

骨髓酸素消費量よりみた骨髓機能の 部位的比較に関する研究

第 1 編

正常家兎骨髓酸素消費量の部位的観察

岡山大学医学部平木内科 (主任: 平木 潔教授)

平 剛 藏

[昭和 33 年 8 月 19 日受稿]

内 容 目 次

第 1 章 緒 言

第 2 章 実験材料及び実験方法

第 1 節 実験材料

第 2 節 実験方法

第 3 章 実験成績

第 1 節 長管骨群の酸素消費量

第 2 節 扁平骨群の酸素消費量

第 3 節 推計学的考察

第 4 節 エーテル溶性脂質重量

第 5 節 季節差に関して

第 6 節 酸素消費量の時間的経過

第 4 章 総括並に考按

第 5 章 結 論

第 1 章 緒 言

広範に分布している全身の骨髓に於て、その機能あるいは機能を左右する因子が、その部位によつて同一状態におかれているか否か、又各種病的状態に於て、更に年令的にどの様に変化するかということに興味ある問題である。

Neumann⁶⁸⁾(1868) 及び Bizzozero⁶⁷⁾(1868) が初めて造血に対する骨髓の意義を認識して以来、赤色髓分布に関して Neumann⁶⁹⁾, Hunter⁶⁵⁾, Piney⁷¹⁾, Askanazy⁶⁶⁾, Custer & Ahlfeld⁶¹⁾ 等の研究があるが、何れも皆形態学的所見であり、機能的方面に関しては、その方法の困難なる為満足すべき文献は非常に少い。Arinkin⁵⁵⁾(1929) が従来の骨髓穿刺法を簡易化し口径 1~1.5 mm, 長さ 3~4 cm の穿刺針を以てする方法を発表して以来、従来の欠点は大いに改善せられ、広く臨床に應用され不可欠の地歩を占め、骨髓の細胞形態学は長足の進歩を遂げた。

森田⁵⁰⁾ は正常家兎を用いて骨髓の穿刺部位別に核細胞数と骨髓像を検討し、核細胞数は変化するが、細胞組成には部位により相違がないことを認め、又菅原²¹⁾ の報告によつても同様の結論が得られている。正常時に骨髓の機能を部位的に観察した

研究では、副島²²⁾ の磷代謝が骨髓の部位によつて異なることを認めた報告及び鳩本³⁶⁾ の正常家兎骨髓の糖量測定実験があるのみで、病的状態に於ける骨髓機能を部位的に観察した報告はまだみられない。扱て骨髓の物質代謝の中で呼吸解糖作用は造血臓器の機能と極めて密接な関係を有してをり、骨髓の病態生理解明上重要な地位を占めているものと思われる。この骨髓呼吸作用の面より、骨髓部位によりその機能に差異がある否かについて検討した報告は未だこれを見ないので、私はここに正常家兎骨髓各部分に於ける酸素消費量について比較を行い、これに推計学的検定を加え、新たなる知見を得たので報告する次第である。

第 2 章 実験材料及び実験方法

第 1 節 実験材料

実験動物としては生後 3 カ月目の体重 2 kg 前後の白色雄性家兎を使用し、購入後一定の飼育 5~7 日を経過してから末梢血液に異常を認めない事を確めた。

第 2 節 実験方法

(1) 家兎の頭部を強打し頸部動脈を切断し、失血死せしめ、長管骨群にては大腿骨、上腕骨、経

骨、橈骨を、扁平骨群に於ては肩胛骨、腕骨、及び対照の意味で大腿骨を取り出し、長管骨群にては両側の骨端の骨質部を切断した後鑷にて骨に割線を入れ、扁平骨に於ては之に準じて出来るだけ細心の注意を加えつつ割線を作り骨髄を原形のまま取出し、重曹を含まないリングル氏液中に浮遊させた後シャワーの蓋の上に乗せて教室清水²⁰⁾の方法により両手にグレイフェ氏線状刀を交叉させて持ち、その間に骨髄をはさみ、一方の刀で骨髄を押える様にして、他方の刀を之に平行に持ち一気に左右に滑らせつつ限界切片厚内の切片を作製した。

(2) 測定部位としては大腿骨幹部、大腿骨端部、上腕骨幹部、上腕骨端部、脛骨、橈骨の6部位を長管骨群とし、扁平骨群では肩胛骨、腕骨の2部位と対照の意味で大腿骨幹部を加えた3部位を測定した。

(3) 採取骨髄使用方法

i) 大腿骨及び上腕骨の骨幹部ならびに骨端部については骨幹部は中心部4分の2を、骨端部は近位端4分の1を材料としてとる様に一定した。

ii) 脛骨骨髄は比較的細長く、近位端はほとんど常に赤色髄であるが、骨幹部より遠位骨端部にわたつては黄色髄に変化している事が多く骨髄部分の個体差が著しいので常に近位端3分の1を材料として用いる様に一定した。

iii) 橈骨骨髄は極めて細く且つ長く切片とした場合枚数は多いが他部位と同一程度の乾燥重量となる様にする為に全長にわたつて材料として使用した。

iv) 肩胛骨では外縁部で後肩胛骨角より肩胛骨頭までの骨髄の全長を使用した。

v) 腕骨では腸骨部の骨髄を使用した。

(4) 以上の如くして作製した切片を重曹を含まないリングル氏液中に浮遊させておき、此の切片を使用して Warburg 氏検圧装置により酸素消費量を測定するのであるが、容器は円錐状で内容積約 20 cc のものを使用した。浮遊液に関しては、重曹を含まない浮遊液は藤田⁴⁰⁾の著書に従い、

9.0 g/l NaCl 100 cc

11.5 g/l KCl 2 cc

12.2 g/l CaCl₂ 2 cc

の割合に加えたものを使用し、

呼吸用浮遊液は

9.0 g/l NaCl 100 cc

11.5 g/l KCl 2 cc

12.2 g/l CaCl₂ 2 cc

13.0 g/l NaHCC₃ 2 cc

の割合とし、このリングル氏液を主室に 2.0 cc、対照にも 2.0 cc 入れ、副室には 10% の KOH を 0.3 cc 入れ、之を検圧計に装着して、純酸素を通じ、容器内液相気相の平衡を得るために充分に振盪を行った。以上を要約し容器内に入れる各材料、浮遊液、炭酸ガス吸収剤及び使用ガスは表 1 の如くである。

表 1

		呼吸用 温度気圧計	酸素消費量 測定容器
主室	リングル液 切片	呼吸用 2cc (-)	同 左 (+)
副室	充填ガス	10% KOH O ₂	同 左 同 左

(5) 恒温槽は 38°C に保ち、振幅は 5 cm、毎分 120 回振盪とし、15 分間の予備振盪の後、検圧計の読みを開始し、後 10 分毎に 1 時間計測した。なお、家兎の瀉血死より振盪開始までの時間は可及的短時間となる様にしたが、多部位の骨髄採取より切片作製に至る迄の時間が費される事を考慮し、又実験回数を重ねるに従つて少しく時間も短縮される事を考慮して、約 2 時間半より 3 時間になる様に一定した。

(6) 振盪終了後、副室中の KOH をビベットにて吸引除去し、脱脂綿にて副室を清拭した後、容器内容を浮遊液とともに重量既知の蓋付秤量瓶に移し、容器を約 2 cc の蒸溜水にて 2 回洗滌し容器壁に附着している骨髄小片も秤量瓶に完全に移す様に努めた。この秤量瓶を 60°C の電気恒温乾燥器に入れ約 4 時間にて水分蒸発を計り乾燥せしめる。冷却を待ちエーテルを入れ一昼夜有蓋にて放置した後、脂肪含有エーテルを除去し、更に 4 時間毎に 2 回同様にエーテルを入れ換えて脂肪を分離し、デシケーター内に少くも一昼夜貯え、重量一定になるを待つて、化学天秤にて秤量した。秤量に際してはデシケーターから取出すと共に直ちに栓を施し 0.1 mg 迄化学天秤にて秤量して、容器の重量及びリングル氏液中の塩類の重量を計算によりて差引き、之を無脂肪乾燥重量とする。得られたガス圧の変化より計算した X_{O₂} を無脂肪乾燥重量 (mg 単位) で除した値を Q_{O₂} とした。なお N11, N13, N14, についてエーテル溶性脂質重量を求めたが、之は勿論エーテル使用前後の重量の差より求めたものである。

第3章 実験成績

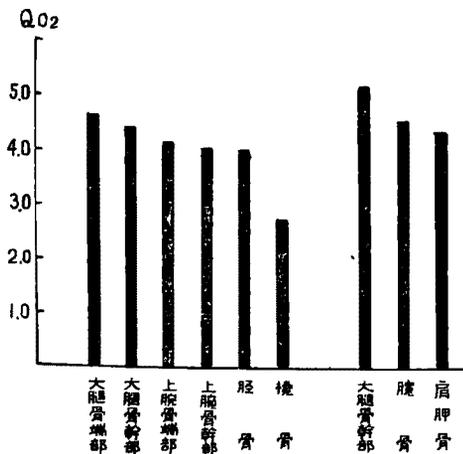
第1節 長管骨群の酸素消費量

表2, 図1に示す如く, 正常家兎骨髄の長管骨群の各部分に於ける Q_{O_2} は大腿骨幹部 4.42 ± 0.33 ,

表2 正常家兎骨髄の各部分に於ける Q_{O_2} (長管骨群)

家兎番号	部分					
	A 大腿骨幹部	B 大腿骨端部	C 上腕骨幹部	D 上腕骨端部	E 脛骨	F 橈骨
N 1	3.63	4.72	4.23	4.99	3.91	1.84
N 2	3.85	3.32	3.74	3.68	3.58	3.71
N 3	5.18	6.64	5.11	4.79	4.55	2.14
N 4	3.93	4.32	2.15	3.21	2.23	5.36
N 5	5.13	4.75	3.41	3.94	4.52	2.64
N 6	4.29	3.94	4.74	4.15	/	3.38
N 7	4.11	4.53	3.47	3.65	3.78	2.32
N 8	4.15	4.68	4.67	4.40	4.26	4.07
N 9	4.54	5.67	3.95	4.70	5.24	1.35
N10	5.26	4.21	4.19	4.26	3.80	2.53
N11	5.04	6.02	3.77	4.39	4.76	1.09
N12	4.44	3.86	3.72	3.45	3.82	2.46
N13	3.73	3.61	/	3.91	3.25	1.45
N14	4.63	4.82	5.12	5.02	4.24	4.06
平均	4.42 ± 0.33	4.65 ± 0.53	4.02 ± 0.49	4.18 ± 0.34	4.00 ± 0.44	2.74 ± 0.71

図1 正常家兎骨髄の各部位に於ける酸素消費量



大腿骨端部 4.65 ± 0.53 , 上腕骨幹部 4.02 ± 0.49 , 上腕骨端部 4.18 ± 0.34 , 脛骨 4.00 ± 0.44 , 橈骨 2.74 ± 0.71 となり大腿骨及び上腕骨では骨端部の Q_{O_2} は骨幹部の Q_{O_2} より僅かに大であり, 大腿骨, 上腕

骨, 脛骨, 橈骨の順に小となる. 特に橈骨骨髄は全般に低値を示し N 2, N 4, N 8, N 14, を除いては極度に低値を示した. 肉眼的所見に於ては脛骨の遠位骨端部, 橈骨の骨幹部より遠位骨端部にかけては黄色髄に変化しているものを多く見た.

第2節 扁平骨群の酸素消費量

表3, 図1に示す如く扁平骨群に於ては肩胛骨 4.35 ± 0.41 , 臑骨 4.50 ± 0.58 となり, 臑骨は肩胛骨

表3 正常家兎骨髄の各部分に於ける Q_{O_2} (扁平骨群)

家兎番号	部分		
	A 大腿骨幹部	G 肩胛骨	H 臑骨
N 15	4.42	3.43	2.49
N 16	4.33	3.56	2.80
N 17	3.88	5.11	4.97
N 18	5.04	4.75	4.13
N 19	5.18	5.02	5.09
N 20	5.28	3.69	4.49
N 21	6.26	4.31	5.41
N 22	6.60	4.55	4.36
N 23	5.02	3.60	5.05
N 24	4.49	5.03	5.46
N 25	5.61	5.23	3.95
N 26	5.38	/	5.62
N 27	5.57	3.86	4.65
平均	5.16 ± 0.45	4.35 ± 0.41	4.50 ± 0.58

よりも大なる Q_{O_2} を示し, 何れの Q_{O_2} も大腿骨幹部の Q_{O_2} 5.16 ± 0.45 より低値を示した. 扁平骨群では長管骨群に於ける橈骨の如き低値を示した例は N 15, の臑骨を除いては他に見なかつた. 肉眼的には何れの部位の骨髄も完全なる赤色髄を保有していた.

第3節 推計学的考察

正常家兎骨髄の各部位の Q_{O_2} を比較検定すると, 表4に示す如く18組の比較で $\alpha = 0.05$ で12組に有意差が認められた. 長管骨群では F_s の値を通じて見るに橈骨骨髄の Q_{O_2} と他部位の Q_{O_2} の間に於ける有意差が特別に顕著であり, 扁平骨群では肩胛骨と臑骨の間には有意の差が認められなかつた.

表 4 正常家兎骨髓部分による Q₀₂ の有意差の検定

比較部分	例 数	F s	F o (α=0.05)	有意差の有無 (α=0.05)
大腿骨幹部・大腿骨端部	14	0.12	4.67	(-)
"・上腕骨幹部	13	5.85	4.75	(+)
"・上腕骨端部	14	1.72	4.67	(-)
"・脛 骨	13	6.01	4.75	(+)
"・橈 骨	14	22.70	4.67	(+)
大腿骨端部・上腕骨幹部	13	6.18	4.75	(+)
"・上腕骨端部	14	5.47	4.67	(+)
"・脛 骨	13	12.89	4.75	(+)
"・橈 骨	14	29.51	4.67	(+)
上腕骨幹部・上腕骨端部	13	0.004	4.75	(-)
"・脛 骨	12	0.19	4.84	(-)
"・橈 骨	13	7.56	4.75	(+)
上腕骨端部・脛 骨	13	1.27	4.75	(-)
"・橈 骨	13	6.76	4.75	(+)
脛 骨・橈 骨	14	12.34	4.67	(+)
大腿骨幹部・肩 胛 骨	12	7.24	4.84	(+)
"・腕 骨	13	5.07	4.75	(+)
腕 骨・肩 胛 骨	12	0.05	4.84	(-)

第4節 エーテル溶性脂質重量について 項で述べた如く、エーテル溶性脂質重量についてその値を求めた所、表5の如き成績を得た。即ちエー

表 5 正常家兎骨髓各部分に於けるエーテル溶性脂質重量及びその百分率

家兎 番号	部 分	A	B	C	D	E	F
		大腿骨幹部	大腿骨端部	上腕骨幹部	上腕骨端部	脛 骨	橈 骨
N 11	脂質重量 mg	33.0	31.8	29.7	30.8	35.3	47.6
	乾燥重量 mg	9.9	5.4	12.4	8.7	7.1	3.4
	百分率 %	77	85	71	78	83	93
N 13	脂質重量 mg	48.6	42.9	/	25.0	53.4	62.3
	乾燥重量 mg	10.4	12.8	/	10.3	8.3	3.2
	百分率 %	82	77	/	71	87	95
N 14	脂質重量 mg	41.2	29.6	24.8	33.2	30.1	45.0
	乾燥重量 mg	22.1	18.2	14.8	19.5	15.9	4.2
	百分率 %	65	62	63	63	65	91
平均	百分率 %	75	75	67	71	78	93

テル溶性脂質重量の百分率の平均値は、橈骨骨髓に於て特に高値を示し、橈骨以外では大差のない値を示した。

第5節 季節差に関して

長管骨群及び扁平骨群の各実験は、前者は夏季、後者は冬季に行つた実験であるために、今後に於ける

る実験に季節的影響が介入して来る事が考えられるので、上の2実験に於ける大腿骨幹部の Q₀₂ について、季節差の有無に関して推計学的検定を行つた所、表6の如く明らかに両者に有意の差が認められ、冬季の方が夏季に比して高値を示し、約17%上昇していた。

表6 大腿骨幹部 Q₀₂ の季節差に関する検定

比較季節	例数	σ_1, σ_2	F _s	F (α=0.05)	有意差
夏期・冬期	14・13	=	8.32	4.24	(+)

第6節 酸素消費量の時間的経過

長管骨群に於ては大腿骨幹部と橈骨に関して、扁

平骨群に於ては大腿骨幹部、肩胛骨、臑骨について毎10分酸素消費量を求めた所、表7、表8、及び図2、図3の如き成績を得た。即ち長管骨群、扁平骨群の何れの部分に於ても、特に時間的経過と共に Q₀₂ の減少度が著明である部位は認められず、特に長管骨群に於ける切片作製の困難な橈骨及び扁平骨

表7 大腿骨幹部及び橈骨に於ける毎10分酸素消費量

家兔番号	部分	大 腿 骨 幹 部						橈 骨					
		10分値	20分値	30分値	40分値	50分値	60分値	10分値	20分値	30分値	40分値	50分値	60分値
N 1		0.25	1.44	1.96	2.13	3.28	3.63	0.77	0.99	1.21	1.43	1.65	1.84
N 2		0.64	1.22	1.91	2.58	3.13	3.85	0.48	0.97	1.93	2.42	3.06	3.71
N 3		0.83	1.69	2.52	3.41	4.31	5.18	0.25	1.00	1.38	1.63	1.88	2.14
N 4		0.66	1.33	1.79	2.50	3.16	3.93	0.51	1.02	1.53	2.81	4.34	5.36
N 5		0.74	1.53	2.51	3.16	4.19	5.13	0.33	0.66	0.99	1.65	2.31	2.64
N 6		0.95	1.49	2.26	2.92	3.81	4.29	0.93	1.12	1.97	2.39	2.95	3.38
N 7		0.91	1.41	2.03	2.86	3.28	4.11	0.68	0.95	1.22	1.50	1.77	2.32
N 8		0.81	1.35	2.16	3.02	3.56	4.15	0.70	1.39	1.97	2.67	3.48	4.07
N 9		0.70	1.67	2.09	3.06	4.17	4.54	0.23	0.45	0.68	0.90	1.13	1.35
N 10		0.79	1.78	2.38	3.32	4.26	5.26	0.42	0.84	1.26	1.68	2.10	2.53
N 11		0.66	1.32	2.56	3.71	4.13	5.04	0.18	0.36	0.54	0.72	0.90	1.09
N 12		0.85	1.50	2.35	3.20	3.57	4.44	0.66	1.11	1.33	1.77	2.22	2.46
N 13		0.45	1.19	1.79	2.09	2.98	3.73	0.24	0.48	0.72	0.97	1.21	1.45
N 14		0.67	1.54	2.21	2.88	3.82	4.63	0.62	1.56	2.18	2.81	3.43	4.06
平 均		0.71	1.46	2.18	2.92	3.69	4.42	0.50	0.92	1.35	1.81	2.32	2.74
10分値平均		0.71	0.75	0.72	0.74	0.77	0.73	0.50	0.42	0.46	0.46	0.51	0.42

表8 大腿骨幹部、肩胛骨及び臑骨に於ける毎10分酸素消費量

家兔番号	部分	大 腿 骨 幹 部						肩 胛 骨						臑 骨					
		10分値	20分値	30分値	40分値	50分値	60分値	10分値	20分値	30分値	40分値	50分値	60分値	10分値	20分値	30分値	40分値	50分値	60分値
N 15		0.99	1.66	2.43	2.87	3.87	4.42	0.54	1.18	1.82	2.03	3.00	3.43	0.41	0.94	1.36	1.65	2.18	2.49
N 16		0.56	1.32	2.07	3.20	3.95	4.33	0.79	1.19	1.78	2.37	3.36	3.56	0.51	1.02	1.27	1.78	2.67	2.80
N 17		0.61	1.14	1.90	2.58	3.12	3.88	0.85	1.58	2.43	3.28	4.01	5.11	0.80	1.34	2.41	3.22	3.75	4.97
N 18		0.97	1.82	2.60	3.51	4.24	5.04	0.92	1.66	2.40	3.33	4.00	4.75	0.94	1.73	2.18	3.02	3.51	4.13
N 19		0.78	1.61	2.55	3.33	4.16	5.18	0.81	1.62	2.63	3.17	3.98	5.02	0.96	1.75	2.77	3.33	4.07	5.09
N 20		0.94	1.83	2.71	3.60	4.37	5.28	0.54	1.26	1.71	2.61	3.06	3.69	0.60	1.59	2.19	3.08	3.38	4.49
N 21		1.20	2.19	3.13	4.32	5.25	6.26	1.00	1.40	2.20	3.10	3.50	4.31	1.25	1.87	2.70	3.95	4.37	5.41
N 22		1.11	2.28	3.38	4.49	5.54	6.60	0.70	1.54	2.31	3.08	3.78	4.55	0.62	1.33	2.12	2.92	3.54	4.36
N 23		0.84	1.80	2.51	3.52	4.19	5.02	0.54	1.26	1.68	2.40	2.94	3.60	0.86	1.98	2.52	3.42	4.23	5.05
N 24		0.66	1.35	2.13	3.12	3.81	4.49	0.64	1.43	2.36	3.43	4.22	5.03	0.67	1.60	2.69	3.86	4.70	5.46
N 25		0.83	1.76	2.75	3.74	4.35	5.61	0.85	1.70	2.67	3.65	4.37	5.23	0.38	1.02	1.78	2.79	3.30	3.95
N 26		1.26	1.76	2.84	3.59	4.47	5.38	/	/	/	/	/	/	1.18	1.92	2.80	3.69	4.57	5.62
N 27		1.13	1.95	3.00	3.83	4.73	5.57	0.73	1.47	2.20	2.75	3.49	3.86	0.98	1.46	2.44	3.05	3.90	4.65
平 均		0.91	1.65	2.62	3.52	4.31	5.16	0.74	1.44	2.18	2.94	3.64	4.35	0.78	1.50	2.24	3.06	3.71	4.50
10分値平均		0.91	0.74	0.97	0.90	0.79	0.85	0.74	0.70	0.74	0.76	0.70	0.71	0.78	0.72	0.74	0.82	0.65	0.79

図2 大腿骨幹部及び橈骨に於ける毎10分
酸素消費量

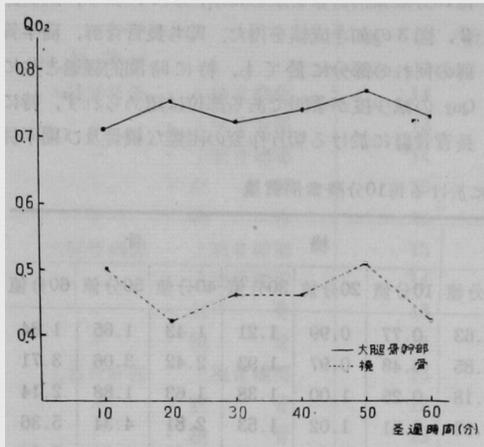
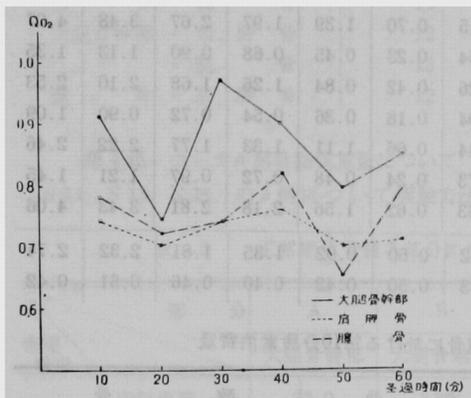


図3 大腿骨幹部、肩胛骨及び肋骨に於ける
毎10分酸素消費量



群の2部位に於ける実験成績に於ても、切片作製の比較的容易な他部との Q_{O_2} の差異が実験過程による歪んだものでない事を確かめることが出来た。

第4章 総括並に考按

以上の実験成績を総括すれば次の通りである。即ち正常家兎の骨髓酸素消費量を長管骨群、扁平骨群の両群に於て部位別に求めて、之を推計学的に検定した所、

1) 長管骨群に於ては大腿骨及び上腕骨では骨端部の Q_{O_2} は骨幹部の Q_{O_2} より僅かに大であり、大腿骨、上腕骨、胫骨、橈骨の順に小となり、本群にては15組の比較で10組に有意差が認められた。

2) 扁平骨群では対照として測定した大腿骨幹部の Q_{O_2} より肩胛骨、臑骨の Q_{O_2} は低値を示し、肩胛骨より臑骨が高値を示したが両者の間には推計学

的に有意の差が認められなかつた。両者と大腿骨幹部の Q_{O_2} とは有意差が認められた。

3) エーテル溶性脂質重量を長管骨群に於て求めた所、橈骨骨髓が他の5部位に比し特に高率を示した。

4) 季節差が夏季実験と冬季実験の間には存在し、即ち冬季の方が夏季に比し高値を示した。

5) 各部位の Q_{O_2} の時間的経過は切片作製方法の困難な部位特に橈骨、肩胛骨、臑骨で大腿骨幹部と著差を示さなかつた。

扱て教室上原⁶⁾他は Warburg 氏検圧計を用いて骨髓の呼吸解糖作用を測定する方法論を詳細に論じているが、限界切片厚内の切片を用いる切片法と、安全剃刀の刃を用いて縦横に乱切り、出来る限り細分した骨髓を使用する所謂乱切法を比較し、呼吸値は全例共切片法が高値を示し、両者の間に有意の差を認め、毎10分に Q_{O_2} を比較し乱切法では切片法に比して時間の経過と共に Q_{O_2} の減少度が著明であるとし、之は乱切法に於ては切片法に比して細胞の傷害甚しく、又振盪の初期には材料は比較的均一であるが時間の経過と共に大小不同の凝塊を形成する事が多く、限界切片厚を満足しない場合も生じ、又検圧中に一部の材料が容器内壁に糊着することによるものと論じている。私の実験に於て先づ第一に言及批判せられるべきは各骨髓部位の切片作製法の困難なる事であり、大腿骨幹部、及び端部、上腕骨幹部及び端部、胫骨、は比較的容易であるが、橈骨骨髓及び肩胛骨、臑骨に於ては、前2者は余りにも細長である為に、臑骨は太短であり何れも骨髓採取が困難で、採取後の切片作製も容易ならざる為、この3部位が実験過程に於て乱切法に近いものとなる可能性が考えられたので、骨髓採取及び切片作製には出来る限り細心の注意を払つた。而してこの3部位の Q_{O_2} の時間的経過が大腿骨幹部の Q_{O_2} に比して、減少度の著しきを見なかつた為以上の懸念は消失した。

赤色髓の分布に関しては Neumann⁶⁹⁾(1882)は健康なる成人では四肢骨全部が完全に黄色髓か、又は上腕と上腿の上部(上骨端部とそれに隣接した骨間部)に赤色髓があり、四肢の爾余の末梢部は全て黄色髓であり、そして急性、慢性の種々の病的状態で黄色髓よりの赤色髓への再生は遠心性に行われ、その際上腕骨と大腿骨のみでなく、前腕と下腿の上部骨端及び骨幹と下部骨端更に、末梢へ及ぶと述べてをり、逆に脂肪化は四肢骨の末梢から軀幹へ向つて

進行すると結論している。Hunter⁶⁵⁾は成人に於ては、赤色髄は長骨の終末部、肋骨、頭蓋骨に限局されると述べている。Piney⁷¹⁾はNeumann⁶⁹⁾の材料では幼児期の分布状態を記載するには不充分であると述べて、3才から83才の間に於ける91例について詳しく調べてをり、中でも脊椎の骨髄は生涯を通じて赤色髄であり、只一例のみ肉眼で83才の女に脊椎で脂肪を認め、この例では第3腰椎より上部では脂肪が見られず、仙骨の最上の分節と第5腰椎に於て第3腰椎より多くの脂肪を認めたと報告しており、又次の様に結論している。即ち骨髄は肉眼的に観察される様に一生を通じて変化しつづけ、四肢骨に於ては細胞髄は年令と共に段々と減少し、脂肪はこれに伴つて進行的に増加し、16才と18才の間の四肢骨では赤色髄は主に長骨の終末部に限局せられると信ぜられ、骨髄の分布の成人の様式は25才で達せられるが、幾つかの骨ではもう少し早く最終分布に達せられると述べている。

Rastelli⁷²⁾の人体に於ける骨髄分布の模型図によると、赤色髄は主に脊椎、肋骨の大部分及び腕骨の一部に存し、上腕骨、大腿骨、脛骨の骨端之に次いで、前腕その他には極めて少い。但し本図には頭蓋骨、肩胛骨に関しては記載がない。又Custer and Ahlfeld⁶¹⁾は100例の人体について、脛骨、大腿骨、肋骨、胸骨、脊椎の各骨髄に於ける赤色髄と脂肪髄の比率の年令的推移をグラフとして表現している。之によると10才頃では脛骨は約37%、大腿骨幹部は約75%、肋骨は約87%、胸骨は約90%、脊椎は約92%、の赤色髄を有し、20才頃では脛骨では殆んど赤色髄はなく、大腿骨幹部で約10%、肋骨で約65%、胸骨で約73%、脊椎で約75%の赤色髄を示し、殊に胸骨、脊椎は其の後の年令に於ても著しい減少はない。又刺戟に対する骨髄の赤色髄再生反応は脊椎骨髄が最も強く、胸骨、肋骨、大腿骨、脛骨の順に弱くなると云う。Akanazy⁵⁶⁾は成人の大多数に於て大腿骨、上腕骨の近位骨端部と、骨体部にも多少赤色髄を有しており、そして脊椎骨、肋骨等の如き軀幹骨には脂肪髄はないと述べている。以上諸家によると多少の相異はあるが、赤色髄は長管骨特に末梢部に少く短骨に多いことは概ね一致した意見である。私の実験に於けるエーテル溶性脂質重量は長管骨群で機骨に極めて多い成績を得た。

森用⁵⁰⁾は家兎を用いて穿刺部位別に核細胞数と骨髄像を検討し核細胞数は上腕骨、大腿骨上部、大腿骨下部、脛骨上部の順序をもつて減少するが細

胞の組成は骨の部位によつて相違のないことを認めている。又菅原²¹⁾は健常家兎で左右の大腿骨の上及び下部、脛骨上部、上腕骨を穿刺してその骨髄像を比較し核細胞数にはかなりの差を認めたが、各骨の骨髄像には著差を認めなかつたと述べている。Osgood⁷⁰⁾も正常の骨髄では普通に赤色髄を示す部位ならば同一骨又は同一人の他部位間の骨髄の組成は相似たものであると述べている。

以上、解剖学的には骨髄の部位により赤色髄、黄色髄を示す相異が指摘されており、一方穿刺による骨髄像では大差がないというのが大方の意見の如くである。

次に骨髄機能の面から部位的相違の有無を見た研究については、鳩本³⁶⁾が正常家兎骨髄糖量をHagedorn & Jensen 氏法により測定し、同一の大腿骨では骨髄糖量は骨端骨幹両部の間に大差がないと論じ、更に正常家兎の骨髄糖原質量を須藤氏法により測定し、大腿骨の骨端骨幹両部の間に認むべき差がないと報告しているが、長管骨と短骨、扁平骨の比較はなされていない。又津田²⁴⁾は正常家兎骨髄酸素消費量を大腿骨の骨端部と骨幹部で比較し、著差なしと結論し、最近石橋²⁾は家兎大腿骨骨髄の骨端、骨幹両部の呼吸値並びに嫌気性解糖値を彼のボーリング法により比較して推計学的検定を行い、有意の差を認めなかつたと述べている。これらの一連の実験は大腿骨にのみ限定せられており、大腿骨の幹部、端部で差がないと云う事は私の成績に一致しているが、何れも長管骨と扁平骨の比較は行われていない。副島²²⁾はP³²をtracerとして、燐が細胞活動のエネルギー代謝に関与する重大因子であるので、或る組織の燐の動きを把握することにより組織細胞の活動状態を察知する事が出来るとし、動物に与えられたP³²は細胞間液のPと交換が進行し、更に組織細胞のPと置換が行われるので、骨髄に於ても核酸代謝の旺盛な部位、即ち造血機能の旺盛な部位にはPの置換が高度に行われる筈でありとし、成熟家兎では造血機能は短骨群、就中脊椎に旺盛であり、長骨では上腕骨が相当の高機能を有すると結論している。最近前田⁴³⁾は生後2カ月の正常家兎の骨髄体外組織培養を部位別に行い、その機能を観察しているが、それによると、部位は大腿骨幹部、上腕骨、脛骨、橈骨、腕骨、肩胛骨について検討しており、増生面積については培養後3時間と6時間では大腿骨幹部が最もよく増生し、上腕骨、脛骨、腕骨、肩胛骨、橈骨の順に低くなる傾向があり、

12時間目では臈骨、大腿骨幹部、上腕骨、肩胛骨、脛骨、橈骨の順に、又48時間後では肩胛骨、大腿骨幹部、臈骨、脛骨、上腕骨、橈骨の順に増生面積は低下の傾向を示しており、特に橈骨骨髓は終始非常に低機能を示している。各部位の墨粒貪食能については培養後5時間で臈骨、大腿骨幹部、上腕骨、肩胛骨、脛骨、橈骨の順で低機能を示し、24時間目までこの順位を保持している。遊走速度に関しては培養後3時間で大腿骨幹部、脛骨、肩胛骨、上腕骨、臈骨、橈骨の順で低機能を示し、24時間では大腿骨幹部、上腕骨、肩胛骨、臈骨、脛骨、橈骨の順位で低機能なる事を示している。そして骨髓体外組織培養で明らかに橈骨骨髓の機能の低い事を確認している。即ち前田⁴³⁾の実験に於て最もよく、その部位の機能を表現され得るものと思われる増生面積の培養後3時間、6時間の成績が、私の骨髓酸素消費量の部位的関係に符合しているのは興味深い事である。

次に長管骨群と扁平骨群の2実験に於て前者の大腿骨幹部の Q_{O_2} が 4.42 ± 0.33 、後者のそれは 5.16 ± 0.45 であり、家兎撲殺後より振盪開始までの時間、即ち死後経過時間に関しては上原⁶⁾ 他の報告があり、明らかに死後経過時間により Q_{O_2} は影響されるので、2実験共実験方法の項で述べた如く、大約2時間半より3時間後に振盪開始が出来る様に一定したので、季節的影響をも考慮する必要ありと考えて推計学的検定を行った所有意の差を認められた。

組織呼吸の季節的影響に関しては文献は少い。福田³⁸⁾ は人白血球像の季節的変動から自律神経緊張状態の変動を調べて夏は最も副交感神経緊張が亢進し、冬は最も交感神経の緊張が亢進すると結論している。尾西³⁹⁾ は小児に於て血液成分の変動と季節及び体質に関して研究し夏季はK量、Ca量の減少、好酸球の増加、冬季はK量、Ca量の増加、好酸球の減少を認め、夏季は副交感神経緊張状態にあり、冬季は交感神経緊張状態にあると述べて何れも血液成分に季節差のある事を認めている。大柴⁷⁾ は成人男子基礎代謝の面から冬季の方が夏季より約10%高い事を述べ、又冬季に於いても食餌を一定にして外出制限し、約30°Cの室に毎日生活させると約1週間で夏季の値に近づくと述べている。

崎田¹⁸⁾ は白鼠の甲状腺、腎上体、下垂体、大脳皮質の酸素消費量を季節的に調べ、甲状腺、下垂体で冬季には夏季より増加し、而して前者は夏季の2倍、後者は夏季の酸素消費量の1.6倍であると述べている。又森⁴⁰⁾ は白鼠の肝、腎の組織呼吸に季節的変化

ある事を認め、両組織共冬季に最高で夏季に最低であつたと云う。津田²⁴⁾ は骨髓酸素消費量が冬季の方が夏季よりも稍々高い値を示す事に言及している。以上の諸家の云う如く、私の実験に於ても家兎骨髓酸素消費量が明らかに冬季に高く、夏季に低い値を来し、推計学的に有意の差を認められたのである。

以上より家兎に対して何らかの操作を加えて、その骨髓の酸素消費量を見る場合は同一季節に於ける対照実験を必要とするものと思われる。又家兎の骨髓の使用すべき部位としては同一部位で比較せられる事が必要であり、切片作製の上からは大腿骨(幹部、端部何れも可)が容易でもあり最も推奨せられるべき部位と考える。

第5章 結 論

正常家兎骨髓の酸素消費量を部位別に Warburg 氏検圧計を用いて測定した所、

1) 長管骨群では大腿骨、上腕骨、脛骨、橈骨の順に順次値が小となつた。次に大腿骨及び上腕骨についてその端部と幹部の酸素消費量の比較をした所、端部の方が稍々高かつたが、推計学的には有意差がなかつた。そして大腿骨幹部、大腿骨端部、上腕骨幹部、上腕骨端部、脛骨、橈骨の6部位相互間での15組の比較で、10組に有意の差が認められた。

2) 肩胛骨及び臈骨(扁平骨群)について酸素消費量を測定した所、臈骨の方が肩胛骨より稍々高値を示したが、推計学的に有意の差はなかつた。そして肩胛骨、臈骨の両者とも大腿骨幹部より低値を示し、且つ大腿骨幹部とは有意の差を認められた。

3) エーテル溶性脂質重量は長管骨群に於ては橈骨骨髓が最高率を示した。

4) 夏季実験と冬季実験には大腿骨幹部の酸素消費量に於て季節的の有意差を認め、冬季の方が夏季より高い値を示した。

以上より正常家兎骨髓酸素消費量を各部位間で比較して、正常時に於てすでに有意の差が存在する事を知つた。

拙筆するに臨み御指導御校閲を賜つた恩師平木教授に衷心よりの感謝の誠を捧げるとともに、共に研究室にありて終始御懇篤なる御指導を戴いた上原講師に深謝す。

(本論文の要旨は第18回日本血液学会総会に於て発表した)

Regional Observations on the Oxygen Consumption of the Rabbit Bone Marrow

Part 1. The Normal Rabbit Bone Marrow

By

Gōzō TAIRA

Department of Internal Medicine Okayama University Medical School
(Director: Prof. Kiyoshi Hiraki)

The author has investigated the oxygen consumption in various regions of normal rabbit bone marrow by using Warburg's manometer. The results obtained can be summarized as follows:

1. In the long bone group, the oxygen consumption was greatest in the femur, followed by the humerus, tibia and radius in the order mentioned. The value was slightly greater in the epiphyseal part than in diaphyseal one, but stochastically no significant difference could be found between the diaphysis and epiphysis of both the femur and humerus. Of the 15 sets of comparisons made at six different parts, namely, the diaphyseal and epiphyseal parts of the femur and humerus, and the tibia and radius, ten sets showed significant differences.

2. The O_2 -consumption was slightly greater in the hip-bone than in the scapula (in the flat bone group), but no significant difference could be found between the two values. Both bone marrow showed lower values than the diaphyseal part of the femur, and significant differences could be found between the two and diaphyseal part of femur, respectively.

3. The ether-extractable substances in the bone marrow of the long bone group showed the highest value in the radius.

4. In general there was a tendency showing a higher oxygen consumption of the bone marrow in winter than in summer; and significant differences could be found between the values in summer and in winter in the diaphyseal part of the femur.
