原

著

小児胸骨の化骨状態に関する レ線の統計的研究

日本医科大学木田小児科学教室 (主任木田文夫教授)

鵜 木 徹

Tohru Unoki

緒 言

人体骨組織の化骨過程をレ線的に追求することは、すでに 1910 年代より行なわれ、特に手根骨、足根骨、手指骨、足趾骨、脛腓骨その他各部の骨核出現、癒合等の化骨進行状態及びこれに伴う年令的变化 (Chronology) が知られており¹⁾²⁾³⁾、臨床的にも重要な分野として汎くその生理的、病理的变化が論じられているが、胸骨に関してはその胎生的、解剖的に段階的に多岐な化骨過程を示すにも拘らず、その統計的年令的变化の追求が未だ行われていない部分もある。一般に胸廓形成骨には個人的変異 (variety) 及び異常 (abnormality) が多いとされ、年令的推移を追求するのに不適であるとの説もみられる⁴⁾⁵⁾⁶⁾。近来レ線学的に胸部の側面撮影が広く行なわれるようになり、レ線フィルムによる胸骨の化骨状態は容易に認められるものであり、これから全般の發育化骨相を類推し得るとすれば意義あるものと考えられる。

序 論

I 胸骨の胎生的解剖的發育について

胎生期胸骨は当初肋軟骨先端に左右一対の分離した軟骨片として存在し (mesosternal bars) 次第に中央線に向つて近接し、胎生 2~3 週にして上方 (頭方) より漸次癒合して一個の軟骨組織が形成される。(Pre-sternum, coracoid procartilage) 胎生 5~6 個月前後に胸骨柄に相当するその中央部に一個の化骨中心点を生じて胸骨柄骨核となり、胎生後半期に胸骨体に相当する 4~5 個の分節の、各分節内に左右一対の化骨

中心点が生じ、上 (頭) 方分節より次第に下 (尾) 方分節に向つて左右の骨核形成が進行する。胎生末期より新生児期初期にかけて各分節内の左右骨核が互に癒合し、各分節中央に各一個の骨核が形成される。(sternbrae) その進行方式も上 (頭) 方より下 (尾) 方に進行し、通常新生児期には下 (尾) 位分節の何個かは各分節内に各一対の骨核を有するとされている⁷⁾⁹⁾。

生下後の化骨進行に就ては、胸骨柄を仮りに第一分節とすると、胸骨体上半を形成する第 2~4 分節は通常生後 7 ヶ月に分節内左右骨核の癒合 (骨核の単一中心化) が完成し、下半分節はその後の乳児期に完成するとされている¹⁾。

胸骨柄—体間の軟骨組織は成人に於ても多くは保存され、老人の剖見例においてはすでに癒合化骨するものが多いが、通常成人では区々で、年令関係には緊密な関連は見出せないとされている⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。

胸骨体各分節に就ては、剖見所見では通常 4 個又は 5 個の分節を区別し、分節間軟骨部に一致する高さで Incisura sternocostalis を形成してこの部より肋軟骨が附着しているが、出生後の胸骨の成長は各分節相互は幹状骨様の骨端化骨方式をとることなく、各部の形態的増大とともに、胸骨体一柄間、胸骨体各分節間軟骨、胸骨体—剣状突起間軟骨の計 5~6 個所の軟骨化骨相互癒合の形式により行なわれる。

胸骨体—剣状突起間軟骨化骨は柄—体間軟骨化骨同様不規則な時期に行なわれるが、剣状突起自体は新生児期には尙軟骨組織であつて骨核は通常存在しない。その骨核出現は一般に 5 才以後であるといわれるが、成人期に至つても尙骨核の出現しないものもあり、骨核が存在しても下端胸骨体分節と癒合して完全に化骨する時期は不明であるとされている⁹⁾¹¹⁾。

Köhler 及び Zimmer¹¹⁾ によれば胸骨の変異 (Varietät) は他の胸廓形成骨同様多様であり胸骨柄の形態等も個人差が著しく Episternale Knochen の存在

第 1 図 胸骨化骨過程の模型図

をみることもあり、剣状突起もその大小、形態、化骨過程等多様であり、胎生期の遺残形成と思われる *Lochbildung* のみられることもあり、また *Fissura sterni* の有無等 *Varietät od. Abnormalitie* が多いとされている¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。従つて胸骨体各分節の癒合状態の判定に当つては上述の様な個人変異等による誤差が生じやすいことが考えられ、個人差の大である剣状突起部の化骨を除外し、また異常形成、たとえば *Lochbildung* 等による骨陰影の重複等も考慮にいれて、純粋な胸骨体分節の癒合化骨を対象とすべきものと考えられる。

II 胸骨剝離実見例について

主として胸骨側面レ線撮影による分節形成が解剖的に肋軟骨附着部に一致する分節間軟骨組織により区分されたものであることを再認するため下記の剖見例を肉眼的並びにレ線的に検討した。

例一 6ヶ月胎児♀(帝王切開)

母体に特異な疾病なし。胎児全長 262 mm, 胸骨を剝離したところ長 37 mm, 柄巾 16 mm, 体巾 9 mm の軟骨組織であり、胸骨柄の裏面はほぼ中央に肉眼にて約 1.5 mm 直径の褐色の化骨点を認めたが、その裏面、胸骨体両面等には他に化骨点を認めなかつた。

例二 8才♀ 事故死屍

胸骨を剝離すると全長 79.5 mm, 柄巾 43 mm, 体部巾 27 mm, 胸骨柄長 30 mm, 体長 95 mm, 剣状突起長 14 mm にて胸骨体には4個の分節がみられ、これを正面及び側面よりレ線撮影したものが写真1であり、(第3分節は剝離後ほぼ中央にて亀裂離断す)第3~4分節はすでに癒合し、第4分節は左右未癒合のままである。剣状突起先端には軟骨片附着がみられる。

このレ線像より生体胸骨側面撮影にみられる各分節は肋軟骨附着部に一致する軟骨組織にて離間されたものであることを実証し得た。即ち胸部側面レ線の各分節長は胸骨分節化骨部の長さ一致するものと思われる。

III 観察材料と方法

被検対象人員は茨城県協和村小栗小中学校児童、東京都江戸川ひかり幼稚園園児、北砂小学校児童、清瀬小児結核療養所入院児及び本院外来患児の一部であり、年齢層は新生児より満 16 才に至る男児 212 例、女児 227 例計 439 例の小児に対し胸部レ線側面直接撮影を行ない、その一部の男児 103 例、女児 121 例計 224 例について右手根部のレ線撮影を行ない、一部を

除いては身長、体重、胸囲、坐高等の身体測定を併せ行なつた。その他若干の成人及び一部疾病状態にある小児の胸部側面レ線フィルムを使用した。

胸部レ線撮影に当つては管球フィルム間距離、胸骨中心部—フィルム間距離の測定を行ない、フィルム面よりの胸骨各部計測値について各々実値に近い値を算出するよう努めた。即ちフィルム面計測値を m 、実値を x 、フィルム管球間距離を l 、胸骨中心線—管球間距離を l' とすれば

$$x : m = l' : l$$

$$x = \frac{l' m}{l}$$

が成立する。

以下胸骨各部の計測値はフィルム面計測値を上式により換算したものである。

IV 胸骨分節数について

胸部側面直接レ線像より胸骨分節数を決定するに当つては下記のような基準に従つた。

1) 胸骨柄により形成される分節を第一分節とした。

2) 以下胸骨体により形造られる各分節を上(頭)方より順次第2分節第3分節等とした。

3) この場合、胸骨柄—体間隙は巾も広く明瞭であるが、その他の分節間隙は不明瞭な場合が屢々で、極めて間隙の狭いもの、或は同一分節間隙でも一部分のみ明瞭な癒合のみられるもの等あり、混乱を避けるために各分節間隙の巾がフィルム面計測値で 0.5 mm 以下の場合にはすでに癒合あるものとして便宜的に処理した。

4) 胸骨剣状突起部の化骨及び癒合の存在は極めて変化に富んでいるため、これは最終分節に加えることなく除外した。剣状突起化骨と胸骨体最下位分節との区別は、前者は両者間が2乃至4対の肋軟骨起始部によりさえぎられるため通常胸骨体からやや離れて存在し、その形態配列等も不規則で、その厚みも一般に胸骨体各分節に比して薄く、後者は上位分節に対してその間隙の長さ、巾、形態等が規則正しい配列にあることから区別される。

5) 前述の *Episternale Knochen*, *Fissura sterni* *Lochbildung* 等 *Varietät od. Abnormalitie* の存在のために分節が重複、混雑することが充分に考えられるので、不鮮明なものや読影上判定困難なものは統計上混乱を来す恐れがあるので除外した。

観察成績

I 胸骨分節数と年令との相関

各年令別に分節を表わしたものが第1表であり、各年令による分節数の平均値を図に示したのが第2図である。男児についての分節数と年令との相関は $r=0.5679 \pm 0.0465$ であり、女児については $r=0.5621 \pm 0.0306$ であり、何れも相関関係にあることを認めた。大凡についていえば分節数が4個になる時期が男児では7~8才、女児では5~6才であり、3.5個の時期が男児では14~15才、女児では11~12才であり、また曲線の下降が女児では8才前後より急に下降するに比して、男児では13~14才頃に曲線の急下降がみられる。全般的には女児が男児より数年早く分節数の減少を来す傾向にあり、この関係は学童期に入つて著明に認められた。統計学的には男女胸骨分節数の平均値の差を算出し、男児 $M=3.906 \pm 0.055$ 、女児 $M=3.471 \pm 0.041$ なることより $PEd=6.16$ となり、男女分節数の年令的变化については両性間に有意の差が認められ、女性の化骨進行が男性のそれに先行する一般原則¹⁵⁾がここにも成立するものと思われる。

第2図 年令と胸骨分節数平均値及び相関比

II 胸骨分節数と身長、体重、胸囲及び Kaup 指数について

胸骨の側面レ線撮影を行なつたもののうち主として

第1表 胸骨分節数と年令

男							女							
年 令	分 節 数				例 数	平 均 值	年 令	分 節 数					例 数	平 均 值
	2	3	4	5				1	2	3	4	5		
1			1	1	2	4.500±0.754	1				1		2	4.500±0.801
2		1	1	3	5	4.400±0.300	2				1		1	4.000±0.675
3			2	6	8	4.250±0.453	3			1	3		4	3.750±0.292
4		1	4	1	6	4.000±0.317	4			2	10		12	3.833±0.194
5			8	4	12	4.433±0.274	5			6	11	2	19	3.789±0.154
6		4	11	8	23	4.173±0.194	6			6	26	1	33	3.848±0.105
7		4	18	11	33	4.212±0.238	7	1	2	5	20	2	30	3.666±0.131
8		4	11	2	19	3.789±0.154	8		3	5	12	1	21	3.523±0.140
9	3	7	13	2	25	3.560±0.132	9		1	7	12		20	3.550±0.121
10	1	5	4	3	13	3.692±0.213	10			11	5	2	18	3.500±0.198
11	1	4	13	1	19	3.736±0.150	11		4	3	8	1	16	3.375±0.337
12		7	11	2	20	3.750±0.138	12		2	11	8		21	3.285±0.101
13		2	3	1	6	3.833±0.463	13		4	6			10	2.600±0.134
14	1	4	3		8	3.250±1.924	14		3	4	1		8	2.750±0.192
15		6	4	1	11	3.545±0.174	15		5	2			7	2.286±0.225
16		1			1	3.000	16		5				5	2.000±0.301
17				1	1	2.000								
計					212	3.906±0.055	計						227	3.471±0.041

$$\bar{x} - \bar{y} = 0.425 \pm 0.069$$

$$PEd = 6.16$$

第3図 分節数と身体発育要素

幼稚園、小中学校児童（年令満3才～15才）の男児140例、女児157例について身長、体重、胸囲の測定を行ない、またKaup指数を算出して、分節数とその各々との相関関係をみた。これを曲線に表わしたものが第3図であるが、その各々について相関係数を算出した。（相関表省略）うち最も濃厚な相関を認めたのは胸囲であり、男児では胸囲65～70cmまでは分節数にさしたる減少はみられないが、70cm以上では急速に分節数の減少する傾向をみた。一方女児ではなだらかな下降曲線を示している。 $r = 0.7165 \pm 0.0153$ で、検討の結果相関関係にあるものと認めた。体重との相関は $r = 0.3570 \pm 0.0341$ であつたが、身長（ $r = 0.1419 \pm 0.3426$ ）Kaup指数（ $r = 0.1801 \pm 0.0348$ ）等では分節数との相関は稀薄で、その曲線も比較的不規則な上下を示している。

Ⅲ レ線読影による胸骨分節数について

胸骨側面レ線読影により判明する胸骨分節数乃至骨核数を左右する因子としては、

1) 胎生末期における、主として胸骨体の化骨中心点の数。

2) Episternale Knochen その他の奇形的骨片の存在。

3) 胸骨体の分節相互癒合による分節数の減少が考えられる。

奇形の存在は一応考慮外とすると、分節間隙の癒合及び化骨中心点数の存在を統計的に推定することにより、その癒合形式、癒合の時期等が解明し得れば、前項の胸骨分節数と年令或は身体発育相との関連のみよりもその化骨発育の過程をより確実に把握しうるものと思われる。

胸廓を形成する上に各肋骨が一定の距離を保っているか或は適当な配列にあるものとすれば、各肋軟骨に一致して存在する胸骨各分節間間隙も亦一定の距離乃至配列を有しているものと考えらる。即ちこの仮定の上に第一分節（柄）—第二分節—第三分節—第四分節がその長さにおいて適当な比率を有するものとすれば、第一分節（柄）長を計測し得ると、次位分節は第二分節の独立したものか、或は第二、第三分節又はそれ以下との癒合したものであるか、第一分節長の比率から統計的に推定することが可能なものと思われた。私どもの観察した16才以下の男女439例中第一～第二分節間間隙（柄—体間軟骨）の閉鎖癒合ありと認められたものは一例もみられず、何れもレ線的

に広い明瞭な間隙がみられた。後述の成人16例中においても柄—体間の閉鎖癒合の認められたものは2例にすぎず、中島⁹⁾、太田¹⁰⁾等の胸骨剝離例中にも一部少数にみられたのみで、少くとも小児期には閉鎖することはないと考えられる。従つて小児では各分節の癒合前の長さを推定する上に第一分節の長さを基調とすることは適当であろう。

Ⅳ 第二分節長比率の統計的算出

(イ) 男児153例について、各例の第一分節（柄）の長さを100として次位分節の比率%を示したものが第二表Aであり、これを曲線に示すと第4図の如く、曲線の左方に30%前後より90%附近を底とするほぼ正常曲線に一致した部が認められ、その右方に190%に達する平坦な曲線を画く。独立した第二分節はこの正常曲線の範囲内、即ち大凡30～90%のうちにいることが推定され、その右方に続く曲線（95～190%）は第二、第三分節（又はそれ以下分節）の癒合あるものと考えられる。独立した第二分節の長さの柄の長さに対する比率の平均は65.39%であり、その例数は153例中136例（88.8%）で、以下分節との癒合あ

第2表 第一分節に対する各分節の長さの比率による分類

第一分節に対する各分節の比率 %	A 第二分節		B 第三分節		C 第四分節	
	男例	女例	男例	女例	男例	女例
~34.9			2	2	5	43
35~	1	3	3	3	4	11
40~		1	4	6	13	12
45~	7	1	6	12	10	13
50~	3	14	13	23	16	18
55~	25	29	20	21	16	17
60~	25	31	25	21	17	11
65~	33	27	25	11	13	10
70~	18	12	6	7	10	3
75~	14	9	8	2	9	12
80~	5	6	10	4	5	5
85~	5	2	1	7	1	
90~		2	2	5	4	2
95~	2	1	1	3	1	3
100~	3		1	5	5	2
105~	1		2	5	1	
110~	1	1	3	5		1
115~		2	2	3	1	1
120~		1	2	5		
125~	1	1	1	4		
130~	2	1	5	2	2	
135~			1	2	1	
140~	1	2	1	2	2	
145~		3	1		1	
150~		1		1		
155~				2		
160~		3	2	1		
165 以上	5	10	1			
170 以上			2	1	1	
計	153	163	153	163	153	163

第4図 第一分節長に対する第二分節長の比率 (男)

るものは16例(10.4%)であつた。(第2表中太線は第4図の正常曲線の限界に相当したもの)

(ロ) 女兒163例に対しても同様の統計的処理を行ない、得た曲線(略)は35%より15%を底とする正常曲線を含み、独立せる第二分節と考えられたものは163例中139例(85.2%)、第二分節長の柄の長さに対する比率(%)の平均は66.55%であつた。また下位分節との癒合の推定されたものは25例(14.8%)であつた。

V 下位分節長比率の統計的算出

以下同様の方法で第一分節長に対する第三分節及び第四分節長の比率を求めると第2表B.C.の如くであり、その結果を総合すると、

第一分節長に対する第二分節長の比率の平均

♂65.39%

♀66.55%

“ 第三分節 “ ♂56.24%

♂57.91%

“ 第四分節 “ ♂53.35%

♀54.27%

第二分節と第三分節の癒合あるもの ♂16例 10.4%

♀25例 14.8%

第三分節と第四分節 “ ♂25例 16.3%

♀46例 28.2%

第四分節と第五分節 “ ♂15例 9.8%

♀9例 5.5%

であつた。

VI 癒合形式についての検討

第三表は以上の結果を表示して癒合形式を明らかにしたものであるが(例えばI II-IIIは分節数が3個で第二、第三分節間癒合のあることを示す)骨核数に一致すると考えられる分節数が4個又は5個のものが大半(316例中271例85.7%)を占めている。またその癒合形式が下(尾)方分節より進行するもの、即ち表中I II-III, I II III-IV, I II III-IV, I II III-IV-V等の形式のものは、分節間癒合あるものの男児47例中36例76.6%, 女児58例中57例98.3%, 男女計205例中93例88.6%であり、その大半が下(尾)方より閉鎖癒合の進行することを示している。

この方法による分節間癒合個所数と年齢との関連を示したのが第4表であり、男児では平均癒合個所数の平均が1に達するのが13~14才、女児では12才前後であることが観察される。また逆に癒合個所数より平均年齢を算出すると、

第3表 胸骨分節の癒合形式

分節数	癒合個数	分節癒合の形式	男	女
3	0	I II III	12例	21例
	1	I II-III	3	9
4	0	I II III IV	71	76
	1	I II III-IV	14	28
		I II-III IV	3	1
	2	I II-III-IV	5	8
5	0	I II III IV V	23	8
	1	I II III IV-V	6	3
		I II III-IV V	1	
		I II-III IV V	2	
	2	I II III-IV-V	7	7
		I II-III IV-V	5	
	3	I II-III-IV-V	1	2
計			153	163

男	癒合個所1個のもの 28 例, 平均年令 9.94 年				
	"	2	"	17 例,	" 9.31 "
	"	3	"	1 例,	" 11.0 "
女	"	1	"	43 例,	" 8.56 "
	"	2	"	13 例,	" 11.31 "
	"	3	"	3 例,	" 13.0 "

となり, 最初の胸骨体における分節間癒合は男児では大凡 8~9 才, 女児では 9~10 才頃に多く起り, 然も最下(尾)位分節間隙より起ることが多い。

VII 胸骨分節化骨と手根骨核数との関連

3才より 16 才に至る男児 103 例, 女児 121 例計 224 例について胸骨側面レ線撮影を行なうと共に右手根部の撮影を併行して, 手根部の化骨進行の程度と胸骨分節癒合の進行を比較したのが第5表であるが, 両者の間に明確な相関関係を認めるに至らなかつた。

($r = -0.2813 \pm 0.0414$) これは手骨骨核の出現増加が出生1年後より 11~12 才に至る間に主としてみられる変化であるに比して, 胸骨分節の癒合は 8~10 才より 15~16 才の間に主としてみられる変化であるために, 手骨数の増加と分節数の減少との相関がみられなかつたものと思われる。

第4表 統計的推定による分節癒合個数

男								女							
年令	例数	分節癒合数				合計癒合	M	年令	例数	分節癒合数				合計癒合	M
		0	1	2	3					0	1	2	3		
0	2	2				0		0	1	1				0	
1	2	2				0		1	1	1				0	
2	1	1				0		2						0	
3	2	2				0		3	3	2	1			1	0.333±0.224
4	6	6				0		4	10	5	5			5	0.500±0.151
5	17	14	1	2		5	0.293±0.116	5	28	23	5			5	0.178±0.073
6	20	15	5			5	0.250±0.058	6	21	19	2			2	0.950±0.454
7	15	12	3			3	0.200±0.201	7	16	12	3	1		5	0.312±0.099
8	20	12	4	4		12	0.600±0.150	8	15	10	5			5	0.333±0.100
9	11	8		3		6	0.545±0.211	9	17	10	6	1		8	0.470±0.158
10	19	12	4	3		10	0.526±0.128	10	15	8	4	3		10	0.666±0.179
11	16	10	3	2	1	10	0.625±0.188	11	17	11	4	2		8	0.470±0.137
12	4	3	1			1	0.250±0.169	12	7	2	1	3	1	10	1.428±0.304
13	7	3	1	3		7	1.000±0.347	13	4		2	1	1	7	0.175±0.446
14	8	4	4			4	0.500±0.192	14	5		4		1	7	1.400±0.357
15	1		1			1	1.000±0.675	15	3		1	2		5	1.666±0.673
16	1		1			1	1.000±0.675								
計	153	107	28	17	1	46	0.306±0.044	計	163	104	43	13	3	78	0.478±0.045

第5表 胸骨分節数と手根骨数

分節数→						分節数→						
手骨	2	3	4	5	M	手骨	1	2	3	4	5	M
2			1	1	4.500±0.331	2						
3			7	1	4.125±0.096	3			1			3.500±0.337
4		2	7	1	3.900±0.392	4				6		4.000±.....
5		1	8	6	4.333±0.121	5			5	2		3.666±0.197
6		1	5	1	4.000±0.431	6			3	8		3.727±0.093
7		4	2	1	3.571±0.225	7			2	3	1	3.833±0.195
8	2	10	11	3	3.576±0.176	8	1	2	8	20	2	3.606±0.097
9	1	5	14	4	3.875±0.072	9		7	12	27	2	3.500±0.148
10		1	3		3.750±0.168	10		1	5	2		3.125±0.288
計	3	24	58	18	103	計	1	10	36	69	5	121

第6表 手根骨数と分節癒合個所

手骨	♂		♀		計		
	癒合個所	例	癒合個所	例	癒合	例	M
2	0	2				2	
3	0	8	1	2	1	10	0.100±0.348
4	2	10	1	6	3	16	0.187±0.240
5	3	15	6	7	9	22	0.409±0.201
6	2	7	6	11	8	18	0.444±0.265
7	4	7	2	6	6	13	0.461±0.077
8	9	26	17	33	26	59	0.441±0.121
9	9	24	38	48	47	72	0.652±0.138
10	4	4	5	8	9	12	0.750±0.302
計	33	103	76	121	109	224	

前項の統計的处理による分節の癒合個所数と手骨数の増加とを比較検討したのが第6表であるが、手骨数が2より7に至る間は癒合個所数に著しい変動はみられない。手骨数8~10に至つて癒合個所平均は0.441-0.652-0.750と上昇がみられ、この範囲に関しても両者間に部分的相関ありと思われる。これは通常手骨数が7になる時期は5~6才、8になる時期が6~8才であり、胸骨体分節の癒合が7~8才前後より起るので、両者の変動が重複する年令層に一致する。

VIII 剣状突起化骨部及び胸骨体剣状突起間構造につ

いて

4才より14才に至る男児153例、女児163例中、胸骨側面レ線像にて剣状突起部の化骨を認めたものは男19例7.2%女6例3.7%であつた。更にその化骨部の大きさ(側面像)及び胸骨体下辺-剣状突起間距離について表わしたのが第7表であり、剣状突起部化骨は年令或は胸骨体分節の癒合状況に無関係に不規則なことが判る。胸骨分節数との関係については、全体の分節数の平均(第1表)が男3.90、女3.47であるに比して男女とも40で、むしろ胸骨分節数の大なるも

第7表 剣状突起化骨を認めたものの例数と同化骨部の大きさ及び胸骨体下辺-軟骨性剣状突起下端間距離

年令	男						女					
	剣状突起化骨を認めたもの(数)及びその大きさ(平均)			胸骨体下縁軟骨剣状突起間距離及例数			剣状突起化骨を認めたもの(数)及びその大きさ(平均)			胸骨体下縁軟骨剣状突起間距離及例数		
	例数	平均分節数	平均長さmm	平均巾mm	例数	距離mm	例数	平均分節数	平均長さmm	平均巾mm	例数	距離mm
4	2	4.5	10	2.5	1	22						
5	3	3.7	12	2			1	5	10	2	10	23
6	4	4.0	10.5	2.5	7	16	1	5	14	3	10	20
7	1	4.0	10	3	9	20					11	21
8	2	4.0	16	5	13	20					11	21
9	0				7	17	2	3.5	13	3.5	11	18
10	2	4.0	9.5	3	9	19	1	3	11	5	9	21
11	2	4.5	20	3	8	21	1	3	16	6	2	16
12	0				4	14						
13	2	3.5	13.5	3	2	14						
14	1	5.0	9	2	1	9						
	153例中 19例 (7.2%)	平均 4.0			計 61		163例中 6例 (3.7%)	平均 4.0			計 64	

年齢	化骨 部長 サ	男											例 数	平均 mm	女											例 数	平均 mm		
		mm 50)	60)	70)	80)	90)	100)	110)	120)	130)	139	mm 40)			50)	60)	70)	80)	90)	100)	110)	120)	130)	139					
0	1	1										2	61	1									1	43					
1	1	1										2	59										1	64					
2	1											1	53																
3				2								2	74		1	2							3	70					
4		1	3	1		1						6	69		3	3	4						10	74					
5	1	1	4	8	2		1					17	81	1	2	13	8	4					28	78					
6			2	8	10	1						21	89		2	6	8	5					21	81					
7			2	5	7	1						15	88		2	2	8	4					16	83					
8			2	5	9	4						20	91		2	8	4	2					16	89					
9			1	3	3	4	1					12	96			4	6	5					15	96					
10				1	5	7	5					18	102			3	5	5	1	1			15	99					
11				1	1	9	4	1				16	106			1	6	5	2	1	1		17	104					
12							3	1				4	117				1	3		3			7	112					
13							3	2	1	1		7	114				2	2	1				5	104					
14						2	3	1	2			8	117										5	110					
15								1				1	110				4		1				4	109					
16										1		1	131				2	2											
r=0.7599±0.0237													153		r=0.6768±0.0285													163	

第9表 年令と第二分節中央部厚みとの相関表

	男											女											
年令	mm 2	3	4	5	6	7	8	9	10	例数	平均 mm	mm 3	4	5	6	7	8	9	10	例数	平均 mm		
0	1			1						2	3.5												
1				1	1					2	5.5			1						1	5.0		
2		1								1	3.0												
3				1	1					2	5.5	2		1	1					4	4.2		
4				1	4	1				6	6.0			4	2	3				9	5.9		
5				6	5	5				16	5.9		2	8	16	3				29	5.9		
6				2	11	6	2			21	6.5		1	6	9	4				20	7.8		
7					6	6	2		1	15	6.9			3	4	9				16	6.3		
8				1	4	8	6	1		20	7.0			1	5	5	2	1		14	6.8		
9				1	3	4	2	3		13	7.2		1	2	3	4	6			16	7.4		
10				1	7	6	4	1		19	6.8				7	5	1	1	1	15	6.9		
11					5	6	4			15	6.9		1		7	5	4			17	6.4		
12						2	2			4	7.5				3	3	1			7	6.7		
13					2	3	1	1		7	7.0				3	1	1			5	6.6		
14					4	1	2	1		8	7.0					4	1	1		6	7.5		
15					1					1	6.0				1	1		2		4	7.7		
16								1		1	9.0												
計											153	計											163

線に表わしたものである。

X 胸骨分節の厚みについて

第10表は第二分節のほぼ中間部における厚さを測定した年令との相関表である。胸骨分節の厚さは第一分節(柄)において最も厚く、以下次第に薄くなる傾向があり、また各分節の上下端はやや肥厚する傾向があるが、計測上最も容易と思われる第二分節の中間部をもつて基準とした。その結果は Kato が胸骨穿刺の必要から剝離胸骨について測定した値にほぼ一致する。

XI 成人及び乳児の胸骨レ線側面像について

成人胸骨側面レ線像については、20~40才の16例について観察した。うち第一、二分節間の癒合のみられたもの2例(12.5%)、なきもの14例(87.5%)であり、そのすべてに第二分節以下の癒合を認め、3例(18.8%)に剣状突起化骨部遊離を認めた。乳児については1/2ヶ月(分節数5)3ヶ月(同5)6ヶ月(同4)の各一例であり、すべての例に分節間癒合をみなかった。

XII 病的状態にある胸骨化骨の異常について

以上の成績は何れも健常児(軽症肺結核入院患者を含む)についての結果であるが、私共は本院外来を訪

第10表 病的分節状態

	(1)		(2)		(3)	
	坂本〇〇♀ 骨形成不全 9月	標準 4.5	池〇誠♂ 粘液白痴 6年1月	標準 4.1	黒〇〇介♂ 脳下垂体性 侏儒 7年4月	標準 4.2
分 節 数	5		4		3	
全 長 mm	59	59	82	89	70	88
第一分節長 mm	12		25		19	
第一分節巾 mm	4	6	9	9	10	8
第二分節巾 mm	4	5.5	7	6.9	6	7
手 根 骨 数	2	1	5	6	5	7

第6図 同上模型図

れた粘液白痴、下垂体性侏儒、骨形成不全症の各一例について胸骨レ線側面撮影を行なつてその形態を観察し、分節数、化骨部全長、分節間隙、分節巾、分節癒合について検討した。(第10表及び第6図)

例1, 骨形成不全症 坂〇〇子♀ 9ヶ月

家族歴 父母は従兄妹の血族結婚であるが家系に遺

伝的疾病なし。

既往歴 妊娠 9 ヶ月にて出生、生下時体重 800 匁

主訴 発熱喘鳴とともに頭部の異常、四肢伸展不能

現症 栄養中等、体重 9.75 kg、身長 61 cm、後頭部頭蓋癆著明、大泉門、縫合はすでに閉鎖す。顔貌は表情乏しく一見白痴様。両眼は検影法にて先天性強度近視の所見あり。瞳孔左右不同、瞳孔反射緩慢、眼底には網膜有髄神経繊維及び網脈絡膜萎縮の像を示す。胸廓は軽い漏斗胸あり、肋骨念珠は第 2～第 5 肋骨に触知す。四肢の伸展位を嫌い殆んど屈曲位を保ち、下肢骨の肥厚あり、上肢は内反手あり。聴診上喘鳴著明、心音は純。腹部は膨満し肝約 2 横指を触る。膝蓋反射は右消失、左やや亢進、異常反射なし。

一般レ線所見 四肢は一般に X 線透過性増大し骨梁は繊細不明瞭で、右上腕骨は胎生骨折治癒の像を示す。四肢とも彎曲が著明、手根は淡い陰影を 2 個認める。

胸骨レ線像 胸骨体は比較的明瞭に三ヶの分節を認めるが、各分節は内方彎曲の傾向あり一見腎形様である。各分節間隙の軟骨構造部には肋骨念珠によると思われる膨隆がみられる。各部計測値は図の如く、大凡正常範囲とみられる。(写真二)

例二 下体性体侏儒 黒○研○ 7 年 4 ヶ月

家族歴 特記すべきことなし

既往歴 妊娠 10 ヶ月にて出生、生下時体重 460 匁

主訴 發育不良

現症歴 乳児期より体格不良であつたが特に異常の認められないまま放置していた。昨年より小学校に登校するようになったがクラスで身長が最も低く、学業成績も不良で、二年生になつても一ヶタの加減算がやつとであるので、受持教師より身体的な異常があるのではないかと受診をすすめられた。

現症 体重 7.2 kg、身長 91.2 cm、体格栄養とも不良。顔貌は表情に乏しい。胸部心音純、理学所見正常、腹部四肢等には異常を認めず。諸反射正常、尿、糞に異常所見なし。

一般レ線所見 手骨数 5 個、レ線トルコ鞍を計測すると深さ 5.5 mm (Hotz 標準 8.4 mm) 長さ 8 mm (同 9.7 mm) 面積 30.3 mm² (同 70 mm²) であつた。

胸骨レ線所見 胸骨体は 2 個の分節に分れ、異常彎曲等はない。第 3～第 4 分節間隙はすでに閉鎖す。第 2 分節は極めて短かく豆状を呈す。諸計測値は図の如く、胸骨化骨部全長の短縮、分節巾の減少等、形態、

計測値ともに異常が認められた。(写真三)

例三 粘液白痴 池○誠 6 年 1 ヶ月 8

家族歴、既往歴ともに特記すべきことなし、

現症歴 發育不全及び知脳障碍の主訴を以て昭和 30 年 10 月初診、粘液白痴と診断され、以後チレオイドを投与する。昭和 31 年 6 月 IQ=35、昭和 32 年 4 月現在体重 22.45 kg、身長 122 cm、顔面その他の水腫様腫脹も去つたが尙学級成績は最低、自分の名前以外は殆んど漢字は書けない。平仮名は書ける。加減算以外は算数は不能。現在は身体的自覚症状はない。

一般レ線所見 トルコ鞍正常、現在手骨数 5

胸骨レ線所見 分節数 4、形態に異常変形はないが、各計測値に若干の短縮を認める。(写真 4)

考 按

レントゲン線を利用して化骨進行の程度を判断することは Long and Coldwell (1911)¹⁶⁾ Cohn (1924)¹⁷⁾ 等により手骨に対して当初行なわれ、Prior (1925)¹⁸⁾ はその骨核出現の時期を初めて論じた。また Long and Coldwell は手骨骨核出現の時期が性、民族、遺伝的素因、体格等により左右されること、更に手骨の左右の非対称的化骨をも指摘して、身長、体重と化骨過程の間に最も濃厚な相関を認めたとしている。Stettner, Baldwin (1921)¹⁹⁾ 等は 8 才より 13 才の男女 54 名の化骨程度をレ線により詳細に検討し、女性に男性より早期に化骨進行することを指摘した。また Gates (1924)²⁰⁾ 等は小児の心理的、社会的、感情的な發育度と、主として手根骨核数を対象とした化骨進行度との関係を論じ、これらの面で早熟な子供は化骨が速やかに進行することを認めている。

1931 年 Todd¹⁵⁾ は身体諸部の化骨の度合と年令及び身体發育度との関係を詳細に検討し、骨年令 (skeletal age) なる概念を確立して手根骨、足根骨等を主としてそのリストを作製した。これは Flory (1936)²¹⁾ の訂正をへて Pyle (1948)²²⁾ による red graph method とし骨年令をその身体的智能的發育と併べて図表上に表現するまでに至つた。

一方胸骨の化骨發育については上記の諸年令譜にも記載がなく、その化骨進行は Kato,⁹⁾ Dwany⁶⁾ 等によつても検討されているが、中島⁹⁾ は特に胎児 25 例、新生児より老人に至る男女 57 例の剝離胸骨につき検討している。その主要点は 1) 胎生胸骨の化骨方式、2) 胎生後は胸骨体の第二間隙がまず癒合する (その時期は男 12～20 才、女 8～16 才)、3) 剣状突起化骨は一定せず、4) 女子は男子より化骨が若干早い、等であ

写真1 剝離胸骨

写真2 骨形成不全症

写真3 下垂性佝僂

写真4 粘液白痴

るが、胸骨柄-体間癒合及び剣状突起化骨が年令的に不定であることは何れも一致した意見のようである。然し胸骨体分節癒合については尙不定な説が多く、この解明のためには生体レントゲン影による統計的方法を要すると思われた。

出生後の胸骨全般の化骨状態の表現には比較的多岐なものであつて、基準として凡そ次のようなものを挙げるができる。

- 1) 胸骨体分節の相互癒合
- 2) 胸骨体各分節の長さ及び化骨部全長
- 3) 胸骨体各分節の面積
- 4) 胸骨柄-体間隙の閉鎖癒合
- 5) 剣状突起骨核の出現
- 6) 胸骨体-剣状突起間隙の化骨閉鎖
- 7) 胸骨体の厚みの増大等である。

上記のうち 1) が骨年令的に最も関連があり、次で 2) 7) が比較的な関連を有し得ると考えられる。3) (体面積) に就ては技術的に剝離胸骨以外に困難があり、4) (柄-体間癒合) については私共は 16 才以下のすべての小児例にその癒合あるものを見出さず、成人例男女計 16 例中わずかに 2 例 (28 才♂, 26 才♂) に認めたのみで、その年令関係も全く区々であつたので年令發育等との関連は稀薄なものと考えられる。5) (剣状突起骨核出現) 及び 6) (体-突起間隙) についても同様で、新生児期にすでに骨核の存在をみたものもあり、また成人に至つても剣状突起が全的に軟骨性なこともある。

2) (化骨部全長) については私共は身長との相関を可成濃厚に認めており、従つて年令的にも密接な関係を有しうるものであろうが、胸郭の發育と平行することは容易に推察できる。各分節の長さは肋間腔の大きさに当然関与する。7) (厚み) については Kato²⁾ は剝離胸骨により検討しているが、これによると 1~3 才は、6.5~7.5 mm, 4~5 才は 7~8 mm, 6~14 才は 8~10 mm であつて、3 才及び 6~9 才で段階的に厚みを増す傾向を示しているが、私共は最も計測に便な第二分節の中央部にて計測して大凡これに近い結果をみている。

私共は統計的に年令發育と胸骨分節数との間に相関関係の在ることを認めたのであるが、分節数を左右する因子として出生前後の化骨中心点の数及び分節相互間癒合が関与することが考えられ、その癒合個所を分析するために第一分節と第二分節以下との比が元來あ

る程度一定の比率を以て配列することを假定として、癒合個所数及び基本的な化骨中心点数の統計的処理を試み、主として 1) 癒合個所数と年令、2) 分節の癒合形式、3) 手根骨核数との関係を検討し得た。癒合個所数については 0~5 才の平均値は 0 で、5 才の平均値 0.293 ± 0.082 より 7 才の平均値 0.20 ± 0.142 の間には著しい変動なく、8 才の 0.60 ± 0.106 になりやや上昇して以後 12 才 0.250 ± 0.36 までは再び変動なく、13 才 1.0 ± 0.531 で再び上昇する傾向をみた。この結果は最初の分節間癒合が 7~8 才前後に起り得ることを示し、第 2 回の癒合が 12~13 才以後に起り得ることを示すものと思われ、第 2 図の分節数年令の曲線に照しても 7~8 才と 12~13 才でやや階段的な変化がみられる点で一致している。

分節癒合の形式については、分節間癒合あるもの男女合計 105 例中 93 例 88.6% が下方分節より閉鎖の進行し得ることが観察された。然し第 2~第 3 分節間癒合が下方分節間癒合に先行する例も可成あり (下方癒合と重複するものを含めて 25 例 23.8%) 中島³⁾は第 2~第 3 分節が多く先行するらしいと述べている点からも、これらは Variety に属するものかと思われる。然し進化的に胸郭の發育の柔軟性という点では、肋軟骨が上方から化骨することと併せて下 (尾) 方→上 (頭) 方化骨進行が優るものとも云い得る。

分節の閉鎖は上記のように 6~8 才以後に漸進する化骨変化であるが、手根骨核数の増加は生後間もなく進行を開始し、手根を形成する 11 個の骨核中 9 個 (有頭骨、有鉤骨、撓骨下端、三稜骨、第一手掌骨上端、半月状骨、大多陵骨、小多陵骨及び身状骨) は 6~8 年までに出現し、以後は尺骨下端 (7~8 年) 及び 砧骨 (10~12 年) に出現するにすぎない²¹⁾。即ち手根骨核数の増加が主として乳幼児期を中心としての化骨変化であるに比して、胸骨分節の癒合は主に学童期から思春期前期にみられる変化であると考えることができる。従つて私共のみた手骨数と分節数乃至分節癒合個所数との相関が稀薄であつたことは当然の如く考えられる。

手根骨数の増加が骨年令を表現するものであるとともに、身長及び体重に高度な相関を有することは Prior¹⁸⁾、Satwell²²⁾ 等により認められているが、胸骨分節数が年令とともに諸身体發育要素中胸囲に最も濃厚な相関を示したことは解剖学的に興味深い。胸郭の從徑の増加發育が胸骨各分節の長軸の伸長に負うことは容易に推察しうることであり、15 才男子の体重が

成人のその 75% であることに比べ、胸囲はほぼ 90% に達することも、胸骨分節間癒合が主に学童期～思春前期を中心としたものであることと密接な関連があるように思われる。

胸骨には剣状突起部その他の変異乃至形成異常の存在が比較的多くみられ¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾、更にその化骨過程は比較的多岐にわたるものであるが、胸骨体各分節間の癒合については私共の観察成績より推して、骨年令譜に加え得る可能性が容易に考え得るものと思われる。

ある種の疾病状態における化骨進行の異常をレ線的に証明することはすでに汎く行なわれ、クル病、粘液水腫、骨形成不全症、下垂体性侏儒その他種々の發育不全、大理石病¹⁾²⁴⁾²⁵⁾等に認められるものであり、このため頭蓋、手足根骨等のレ線的变化が検討される機会が多い。然し例えば手根骨ではその化骨進行度の左右非対称性が論じられ、ときには著しい差がみられることがあり²²⁾、また骨核数のみを対称として骨核の大きさ形態等も無視できない。その意味で可成広範囲にわたる化骨部位の検討を要するものと考え。私共は骨形成不全症、粘液白痴及び下垂体性侏儒の各一例について胸骨の化骨状態を検討し、1)これらの例では疾病が分節数自体に影響を及ぼすことは比較的少なく、2)形態的に比較的著明な変形を観察できた。3)各部分の詳細な測定を行なつて異常を認め得た。骨形成不全症例では分節骨の変形彎曲と分節巾の菲薄化及び念珠によると思われる軟骨部の異常形態を、粘液白痴例では形態に異常をみなかつたが、胸骨化骨部全長の短縮と分節巾の軽度菲薄化を認めている。下垂体性侏儒例では胸骨柄の彎曲、第二分節長の短縮、最下位分節の上下端の膨大等の変形状態を観察し得た。故に異常疾病状態の胸骨分節の検討には分節数のみでなく、その変形、各部計測値等を参考にし得る様に思われる。

結 論

私共は胸骨の化骨過程につき凡そ次の様な観察を行なつた。

1) 6ヶ月胎児(♀)及び8才女児屍の剝離胸骨について、その肉眼的形態を観察して各部を計測するとともに、そのレ線撮影を行なつて、胸骨各分節間間隙が肋軟骨附着部の高さに一致することを認めた。

2) 胸部側面レ線直接撮影を行なつた。新生児より16才に至る男女計439例について、その胸骨分節数と年令、胸囲、身長、体重、カウプ指数等との関連を検討し、うち年令及び胸囲に最も濃厚な相関関係を認めた。

3) フィルム面より各分節の計測を行ない、胸骨柄により形造られる第一分節の長さを基準として、分節の癒合部位及び癒合個所数の統計的推定を行ない、女児では男児に比し1～2年早期に化骨癒合が進行することを認めた。またその大半は下(尾)位分節より上(頭)方に癒合の進行することを示した。

4) 男女児224例について手根骨レ線撮影を行なつて胸骨分節数との相関を検討したが、手根骨核出現が新生児期より幼児期に主としてみられる化骨変化であるに比し、胸骨分節間の閉鎖癒合は主に8～10才以後にみられる変化であり、両者の間の相関関係は稀薄であつた。

5) 各部計測値において、胸骨化骨部全長と身長が大きな相関関係にあることを認めた。また剣状突起化骨状態について観察を行なつた。

6) 乳児及び成人の胸骨化骨状態を検討して、成人(16例)の胸骨柄一骨間間隙の閉鎖は年令發育的に不定であることをみた。

7) 骨形成不全症、粘液白痴及び下垂体性侏儒症の各一例につき、胸骨側面レ線像による胸骨の形態、分節数、各計測値等を健常児のそれと比較検討した。

8) 上記の諸結果より、主として胸骨体分節相互の癒合についての年令的推移(Chronology)を確立し得る可能性につき考察した。また病的状態にある化骨異常が胸骨にも比較的容易に認めうる変化であることを検討した。

(本文の要旨は昭和32年9月第22回民族衛生学会及び同年10月第8回東日本小児科学会において報告した。)

終りに臨み終始御懇切な御指導御校閲を頂いた恩師木田文夫教授に感謝申し上げます。

文 献

- 1) Caffey, J; pediatric Xray diagnosis, yearbook publish, chicago, (1950)
- 2) Pyle, S, I et al; J. pediatric 32, 125 (1948)
- 3) Ellis, R, W, B, et al; Childhealth and development. Grune and Stratton. N.Y. (1947)
- 4) King, J, B; Brit. J. radiol. 12, 2 (1939)
- 5) Kato, K; Am. J. Dis. child 54, 209 (1937)
- 6) Dwany, M; Arch. Dis. childhood 15, 159, (1940)
- 7) Hertwig, O; Elemente der Entwicklungslehre des Menschen und Wirbeltiere 7 Auf, Gustav Fischer, Jena (1920)
- 8) Gray, H; Anatomy of the human body. Lea & Febriger. Philadel. (1951)
- 9) 中島敏郎; 日本病理学誌, 38(1～6) 199(昭24)

- 10) 太田伝三郎; 日本放射線医学誌, **10**, 8 (昭25)
 - 11) Köhler, A; Grenzen des normalen und Anfänge des pathologischen in Roentgenbilde des Skelettes, George Thieme Ver. Stuttgart (1953)
 - 12) Polgar, F; Radiol. clinic **15**, 377 (1946)
 - 13) Deutch, M; Radiol. clin. **13** 38 (1944)
 - 14) Savill, D, L; J. Bone surg. **33B** 56 (1951)
 - 15) Todd T, W; Atlas of skeletal age maturation. St. Louis (1937)
 - 16) Long, E, B and Coldwell, E, W; Am. J. Dis. child. **1** 113, (1911)
 - 17) Cohn, J; Ann. roentgenol. **4**, 2 (1924)
 - 18) Prior, J, W; Am. J. physical anthrogy **8**, 401 (1925)
 - 19) Stettner, E; Arch. f. Kinderheil. **68**, 342, 439 (1920-21)
 - 20) Gates, A, I et al; J. Ed. Psych. **15** 322. (1924)
 - 21) Flory, C, D; Monog. Soc. for research in child. develop. NO 3, (1936)
 - 22) Satwell, R, O; Am. J. dis, child, **37**, (1929)
 - 23) 織田登; 福岡医学誌, **40**, 1号 (昭 23)
 - 24) Wilkins, L; J. pediat. **12**, 429 (1938)
 - 25) Bauer K, H; Deutsche Zeitschrf. f. Chirurg, **154**, 166, (1920)
-