

A METHOD FOR DETERMINING ACTIVE BONE MARROW DISTRIBUTION

赤色髄分布の測定法

WALTER J. RUSSELL, M.D.

HARUMA YOSHINAGA, Ph.D. 吉永春馬

SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D. 安德重敏

MASAYOSHI MIZUNO 水野正義



TECHNICAL REPORT SERIES

業 績 報 告 書 集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory councils, and affiliated government and private organizations. The Technical Report Series is in no way intended to supplant regular journal publication.

ABCC業績報告書は、ABCCの日本人および米人専門職員、顧問、評議会、政府ならびに民間の関係諸団体の要求に応じるための日英両語による記録である。業績報告書集は決して通例の誌上発表に代るものではない。

A METHOD FOR DETERMINING ACTIVE BONE MARROW DISTRIBUTION

赤 色 髓 分 布 の 測 定 法

WALTER J. RUSSELL, M.D.¹HARUMA YOSHINAGA, Ph.D.² 吉永春馬SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D.² 安徳重敏MASAYOSHI MIZUNO¹ 水野正義

Approved 承認・17 December 1964

ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

A Cooperative Research Agency of
U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL
and
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE
with funds provided by
U.S.A. ATOMIC ENERGY COMMISSION
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH
U.S.A. PUBLIC HEALTH SERVICE

原 爆 傷 害 調 査 委 員 会

広島および長崎

米 国 学 士 院 - 学 術 会 議 と 厚 生 省 国 立 予 防 衛 生 研 究 所
と の 日 米 共 同 調 査 研 究 機 関

(米原子力委員会, 厚生省国立予防衛生研究所および米国公衆衛生局の研究費による)

Department of Radiology, Atomic Bomb Casualty Commission,¹ and Research Institute for Nuclear Medicine
and Biology, Hiroshima University²

ABCC放射線部¹ および広島大学原爆放射能医学研究所²

ACKNOWLEDGMENT

感謝のことば

Appreciation is expressed to Professor Michio Hashimoto, Department of Pathology, Faculty of Medicine, Kyushu University for providing certain data prior to its publication.

九州大学医学部病理学教室橋本美智雄教授から、発表を行なわれるに先立って資料の供与を受けたことに感謝の意を表する。

A paper based on this report has been accepted for publication by the following journal

本報告に基づく論文は下記の雑誌に受理された

British Journal of Radiology

CONTENTS

目 次

Background 背 景	1
Method 方 法	2
Results 成 績	5
Discussion 考 察	5
Summary 総 括	5
References 参考文献	12

TABLES

表

1. Distribution of active bone marrow % 赤色髄の分布 %	6
2. Distribution of active bone marrow in the adult 成人における赤色髄の分布	9
3. Distribution of active bone marrow (g) 赤色髄の分布 (g)	11

FIGURES

図

1. Cubical compartments used to describe location of bone marrow 骨髓の所在を示すために用いた立方区画	3
2. Ilium, ischium, sacrum and coccyx sectioned to conform to cubical compartments 立方区画に一致するように切断した腸骨, 坐骨, 仙骨	4

A METHOD FOR DETERMINING ACTIVE BONE MARROW DISTRIBUTION

赤 色 髓 分 布 の 測 定 法

BACKGROUND

Since 1961, a series of studies has been made at ABCC for the determination of dose to the gonads and to the active bone marrow by medical X-ray.¹⁻⁴ These projects were initiated to assess the contribution by medical X-ray to the cumulative ionizing radiation experienced by survivors of the atomic bombs.

The present study was conducted to define the quantity of active bone marrow irradiated in whole and partial body exposure in various roentgenographic, fluorographic and photofluorographic examinations, and in therapeutic procedures. Since the volume of tissue, including bone marrow, exposed in roentgenological examinations varies by body sites, by field size and configuration, calculations were made to determine the quantity of active marrow in such fields and body sites. An alternative would have been to make a gross estimate of the fraction or percentage of the total active marrow irradiated in a given procedure, without regard to specific location, depth or projection. The methodology adopted, permitted a more precise determination of the quantity of active marrow at various body sites, allowed better delineation of marrow within margins of the direct beam of X-ray and at fixed depths from body surface, in the posteroanterior, anteroposterior, right and left lateral projections.

Active or red bone marrow is that part of the entire quantity of bone marrow which is engaged in hematopoiesis, and in the adult is predominantly located in the vertebrae, ribs, sternum, diploe of the skull, pelvis, and proximal epiphysis of each femur and humerus. Fat is also present in this active marrow.⁵ One of the most detailed investigations to ascertain bone marrow weight and its location was that of Mechanik.⁶ Unfortunately, some of the 13 adult cadavers used in his study have histories of various diseases prior to death which could have caused some alteration in the quantity of active marrow.^{7,8} The data of Mechanik⁶ were recently summarized by Woodard and Holodny⁹ who calculated the quantity of marrow for certain bones and groups of bones. However, none of these studies furnished values for every bone in which active marrow is located.

背 景

1961年以来、診断用X線照射に基づく生殖腺線量ならびに骨髓線量の測定を目的とする一連の研究が、ABCCにおいて行なわれてきた。¹⁻⁴ これらの研究は、原爆被爆生存者が受けた電離放射線被曝による累積線量のうち、医療用による部分がどれだけかを占めるかを判定するために着手されたものである。

今回の研究は、各種の直接撮影、透視、間接撮影、および放射線療法において、全身ないし局部照射による放射線を受ける赤色髓量の測定を目的として実施された。骨髓も含めて、X線検査の実施にあたって放射線の照射を受ける組織の量は、その照射部位、照射野の大小、ならびにその形態によって異なるから、赤色髓量の計測は身体各特定部位について実施した。別に、特定の部位、深さ、投影法の相違などには関係なく、一定の検査方法のもとで被曝する赤色髓の総量に対する分画の割合、ないし百分率を推定するという方法もあったであろう。今回採用した方法では、特定部位の赤色髓量を正確に測定することができるとともに、背腹、腹背、および左右側方向投影における直接線錐の周縁に位置する赤色髓、ないし体表からそれぞれの深さに位置する赤色髓の状態がいっそうよくわかる。

赤色髓とは骨髓全体の中で造血作用を営むものをいい、成人においては主として椎骨、肋骨、胸骨、頭蓋板間層、骨盤、ならびに大腸骨および上腕骨の近位骨端内に存在している。脂肪もこの赤色髓内にある。⁵ 骨髓の重量ならびに所在を詳細に追究したものの1つにMechanik⁶の研究がある。あいにく、この研究に使用された成人死体13体の中には、生前各種の疾患を持っていた者があって、そのため赤色髓量に多少の変化が起こっている可能性があった。^{7,8} Mechanikの資料⁶は最近WoodardおよびHolodny⁹によって整理され、ある種の骨および骨群についてはその骨髓量が算定されている。しかし、これらの研究はいずれも赤色髓を含む骨全部についての骨髓量は明らかにしていない。

Ellis¹⁰ used the data of Mechanik⁶ to determine the average quantity of marrow for each bone in the body of a 40-year-old adult, using Custer's correction factors for age.^{11,12} At the time of the present study, no values for quantities of marrow in individual bones of the body were available for Japanese subjects. Studies have been conducted in Japan, however, to determine the ratio of weights between the cortex and the marrow of groups of bones in Japanese cadavers.¹³ Variations in quantity of active marrow in some bones in disease have also been reported, as well as a diminution of active marrow with increase in age.¹⁴ Some variations by sex and age in quantities of active marrow in certain bones have been reported by Japanese investigators.¹⁵ When these values are compared with those of Custer and Ahlfeldt¹¹ and Custer,¹² no significant differences are seen. During the present study, comparison of available data from a study of cadavers of Japanese¹⁶ did not indicate any appreciable difference from the values calculated by Ellis.¹⁰ Specifically, the values were not less than those of Ellis. For these reasons and because quantities were presented by Ellis for each individual bone, the latter data were adopted here.

METHOD

In radiological practice, some variation in field format occurs. In our earlier survey,³ the majority of hospitals investigated were found to use rectangular or square fields, rather than round ones. Therefore, expression of marrow quantities by cubical configurations was reasonable. Only in cases of small field sizes of round configuration is there some lack of conformity to such a format. In the present study, a cuboid sufficiently large to contain a human skeleton, minus lower extremities, was divided into 5 cm cube compartments each delineating portions of the skeleton and their marrow cavities. It was assumed that numerous small cubical compartments would describe bone marrow location more exactly, than fewer relatively large ones. The 5 cm cube was selected to deal with a rather wide variety of field sizes and to provide flexibility necessary for asymmetrical projections.

It was assumed that from the roentgenographic appearance of a given bone or portion thereof occupying a given cubical compartment, the percent of its marrow cavity in that compartment could be determined. This percentage was then applied to the total marrow quantity of the individual bone, to determine the amount in that compartment. Though small errors result from such a

Ellis¹⁰ は Custer の年齢修正係数^{11,12} を用い、40歳の成人の各骨の平均骨髄量を Mechanik⁶ の資料に基づいて算定した。今回の研究の着手にあたっては、日本人における各骨の骨髄量を示す資料は全く入手できなかった。しかし、日本では、すでに日本人死体について各種骨群の皮質と髄質の重量比を明らかにしようとする研究が行なわれている。¹³ 罹病者におけるある種の骨の赤色髄量の変動についても、加齢に伴う赤色髄量減少の問題¹⁴ とともに、すでに報告が行なわれている。また、特定の骨の赤色髄量にみられる性別および年齢別の若干の相違についても、日本人学者による報告がある。¹⁵ これを Custer および Ahlfeldt¹¹ ならびに Custer¹² による数値と比較してみたが、有意の差は認められなかった。今回の研究の実施時には、日本人死体の研究によって得た資料¹⁶ と Ellis の計算にかかる数値¹⁰ の間には、特に目立つほどの相違は認められなかった。特にその数値は Ellis による数値を下回るものではなかった。これらの理由、ならびに Ellis の研究ではそれぞれの骨の骨髄量が測定されている点を考慮して、ここでは後者の資料を採用した。

方 法

実際の放射線診療で用いられる照射野の型には若干の相違がある。以前筆者らが実施した調査³ では、調査対象とした大部分の病院で円形照射野よりも方形照射野が多く用いられていた。したがって、人体は方形に区画した方が合理的であった。ただ、円形の小照射野が用いられた場合には方形の枠に一致しない点がある。今回の研究では、下肢を除く人体骨格を 5 cm 角の立方区画に細分し、骨格の各部分ならびにその部の骨髄腔の状態を明らかにした。比較的大きい立方区画を少数利用するよりも、小さい立方区画を多数用いた方が、骨髄の所在をいっそう正確に示すと考えられたからである。すなわち、やや広範囲にわたって大きさの異なる照射野を処理し、非対称な投影にも適用できるように、5 cm 角の立方区画を選んだ。

特定の骨、ないしその骨の中で特定の立方区画が占める部分の撮影像から、その区画の中で骨髄腔の占める比率を求めることができると考えられた。次いで、この比率を適用して各骨の全骨髄量から当該区画内の骨髄量を決

procedure, by overestimation or underestimation, the total quantity of marrow for an individual bone in no case is altered, and any discrepancy is resolved by compensation in adjacent compartments. The dose calculations for active marrow in all compartments were determined at their centers.

To assign bones and marrow cavities thereof to approximate compartments by this procedure, a plastic chamber 100 cm in length, 40 cm in width, and 32 cm in height was constructed. The thickness of each side was 0.3 cm, and that of the base and top, 0.5 cm each. All sides, base and top were drilled with 0.5 mm perforations at regular 5 cm intervals. A skeleton the size of an average Japanese adult 156 cm body height, 53.5 kg body weight¹⁷ was fixed in the chamber at three posterior contacting points: Skull, lower thoracic region, and pelvis. Threads were passed through the perforations in the plastic chamber in longitudinal, transverse and vertical planes, and were fixed at their points of intersection with the skeleton. The 'cubes' thus described were then labeled by section and by number, as shown in Figure 1. Of the 476 compartments 188 contained bone, and 288 contained none. Thicknesses of the various bones were assessed by radiographs to assist in estimating percentage of active marrow of each bone in each cubical compartment.

定した。この方法では、見積もり過ぎ、見積もり不足による僅少な誤差が出るが、各骨の全骨髓量は一定であるので、かりに一致しない場合があってもそれは隣接区画で相殺されて解消する。いずれの区画においても赤色髓の線量計算はその区画の中心で行なった。

この方法によって当該区画に属する骨および骨髓腔の範囲を明確にするため、長さ100cm、幅40cm、高さ32cmのプラスチックの箱を作った。各側面の厚さは0.3cm、底面と上面の厚さを0.5cmにした。各側面、底面、および上面に、5cm間隔で径0.5mmの穿孔が行なわれた。日本人成人の平均体型（身長156cm、体重53.5kg）¹⁷に近い人体骨格をこの箱に入れて、頭蓋、胸椎下部、および骨盤部の背面3か所で固定した。プラスチック箱の穿孔から糸を通して縦、横、および水平の平面を作り、糸が骨と交叉する場合は骨に固定した。このようにして得た立方区画には、図1に示すように、横断層別および番号別のラベルを付けた。総計476個の立方区画のうち、188個は骨を含み、288個は骨を含まなかった。各種の骨の厚みはX線写真によって測り、各立方区画内のそれぞれの骨の赤色髓比率を推定する一助とした。

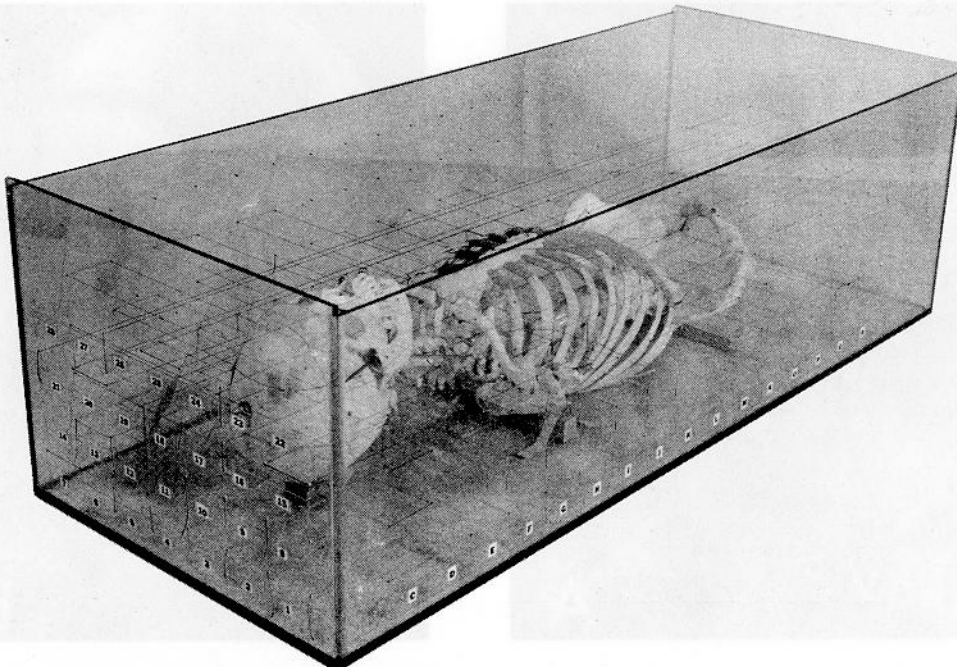


FIGURE 1 Cubical compartments used to describe location of bone marrow. Sections by letter are in the transverse plane; cubes by number form the subdivisions of the sections in the coronal and sagittal planes.

図1 骨髓の所在を示すために用いた立方区画。横断層をアルファベットで示した。一方、冠状面と矢状面とで作る区画を数字で示した。

Large bones of irregular contour (e.g. os coxae) were sectioned in planes corresponding to the cubical compartments they occupied, then weighed individually and collectively, and radiographed. They were then impregnated with beeswax by boiling according to the method used by Holodny et al,¹⁸ but incorporating a suitable concentration of contrast material (Pantopaque) in beeswax. Following solidification of the mixture, all excess material was removed. The bones were cleansed with xylene and radiographed to assure that they were completely filled. After a second individual and collective weighing of all bone sections, their marrow cavities were evacuated in boiling xylene. Sections were removed from the solution at high temperature and dried. They were then radiographed to assure complete removal of the impregnating material, and again weighed individually and collectively, verifying that final weights were the same as the initial ones. This complete procedure was used for the following bones: Scapula, rib 6th, vertebrae T6 and L3, and pelvis, including sacrum. Such weights were used to determine percentages of marrow of each bone in each compartment. The steps are illustrated by reproductions of the pelvic bone radiographs shown in Figure 2.

大きい輪廓不整の骨(たとえば寛骨)はその骨を収容する部分の立方区画と一致する各面に従って切断し、その切断骨片の個別および合計の重量を測り、次いでHolodnyらが採用する方式¹⁸に従い、煮沸して蜜蝋を浸透させたが、蜜蝋には適当な濃度で造影物質(Pantopaque)を加えた。この混合剤の凝固を待って、いっさいの不用物質を除去した。骨はキシレンで洗浄し、X線写真をとって、混合剤が骨に完全に充盈したことを確認した。次に、切断骨片全部について再度個別および合計の重量を測ったあと、キシレンによる煮沸処理を行なって骨髓腔を洗浄した。切断骨片は高熱下に溶液の中から取り出し、乾燥させた。次いで、X線写真撮影を行なって浸透物が完全に除去されたことを確認し、個別ならびに合計についてあらためて重量を測定し、最終的計量の結果が最初に測った重量と変わらないことを確かめた。このような処理を完全に実施したのは、肩甲骨、第6肋骨、第6胸椎、第3腰椎、および仙骨を含む骨盤骨であった。かくして求めた重量に基づき、各立方区画内のそれぞれの骨における骨髓比率を決定した。これらの処理手続きの1例として、骨盤骨X線写真を図2に示した。

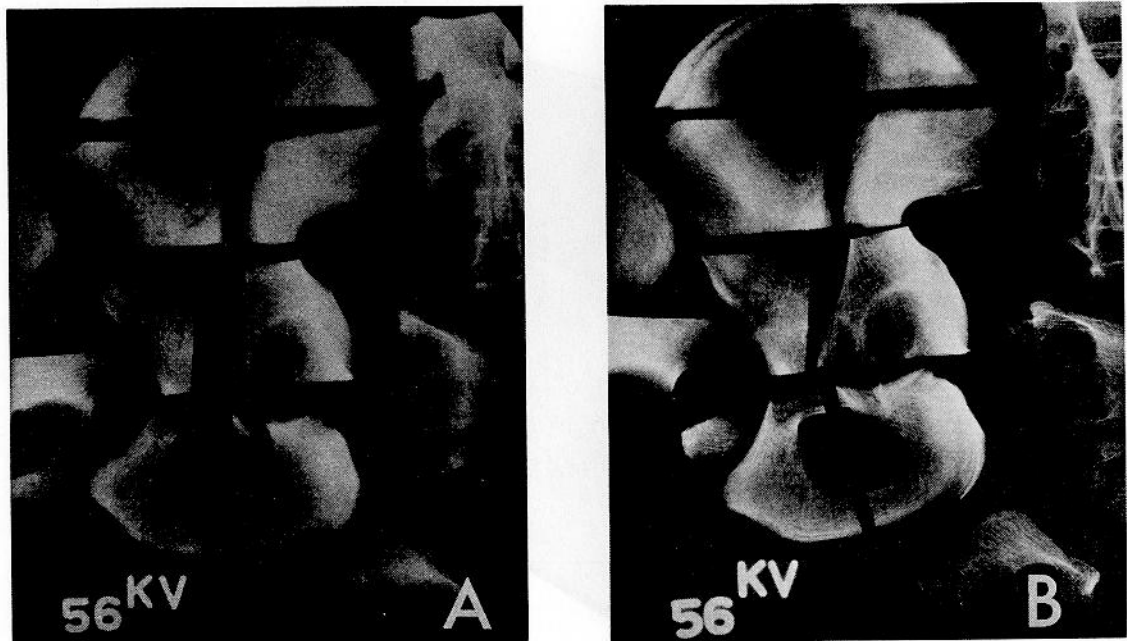


FIGURE 2 Ilium, ischium, sacrum and coccyx sectioned to conform to 5 cm cubical compartments, and penetrated by beeswax-contrast media (A) and following treatment in xylene (B). Wax-contrast media remaining in iliac bone section was subsequently removed.

図2 5 cmの立方区画に一致するように、腸骨、坐骨、仙骨、および尾骨を切断し、蜜蝋-造影剤混合物を浸透させた骨片のX線写真(A)、ならびにキシレン処理を施したあとのX線写真(B)。仙骨骨片に蜜蝋-造影剤混合物若干の残留を認めるが、これはその後除去した。

RESULTS

The percentage distribution of all bones, by compartment, is shown in Table 1. The quantities of active marrow in grams for individual bones of the body as determined by Ellis¹⁰ is shown in Table 2.

The quantities of active bone marrow in grams in each compartment were calculated by applying the values in Ellis' table to the percentages obtained in this study. The results, in grams by compartment, are shown in Table 3.

DISCUSSION

The distribution of active bone marrow weights as compiled here provides data for bone marrow dosimetry. It allows flexibility and accommodates to field shape. Various field sizes can be readily considered in assigning dose to marrow. The tables permit identification of the active marrow volumes in various body sites, and in irradiation of the body, asymmetrical fields, such as a shoulder or a hip joint. They also provide a method for determining dose, with some limitations, at certain depths in the body. Variations in projection, such as posteroanterior, anteroposterior and each lateral, are rather easily dealt with. The tables are not easily applied to oblique projections, however. Discrepancies in alignment of margins of the X-ray beam with those of the compartments, and the divergence of the beam at relatively short target-film-distances introduce some error, but its magnitude is unimportant for practical purposes. These data form a basis for dosimetry studies with relatively large numbers of exposures to medical X-ray, especially those of the chest, abdomen, spine, hip, shoulder and skull. They also are intended for future dosimetry employing electronic computer calculations.

Data other than those of Ellis¹⁰ (Table 2) can be applied to the percentage distribution tables (Table 1), if appropriate, as they become available.

SUMMARY

A method is presented for calculating active bone marrow weights for body sites. Tables showing active marrow weight distribution by this method are included. The data thus compiled have application to calculation of bone marrow dose in standard diagnostic and therapeutic radiological procedures.

成 績

各骨の立方区画別分布比率は表1に示すとおりである。Ellis¹⁰の測定にかかる人体の各骨のgm単位赤色髓量を表2にあげた。

今回の調査で得た比率に基づき、各立方区画内のgm単位赤色髓量を、Ellisの表に示された数値を用いて算定した。かくて得た各立方区画内のgm単位赤色髓量は、表3に示すとおりである。

考 察

ここに示す赤色髓の重量分布表は、骨髓線量を測定するための資料を提供する。それは柔軟性を持っていて、照射野の形状に応じて処理できる。骨髓に線量を割り当てる際、大きさがいろいろ異なる照射野を考慮の対象とすることができる。これらの表によれば、人体各所の骨の赤色髓量、ことに肩甲関節、股関節などの非対称照射における赤色髓量を明確にすることができる。さらに、若干の制約は伴うが、体内の一定の深さにおける線量の測定も可能である。背腹、腹背、左右側方向などの投影方式の相違の問題も比較的容易に処理できる。ただし、斜方向投影についてはこれらの表は簡単には適用できない。また、X線線束の周縁と立方区画の周縁が一致しない場合、および焦点フィルム間の距離が比較的短かくて線束がそれるような場合には若干の誤差を生ずるが、その誤差の大きさは実際問題としては取るに足らない。これらの資料は、比較的多数の診断用X線照射例、特に胸部、腹部、脊椎、股関節、肩甲関節、頭蓋などにおける曝射線量決定の基盤を成す。さらに、将来電子計算機による線量計算を行なう際にも利用できる。

Ellisによる資料¹⁰(表2)以外のものについても、適当なものであれば入手可能となりしだい、この分布比率表(表1)を利用することができる。

総 括

体内の各部位における赤色髓重量の算定方法を紹介し、これによって得た赤色髓重量分布表を提示した。このようにしてまとめられた資料は、一般的な診断用X線照射ないし治療用X線照射が行なわれる際、骨髓線量の算定に利用することができる。

TABLE 1 DISTRIBUTION OF ACTIVE BONE MARROW (PERCENT)

表 1 赤色髓の分布 (%)

Section 横断層	Cube Number 区画番号	Part 部位	%	Section 横断層	Cube Number 区画番号	Part 部位	%
C	10	Skull 頭蓋骨	2	G	11	C4 第4頸椎	3
	11	Skull 頭蓋骨	4		11	C5 第5頸椎	6
	12	Skull 頭蓋骨	2		11	C6 第6頸椎	10
	17	Skull 頭蓋骨	2		11	C7 第7頸椎	15
	18	Skull 頭蓋骨	4		18	C3 第3頸椎	47
	19	Skull 頭蓋骨	2		18	C4 第4頸椎	97
	24	Skull 頭蓋骨	1		18	C5 第5頸椎	94
	25	Skull 頭蓋骨	2		18	C6 第6頸椎	90
D	26	Skull 頭蓋骨	1		18	C7 第7頸椎	65
	3	Skull 頭蓋骨	2		24	Mandible 下顎骨	6
	4	Skull 頭蓋骨	4		25	Mandible 下顎骨	10
	5	Skull 頭蓋骨	2		26	Mandible 下顎骨	6
	10	Skull 頭蓋骨	7	H	3	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	3
	11	Skull 頭蓋骨	2		5	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	3
	12	Skull 頭蓋骨	7		8	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	10
	17	Skull 頭蓋骨	4		9	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	10
	19	Skull 頭蓋骨	4		9	Rib 2 (right) 第2肋骨 (右)	10
	24	Skull 頭蓋骨	4		9	Rib 3 (right) 第3肋骨 (右)	19
	25	Skull 頭蓋骨	4		9	Rib 4 (right) 第4肋骨 (右)	12
	26	Skull 頭蓋骨	4		10	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	5
E	3	Skull 頭蓋骨	1		10	Rib 2 (right) 第2肋骨 (右)	28
	4	Skull 頭蓋骨	5		10	Rib 3 (right) 第3肋骨 (右)	25
	5	Skull 頭蓋骨	1		10	Rib 4 (right) 第4肋骨 (右)	15
	10	Skull 頭蓋骨	4		11	T1 第1胸椎	20
	12	Skull 頭蓋骨	4		11	T2 第2胸椎	40
	17	Skull 頭蓋骨	2		11	T3 第3胸椎	60
	18	Skull 頭蓋骨	2		11	T4 第4胸椎	10
	19	Skull 頭蓋骨	2		11	Rib 2 (right) 第2肋骨 (右)	2
	24	Skull 頭蓋骨	1		11	Rib 2 (left) 第2肋骨 (左)	2
	25	Skull 頭蓋骨	2		11	Rib 3 (right) 第3肋骨 (右)	5
F	26	Skull 頭蓋骨	1		11	Rib 3 (left) 第3肋骨 (左)	5
	10	Skull 頭蓋骨	2		11	Rib 4 (right) 第4肋骨 (右)	8
	11	C1 第1頸椎	4		11	Rib 4 (left) 第4肋骨 (左)	8
	11	C2 第2頸椎	5		12	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	5
	11	Skull 頭蓋骨	2		12	Rib 2 (left) 第2肋骨 (左)	28
	12	Skull 頭蓋骨	2		12	Rib 3 (left) 第3肋骨 (左)	25
	17	C1 第1頸椎	3		12	Rib 4 (left) 第4肋骨 (左)	15
	17	Mandible 下顎骨	7		13	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	10
	17	Skull 頭蓋骨	2		13	Rib 2 (left) 第2肋骨 (左)	10
	18	C1 第1頸椎	90		13	Rib 3 (left) 第3肋骨 (左)	19
	18	C2 第2頸椎	95		13	Rib 4 (left) 第4肋骨 (左)	12
	18	C3 第3頸椎	50		14	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	10
	18	Skull 頭蓋骨	1		15	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	15
	19	C1 第1頸椎	3		15	Humerus (right) 上腕骨 (右)	40
	19	Mandible 下顎骨	7		15	Clavicle (right) 鎖骨 (右)	10
	19	Skull 頭蓋骨	2		16	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	20
	24	Mandible 下顎骨	27		16	Rib 2 (right) 第2肋骨 (右)	30
	25	Mandible 下顎骨	10		16	Rib 3 (right) 第3肋骨 (右)	5
	26	Mandible 下顎骨	27		16	Clavicle (right) 鎖骨 (右)	40
G	11	C3 第3頸椎	3		17	Rib 1 (right) 第1肋骨 (右)	93

TABLE 表 1

Section 横断层	Cube Number 区画番号	Part 部位	%	Section 横断层	Cube Number 区画番号	Part 部位	%
H	17	Clavicle (right) 鎖骨 (右)	40	I	11	T 7 第7胸椎	10
	18	C7 第7頸椎	20		12	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	9
	18	T1 第1胸椎	80		13	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	17
	18	T2 第2胸椎	60		13	Rib 4 (left) 第4肋骨 (左)	15
	18	T3 第3胸椎	40		13	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	30
	18	Rib 1 (right) 第1肋骨 (右)	5		13	Rib 6 (left) 第6肋骨 (左)	10
	18	Rib 1 (left) 第1肋骨 (左)	5		15	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	5
	18	Rib 2 (right) 第2肋骨 (右)	5		15	Humerus (right) 上腕骨 (右)	60
	18	Rib 2 (left) 第2肋骨 (左)	5		16	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	5
	18	Clavicle (right) 鎖骨 (右)	10		16	Rib 2 (right) 第2肋骨 (右)	5
	18	Clavicle (left) 鎖骨 (左)	10		16	Rib 3 (right) 第3肋骨 (右)	32
	19	Rib 1 (left) 第1肋骨 (左)	93		16	Rib 4 (right) 第4肋骨 (右)	23
	19	Clavicle (left) 鎖骨 (左)	40		16	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	3
	20	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	20		17	Rib 2 (right) 第2肋骨 (右)	5
	20	Rib 2 (left) 第2肋骨 (左)	30		18	T4 第4胸椎	10
	20	Rib 3 (left) 第3肋骨 (左)	5		19	Rib 2 (left) 第2肋骨 (左)	5
	20	Clavicle (left) 鎖骨 (左)	40		20	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	5
	21	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	15		20	Rib 2 (left) 第2肋骨 (左)	5
	21	Humerus (left) 上腕骨 (左)	40		20	Rib 3 (left) 第3肋骨 (左)	32
	21	Clavicle (left) 鎖骨 (左)	10		20	Rib 4 (left) 第4肋骨 (左)	23
	24	Rib 1 (right) 第1肋骨 (右)	2		20	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	3
	25	Sternum 胸骨	33		21	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	5
	26	Rib 1 (left) 第1肋骨 (左)	2		21	Humerus (left) 上腕骨 (左)	60
I	2	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	3		23	Rib 3 (right) 第3肋骨 (右)	2
	2	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	2		24	Rib 2 (right) 第2肋骨 (右)	15
	2	Rib 6 (right) 第6肋骨 (右)	5		24	Rib 3 (right) 第3肋骨 (右)	8
	3	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	3		25	Sternum 胸骨	27
	3	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	5		26	Rib 2 (left) 第2肋骨 (左)	15
	3	Rib 6 (right) 第6肋骨 (右)	15		26	Rib 3 (left) 第3肋骨 (左)	8
	3	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	3		27	Rib 3 (left) 第3肋骨 (左)	2
	4	Rib 6 (right) 第6肋骨 (右)	2	J	2	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	2
	4	Rib 6 (left) 第6肋骨 (左)	2		2	Rib 8 (right) 第8肋骨 (右)	10
	4	T5 第5胸椎	3		3	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	2
	4	T6 第6胸椎	3		3	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	22
	5	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	3		3	Rib 8 (right) 第8肋骨 (右)	20
	5	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	5		3	Rib 9 (right) 第9肋骨 (右)	9
	5	Rib 6 (left) 第6肋骨 (左)	15		4	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	3
	5	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	3		4	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	3
	6	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	3		4	Rib 8 (right) 第8肋骨 (右)	3
	6	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	2		4	Rib 8 (left) 第8肋骨 (左)	3
	6	Rib 6 (left) 第6肋骨 (左)	5		4	Rib 9 (right) 第9肋骨 (右)	2
	9	Scapula (right) 肩甲骨 (右)	17		4	Rib 9 (left) 第9肋骨 (左)	2
	9	Rib 4 (right) 第4肋骨 (右)	15		4	T 7 第7胸椎	5
	9	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	30		4	T 8 第8胸椎	8
	9	Rib 6 (right) 第6肋骨 (右)	10		5	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	2
	10	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	9		5	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	22
	11	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	10		5	Rib 8 (left) 第8肋骨 (左)	20
	11	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	10		5	Rib 9 (left) 第9肋骨 (左)	9
	11	Rib 6 (right) 第6肋骨 (右)	8		6	Scapula (left) 肩甲骨 (左)	2
	11	Rib 6 (left) 第6肋骨 (左)	8		6	Rib 8 (left) 第8肋骨 (左)	10
	11	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	2		9	Rib 6 (right) 第6肋骨 (右)	15
	11	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	2		9	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	30
	11	T4 (anterior) 第4胸椎(前部)	60		9	Rib 8 (right) 第8肋骨 (右)	15
	11	T4 (posterior) 第4胸椎(後部)	20		11	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	3
	11	T5 第5胸椎	97		11	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	3
	11	T6 第6胸椎	97		11	Rib 8 (right) 第8肋骨 (右)	5

TABLE 表 1

Section 横断面	Cube Number 区画番号	Part 部位	%
J	11	Rib 8 (left) 第8肋骨 (左)	5
	11	Rib 9 (right) 第9肋骨 (右)	6
	11	Rib 9 (left) 第9肋骨 (左)	6
	11	T 7 第7胸椎	85
	11	T 8 第8胸椎	92
	11	T 9 第9胸椎	15
	13	Rib 6 (left) 第6肋骨 (左)	15
	13	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	30
	13	Rib 8 (left) 第8肋骨 (左)	15
	16	Rib 4 (right) 第4肋骨 (右)	10
	16	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	25
	16	Rib 6 (right) 第6肋骨 (右)	15
	20	Rib 4 (left) 第4肋骨 (左)	10
	20	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	25
	20	Rib 6 (left) 第6肋骨 (左)	15
	23	Rib 4 (right) 第4肋骨 (右)	10
	23	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	3
	24	Rib 3 (right) 第3肋骨 (右)	5
	24	Rib 4 (right) 第4肋骨 (右)	7
	25	Sternum 胸骨	25
	26	Rib 3 (left) 第3肋骨 (左)	5
	26	Rib 4 (left) 第4肋骨 (左)	7
	27	Rib 4 (left) 第4肋骨 (左)	10
	27	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	3
K	2	Rib 9 (right) 第9肋骨 (右)	15
	2	Rib 10 (right) 第10肋骨 (右)	17
	3	Rib 9 (right) 第9肋骨 (右)	13
	3	Rib 10 (right) 第10肋骨 (右)	30
	3	Rib 11 (right) 第11肋骨 (右)	20
	4	Rib 10 (right) 第10肋骨 (右)	2
	4	Rib 10 (left) 第10肋骨 (左)	2
	4	T 9 第9胸椎	10
	4	T 10 第10胸椎	13
	4	T 11 第11胸椎	4
	5	Rib 9 (left) 第9肋骨 (左)	13
	5	Rib 10 (left) 第10肋骨 (左)	30
	5	Rib 11 (left) 第11肋骨 (左)	20
	6	Rib 9 (left) 第9肋骨 (左)	15
	6	Rib 10 (left) 第10肋骨 (左)	17
	9	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	2
	9	Rib 8 (right) 第8肋骨 (右)	22
	9	Rib 9 (right) 第9肋骨 (右)	20
	9	Rib 10 (right) 第10肋骨 (右)	3
	11	Rib 10 (right) 第10肋骨 (右)	8
	11	Rib 10 (left) 第10肋骨 (左)	8
	11	Rib 11 (right) 第11肋骨 (右)	5
	11	Rib 11 (left) 第11肋骨 (左)	5
	11	T 9 第9胸椎	75
	11	T 10 第10胸椎	87
	11	T 11 第11胸椎	40
	13	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	2
	13	Rib 8 (left) 第8肋骨 (左)	22
	13	Rib 9 (left) 第9肋骨 (左)	20
	13	Rib 10 (left) 第10肋骨 (左)	3
	16	Rib 6 (right) 第6肋骨 (右)	20
	16	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	25

Section 横断面	Cube Number 区画番号	Part 部位	%
K	16	Rib 8 (right) 第8肋骨 (右)	10
	20	Rib 6 (left) 第6肋骨 (左)	20
	20	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	25
	20	Rib 8 (left) 第8肋骨 (左)	10
	23	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	8
	23	Rib 6 (right) 第6肋骨 (右)	10
	24	Rib 5 (right) 第5肋骨 (右)	5
	25	Sternum 胸骨	15
	26	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	5
	27	Rib 5 (left) 第5肋骨 (左)	8
	27	Rib 6 (left) 第6肋骨 (左)	10
L	2	Rib 11 (right) 第11肋骨 (右)	20
	2	Rib 12 (right) 第12肋骨 (右)	15
	3	Rib 11 (right) 第11肋骨 (右)	20
	3	Rib 12 (right) 第12肋骨 (右)	50
	4	T 11 第11胸椎	6
	4	T 12 第12胸椎	4
	4	L 1 第1腰椎	4
	5	Rib 11 (left) 第11肋骨 (左)	20
	5	Rib 12 (left) 第12肋骨 (左)	50
	6	Rib 11 (left) 第11肋骨 (左)	20
	6	Rib 12 (left) 第12肋骨 (左)	15
	9	Rib 9 (right) 第9肋骨 (右)	20
	9	Rib 10 (right) 第10肋骨 (右)	37
	9	Rib 11 (right) 第11肋骨 (右)	20
M	11	Rib 12 (right) 第12肋骨 (右)	20
	11	Rib 12 (left) 第12肋骨 (左)	20
	11	T 11 第11胸椎	50
	11	T 12 第12胸椎	96
	11	L 1 第1腰椎	96
	13	Rib 9 (left) 第9肋骨 (左)	20
	13	Rib 10 (left) 第10肋骨 (左)	37
	13	Rib 11 (left) 第11肋骨 (左)	20
	16	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	5
	16	Rib 8 (right) 第8肋骨 (右)	15
	16	Rib 9 (right) 第9肋骨 (右)	12
	17	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	2
	19	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	2
	20	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	5
M	20	Rib 8 (left) 第8肋骨 (左)	15
	20	Rib 9 (left) 第9肋骨 (左)	12
	24	Rib 7 (right) 第7肋骨 (右)	3
	26	Rib 7 (left) 第7肋骨 (左)	3
	2	Rib 12 (right) 第12肋骨 (右)	15
	4	L 2 第2腰椎	6
	6	Rib 12 (left) 第12肋骨 (左)	15
	9	Rib 11 (right) 第11肋骨 (右)	15
	10	L 2 (right) 第2腰椎 (右)	2
	11	L 2 第2腰椎	86
	12	L 2 (left) 第2腰椎 (左)	2
	13	Rib 11 (left) 第11肋骨 (左)	15
	16	Rib 9 (right) 第9肋骨 (右)	3
	16	Rib 10 (right) 第10肋骨 (右)	3
	18	L 2 第2腰椎	4
	20	Rib 9 (left) 第9肋骨 (左)	3

TABLE 表 1

Section 横断層	Cube Number 区画番号	Part 部位	%	Section 横断層	Cube Number 区画番号	Part 部位	%	
M	20	Rib10 (left)	第10肋骨 (左)	3	Q	10	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	15
N	4	L 3	第3腰椎	4	10	Femur (right) 大腿骨 (右)	2	
	10	L 3 (right)	第3腰椎 (右)	3	11	Sacrum 仙 骨	10	
	11	L 3	第3腰椎	85	12	Sacrum (left) 仙 骨 (左)	25	
	12	L 3 (left)	第3腰椎 (左)	3	12	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	15	
	18	L 3	第3腰椎	5	12	Femur (left) 大腿骨 (左)	2	
O	4	L 4	第4腰椎	4	13	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	7	
	10	L 4 (right)	第4腰椎 (右)	2	13	Femur (left) 大腿骨 (左)	2	
	11	L 4	第4腰椎	92	16	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	5	
	12	L 4 (left)	第4腰椎 (左)	2	16	Femur (right) 大腿骨 (右)	2	
P	3	Sacrum (right)仙 骨 (右)	10	17	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	5		
	3	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	10	17	Femur (right) 大腿骨 (右)	2		
	4	Sacrum 仙骨	10	19	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	5		
	4	L 5	第5腰椎	3	19	Femur (left) 大腿骨 (左)	2	
	5	Sacrum (left) 仙 骨 (左)	10	20	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	5		
	5	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	10	20	Femur (left) 大腿骨 (左)	2		
	9	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	8	R	8	Femur (right) 大腿骨 (右)	8	
	10	Sacrum (right)仙 骨 (右)	50	9	Femur (right) 大腿骨 (右)	50		
	10	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	10	10	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	10		
	10	L 5 (right) 第5腰椎 (右)	3	10	Femur (right) 大腿骨 (右)	7		
	11	Sacrum 仙骨	40	12	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	10		
	11	L 5	第5腰椎	12	Femur (left) 大腿骨 (左)	7		
	12	Sacrum (left) 仙 骨 (左)	50	13	Femur (left) 大腿骨 (左)	50		
	12	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	10	14	Femur (left) 大腿骨 (左)	8		
	12	L 5 (left) 第5腰椎 (左)	3	17	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	8		
	13	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	8	17	Femur (right) 大腿骨 (右)	7		
	16	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	7	18	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	3		
	20	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	7	18	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	3		
Q	3	Sacrum (right)仙 骨 (右)	15	19	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	8		
	3	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	3	19	Femur (left) 大腿骨 (左)	7		
	4	Sacrum 仙 骨	40	S	9	Femur (right) 大腿骨 (右)	20	
	5	Sacrum (left) 仙 骨 (左)	15	10	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	5		
	5	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	3	12	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	5		
	9	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	7	13	Femur (left) 大腿骨 (左)	20		
	9	Femur (right) 大腿骨 (右)	2	17	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	2		
	10	Sacrum (right)仙 骨 (右)	25	18	Pelvis (right) 骨盤骨 (右)	2		
				18	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	2		
				19	Pelvis (left) 骨盤骨 (左)	2		

TABLE 2 DISTRIBUTION OF ACTIVE BONE MARROW IN THE ADULT

表 2 成人における赤色髄の分布

Site 部位	Marrow Weight 骨髄の重量	Fraction Red Marrow Age 40 40歳の赤色髄分割	Red Marrow Weight Age 40 40歳の赤色髄重量	Total Red Marrow 全赤色髄
Head 頭部			136.6 g	13.1 %
Cranium 頭蓋骨	165.8 g	0.75	124.3 g	
Mandible 下顎骨	16.4	0.75	12.3	
Upper limb girdle 上肢帯			86.7	8.3
2 humerus, head and neck 上膊骨、頭部および頸部	26.5	0.75	20.0	
2 scapulae 肩甲骨	67.4	0.75	50.5	
2 clavicles 鎖骨	21.6	0.75	16.2	

TABLE 2

Site 部位	Marrow Weight 骨髓の重量	Fraction Red Marrow Age 40 40歳の赤色髄分	Red Marrow Weight Age 40 40歳の赤色髄重量	Total Red Marrow 全赤色髄
Sternum 胸骨	39.0 g	0.6		23.4 g 2.3%
Ribs 肋骨				82.6 7.9
1 pair 対	10.2	0.4	4.1	
2	12.6	0.4	5.0	
3	16.0	0.4	6.4	
4	18.6	0.4	7.4	
5	23.8	0.4	9.5	
6	23.6	0.4	9.4	
7	25.0	0.4	10.0	
8	24.0	0.4	9.6	
9	21.2	0.4	8.5	
10	16.0	0.4	6.4	
11	11.2	0.4	4.5	
12	4.6	0.4	1.8	
Vertebrae (cervical) 脊椎骨 (頸椎)				35.8 3.4
1	6.6	0.75	5.0	
2	8.4	0.75	6.3	
3	5.4	0.75	4.1	
4	5.7	0.75	4.3	
5	5.8	0.75	4.4	
6	7.0	0.75	5.3	
7	8.5	0.75	6.4	
Vertebrae (thoracic) 脊椎骨 (胸椎)				147.9 14.1
1	10.8	0.75	8.1	
2	11.7	0.75	8.8	
3	11.4	0.75	8.5	
4	12.2	0.75	9.1	
5	13.4	0.75	10.1	
6	15.3	0.75	11.5	
7	16.1	0.75	12.1	
8	18.5	0.75	13.9	
9	19.7	0.75	14.8	
10	21.2	0.75	15.9	
11	21.7	0.75	16.3	
12	25.0	0.75	18.8	
Vertebrae (lumbar) 脊椎骨 (腰椎)				114.1 10.9
1	27.8	0.75	20.8	
2	29.1	0.75	21.8	
3	31.8	0.75	23.8	
4	32.1	0.75	24.1	
5	31.4	0.75	23.6	
Sacrum 仙骨	194.0	0.75		145.6 13.9
Lower limb girdle 下肢帯				273.0 26.1
2 os coxae 寛骨	310.6	0.75	233.0	
2 femoral head and neck 大腿骨頭および頸	53.0	0.75	40.0	
Total 計	1497.7			1045.7 100.0

From Ellis, 1961¹⁰

TABLE 3 DISTRIBUTION OF ACTIVE BONE MARROW (GRAMS)

表3 赤色髄の分布 (g)

Cube 立方区画	← Craniad 頭の方へ					Transverse Sections 横断層								Caudad 下方へ →				Total 計
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1*																		
2							1.10	0.99	1.18	0.59	0.14							4.00
3		2.49	1.24			0.76	1.86	2.95	1.96	0.90				14.41	7.63			34.20
4		4.97	6.22				0.83	2.48	4.32	2.56	1.31	0.95	0.96	9.78	36.19			70.55
5		2.49	1.24			0.76	1.86	2.95	1.96	0.90				14.41	7.63			34.20
6							1.10	0.99	1.18	0.59	0.14							4.00
7*																		
8						2.53										1.60		4.13
9						3.83	6.71	2.93	2.11	2.48	0.34			9.32	8.56	10.00	4.00	50.28
10	2.49	8.70	4.97	2.49		3.32	0.43				0.44	0.71	0.48	26.16	24.77	13.05	5.83	93.82
11	4.97	2.49		3.01	2.00	12.17	31.37	26.60	32.19	46.52	18.75	20.23	22.17	58.32	9.05			289.90
12	2.49	8.70	4.97	2.49		3.32	0.43				0.44	0.71	0.48	26.16	24.77	13.05	5.83	93.82
13						3.83	6.71	2.93	2.11	2.48	0.34			9.32	8.56	10.00	4.00	50.28
14						2.53										1.60		4.13
15						8.60	7.26											15.86
16						9.20	3.38	2.27	2.67	1.48	0.23			8.16	6.23			33.62
17	2.49	4.97	2.49	3.50		5.15	0.13			0.10					6.23	10.72	2.33	38.11
18	4.97		2.49	13.78	19.17	18.52	0.91				0.87	1.19				7.00	4.66	73.56
19	2.49	4.97	2.49	3.50		5.15	0.13			0.10					6.23	10.72	2.33	38.11
20						9.20	3.38	2.27	2.67	1.48	0.23			8.16	6.23			33.62
21						8.60	7.26											15.86
22*																		
23							0.06	0.51	0.85									1.42
24	1.24	4.97	1.24	3.32	0.74	0.04	0.62	0.42	0.24	0.15								12.98
25	2.49	4.97	2.49	1.23	1.23	7.70	6.32	5.85	3.51									35.79
26	1.24	4.97	1.24	3.32	0.74	0.04	0.62	0.42	0.24	0.15								12.98
27							0.06	0.51	0.85									1.42
28*																		
Total 計	24.87	54.69	31.08	36.64	23.88	105.25	82.53	55.07	58.04	60.48	23.23	23.79	24.09	184.20	152.08	77.74	28.98	
Grand Total 総計																		1046.64

* No active bone marrow 赤色髄なし

REFERENCES

参考文献

1. ISHIMARU T, RUSSELL WJ: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki 1961. Exposure to medical X-ray. Preliminary survey. ABCC TR 07-62
(ABCC—予研成人健康調査, 広島・長崎, 1961年, 医療用X線の照射に関する予備調査)
2. RUSSELL WJ, ISHIMARU T, IHNO Y: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki. Exposure to medical X-ray July-November 1962. Survey of subjects. ABCC TR 09-63
(ABCC—予研成人健康調査, 広島・長崎, 1962年7月—11月, 診断用X線照射, 対象者の調査)
3. IHNO Y, RUSSELL WJ, ISHIMARU T: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki 1962-63. Exposure to medical X-ray. Community hospital and clinic survey. ABCC TR 11-63
(ABCC—予研成人健康調査, 広島・長崎, 1962—63年, 診断用X線照射, 病院および医院についての調査)
4. IHNO Y, RUSSELL WJ, ISHIMARU T: Exposure to medical X-ray, ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima. Bone marrow and gonadal dose. Estimates for chest X-ray examinations in community hospitals and at ABCC. ABCC TR 22-63
(ABCC—予研成人健康調査, 広島, 医療用X線被曝線量, 地元病院ならびにABCCにおける胸部X線検査, 骨髄線量ならびに生殖腺線量の推定)
5. BLOOM W, FAWCETT DW: A Textbook of Histology. 8th Ed, Philadelphia, WB Saunders, 1962
(組織学概論)
6. MECHANIK N: Untersuchungen über das Gewicht des Knochenmarkes des Menschen. Ztschr f d ges Anat 79:58, 1926
(人間の骨髄重量計測)
7. SHILLINGFORD JP: The red bone marrow in heart failure. J Clin Path 3:24-39, 1950
(心不全における赤色髄)
8. 橋本美智雄: 骨髄の細胞供給能に関する研究, 最新医学 13: 1004—27, 1958年
(HASHIMOTO M: Blood cell supply of bone marrow. Saishin Igaku-Mod Med)
9. WOODARD HQ, HOLODNY E: A summary of the data of Mechanik on the distribution of human bone marrow. Phys Med Biol 5:57-9, 1960
(人間の骨髄分布機序に関する資料の総括)
10. ELLIS RE: The distribution of active bone marrow in the adult. Phys Med Biol 5:255-8, 1961
(成人における赤色髄の分布)
11. CUSTER RP, AHLFELDT FE: Studies on structure and function of bone marrow: Variations in cellularity in various bones with advancing years of life and their relative response to stimuli. J Lab Clin Med 17:960-2, 1932
(骨髄の構造と機能の研究, 加齢に伴う各種の骨の細胞質変化と刺激に対する相対的反応)
12. CUSTER RP: An Atlas of the Blood and Bone Marrow. Philadelphia, WB Saunders, 1949
(血液および骨髄の図譜)
13. HASHIMOTO M, YUMOTO T, HAMADA T: On the dimensional ratio of the cortex, trabeculae and marrow in the sagittal section of the sternum and in the transverse section of the vertebra. Kyushu J Med Sci 13:251-65, 1962
(胸骨矢状切片および脊椎水平断切半における皮質, 骨梁および髄質の容積比率)
14. HASHIMOTO M: The distribution of active marrow in the bones of normal adult. Kyushu J Med Sci 11:103-11, 1960
(正常人骨における赤色髄の分布)
15. HASHIMOTO M, YUMOTO T: The quantitative proportion of hematopoietic cells on tissue specimens of the sternal, vertebral, femoral and humeral marrow. Kyushu J Med Sci 14:271-6, 1963
(胸骨, 脊椎, 大腿骨および上腕骨骨髄組織における造血細胞の量的比率)
16. HASHIMOTO M, Professor of Pathology, Faculty of Medicine, Kyushu University, Japan: Personal communication
(橋本美智雄, 九州大学医学部病理学教授. 私信)
17. 国民衛生の動向, 統計表. 厚生省の指標 11 (11): 190, 1964年
(Trend in National Health, Statistical tables. Kosei no Shihyo-Index Health Welfare Statistics)
18. HOLODNY E, LECHTMAN H, LAUGHLIN JS: Bone marrow dose produced by radioactive isotopes. Radiology 77:1-11, 1961
(放射性同位元素によって生じた骨髄線量)