骨龄早者(简称早组)与相对骨龄晚者(简称晚组)相比,前者有较明显的向心型分布倾向。13—14 岁时,早组的上述比值的年增长明显大于晚组。但是,按脂肪分布类型指数等级的基线和体重/身高<sup>2</sup>调整之后,7、11 或 14 岁时的相对骨龄不能预测 17 岁时的脂肪分布类型指数的等级。所以,我们可以得出这样的结论:如按本文的比例指数加以定量的话,脂肪分布类型与男性青少年的相对骨龄只有微弱的关系。他们的脂肪分布类型可能与其它成熟指征(如男性青春期的第二性征)有明显的关系。

脂肪组织的向心型分布(即躯干 ST 相对大于四肢),是成人非胰岛素依赖性糖尿病 (Mueller *et al.*, 1984; Haffner *et al.*, 1986) 和心血管病 (Ducimetière *et al.*, 1986) 的危险因素。所以,皮下脂肪组织的解剖学变化或脂肪分布类型是很有意义的。几项研究业已表明,随着年龄的变化,青春期脂肪分布会有明显的变化 (Mueller 1982; Mueller *et al.*, 1986; Malina and Bouchard 1988; Johnston 1988; Baumgartner *et al.*, 1986, 1988)。这些变化涉及到皮下脂肪组织发生明显地向心型再分布(即由四肢向躯干)问题,但这只发生在男性而不在女性。这就提供了脂肪分布类型的发展基础。

儿童成熟速度的差异和脂肪分布类型的变化与生物学年龄的关系比与时间年龄的关系更为密切。目前,只有两项研究对骨龄的变化做了分析 (Frisancho and Flegel 1982; Deutsch *et al.*, 1985)。最近, Baumgartner 等人 (1986) 对青春期脂肪分布类型的变化

1) 指 Fels 法的追踪研究,该法是 Roche 教授提出的手腕部骨龄的研究方法,详见参考文献。

与性成熟的关系做了分析。这些横断资料的研究表明, 脂肪组织的向心型再分布与较早的骨龄和较早出现第二性征有关, 但这只是男性而不是女性。本文则应用混合追踪的 8—17 岁青少年材料, 分析了脂肪分布类型指数与相对骨龄之间的各种变化关系。

## 对 象 与 方 法

本文对象为白人, 来自美国俄亥俄州黄泉 Fels 追踪研究。他们多居住在该州西南部或其附近, 是具有中等社会经济水平的居民。Fels 研究始于 1929 年, 每年约有 15 人参加注册。在他们出生之前, 根据其家庭是否愿意, 而不是根据任何其它研究变量而登记。因为收集本资料之前和以前按时间表, 每年在参加者生日前后做的观察, 只收集了少数参加者的 ST, 所以, 本文的资料仅限于 1970 年以来的一系列观察资料。8—17 岁的 177 名男性青少年共 1096 组观察数据(包括骨龄、体重、身高、肱三头肌区和肩胛下 ST)。在各年龄中, 具有完整成组观察资料的参加者的数目为 73—128。至少有二个连续的成组资料, 占整个参加者的 84%。在 8 岁时就有完整成组观察资料的 87 名男性中, 39% (34) 的人在 17 岁时仍具有完整成组的观察资料。因为从 1977 年开始收集测量资料, 所以, 包括测量小腿外侧和髂前上棘 ST 在内的具有成组资料者的数目是很少的。为了用小腿外侧和髂前上棘 ST 进行分析, 本文应用 145 名男性共 870 组观察资料。各年龄组中, 具有完整成组资料的数目为 18—75。

本文 ST 测量是由两个独立的测量者, 按标准方法, 运用 Holtain 卡尺在左侧肱三头肌区、肩胛下部、髂前上棘和小腿外侧测量, 并在同一部位测两次所得 (Lohman *et al.*, 1988)。肱三头肌区、肩胛下部和小腿外侧的 ST 测量误差小于 1.0 毫米, 而髂前上棘 ST 的测量误差约为 1.3 毫米。分析时, 用两个测量者测量的一对数据均值; 用杠杆秤测量体重, 最近刻度为 0.1 公斤; 用测高尺测身高, 最近刻度为 0.1 厘米。

体重/ $\text{身高}^2$  ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) 的值做为肥胖水平指数。Kaplowitz 等人 (1987) 指出, 躯干和四肢 ST 的简单比例与主成分分析的几个部位的 ST 而得到的复杂指数相比, 前者具有中度到高度的敏感性, 同时具有乐观的预测值 (70%—95%)。判别分析表明, 在脂肪分布类型的作用上, 简单的指数几乎与多变量指数同样有效。在预测实际值时, 躯干 ST/ 小腿 ST 的简单比例指数略高于躯干 ST/ 臀 ST; 两个或两个以上躯干部位 ST/ (臀 ST + 小腿 ST) 的比例指数具有最高的敏感性和乐观的预测值。所以, 本文应用 ST 来定义脂肪分布类型的三种指数是: 1) 肩胛下部 ST/(肩胛下部 ST + 肱三头肌区 ST); 2) 肩胛下部 ST/(肩胛下部 ST + 小腿外侧 ST); 3) (肩胛下部 ST + 髋前上棘 ST)/(肩胛下部 ST + 髋前上棘 ST + 肱三头肌区 ST + 小腿外侧 ST)。

骨龄的确定是用 Fels 法评价 Fels 追踪研究中的手腕部 X 线片 (Roche *et al.*, 1988)。相对骨龄定义为年龄与骨龄之间的差。相对骨龄  $>0.30$  年的男性, 定为相对骨龄早; 相对骨龄  $<-0.30$  年者定为相对骨龄晚。这个界限与本样本确定 8—17 岁骨龄的 95% 可信区间的上限和下限是一致的。

早、晚两组间在脂肪分布类型指数上的差异用协方差分析进行检验并按体重/ $\text{身高}^2$  调整每个年龄的指数。在年龄段的开始, 按指数等级和体重/ $\text{身高}^2$  调整脂肪分布类型指

数；在年龄段中间，用体重/身高<sup>2</sup>的增长调整脂肪分布类型指数，然后计算脂肪分布类型指数的增长均值并用协方差分析方法对二组间的差异进行检验。按体重/身高<sup>2</sup>调整后计算每个年龄的脂肪分布类型指数与相对骨龄之间的偏相关关系。最后，用具有成组系列资料的 8、11、14 岁男性的指数等级、体重/身高<sup>2</sup>和相对骨龄对 17 岁时的脂肪分布类型指数进行回归。

## 结 果

早、晚二组 ST 的各年龄均值和标准差见表 1。一般说来，早组的各部位 ST 都略大于晚组。

表 1 8—17 岁两个相对骨龄组的 ST\*

年龄 (岁)	肱三头肌区			肩胛下区			髂前上棘区			小腿外侧			
	N	Mean (mm)	SD	N	Mean (mm)	SD	N	Mean (mm)	SD	N	Mean (mm)	SD	
早组	8	27	8.79	4.05	27	6.73	4.87	17	7.16	8.38	17	8.98	3.39
	9	43	11.38	5.14	38	8.83	6.19	22	7.88	6.35	22	10.15	3.91
	10	62	12.43	5.16	52	9.42	5.92	31	9.19	7.03	31	11.58	5.01
	11	58	13.42	4.95	44	9.62	5.96	26	10.61	8.46	27	11.78	3.50
	12	67	12.69	5.53	60	8.65	4.23	37	9.05	5.66	37	11.61	4.39
	13	72	11.25	5.14	65	8.96	5.39	45	9.41	6.01	43	11.09	4.67
	14	64	10.47	4.94	60	8.32	3.74	41	9.43	6.55	41	9.62	3.27
	15	50	10.88	4.74	45	9.26	5.04	32	9.81	6.46	32	9.76	3.26
	16	69	11.45	6.08	57	9.65	4.38	29	10.17	6.11	29	9.47	4.15
	17	38	10.11	4.51	31	10.48	3.93	12	8.10	4.12	12	10.18	3.94
晚组	8	43	8.56	2.86	42	5.10	1.94	27	4.69	1.51	27	8.45	1.85
	9	60	9.28	2.90	52	5.66	2.10	30	5.14	2.76	30	8.37	2.83
	10	57	9.10	3.18	46	5.79	2.41	30	5.77	4.35	30	8.82	2.80
	11	55	9.25	2.83	49	5.97	2.08	28	5.93	3.47	28	9.02	3.05
	12	47	9.97	3.17	41	6.64	3.08	24	5.73	2.24	23	8.52	2.55
	13	43	10.35	3.75	39	7.17	2.98	16	7.85	4.79	16	8.86	2.94
	14	34	9.91	3.75	29	7.26	2.89	11	6.05	1.85	11	9.04	2.32
	15	46	9.48	4.28	36	7.45	2.95	13	5.69	1.65	13	9.11	2.45
	16	38	9.66	4.25	30	7.15	2.27	13	6.58	2.47	13	9.46	2.95
	17	36	11.45	4.85	30	8.78	3.03	4	10.25	6.83	4	9.86	2.60

\* N——例数 SD——标准差。

如图 1—3 所示，用躯干 ST/四肢 ST 表示脂肪分布类型时，两组间的差异是比较明显的。约 16 岁前，不管相对骨龄如何，如用三种比例指数表示时，脂肪呈外周型分布。约 13 岁时，两组的比值开始向心型分布的方向上增加，呈全身型分布。8、14、15、16 和 17 岁时，如按体重/身高<sup>2</sup>进行调整的话，早组的肩胛下 ST/(肩胛下 ST + 肱三头肌区 ST) 的均值明显高于晚组 ( $P < 0.05$ )。由于各年龄组样本例数较少，两组间差异只在 16 岁时才有统计意义。所以，肩胛下 ST/(肩胛下 ST + 小腿外侧 ST) 和躯干 ST 之

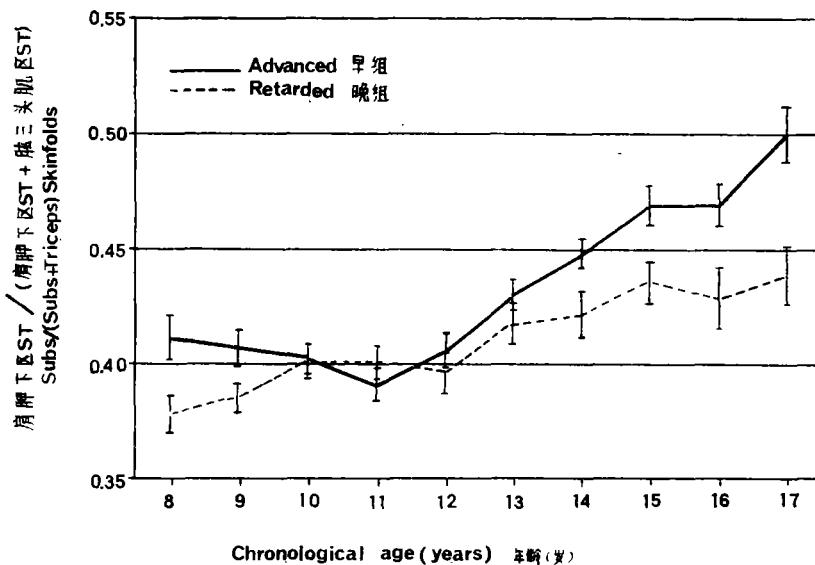


图 1 两相对骨龄组肩胛下 ST/(肩胛下 ST + 肱三头肌 ST) 指数均值  
(±标准误)的年龄变化

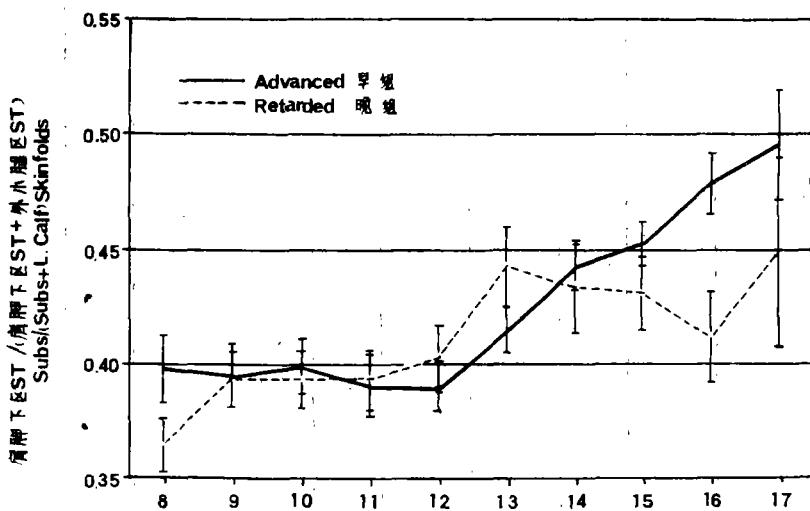


图 2 两相对骨龄组肩胛下 ST/(肩胛下 ST + 小腿外侧 ST) 指数均值  
(±标准误)的年龄变化

和/所有 ST 之和的指数均值的可信区间是宽的。

按体重/身高<sup>2</sup>调整之后，各年龄的比例指数与相对骨龄之间的关系见表 2。8、14、15、16 和 17 岁时，肩胛下 ST/(肩胛下 ST + 肱三头肌区 ST) 指数与相对骨龄之间的关系是有显著意义的 ( $P < 0.05$ )；两组所有的肩胛下 ST/(肩胛下 ST + 小腿外侧 ST) 和躯干部 ST 之和/所有的 ST 之和的指数关系都无统计意义。

肩胛下 ST/(肩胛下 ST + 肱三头肌区 ST) 的平均年增长与每个年龄段末端的关

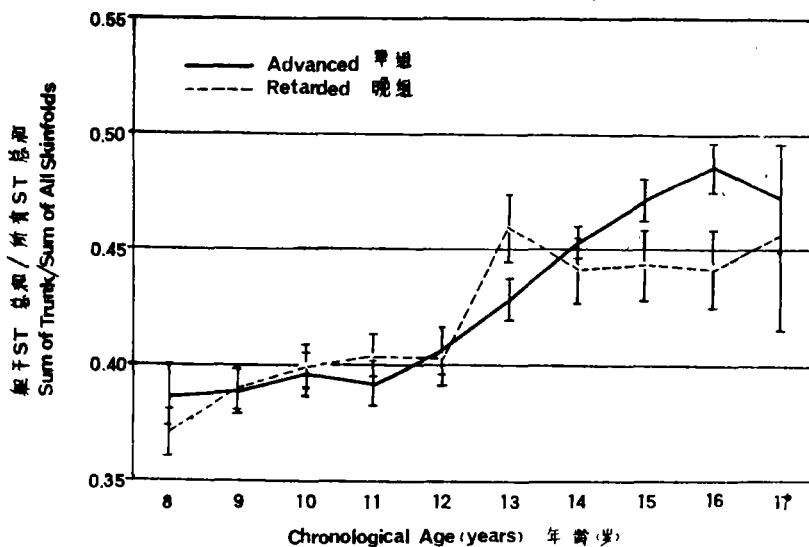


图3 两相对骨龄组躯干ST总和/所有的ST总和指数均值（±标准误）的年龄变化  
 躯干ST总和=肩胛下ST+髂前上棘ST；所有ST总和=肩胛下ST+髂前上棘ST+肱三头肌区ST+小腿外侧ST。

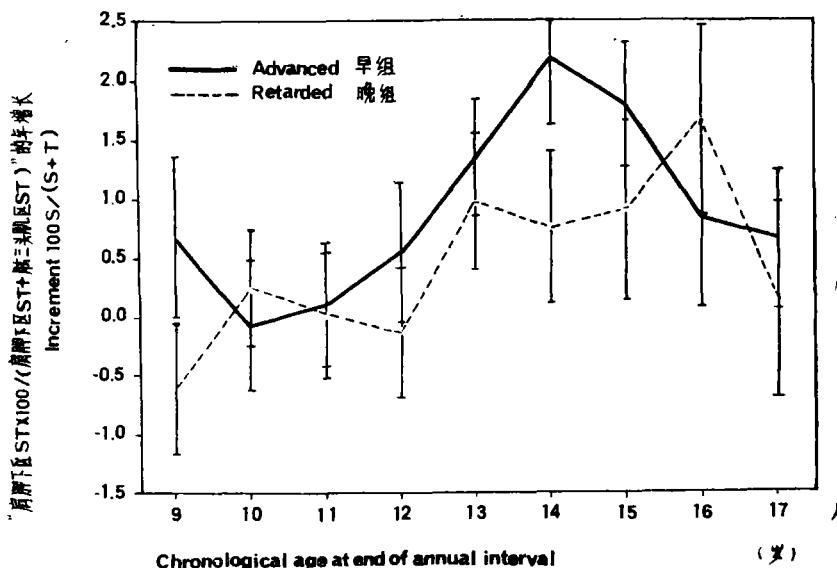


图4 两相对骨龄组肩胛下ST/(肩胛下ST+肱三头肌区ST)指数的年龄变化

系见图4。在年龄段的开始,用指数等级、体重/身高<sup>2</sup>调整每个增长均值;年龄段中间,用体重/身高<sup>2</sup>来加以调整。9—12岁时,无论是早组还是晚组,调整后的增长均值间都没有显著性差异。13—16岁时,两组间的增长均值都有显著性差异( $P < 0.05$ )。14岁时,早组的年增长均值明显大于晚组。

8、11和14岁时指数等级、体重/身高<sup>2</sup>和相对骨龄对17岁时肩胛下ST/(肩胛下ST

表 2 脂肪分布类型指数与相对骨龄的偏相关 (按体重/身高<sup>2</sup>调整后)

年龄(岁) 项目	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
S/(S + T)	0.32*	0.19	0.06	0.05	0.00	0.06	0.26*	0.33*	0.23*	0.30*
S/(S + LC)	0.27	0.06	0.06	0.06	-0.09	-0.21	0.03	0.02	0.24	0.37
(S + Sp)/Sum	0.16	0.02	0.03	0.03	-0.08	-0.20	0.03	0.01	0.19	0.41

S——肩胛下 ST, T——肱三头肌区 ST, LC——小腿外侧 ST, Sp——髂前上棘 ST, Sum——ST 之和, 以下同。

+肱三头肌区 ST) 的指数回归见表 3。用 8、11 和 14 岁时肩胛下 ST/(肩胛下 ST+肱三头肌区 ST) 的指数等级和用 14 岁时的体重/身高<sup>2</sup> (对 14 岁时的指数等级调整后) 预测 17 岁的指数等级时, 早期的相对骨龄并不是一个有价值的预测指标。

表 3 从指数等级、体重/身高<sup>2</sup>和相对骨龄预测 17 岁时的 S/(S + T) 的脂肪分布类型指数

年龄(岁)	自变量	b±	s. e.	R <sup>2</sup>	F	P<
8 n = 32	S/(S + T)	0.692	0.231	0.270	10.88	0.003
	W/S <sup>2</sup>	-0.007	0.006	0.027	1.11	n.s.
	R. S. A.	0.005	0.010	0.006	0.27	n.s.
11 n = 59	S/(S + T)	0.328	0.090	0.230	16.88	0.0001
	W/S <sup>2</sup>	-0.005	0.005	0.020	1.46	n.s.
	R. S. A.	0.002	0.008	0.000	0.05	n.s.
14 n = 81	S/(S + T)	0.971	0.134	0.424	61.14	0.0001
	W/S <sup>2</sup>	-0.006	0.003	0.037	5.34	0.02
	R. S. A.	0.006	0.007	0.005	0.82	n.s.

W——体重, S<sup>2</sup>——身高<sup>2</sup>, R. S. A.——相对骨龄, n. s.——无显著意义。

## 讨 论

Frisancho 和 Flegel (1982) 根据健康营养调查 (NHANES I, 1971—1973), 对 5012 名 1—17 岁的白人骨龄与脂肪组织分布的关系进行了横断分析。他们用肩胛下 ST/(肩胛下 ST+肱三头肌区 ST) 表示脂肪分布类型指数, 用 Greulich-Pyle 法评定手腕部骨龄。把每个性别每个年龄组中大于 85% 分位数和小于 15% 分位数骨龄者分别定义为成熟较早和成熟较晚。用肩胛下 ST/(肩胛下 ST+肱三头肌区 ST) 百分比表示躯干脂肪时, 10—16 岁男性及 4—16 岁女性中, 成熟早者的百分比明显大于晚者。然而, 这个结果受到了 Deutsch 等人 (1985) 的批评, 因为它不能与肥胖水平相对照, 而这种肥胖程度可能与成熟状态和脂肪分布类型有关。

Deutsch 等人 (1985) 对参加健康营养调查的 953 名青春期的男女进行了横断分析 (HES, 1966—1970)。根据肱三头肌区、肩胛下、胸部外侧、髂前上棘和小腿内侧 ST 的主成分分析所确定的复杂函数, 建立了脂肪分布类型指数。体重/身高<sup>2</sup>用于肥胖水平指数。在每个年龄组内, 如与肥胖水平相对照的话, 男孩子 (而不是女孩子) 的骨龄与躯干—四肢的脂肪分布类型指数有明显的关系。

这些早期的研究告诉我们，男孩脂肪分布类型可能在某种程度上由影响骨和性成熟的激素决定。然而，本文的结果表明，男孩的脂肪分布类型与骨龄之间的关系是比较微弱的，这可能由肥胖水平决定。业已表明，脂肪分布类型与男性生殖器和阴毛的发育情况有明显的关系，而与肥胖水平无关 (Baumgartner *et al.*, 1986)，这可能是因为脂肪分布类型是属于第二性征，受引起性腺发育的同一机制调节的。Marshall (1974) 指出，第二性征发育与骨成熟之间具有低度的相关关系。这个事实说明，与第二性征有关的神经内分泌机制与调节骨成熟的机制无关。这可能部分解释了骨成熟和脂肪分布类型之间的微弱关系。另一种解释可能是，由于 ST 的测量误差最终引起脂肪分布类型指数的敏感性上的差异，这种关系可能受到了削弱。此外，测定骨龄的误差亦应在考虑之列。

本文曾蒙美国卫生署 HD-12252 基金的资助，在此表示感谢。

(1989年5月10日收稿)

### 参 考 文 献

- Baumgartner, R. N., A. F. Roche, S. Guo, T. G. Lohman, R. A. Bioleau and M. H. Slaughter, 1986. Adipose tissue distribution: the stability of principal components by sex, ethnicity, and maturation stage. *Hum. Biol.*, 58: 719—736.
- Baumgartner, R. N., R. M. Siervogel, W. C. Chumlea and A. F. Roche, 1988. Associations between plasma lipoprotein cholesterol, adiposity and adipose tissue distribution during adolescence. *Int. J. Obesity* (in press).
- Deutsch, M. I., W. H. Mueller and R. M. Malina, 1985. Androgyny in fat patterning is associated with obesity in adolescents and young adults. *Ann. Hum. Biol.*, 12: 275—286.
- Ducimetiere, P., J. Richard and F. Cambien, 1986. The pattern of subcutaneous fat distribution in middle-age men and the risk of coronary heart disease: The Paris Prospective Study. *Int. J. Obesity*, 10: 229—240.
- Frisancho, A. R., and P. N. Flegel, 1982. Advanced maturation associated with centripetal fat pattern. *Hum. Biol.*, 54: 717—727.
- Haffner, S. M., M. P. Stern, H. P. Hazuda, M. Rosenthal, J. A. Knapp and R. M. Malina, 1986. Role of obesity and fat distribution in non-insulin-dependent diabetes mellitus in Mexican Americans and Non-hispanic Whites. *Diabetes Care*, 9: 153—161.
- Johnston, F. E., 1988. Sex differences in fat patterning in children and youth. In: *Fat Distribution during Growth and Later Health Outcomes*. Eds. C. Bouchard and F. E. Johnston, pp. 85—102. Alan R. Liss, New York.
- Kaplowitz, H. J., W. H. Mueller, B. J. Selwyn, R. M. Malina, D. A. Bailey and R. L. Mirwald, 1987. Sensitivities, specificities, and positive predictive values of simple indices of body fat distribution. *Hum. Biol.*, 59: 809—825.
- Lohman, T. G., A. F. Roche and R. Martorell, 1988. *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Human Kinetics Pubs., Inc., Champaign, Illinois.
- Malina, R. M. and C. Bouchard, 1988. Subcutaneous fat distribution during growth. In: *Fat Distribution during Growth and Later Health Outcomes*. Eds. C. Bouchard and F. E. Johnston, pp. 63—84. Alan R. Liss, New York.
- Marshall, W. A., 1974. Interrelationships of skeletal maturation, sexual development and somatic growth in man. *Ann. Hum. Biol.*, 1: 29—40.
- Mueller, W. H., 1982. The changes with age of the anatomical distribution of fat. *Soc. Sci. and Med.*, 16: 191—196.
- Mueller, W. H., S. K. Joos, C. L. Hanis, A. N. Zavaleta, J. Eichner and W. J. Schull, 1984. The diabetes alert

- study: growth, fatness and fat patterning, adolescence through adulthood in Mexican Americans. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 64: 389—399.
- Mueller, W. H., M. I. Deutsch, R. Malina, R. Mirwald and D. Bailey, 1986. Subcutaneous fat topography: age changes and relationship to cardiovascular fitness in the Canadian population. *Hum. Biol.*, 58: 955—973.
- Roche, A. F., W. C. Chumlea and D. Thissen, 1988. *Assessing the Skeletal Maturity of the Hand-wrist: Fels Method*. Thomas, Springfield, Illinois.

## ASSOCIATION OF ADIPOSE TISSUE DISTRIBUTION WITH RELATIVE SKELETAL AGE IN BOYS: FELS LONGITU- DINAL STUDY

Xi Huanjiu

*(Department of Anatomy, Jinzhou Medical College)*

Alex F. Roche and Richard N. Baumgartner

*(Division of Human Biology, Department of Pediatrics, Wright State University, U. S. A.)*

**Key words** Adipose tissue distribution; Skeletal age

### Abstract

The association between relative skeletal age and fat patterning was analyzed using data from the Fels Longitudinal Study for boys at the chronological ages 8—17 years old. Fat patterning, as indicated by age-specific means for three skinfold thickness indices adjusted for weight/stature<sup>2</sup>, was peripheral between 8 and 12 years of chronological age but began to increase in a centripetal direction towards a generalized distribution after 13 years old. From 14 to 17 years of the chronological age, boys with advanced relative skeletal ages had more centripetal fat patterns, as indicated by the ratio subscapular/(subscapular+triceps) skinfold, than those with retarded skeletal ages. The mean annual increment in this ratio was significantly greater from 13 to 14 years of chronological age in boys with advanced relative skeletal ages than in those with retarded relative skeletal ages. Fat pattern index scores at 17 years of chronological age, however, could not be predicted from relative skeletal ages at 7, 11 or 14 years old after adjustment for baseline fat pattern index scores and weight/stature. It was concluded that fat patterning, as quantified by the ratio indices used in this study, was associated only weakly with relative skeletal age in boys. Fat patterning may be associated more strongly with other indicators of relative maturity such as secondary sex characteristics in adolescent boys.