

骨成熟

骨成熟の評価は骨格の変化に基づいていて、その変化は伝統的な左の手と手首の基準化されたレントゲン写真で簡単に観察できる。手と手首はX線フィルムのカセット上に指をわずかに開いて平らに置く。手と手首の骨は手背側（後方）から観察することになる。これらの骨が初期の骨化状態から成人の形態に進んでいく変化はかなり一定している。手と手首のX線像で注目にあたいする規則的に、明確にそして不可逆的な順序で現れる個々の骨の特徴的な骨化様相を骨成熟指標という（12）。色々な骨成熟の評価法があるが、それらは基本的には似ている。ある子どもの手と手首のレントゲン写真を一連の判断基準とすべて合致させることが必要である。

Greulich-Pyle (GP) 法

Greulich-Pyle法では子どもの手と手首のX線写真を、骨成熟の連続的な段階を特定の暦年齢 (CA) 時の骨年齢 (SA) として表している一連の標準 X 線図とできる限り近く一致させる必要がある。この方法では個々の骨についての成熟度を評価しなければならない。個々の骨で、最も一致する図譜の標準図の一つと照らし合わせる。標準図の骨年齢は比較対象となっている評価された骨の骨年齢である。この手続きを手と手首にあるすべての骨について繰り返して、個々に評価した骨の骨年齢の中央値をその子どもの骨年齢とする。

Tanner-Whitehouse (TW) 法

TW法では、レントゲン写真で20個のそれぞれの骨の骨化状態を初期の外観から完成状態に進んでいく段階の基準に照らし合わせるが必要となる。20個の骨には7個の手根骨（豆状骨を除く）と13個の管状骨（橈骨、尺骨、第1, 3, 5指の中手骨、指節骨）を含まれる。それぞれの段階には特別な点数があてがわれ、その点数を合計して成熟点数を出す。合計点数は20-骨年齢と呼ぶ骨年齢に換算することもできる。改訂版のTW法(TW II)では20-骨年齢に加えて7個の手根骨による手根骨

年齢、橈骨、尺骨と手骨によるRUS骨年齢がある¹。

Fels 法

Fels法はTW法の20個の骨に加えて豆状骨と母指内転筋が附着する種子骨を基にしている。骨成熟指標と特有の評価基準は個々の骨の形態変化と管状骨の骨幹幅に対する骨端幅の比に基づいている。個々の骨の成熟指標を評価しようとするX線フィルムとマッチさせることで段階づけをする。評価された段階と比はパーソナルコンピュータに入力して骨年齢と標準誤差を計算する。

方法の比較

上に述べた3つの方法は骨成熟指標、評価基準、骨年齢を決めるための骨成熟スケールを構成するのに使われる手順が異なっている。GP法は個々の骨に与えられた骨年齢の中央値に基づくが、時として子どものX線フィルムが全体としてもっとも合っている標準図の骨年齢とすることもできる（したがって手と手首の骨の間のバラつきは配慮されない）。TW法は評価される20個の骨、あるいは7個の手根骨、あるいは13個の管状骨の個々の点数の合計が骨成熟点数となる。それからこの点数を変換して骨年齢を求める。手根骨年齢はどちらかという幼児期に有効である。手根骨は一般的に13歳までに成熟するので思春期に使うには限界がある。RUS骨年齢は、橈骨、尺骨、その他の管状骨はこの時期まで成熟し続けるからという理由で、思春期に最も有効である。Fels法は標準誤差付きの骨年齢を出し、これはGP法やTW法にはないユニークな特徴である。Fels法のコンピュータによる骨年齢は子どもの暦年齢や性別の違いが骨成熟指標に特有に影響するという点に重点を置いて決定される。

骨年齢

¹ 注：TW3法（2001）ではRUS骨年齢の換算基準を改定し、20-骨年齢を削除した。

上述した方法はどれも、ある子どもの骨成熟レベルを標準集団に相当する骨年齢を算出する。GP 法の標準集団は 1931～1942 年のオハイオ州クリーブランドのアメリカ児童である。TW 法の標準集団は 1946～1972 年のイギリス各地から集めた児童である。TW 法によるヒューストン地域のアメリカ児童の参考データが最近発表された (16)。Fels 法の標準集団は 1932～1972 年の南オハイオ地域の Fels 縦断的研究のものである。方法と標準集団が違えば、ある子どもの骨成熟状態はこれら 3 つの方法では違いうだろう。実際に、GP 法、TW 法、Fels 法からの骨年齢は一致しない。使用した骨年齢推定法をはっきりさせることが重要である。

骨成熟評価の 3 方法はそれぞれ利点と限界を持っている。TW 法は現在より広く使われている。Fels 法は比較的新しいが、ほかの新方法がそうであったように、受け入れられて普及するには時間がかかる。GP 法は臨床医学では広く使われていて、骨成熟が非常に進んでいたり遅れていたりする子どもを見つけるのに有効である。TW 法と Fels 法はこの点で洗練されていない。

骨年齢の評価は、基本的にある時点での子どもの成熟レベルを推定する方法である。骨年齢は暦年齢に相当する年齢である。骨年齢は単純に暦年齢と比較できる；例えば、ある子どもの暦年齢が 10.5 歳であるときその子どもの骨年齢は 12.3 歳である、という具合である。この例では、子どもは 12.3 歳相当の子どもの骨成熟に達していることになる。あるいは、ある子どもの暦年齢は 10.5 歳であっても骨年齢は 9.0 歳である、というように使ときは、この子どもは暦の上では 10.5 年生きてきたけれど、骨年齢は 9.0 年にしか達していない、というように見るのである。

参考文献

- Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*, 2nd ed. Palo Alto, CA: Stanford University Press, 1959.
- Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N.

Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method), 3rd ed. London:W.B. Saunders, 2001.

Roche F, Chumlea WC, Thissen D. *Assessing the skeletal maturity of the hand-wrist: Fels method*. Springfield, IL: Charles C Thomas, 1988.

骨成熟研究グループ 日本人標準骨成熟アトラス - TW2 法に基づく。東京：金原出版, 1993.

骨成熟研究グループ 骨成熟段階評価マニュアル TW2 法に基づく。東京：HBJ 出版局, 1997.

杉浦保夫 日本人の骨年齢。東京：中外医学社, 1985.

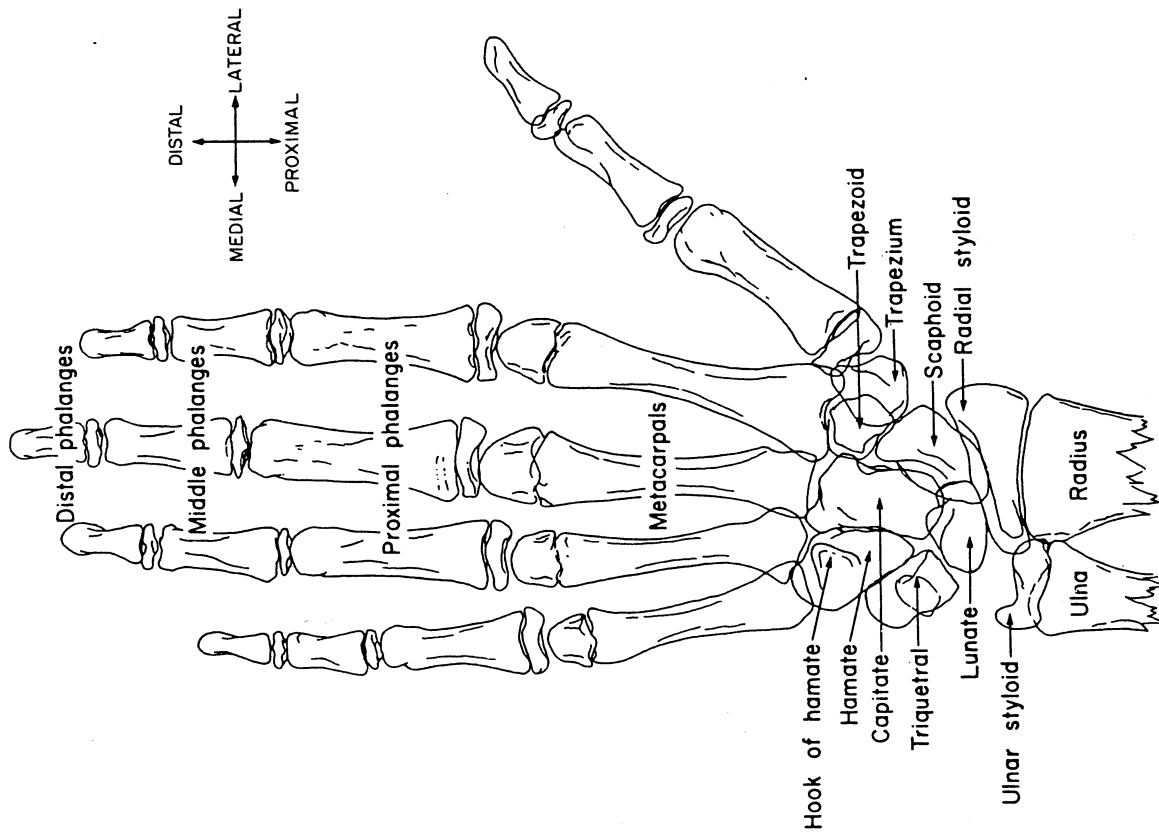
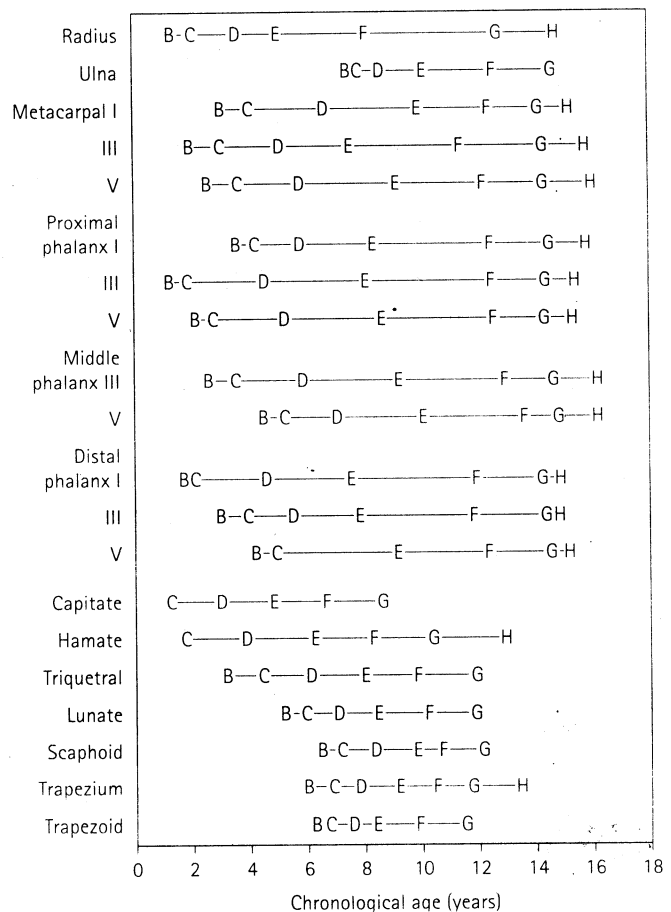


Fig. 2. Bones of the hand and wrist.

Figure 1 Stages (B, C, ...) of the 20 rated bones of the hand and wrist each plotted at the average age at which it is first seen in a cross-sectional series: boys.



評価上の注意 (TW3)

1. 直径も比較すると、詳細には必要はない。
2. ratingにあたっては、記述が優先し、模式図は補助的存在である。
3. 2つの記述があるとき、そのうちの1つの記述にマッチしている場合十分である；3つの記述があるとき、そのうちの2つが充たされていなければ十分である。
4. かつこ、() の中の記述は補助的存在であるから、あてはまらなくてもよい。

5. どのどのステージの記述に加えて、それ以前のステージの記述(i)が満足されていなければならぬ
ex. Eと評価するにはD(i)の充足が必要

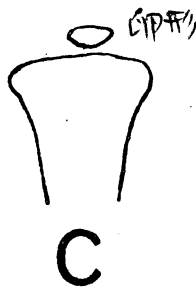
*

→ []内の記述

鉛筆書きの基準は私見に於ける (179.10.1)
★ 完全に成るステージ (e.g. I of short bones) に達していないか、あと何回か
して完成するにいたる status a 時は 先行 assess せよ (e.g. 179a
の dark line が 2つあるステージに、I にある 179a の 1つにある
は I を assess せよ) 179. 11. 29

◎ Capping が 否か不明なときは、フィルムをまいて、天・地・左・右
方向から視点を變じ見直せ。

RADIUS [réidies]

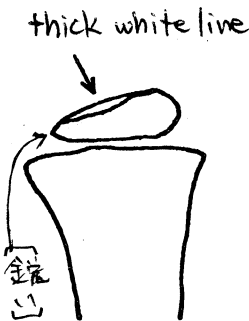
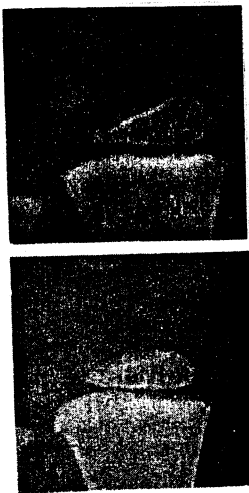


(i) 核の出現, 単核又はそれに複数核.
縁は不明瞭.

(ii) 滑らかな輪郭をもつ,
CIP形

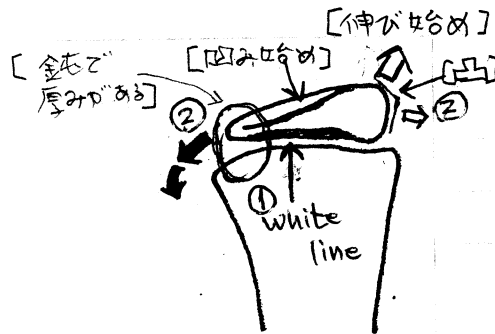
(i) 最下径は骨幹端の 1/2 以上
(ii) 外側部で "幅広くなる" の "この部分" は肥厚した部分
(iii) 近位面の 1/3 は平らで
太い. gap は 1mm 未満

[metaphysis の 3/4 未満の
大きさの "と" があるか, E に
"は" 達して "ない"]



E

(i) 太い白線が産位線 = 出現;
dorsal surface が平化



F

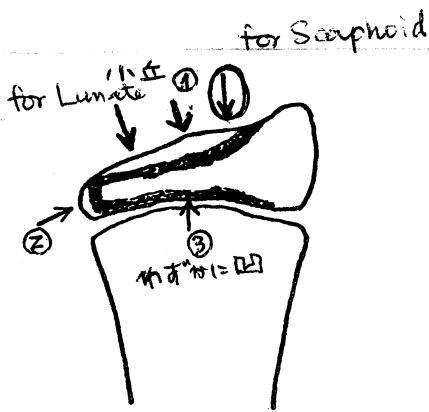
(i) 近位縁は palmar & dorsal 面に平化
palmar 面は広く不規則な太い白線
にみよ (???)

(ii) 両端, L = 内側部は側方に伸び
近位縁はほぼ全長にわたる
metaphysis が平らに滑る

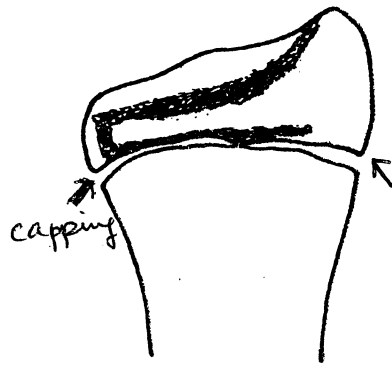
[この stage? "と" の proximal
margin = irregular white line
にみよ = "と" の "E" と "F" の
中間型は "と" の "E" の "と" は
photo の X- "と" の "と" !!]

星, 大ら

white line があって, "と" の
immature "と" の "と" の "と" の
"と" の "と" の "と" の "と" !!



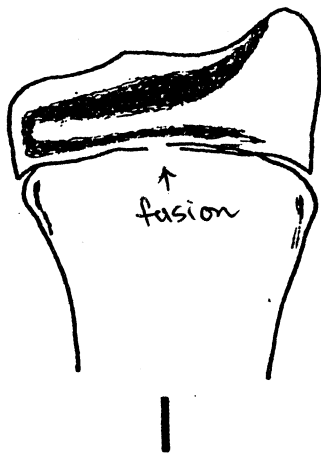
G



H

- (i) 遠位面は lunate と scaphoid との関係
 のための小丘の高まり
 (明確なエッジが) の処で会する。
- (ii) 内側部は palmar と dorsal 面に
 分化; 舟状窩と舟状窩の間に
 内側面に突出。
- (iii) 近位縁は舟状窩に凹みでいる

- (i) capping (H 方のときは内側から)
 (styloid proc. は更に伸びる)

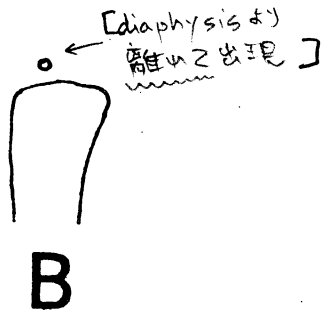


- (i) Fusion. 黒線は軟骨の
 線存を示し、白線は fusion
 の進行中であることを示す;
 line は消失していることを示す

→ [Radius) Ulna ^(and/or) ~~の~~ line が消失
 している者は成人骨である。]

[fusion は骨の上下では
 epiphysis と diaphysis の
 trabecular は連続して
 いる。]

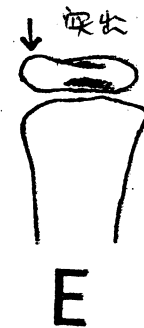
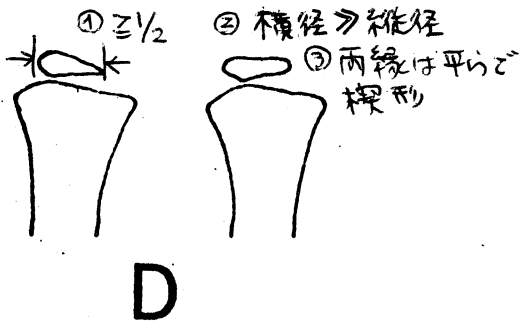
ULNA [Álnə]



(i) 単数核又は時に複数核として出現。縁はしばしば不明瞭。

(i) スグ-スグ連続した縁をもつ明瞭な center

[丸形ではなく、細長い核]
[複数核の時あり!]



(i) 幅は metaphysis の 1/2 以上
(ii) 横径は縦径よりかなり大きい
(iii) 近・遠位縁は平行で、かつほぼ平行で存在の、骨端は普通、

(i) 基状突起が (明瞭な、) 小さい ~~突起~~ 突出

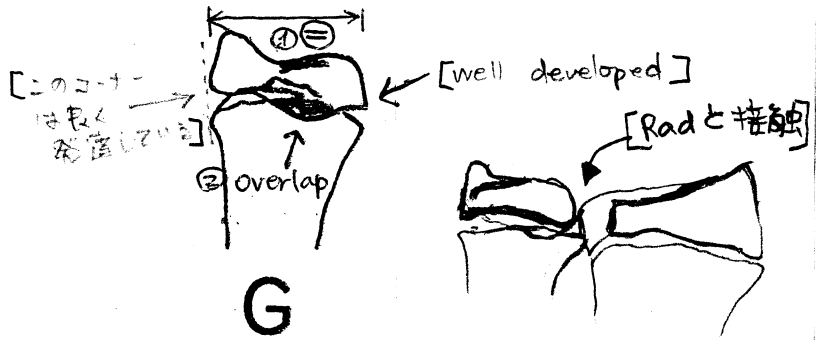
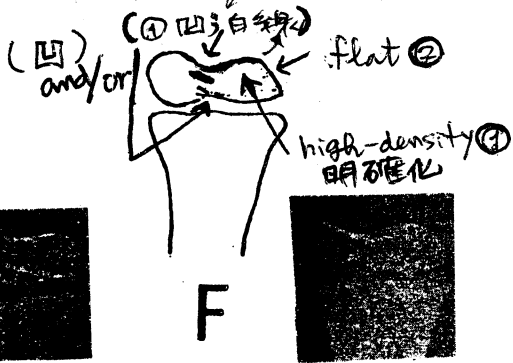
先を外側に向けての

形に存在



[複数核のときは、合わせて、クサビ形、1/2以上を想定してみる]

[四角形, distal surface
radial half = 上から成長傾向がある。]



- (i) 頭は明確にあり, 茎状突起は high-density. (通常は茎状突起と頭を区切る白線のみを, 時々両者の合っちは近位縁 and/or 遠位縁には凹線がある.)
- (ii) radius に接する縁は平ら

- (i) 幅は metaphysis に等しい
- (ii) epiphysis の近位縁は metaphysis の遠位縁は中央 1/2 で重なる. [ulna が rotate しているとき]

[head は radius 側へ伸びる]
radio-ulnar joint が確立し始める]
(注) styloid proc. が非常に小さい case あり.
その時は head の density が手掛になる。

GP std. の
VI & VII
male std. 18, 19
female std. 17, 18

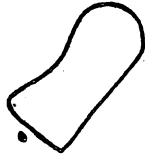


H

- (i) fusion 開始
通常は茎状突起側で, 骨端軟骨が残っている処は, 骨端と metaphysis 間には一部黒線がある時あり, 此で fusion が進行中の処は白線がある;
又は線は消失していることもある。

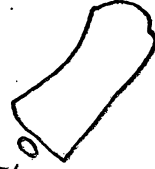
(and/or)
[Radius } Ulna かの line が消失している]
若くは成人にもある!!

METACARPAL I



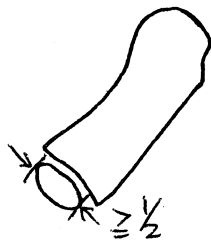
B

(i) 単核 長Cは骨の
標本, 不明確な縁



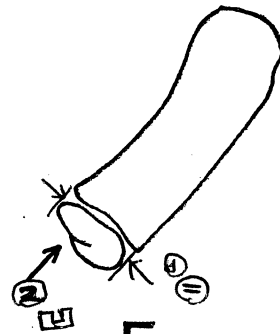
C

(i) は、刻出現の刻 CIP形



D

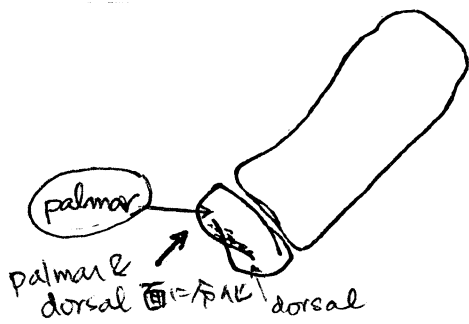
(i) 幅は metaphysis の 1/2 以上



E

(i) 幅は metaphysis 以上
(ii) 凹縁は凹み (これは palmar
e dorsal 面が現れる tip 部
両面は折れ"刻, 刻に存在)

[palmar 面
が"刻に存在]
[完全には存在しない
Tm. 部は"刻に存在]

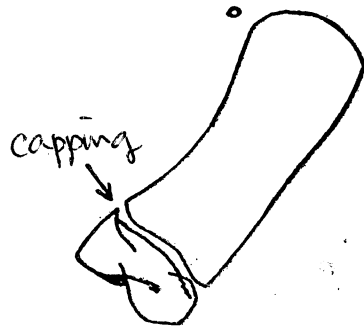


F

(i) 近位縁の palmar & dorsal 面
合化は明瞭で dorsal 面全部のみ。
このサドル面は Tm の縁とよく合う。

(ニクステージの終りに内側縁は丸から平らな縁に変る)

回旋しているために、フォム上では 外側-背側面、内側-手掌面 と記す。



G

(i) capping ; 内側縁で太くなる

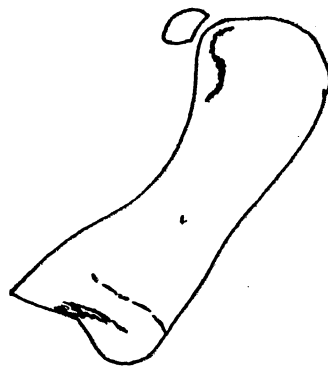
[- 見 fusion の方が capping の spine は不明確]



H

(i) fusion 開始

軟骨の残っている部分は黒線
で、fusion の起った部分は白線
が残っている。



I

(ii) fusion 完成 (前者は完全)

(癒合線が大部分消失
可なり、以下は残っている
も取り) 前者

[1st stage の dark line と
も合う]

[太い fusion line (white line)
は取り、gap は残っている]

METACARPAL II-V

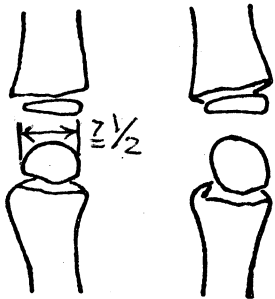


B



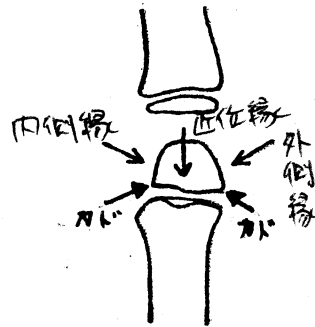
C

(1) は、主に見え丸い形

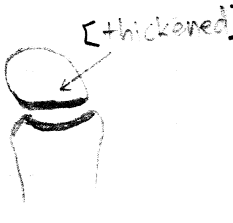


D

[オムズビ形]
[サイズは小さい]



E

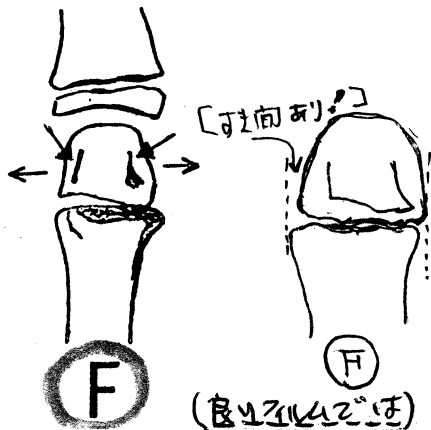


(1) 横径は metaphysis の 1/2 以上

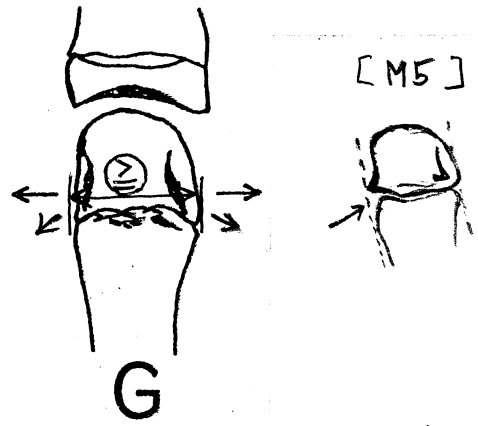
(ii) (卵形又は半円形) から
スノード又は此形に 変る。
これは外・内側, 正位縁から
他から ~~区別~~ 区別で 見ると
常々 2 色に分ける, せいで 2 色
から joint する 処に 角状の P がある
で 見分ける こと。

[内側 or 外側縁が 太くなる。
旧ドイツ軍の 鉄カブト 状]





(i) palmar & dorsal 面が区別できず、dorsal 面の内側 and 外側線は側方に伸び、palmar 面と重なる。palmar 線は太い線の白線と区別できず



(i) 幅は metaphyseal に等しいか、それ以上 (phalangeal の capping の時期に相当)

[M5 は inward rotation に伴って、その幅が狭くなる可能性がある
⇒ G.P. (M5 の F17)]

[隣接線が一致する]



(i) fusion 開始
骨端軟骨は 3/4 以下の幅で、
残りが完全に消失している



[この場合は dark line が痕跡的に残っている I ではない]

(ii) fusion 完成 (写真上をみよ)
(厚い端を完全にはくはいて)
fusion line は消失しているが、
残存する部分がある)

F, G, H がわかるように!!

PROXIMAL PHALANX I



B



円板形

C

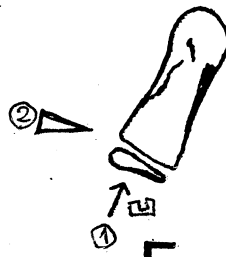
(i) ほぼ到り見之, 円板型

(合計径が)
(多枚のときは) $\frac{1}{2}$ 以上にある
か C と判定せよ)



D

(i) 幅は metaplysis の $\frac{1}{2}$ 以上



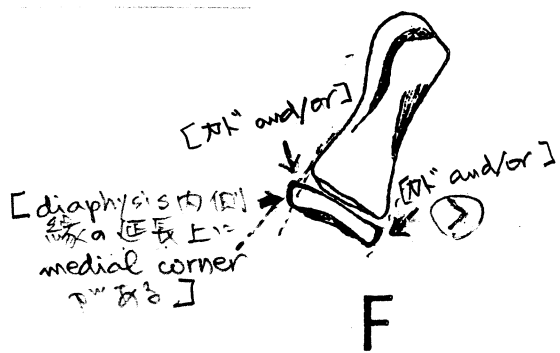
E

(i) 並位線は 凹 通常厚の



[thickened, but not concaved
(重なる部分がある?)

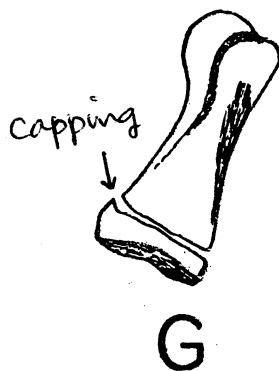
(ii) 内側部は外側の骨厚に
7割以上を示す



F

(i) 骨折は metaphysis 付近に
 起こる傾向がある; metaphysis の
 骨折は 1/3 以下

[lateral-distal corner は 骨折 起こる]



G

(i) capping (medial へ折れこむ)
 [骨折線は 骨髄を
 手前へ、上下左右方向から
 折れこむことがある]



H

(i) fusion (開始)



I

(i) fusion 完成
 (癒合線は ~~癒合線は~~ 完全に
 消失する、残存している骨髄は)

[折れこむ方向は dark line を
 読み取ることも可能]
 [この fusion line は 骨折
 gap は 折れこむ方向]

PROXIMAL PHALANGES II-V



B

(i) しばしば輪部は不明瞭



円板形

C

(ii) 明瞭化; 滑らかな輪部をもつ円板型



D

(i) 径は metaphysis の $1/2$ 以上

[近位縁は "thickened" の "凹み" がある]



↑凹み & thickened

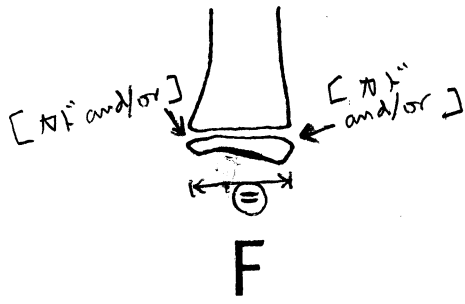
E



[円板 → 楔]

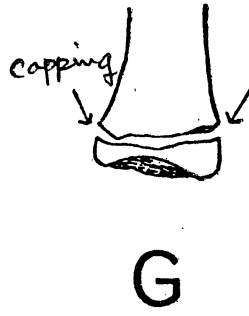
(ii) 近位縁は 凹み (明瞭化) に太い

[かたがは円板状から楔状になる (主として外側) 端の厚さ (radial 厚さ)]



F

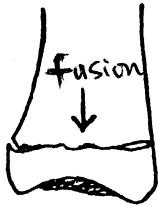
(i) 骨の metaphysis と同等の骨の metaphysis の型は「F」が capping 型である。



G

(i) capping

[distal corner の角張りの型]
(→ G.P atlas)



H

(i) Fusion の開始
黒線と白線が「H」の
ことである。



I

(i) fusion の完成
(黒線と白線が「I」の型である、
残っているものもある)

「H」の「H」の型は dark line
の残っているものもある
「I」の fusion line はあるが、
gap は残っている

MIDDLE PHALANGES II-V



B

(i) いは"いは" 輪郭不明瞭



C

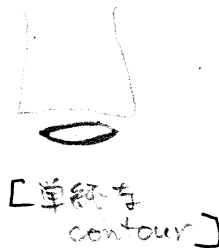
(i) 滑らかな輪郭をもつ円板状

[1/2以上あることも CA 30% である。 Ivory epiphysis など]



D

(i) 最大径は metaphysis の 1/2 以上



[単純な contour]



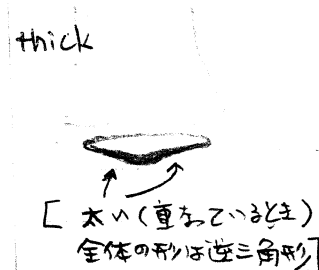
E

(i) 近位縁の中央部は厚くなり、
基節骨に向って伸びて滑車面を
形成させるように成長

(太い白線は骨端の背側面を示している; さいふに近位側の

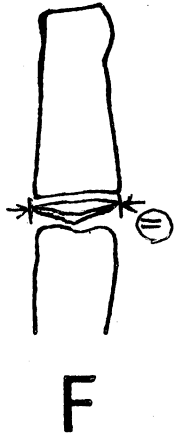
一側又は両側に手掌面が

[MP5 は rotate している 2" 一側 の 2" カ" 9" ム]
凸部の突出としてみえる。手の位置によつては手掌面と背側面の縁は重なり合っている。



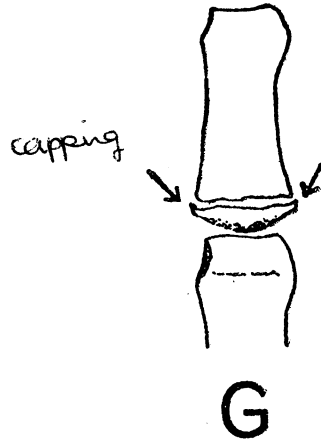
[太い(重なり合っている) 全体の形は逆三角形]

★注 BMP52 早期に fusion line は MP3 と同じ rating をあ!!



F

(i) Metaphysis の幅と等しい



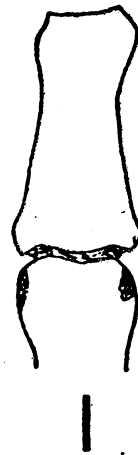
G

(i) capping



H

(i) fusion 開始, 進行状態
に F1 黒・白線あり



I

(i) fusion を完成
(線は消失, 或は
残存あり)

[骨の両側面に dark line
を認めれば F1]

[太い fusion line があっても
gap があっても]

DISTAL PHALANX I



B

(i) しばしば縁は不明瞭



C

(i) 滑らかな縁をもつて明瞭な円板型



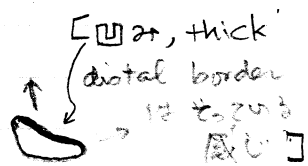
D

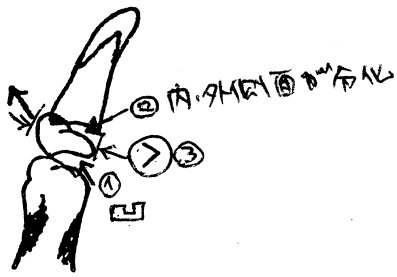
(i) metaphysis の幅が $\frac{1}{2}$ 以上



E

(i) 幅は metaphysis に等しい
 (ii) のくが平らな遠位縁と角張った近位縁の形になる
 (母指の rotation のため、時に近位縁の凹は近位内側にある)





F

- (i) 近位外側縁は凹み、基節骨頭を適合させる。(このようにみ之をいせまは、關節面は近位外側縁の内側凹み)に凹んだ白い線とこみ之をいせま)
- (ii) 遠位縁2つは内・外側面の両方がみ之る、その両面を間に terminal plexus の底をサドル形に一致させながら。
- (iii) 幅は metaphysis より ~~太い~~ 太い



[明らかな棘はないが、カドがある]

G

- (i) capping (rotation 2つあるため内側2つをみ之る)



H

- (i) fusion 開始。黑白線がみ之る 2つある。



I

- (i) fusion 完成 (完全に大印字は線は消失する、残存もある) 太い

[fusion するとき dark line がみ之る 2つもある]

[fusion line はみ之るが、gap はある]

DISTAL PHALANX II-V

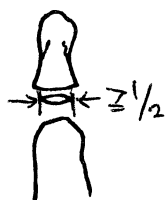


B



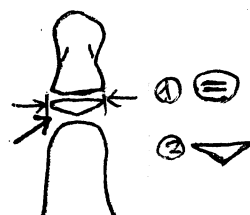
C

(1) 円板型は存し 24-25 存連続法線Eも



D

(1) 幅は metaphysis の 1/2 以上



E

(1) 幅は metaphysis に等しい
 (ii) 近位縁中央部は中関節に
 向う伸び"3p" palmar &
 dorsal 面には分化は存し

[幅は 1/2 以上
 近位縁中央部は
 distal condyle
 へ向う伸び "3p"
 Dorsal 面]



F

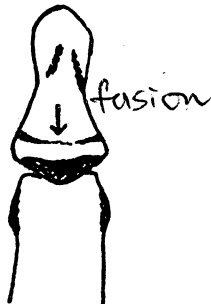


G

- (i) 近位縁で palmar & dorsal 面
 P(明瞭) といふことは中節骨の将来の
 滑車関節面を ~~形成する~~ 徴候である。

- (i) capping

【中節骨遠位面は凹が浅凹ではない】
 palmar surface は, dorsal surface
 を示す太い白線が近位方に突出して
 いるものがとうである。



H



I

- (i) Fusion 開始
 (黒線と白線が残り
 1/3の距離がある)

- (i) fusion 完成

【1/3の距離が dark line
 まで残っている】
 【fusion line は 1/3 まで
 の gap がある】

Table 2 Radius, ulna and short bones (RUS) weighted maturity scores

BOYS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Radius	0	16	21	30	39	59	87	138	213
Ulna	0	27	30	32	40	58	107	181	
Metacarpal									
I	0	6	9	14	21	26	36	49	67
III	0	4	5	9	12	19	31	43	52
V	0	4	6	9	14	18	29	43	52
Proximal phalanx									
I	0	7	8	11	17	26	38	52	67
III	0	4	4	9	15	23	31	40	53
V	0	4	5	9	15	21	30	39	51
Middle phalanx									
III	0	4	6	9	15	22	32	43	52
V	0	6	7	9	15	23	32	42	49
Distal phalanx									
I	0	5	6	11	17	26	38	46	66
III	0	4	6	8	13	18	28	34	49
V	0	5	6	9	13	18	27	34	48

Table 3 Radius, ulna and short bones (RUS) maturity scores

GIRLS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Radius	0	23	30	44	56	78	114	160	218
Ulna	0	30	33	37	45	74	118	173	
Metacarpal									
I	0	8	12	18	24	31	43	53	67
III	0	5	8	12	16	23	37	47	53
V	0	6	9	12	17	23	35	48	52
Proximal phalanx									
I	0	9	11	14	20	31	44	56	67
III	0	5	7	12	19	27	37	44	54
V	0	6	7	12	18	26	35	42	51
Middle phalanx									
III	0	6	8	12	18	27	36	45	52
V	0	7	8	12	18	28	35	43	49
Distal phalanx									
I	0	7	9	15	22	33	48	51	68
III	0	7	8	11	15	22	33	37	49
V	0	7	8	11	15	22	32	36	47

Table A1 RUS (TW3)
 Bone age for given
 RUS maturity score

BOYS

Maturity score	Bone Age ('yr')	Maturity score	Bone Age ('yr')	Maturity score	Bone Age ('yr')
42	2.0	214	7.0	427	12.0
46	2.1	216	7.1	434	12.1
50	2.2	219	7.2	441	12.2
55	2.3	222	7.3	448	12.3
60	2.4	225	7.4	455	12.4
66	2.5	228	7.5	462	12.5
70	2.6	231	7.6	470	12.6
75	2.7	234	7.7	478	12.7
80	2.8	237	7.8	485	12.8
86	2.9	240	7.9	493	12.9
91	3.0	243	8.0	501	13.0
94	3.1	246	8.1	511	13.1
98	3.2	250	8.2	520	13.2
101	3.3	253	8.3	530	13.3
105	3.4	256	8.4	540	13.4
108	3.5	259	8.5	550	13.5
112	3.6	262	8.6	560	13.6
116	3.7	265	8.7	570	13.7
120	3.8	268	8.8	581	13.8
124	3.9	272	8.9	592	13.9
129	4.0	275	9.0	603	14.0
132	4.1	279	9.1	615	14.1
134	4.2	283	9.2	628	14.2
137	4.3	287	9.3	641	14.3
140	4.4	291	9.4	655	14.4
143	4.5	295	9.5	668	14.5
146	4.6	299	9.6	682	14.6
149	4.7	303	9.7	697	14.7
152	4.8	308	9.8	711	14.8
155	4.9	312	9.9	726	14.9
158	5.0	316	10.0	741	15.0
161	5.1	321	10.1	755	15.1
164	5.2	325	10.2	769	15.2
166	5.3	330	10.3	783	15.3
169	5.4	334	10.4	798	15.4
172	5.5	339	10.5	813	15.5
175	5.6	344	10.6	828	15.6
177	5.7	348	10.7	843	15.7
180	5.8	353	10.8	859	15.8
183	5.9	358	10.9	875	15.9
186	6.0	363	11.0	891	16.0
189	6.1	369	11.1	912	16.1
191	6.2	375	11.2	933	16.2
194	6.3	381	11.3	955	16.3
197	6.4	387	11.4	977	16.4
200	6.5	394	11.5	1000	16.5
202	6.6	400	11.6		
205	6.7	406	11.7		
208	6.8	413	11.8		
211	6.9	420	11.9		

Table A3 RUS (TW3)
Bone Age for given
RUS maturity score

GIRLS

<i>Maturity score</i>	<i>Bone Age ('yr')</i>	<i>Maturity score</i>	<i>Bone Age ('yr')</i>	<i>Maturity score</i>	<i>Bone Age ('yr')</i>
126	2.0	335	7.1	695	12.2
130	2.1	339	7.2	705	12.3
134	2.2	343	7.3	714	12.4
139	2.3	347	7.4	724	12.5
143	2.4	351	7.5	735	12.6
148	2.5	355	7.6	745	12.7
153	2.6	359	7.7	755	12.8
158	2.7	363	7.8	766	12.9
163	2.8	367	7.9	776	13.0
168	2.9	372	8.0	787	13.1
174	3.0	377	8.1	798	13.2
178	3.1	382	8.2	809	13.3
182	3.2	387	8.3	820	13.4
186	3.3	393	8.4	832	13.5
191	3.4	398	8.5	843	13.6
195	3.5	404	8.6	855	13.7
200	3.6	409	8.7	867	13.8
204	3.7	415	8.8	879	13.9
209	3.8	421	8.9	891	14.0
214	3.9	427	9.0	902	14.1
219	4.0	434	9.1	912	14.2
222	4.1	441	9.2	923	14.3
225	4.2	448	9.3	933	14.4
228	4.3	455	9.4	944	14.5
231	4.4	462	9.5	955	14.6
234	4.5	470	9.6	966	14.7
238	4.6	478	9.7	978	14.8
241	4.7	485	9.8	989	14.9
244	4.8	493	9.9	1000	15.0
248	4.9	501	10.0		
251	5.0	509	10.1		
255	5.1	518	10.2		
258	5.2	526	10.3		
262	5.3	535	10.4		
265	5.4	543	10.5		
269	5.5	552	10.6		
273	5.6	561	10.7		
277	5.7	570	10.8		
281	5.8	579	10.9		
284	5.9	589	11.0		
288	6.0	597	11.1		
292	6.1	605	11.2		
296	6.2	614	11.3		
301	6.3	622	11.4		
305	6.4	631	11.5		
309	6.5	640	11.6		
313	6.6	649	11.7		
318	6.7	658	11.8		
322	6.8	667	11.9		
327	6.9	676	12.0		
331	7.0	685	12.1		

Table 10
Coefficients of adult height prediction (1-variate)

The prediction formula, covering ages 10.0 to 17.0

$$\text{Predicted adult height} = \text{present height} + a.\text{RUS score} + b$$

where

$$a = -(0.0402 - 0.00632(\text{age} - 14) - 0.00155(\text{age} - 14)^2 + 0.00019(\text{age} - 14)^3)$$

$$b = 37.62 - 5.50(\text{age} - 14) - 0.799(\text{age} - 14)^2$$

Age (yr)	RUS score (unit)	Constant (cm)	Residual SD (cm)
10.0-	-0.0321	47.01	3.4
10.5-	-0.0378	47.06	
11.0-	-0.0419	46.70	3.2
11.5-	-0.0444	45.95	
12.0-	-0.0455	44.80	3.5
12.5-	-0.0453	43.25	
13.0-	-0.0440	41.30	4.1
13.5-	-0.0417	38.94	
14.0-	-0.0385	36.20	3.4
14.5-	-0.0347	33.05	
15.0-	-0.0302	29.50	3.1
15.5-	-0.0254	25.55	
16.0-	-0.0203	21.20	2.1
16.5-	-0.0150	16.45	

In all tables subjects with an RUS score of 1000 are excluded. Thus in the older age groups the predictions apply exclusively to subjects with an RUS score less than 1000.

In the previous editions of this book we found that at certain ages, specifically 12-, 13-, 14- and 15-years in boys, the inclusion of the increment in height over the year prior to the prediction increased the precision of the prediction significantly. In the present data we found the same thing, and at the same ages. Thus in Table 11 we give the coefficients for the prediction equation

$$\text{Adult height} = \text{present height} + a.\text{RUS score} + b.\text{height increment} + c$$

In practice the height increment may be calculated for a prior period of between 0.88 years and 1.12 years, adjusted to an annual rate. Including this increment term diminished the residual SD by 10% at ages 12-14 years and completely eliminated the steep rise seen at age 13 years in the single-variate, Table 10, equation. Clearly at ages 12, 13, 14 and 15 years it is preferable to use Table 11 rather than Table 10 if the data are available. The equation is given in the table legend; the coefficient for RUS score is unchanged with age.

The inclusion of increment in RUS score over the previous year did not further lower the residuals in boys.



Below age 10 years nothing was gained by including the RUS score in the prediction, the best equation for which, in these data, was

$$\text{Adult height} = \text{present height} + 97 - 6 (\text{age in years})$$

This equation applies to boys aged 4- to 9-years; the residual SDs at those ages were 4.6, 4.3, 4.2, 4.0, 3.8 and 3.7 cm.

Table 12
Coefficients for adult height prediction (1-variate) for premenarchal girls

The prediction formula, covering the ages 7.0 to 14.0 years, is

$$\text{Predicted adult height} = \text{present height} + a.\text{RUS score} + b$$

where

$$a = -(0.0436 - 0.00379(\text{age} - 11))$$

$$b = 44.02 - 3.784(\text{age} - 11) - 0.0247(\text{age} - 11)^2 - 0.0365(\text{age} - 11)^3$$

Age (yr)	RUS score (unit)	Constant (cm)	Residual SD (cm)
7.0-	-0.0578	59.77	3.7
7.5-	-0.0559	57.30	
8.0-	-0.0540	54.99	3.5
8.5-	-0.0521	52.82	
9.0-	-0.0502	50.76	3.0
9.5-	-0.0483	48.78	
10.0-	-0.0464	46.86	3.1
10.5-	-0.0445	44.96	
11.0-	-0.0427	43.07	3.0
11.5-	-0.0408	41.16	
12.0-	-0.0389	39.18	3.0
12.5-	-0.0370	37.13	
13.0-	-0.0351	34.97	3.0
13.5-	-0.0332	32.68	

Table 13
Coefficients for adult height prediction (1-variate) for postmenarchal girls

The prediction formula, covering the ages 12.0 to 15.0 years, is

$$\text{Predicted adult height} = \text{present height} + a.\text{RUS score} + b$$

where

$$a = -0.011$$

$$b = 16.54 - 1.94(\text{age} - 11) + 0.230(\text{age} - 11)^2$$

Age (yr)	RUS score (unit)	Constant (cm)	Residual SD (cm)
12.0-	-0.011	14.47	2.1
12.5-	-0.011	13.85	
13.0-	-0.011	13.34	1.2
13.5-	-0.011	12.94	
14.0-	-0.011	12.66	0.9
14.5-	-0.011	12.50	

The ages at which the residual SDs are lowered are 11, 12 and 13 years.

In previous editions a further improvement was found for premenarchal girls when increment in RUS score was added to the equation. However, this resulted in no useful improvement in the Zurich data.

For girls younger than 7.0 years the RUS score contributes little to the prediction, the best equation for which, at ages 4, 5 and 6 years in these data, was

$$\text{Predicted adult height} = \text{present height} + 85 - 6 (\text{age in years})$$

Residual SDs were 4.2, 4.2 and 4.1 cm. At age 7 years the same equation applies, with the residual SD of 4.0 cm; but at that age when RUS score is used, the residual drops to 3.7 cm (Table 13).



1: 850023 F H G H G G G H G G G I H H H I H H H I H
2: 850030 F H G I I H H I I I I I I I H I H H H I H
3: 850036 F H G I H G H H H G G I I H H I H H H I H
4: 850046 M H G F F G F F F F F F F H I G H G H H
5: 850084 M G F E F F E E E E E F F E G G F G G G G
6: 850088 M H G F G G F F F G F G F F H I H H H I H
7: 850116 M H G I H G H H H G G I I H H I H H H I H
8: 850169 F H G I I H I H I I I I I I H I H H H I H
9: 850304 M H G I I I I I I I I I I I H I H H H I H
10: 850650 M G F F F F F F F F F F F H H G G G H G
11: 853012 M G F F G G F F F F F G F F H I H G G I H
12: 853041 F H G I H H H H H H H I I I H I H H H I H
13: 853090 M G F F F E F F E F E F F F H H F G F F G
14: 853104 M G F F F F F F F F F F F H I G G G H H
15: 853266 F H G G G G F F F F F F F H I G G G H H
16: 853267 F F E E F E E E E E E F F F H H F F E F G
17: 853268 F F F F F G F F F F E G F F H H G G G G H
18: 853269 F F E E F E E E E E E F F F H H G G F F G
19: 853320 F G F F G G G G F F F F F H I G H G H H
20: 853354 M F D E F E E E E E E F F G F F E E E C
21: 853391 F F D E E E E E E E E F E G F E E E F G
22: 853432 F F F F F E F E E E E F F E G H F G F F G
23: 853505 M F A D E E E E D E E E E D F F E E D E E
24: 853523 F F E D E E E E E E E F F E G F E F D F E
25: 853526 F F A D E D E E D E D D G E E D D D D
26: 853538 F F B D E D D E D E D E D F F E E D E F
27: 854128 F G F G F G F F F G F F G F H I G H G H H
28: 854199 F G F G F G F F F F F F F H I G H G H H

成人身長の予測式 (男子)

年齢階級	身長	暦年齢	RUSスコア	定数	残差	重相関係数	例数
6±	1.406	-7.331	-0.0770	68.340	3.61	0.636	39
7±	1.152	-5.648	-0.0585	84.695	3.51	0.672	105
8±	1.103	-4.934	-0.0529	84.332	3.42	0.663	123
9±	1.032	-5.127	-0.0440	93.302	3.31	0.702	130
10±	0.991	-5.043	-0.0419	98.800	3.32	0.680	138
11±	1.007	-4.098	-0.0517	90.679	3.13	0.724	143
12±	0.994	-3.463	-0.0505	85.772	3.08	0.729	165
13±	0.879	-2.798	-0.0429	91.860	3.17	0.722	178
14±	0.876	-2.998	-0.0248	85.745	2.59	0.811	178
15±	0.973	-1.673	-0.0125	43.032	1.59	0.930	199
16±	1.006	-1.323	-0.0054	26.405	0.95	0.976	181
17±	1.009	-0.432	-0.0009	7.139	0.53	0.994	86

成人身長の予測式 (初潮前女子)

年齢階級	身長	暦年齢	RUSスコア	定数	残差	重相関係数	例数
6±	1.180	0.000	-0.0408	33.670	2.79	0.690	54
7±	1.203	-7.039	-0.0429	77.967	2.76	0.735	155
8±	1.166	-5.845	-0.0458	75.805	2.77	0.737	164
9±	1.124	-4.029	-0.0435	65.863	2.62	0.772	172
10±	1.023	-3.696	-0.0377	74.008	2.84	0.719	172
11±	0.988	-2.317	-0.0407	66.645	2.90	0.717	157
12±	0.908	0.000	-0.0388	49.957	2.60	0.757	111
13±	0.915	0.000	-0.0291	41.330	2.12	0.805	38

成人身長の予測式 (初潮後女子)

年齢階級	身長	暦年齢	RUSスコア	定数	残差	重相関係数	例数
12±	0.950	-2.708	-0.0186	59.764	1.60	0.924	64
13±	1.002	-1.461	-0.0137	33.403	1.37	0.935	137
14±	1.018	-0.350	-0.0098	12.893	0.89	0.977	124
15±	1.017	0.000	-0.0056	3.685	0.73	0.984	81
16±	0.996	-0.810	0.0000	14.206	0.54	0.988	33

行	ID	性	年齡	身長	初潮年齡	初潮	成人身長
1	850023	F	12.843	145.9	11.82	Y	150.0
2	850030	F	12.493	161.6	11.14	Y	163.6
3	850036	F	12.307	153.7	12.08	Y	157.8
4	850046	M	12.468	148.0	.		168.5
5	850084	M	12.444	149.7	.		175.5
6	850088	M	12.238	151.8	.		164.2
7	850116	M	13.969	165.0	.		169.7
8	850169	F	13.722	156.5	11.69	Y	157.2
9	850304	M	15.658	169.6	.		171.2
10	850650	M	12.413	142.5	.		164.7
11	853012	M	11.450	144.0	.		169.5
12	853041	F	11.146	157.0	10.99	Y	161.1
13	853090	M	11.702	150.1	.		178.3
14	853104	M	11.154	144.8	.		167.7
15	853266	F	9.536	138.9	12.51	N	160.2
16	853267	F	9.467	133.7	12.01	N	165.6
17	853268	F	9.380	132.9	13.14	N	163.1
18	853269	F	9.287	133.5	13.18	N	165.7
19	853320	F	9.120	140.9	12.35	N	164.3
20	853354	M	8.578	127.6	.		169.8
21	853391	F	8.183	121.6	12.09	N	157.8
22	853432	F	8.435	128.2	12.33	N	157.1
23	853505	M	7.674	128.8	.		172.1
24	853523	F	7.860	120.4	12.26	N	155.6
25	853526	F	7.781	118.1	12.47	N	155.3
26	853538	F	7.184	117.7	13.21	N	157.2
27	854128	F	10.491	141.7	10.86	N	160.9
28	854199	F	10.398	127.7	11.28	N	148.3