



Title	骨萎縮のX線學的定量法について
Author(s)	熊谷, 定義
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1957, 16(10), p. 1000-1007
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18168
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

骨萎縮のX線學的定量法について

九州勞災病院
熊谷定義

(昭和31年9月1日受付)

論文要旨

從來行われて来たX線像による骨萎縮度の判定は、肉眼による主觀的判定で、普通其の度合に従い大凡そ3段階に區分する程度であるが、此の方法は種々不可避の誤差があり、比較統計的観察も困難である。依て私は同じくX線を利用して、骨萎縮度を數値的に定量できる方法について實驗的研究を試み、其の可能性を認め得たので茲に報告する。

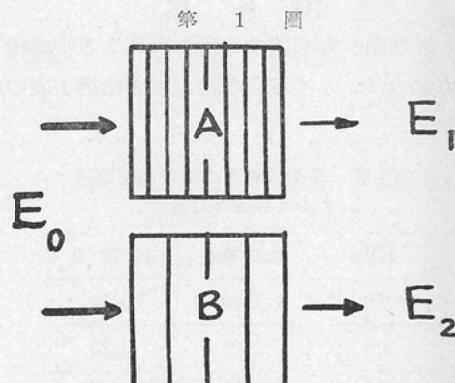
I. 緒言

骨組織が内因的又は外因的原因によつて、骨梁の細小化と減少、骨皮質の粗細化等が起り、又夫々の骨梁、皮質間の石灰の量的減少も起る。斯る現象を骨萎縮と云う。X線學的にはX線の透過時の吸收により、エネルギーの減弱によつて生じたフィルム上の影像の濃度差により、これを主觀的概念的に知ることができる。然し此の方法のみでは技術上、感光物質の性質上、不可避の誤差を生じ、又多くの症例を同時に或は個々の症例について、時目的經過を追つて正確に比較することは不可能に近い。文獻を調査したが、生體骨のX線透過度を定量比較したものは見當らなかつた。

依て私は骨萎縮程度診斷解明の一助として、X線物理學、寫真化學上から考察と實驗を行つた結果、臨床診斷に應用し得る骨萎縮測定法を確認したと考えるので、諸賢の御批判を乞う次第である。

II. X線エネルギーの減弱と記録

1枚のフィルムに撮影された四肢の同一種名骨A(健康骨)B(萎縮骨)のX線像の濃度を比較して萎縮度を判定するということは、換言すれば



或る一定の強さのX線 E_0 が、密度 (ρ) の異なる同一物質 A, B を通過する際、減弱されたX線の強さ E_1, E_2 を測定することである。

第1圖に於てその物質の吸收係数を μ とすれば、A, B を通過したX線はそれぞれ

$$E_1 = E_0 e^{\mu \rho_1} \dots \text{①} \quad E_2 = E_0 e^{\mu \rho_2} \dots \text{②}$$

で表わされるが、骨萎縮の測定は A, B を比較することであるから ① ② 式より

$$\log \frac{E_1}{E_2} = \log e^{-\mu(\rho_1 - \rho_2)}$$

$$\log (E_1 - E_2) = \mu (\rho_1 - \rho_2)$$

但し $\tau =$ 真の吸收系數 $\sigma =$ 散亂吸收

又 $\mu = \tau + \sigma$ であるから

$$\mu = \tau (\rho_1 - \rho_2) + \sigma (\rho_1 - \rho_2)$$

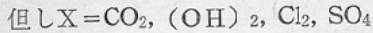
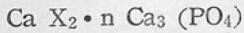
即ち E_1, E_2 をフィルムの濃度として記録できれば、その濃度を測定することによつて逆に A, B の密度差を求めることができる。然し乍らその前提條件として、フィルムが受けるエネルギーの強さと、それによつて起される反応の大きさとの比が常に一定でなければならない。 $(E_1 = E_2$ で

あるならば $D_1 = D_2$. 但し D はフィルム濃度)

III. 被写體の X 線吸收

人體組織は大別して、骨とそれを被覆する軟部組織より成る。

a. 骨組織



$$n = 2 \sim 3$$

骨は上記の化學式で表わされるといわれているが、實際に1947年 Starr 等が骨を分析した結果次の様になつていた。

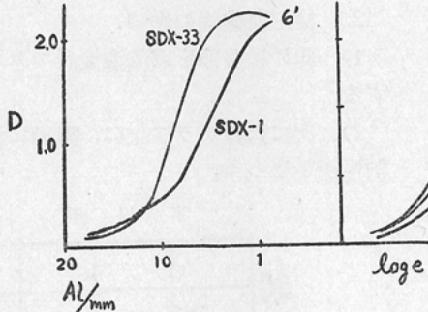
乾燥せる脂肪を除いた殘物30%

{ 鎳物60% (70%)	Ca	36%	(60%)
	P	16%	(27%)
	CO	3.5%	
	Mg	0.5% (0.8%)	

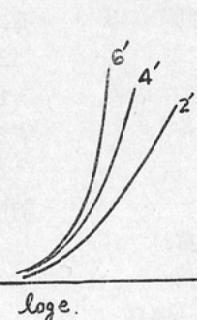
有機物40% (30%)	水	45%	(25%)
	脂肪	25%	

即ち資料により多少の相違は認められるが、X線吸收の大部分は原子番號の高い Ca^{20} , P^{15} によるものであり、且骨萎縮の主因は、 Ca_3, PO_4 が

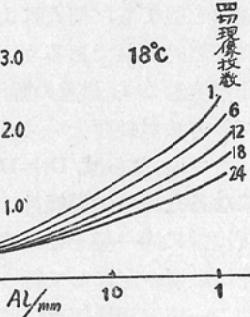
第2圖 薬品の相違



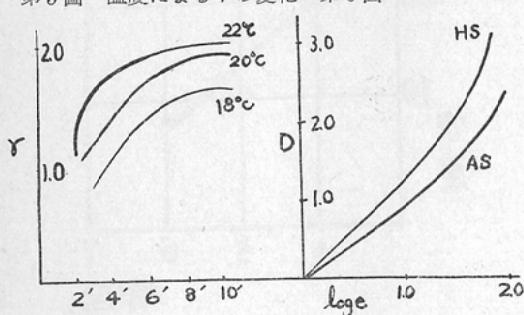
第3圖 時間的關係



第4圖 薬品の疲労度



第5圖 溫度によるγの變化 第6圖 Film のγ

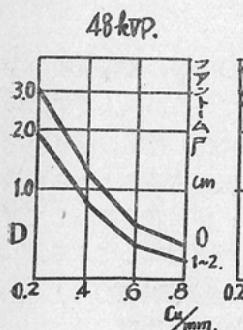


Curve) を作るとき縦軸に濃度 (D), 横軸にそれぞれ光量 ($\log e$), 又はアルミ厚 (Al), 時間 (t) をとれば、現像関係諸因子の變化によつて、第2 ~ 6 圖の様に濃度が變化する。

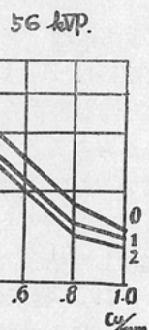
4. 患部の軟部の厚さによる濃度の變化

軟部組織が腫脹肥大するとその部の體積を増加するから、その程度に應じて X 線吸收が大となる。従つて骨組織の變化がなくとも X 線像の濃度は小となり、筋萎縮の場合には、此の逆の結果を生じる。

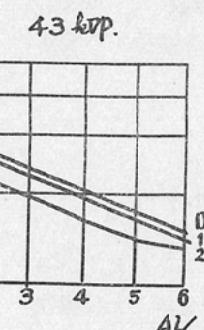
第7圖 足關節の撮影條件の場合



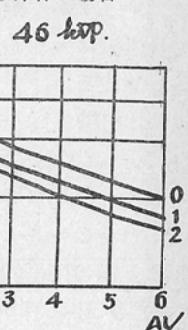
第8圖 膝關節の撮影條件の場合



第9圖 指の撮影條件の場合



第10圖 足部手關節の撮影條件の場合



實驗として、ファントームの下面にアルミ楔状板(Almi Keil)を置き、ファントームに水を0cmから1cm毎に増加し乍ら、各電圧毎にその都度同一撮影條件で撮影し、同時現像して濃度曲線を作ると7~10圖の様になった。これは實際の各部位の撮影條件によつたものであり、且水と軟部組織のX線吸收率は等しいという原理から類推して、腫脹と濃度変化の割合を明らかにすることができる。

5. 個人視差。此の方法が主觀的概念的である以上、同一X線像を観ても、個人により判定に差異を生ずるのは必然的結果であろう。

以上の諸條件の検討から誤差の解消には次のV、VI章に述べる方法が必要と考えられる。

V. $E_1 = E_2$ ならば $D_1 = D_2$

になるための必要條件

- 感光物質は常に同一品を使用する事。
- 撮影條件は必ず一定にして行う事。
- 現象條件の一定(現像温度、時間、薬品、現像方法)

然し乍ら之等凡ての條件、狀態を常に一定に保つことは不可能に近い。そこで私は零位法を採用することによつて、これらの定常に対する最も困難な諸條件を補償し去る工夫をした。零位法とはフィルムを一枚毎に検定することである。次章で述べるところの検定濃度と被寫體濃度とが同一フィルム上に作られるとき、現像の一様性にさえ注意すれば、前述諸條件の影響が兩濃度に等しくなり、それ等に原因する誤差を補償し去ること

ができる。

VI. 定量の方法

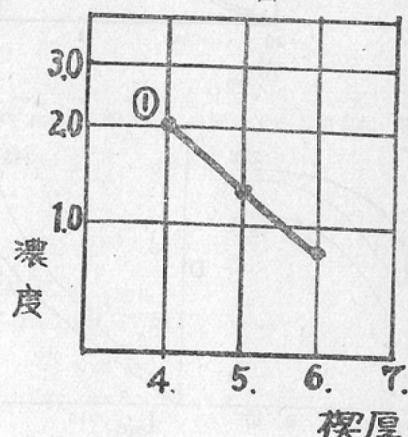
1. 楔状板(Keil)の利用

X線の強さを記録するため、私は厚さ1.0mmのアルミニウムを階段状に10mm迄重ね合せ、同様に厚さ0.2mmの銅を階段状に2.0mm迄重ね合せて楔状板を作つた。此の楔状板を撮影の際、フィルム一枚毎に、直接X線を受ける箇所に必ず挿入すると、楔状板は各層でX線を吸収し、フィルム上面に階段状の濃淡像となつて此のX線の強度を目盛る。此の濃淡像が検定濃度である。

2. 検定曲線圖の作製

- 此の濃淡像を寫真濃度計で各厚さ毎に測定する。
- 次に對數グラフ上に、縦軸に濃度(D)、横軸に楔厚をとる。

第11圖



3) 測定値を該當部に順次に記入しその點を結ぶと曲線(直線)ができる。之れが検定曲線である。(第11図の1)

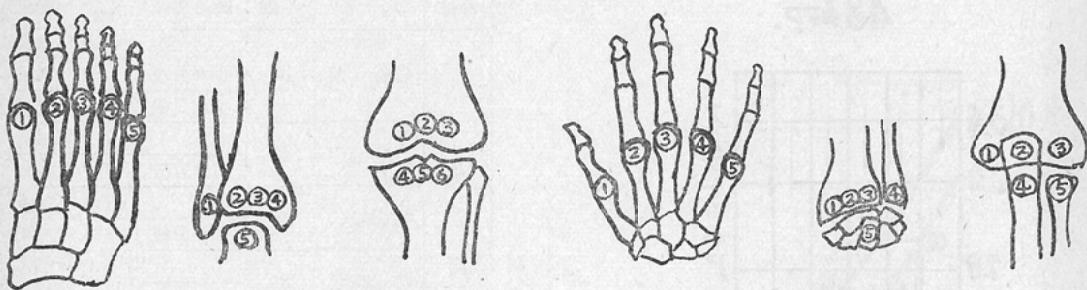
3. 測定部位

四肢を測定する場合、全肢に亘り測定することは事實上困難であり又その必要も認められない。各部位で比較的に骨萎縮変化を良く表現し、且測定に便利な標準測定部位を決定し、その箇所の変化を持つてその部の変化を代表せしめた。骨萎縮は可動部分、主として關節に強く現れ、その關節

第 1 表

	部	標準部位	測定箇所
下 肢	大腿骨	膝關節	大腿腿内外頸、脛骨内外頸間結節下部
	下腿骨	足關節	脛骨下端、腓骨線痕部脛骨側、距骨
	足	中足・趾關節	第1～5 中足骨小頭
上 肢	上腕骨	肘關節	上腕上頸、橈尺骨頭部
	前腕骨	手關節	橈尺骨末端、頭狀骨
	手	中手・指關節	第1～5 中手骨々頭

第12圖 ○印は被寫體濃度測定箇所



も末梢程良く現れるので、測定箇所を次の様に設定した。(第1表)(第12圖)

4. 定量

1) 楔状板と共に撮影したA, B骨の前項の測定箇所を濃度計で測定し平均値を出す。(被寫體濃度)

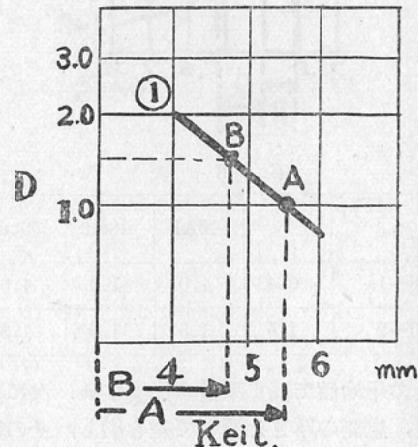
2) 検定曲線上に、その被寫體濃度の該當點をとり、該點から垂線を下すと、その濃度の楔の厚さを求める事ができる。即ち骨のX線吸収量と等しいアルミ、又は銅の厚さをもつて骨を定量する事ができる且骨萎縮度は、Aの定量からBの定量の差を求めればよい。(第13圖)。

次に固形パラフィンについての實驗成績を述べれば、固形パラフィンの立方體大小を、同一條件で楔状板と共に同時撮影したフィルムを現像したところ、次の様な成績となつた(第2表)。

此の表より、現像液が著しく疲労しない限り、濃度は變化しても常に一定のアルミ當量を示すことがわかる。

5. 補正

第 13 圖



a. 補正系數

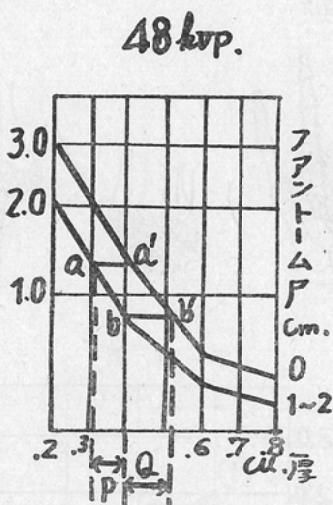
患部の軟部の厚さによる濃度の變化は、ファントーム實驗の第7～10圖により、その割合が明らかであるので、此の圖から0, 1 cm, 2 cmの各曲線の中心同一濃度部a～a', b～b'の楔厚差PQが水層を増したための濃度變化の楔當量であるか

第 2 表

現像日	疲労度 現像枚數 (四切)	バラフィン厚cm		濃 度		楔 値 A1.		差
		大	小	大	小	大	小	
當 日	0	3.8	1.9	0.9	1.21	1.8	0.8	1.0
2日目	10	3.8	1.9	0.78	1.11	1.8	0.8	1.0
4日目	30	3.8	1.9	0.56	0.66	1.9	0.9	1.0

現像薬. SDX-33, 1000cc (四切 2打用) 平皿現像
 装置. 島津報國號 43KVp 0.15'' F. P.D-100cm 50mA
 測定器. 山部式寫眞濃度計 片對數グラフ使用

第 14 圖



第 3 表

KVp 厚さ	43	48A1	48cu	56cu
0~1	0.4	1.0	1.0	1.0
0~2	1.5	1.5	1.0	1.8

ら、此の平均値で補正系數を作製する。次に被寫體の健、患側の厚さを測つて差を出し、その數値の該當補正系數を増減することによつて正常値を得ることができる。(第14圖)(第3表)

實際10數例に適用してみたが補正值は略々正しかつた。

b. 厚測箇所

足關節部一内、外頸間

足部一蹠趾側蹠趾關節P-A間

第 4 表

部位	氏名	年齢	撮影經過	厚測 cm	楔値
足 關 節	○谷 ○	33	3カ月後	7.0	4.0
			4カ月後	6.9	4.0
	立○菊○	41	1カ月後	7.4	4.0
	古○松○	49	1カ月後	7.3	4.1
	○聖○	39	1カ月後	7.5	4.7
	鰐○正○	21	1カ月後	7.4	4.8
足 部	松○義○	45	4カ月後	6.8	5.6
	丸○正○	28	1カ月後	7.2	5.4
	原○信○	30	同日	7.2	4.8
	○川○一	28	1/2ヶ月後	7.2	4.8
	○保	30	1カ月後	7.3	5.8
	○居○典	27	1カ月後	7.3	5.7
手 關 節	柴○勝○	22	2カ月後	3.8	4.6
			1ヶ月後	4.0	4.6
			2ヶ月後	3.7	5.6
			3ヶ月後	3.7	5.7
	丸○英○		4ヶ月後	3.7	5.6
			5ヶ月後	4.2	6.0

装置. 島津報國號、撮影條件 F.P.D-100cm,
 電流50mA, 1mm 焦點
 電壓時間. 足關節48KVp, 0.25'', 足部46KVp
 0.15'', 手關節0.15'',

前腕一關節A-P間

肘關節一關節A-P間

VII. 精度と臨床例

1. 精度

実際に13名の正常骨を29回4カ月間に亘って測定したところ第4表の様になつた Cu當量は0.1mmを1.0として表現した。Al當量は實際の厚さを示す。Cu, Al當量共に±0.1程度の僅かな誤差を認めたのみ。

2. 臨床例

第1例 柴○勝○ 22歳

病名. 左腕關節打撲傷(左手外傷性骨萎縮)

負傷月日. 昭和30年8月3日

負傷機轉. カッター採炭穴繕り準備作業中、疊一枚位の砂岩が抜け落ちて左手の掌面より當りカッターの角と砂岩の間に左前腕末端を挟んで受傷す。

経過. 炭坑病院で治療中12月23日迄は仕事を續行、罨法、10月11日からマッサージ、アパラートを用いた受動運動。

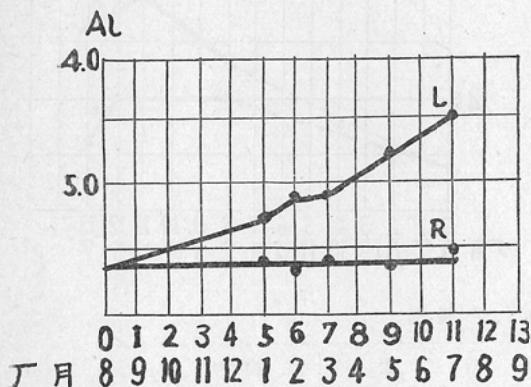
30年12月24日當院入院、橈骨末端に壓痛、手關節の運動痛。12月26日より1月22日迄ギブス綿帶、指先の運動續行、1月23日よりシーネに代える。7月3日サポータ装着

測定結果(第5表)(第15図)

第5表 測定部位、手關節

撮影	負傷より(月)	厚測		濃度		楔値		是正値		萎縮
		R	L	R	L	R	L	R	L	
30.8.3	當日									
30.12.20	5					5.6	5.5			0.3
31.1.12	6					5.7	5.3			0.5
31.2.6	7					5.6	5.3			0.5
31.5.1	9	3.7		4.2	1.3	1.65	5.7	5.0		0.8
31.7.4	11	3.7		4.1	0.57	0.75	5.5	4.8		1.1

第15図



測定部位：手關節

X線フィルムの羅列では全然判らなかつた経過が、此の定量法により、骨萎縮増加の状況が明瞭に認定できた。

第2例 岡○康○ 23歳

病名. 左第1楔状骨骨折、第2中足骨脱臼、第3, 4中足骨骨折

負傷月日. 昭和31年3月13日

負傷機轉. 歯切工場7呎用手動式起重機の下で歯車(重量240kg)を検査のため3人で地面から500mm位おこした時、本人が腰が砕けたので他の2人も持ちきれず、横に倒れ左足脊部に倒れかゝつた。

経過. 左足脊部切創、受傷後直ちにギブス綿帶。當院え31年4月23日入院。腫脹+5月8日脱舊整復手術、ギブス綿帶、6月8日ギブスのまゝ歩行許可、6月15日ギブシーネにする。6月27日抜釘。

測定結果(第6表)(第16図)

測定部位：足部

第3例 ○谷○ 33歳

病名. 第1, 2胸椎壓迫骨折、右距骨骨折、右大腿骨骨折。

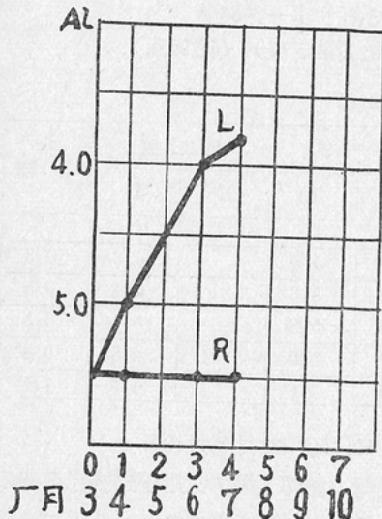
負傷月日. 昭和30年8月

負傷機轉. スコップでトラックに炭を流し込ん

第6表 測定部位、足部

撮影	負傷より (月)	厚測		濃度		楔値		是正值		萎縮
		R	L	R	L	R	L	R	L	
31.3.13	當日									
31.4.23	1	3.6	4.2	0.87	0.94	5.5	5.2		5.0	0.5
6.14	3	3.5	4.4	0.46	0.67	5.5	4.4		4.0	1.5
7.3	4	3.7	3.9	0.66	1.09	5.5	3.8		3.8	1.7

第16圖



でいた際天盤が崩れ落ち、前屈を強制され全身埋没した。

経過。當日より約1カ月間下肢の麻痺あり、4カ月間ギブス固定。負傷當日より8カ月目に當院へ轉送入院、入院直後距骨整復手術實施後ギ

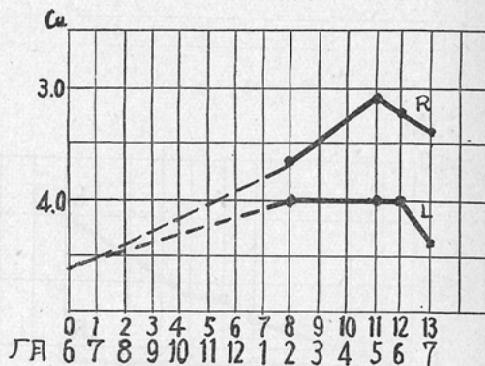
ブス固定(4カ月間)

測定結果(第7表)(第17圖)

測定部位：足關節

正常足關節の定量は、現在迄の測定から、この患者の年齢と厚測から考えて最底4.6なくてはならないのに、骨折の無い左側が4.0であることから、壓迫骨折による麻痺、全身埋没、長日月のベッドルーエで健側も萎縮を来していることが推定される。患側は整復手術後1時的に急激な萎縮の

第17圖



第7表 測定部位、足關節

撮影	負傷より (月)	厚測		濃度		楔値	
		R	L	R	L	R	L
30.6.6							
31.2.10	8					3.7	4.0
31.5.1	11	6.9	7.0	1.24	0.93	3.1	4.0
6.15	12	6.8	6.9	0.72	0.41	3.2	4.0
7.2	13	6.9	6.9	0.56	0.44	3.4	4.4

増強がみられ、4カ月後再び舊に復しつゝあることがうかがわれる。

VIII. 結 言

1. 此の方法は從來の漫然たる方法に比して正確であり、數値で表現ができ、萎縮度の僅かな變化が識別できる。

2. その處作は割合に簡単であること。

3. 此の方法を採用することにより、從來の不可能であつた生體骨の定量や骨萎縮度の詳細な経過を追求、又は多數症例の比較検討が科學的に可能である。

謝 辞

此の研究を始めるに當り、理論的な正しさをお認めください、有益な御助言を賜つた九大醫學部放射線科教授、入江英雄先生。又富士フィルム研究所主任古關靖夫先生。又御懇篤な御指導御校閲を賜つた次の諸先生に衷心より感謝の意を表します。

九大醫學部整形外科教授 天兒民和先生

新潟大學整形外科教授 河野左宙先生

九州工業大學物理學助教授 玉城 進先生

九州労災病院長 内藤三郎先生

尙終始御協力を惜しまなかつた當科員御一同、並びに故高橋巖君の靈に謹んで御禮申し上げます。

文 獻

- 1) Clark, G, L.: Applied X-Ray. 1954, — 2)
- Ralph, H, Braden: Photography principles and plactics, 1946. — 3) Walter Rump: Absorption und Streuung der Röntgenstrahlen. 1954. — 4) 吉田卯三郎, 田中憲三: 物質の結晶構造とX線、昭和12. — 5) 東莞: 寫眞測光法、昭28, 9, 科學寫眞便覽應用編。— 6) 藤澤信: 寫眞測定法、昭28, 9, 科學寫眞便覽應用編。— 7) 龍澤達兒: 増感紙とX線寫眞のコントラスト、1956, 1, 極光No. 9. — 8) 入江英雄: レントゲン光學補遺、昭30, 九州X會誌。— 9) 藤澤信: 科學寫眞用特殊感光材料、昭24, 7, 科學寫眞便覽總說。— 10) 古關靖夫: 富士レントゲンフィルム新製品の性能、昭31, 3. — 11) 岡橋房一, 原政己: 現像能力低下の補正研究、昭26, 10, 日放技誌、7卷2~3號。— 12) 宇佐美和男: タンク現像液の疲労度に就て、昭30, 11, 九州X會誌。— 13) 岡村義章: SD X-33 並びにコニガノマについて、1955, 4, さくらX-Ray研究。— 14) 富士フィルム: 富士Xレー研究別冊、昭25, 2. — 15) 富士フィルム: 現像及び定着、昭31, 富士科學寫眞講座。— 16) 感光材料の一般的特性、昭31, 富士科學寫眞講座。— 17) 横倉誠次郎: 骨のレ線診断指針、昭24. — 18) 藤田恒太郎: 解剖學教科書。— 19) 山田憲吾: 骨關節結核に於ける骨萎縮の成因について、昭27, 3卷、整形外科。— 20) 久本欽也: 佝僂病家兎骨折機序の局所カルシウムの役割について、昭28, 8, 醫學研究。— 21) 玉井達二: 骨折の化學、昭27, 3の2, 整形外科。

The quantitative measurement of a bone atrophy by X-ray.

By

Sadayoshi Kumagai.

Kyushu Rosai Hospital.

The judgement of a bone atrophy by X-ray has been hitherto dependent on a subjective observation on its shadow. However, this subjective methode has various errors.

Therefore the auther has attempted as follows: In the film, which is radiographed a bone with a "step-wedge" of alminium or copper in the same time, the auther has measured the density of both shadows by a density meter, for the purpose of drawing density curve and quantity line of bone.

By this drawing it is possible to measure quantitatatively the bone atrophy and to compare the film with others, without any errors, constantly.