

骨形成に関する研究

—生体代謝が骨組成に与える可能性について—

川上 雅之・崔 景 維・文 都 蘇^{*}・宝 鎖・荒木 直彦
猪木原孝二・岡本 将資^{**}・松原 孝

倉敷芸術科学大学国際教養学部

*倉敷芸術科学大学大学院人間文化研究科

**日本整体師教育協会

(2001年9月28日 受理)

I. 序 論

骨は我々人間の身体を支える支持機構として根幹をなすものであり、加齢とともに成長、発育する²⁰⁾²¹⁾。とくに骨の形成は、食生活から摂取される蛋白質を基盤に、カルシウム（以下Caと称する）を中心としてリン（以下Pと称する）、マグネシウム（以下Mgと称する）、マンガン（以下Mnと称する）等の微量元素であるミネラル成分、またビタミンD、C等のビタミン類、さらにはホルモンが複合的に作用して合成される³⁾⁴⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁸⁾²⁹⁾。今日の機械文明及び科学の進歩は、あらゆる面におけるグローバル化を進展させたが、悪い意味で現代人の生活習慣に影響を及ぼし、人間が本来生まれながらに備えているところの抵抗力、防御機構及び免疫性等の体質的な変化を招いている²¹⁾²⁵⁾²⁸⁾。とくに生活習慣の変化は、流通機構の発展による食品及び食材のグローバル化がもたらす食生活及び食文化の変化である。また乗り物社会の発達は、人間が日常生活において確保していた運動量を減少させた。これら生活習慣の変化は、成長期の人体形成に影響を与えると同時に、骨形成にも影響を与えている。骨密度の低下から生じる骨粗鬆症は、本来高齢者に発症する老人性疾患の代表であったが、今日では若年層にまで拡大し、骨粗鬆症の低年齢化という社会現象を招いている²¹⁾。つまり、若年層における骨粗鬆症予備軍の増加という、社会的問題が生じている。骨は、10歳代後半から20歳代をピーク年齢として形成され、骨吸収（合成）と破壊を繰り返しながら生涯を通じて維持される器官である²⁷⁾²⁸⁾。しかし骨合成にも、男女間の性差というものがある。女性では閉経をむかえる50歳前後、男性では70歳前後からホルモンの分泌減少とともに、破壊が合成を上回るようになる²¹⁾。この現象が、老年期に発症する骨の老化現象である骨粗鬆症という傷害である。この骨粗鬆症が若年層にまで拡大し低年齢化の傾向にあるということは、生体機能と社会生活ということを考えると、非常に重要な問題としてとらえなければならない。何故なら、骨は筋肉細胞と同様に人間の生体を維持する中心的な役割を担う器官である²¹⁾。したがって10歳代後半から20歳

代の骨量が増加する年代に、骨形成の基盤になる蛋白質、Ca、Mg、P等のミネラル成分、さらにビタミンD、C等のビタミン類といった栄養素の摂取¹⁵⁾、また骨細胞の活性化に有効に作用する運動刺激⁹⁾を確保する必要がある。

過去に我々は、運動習慣の有無、負荷する運動の種類によって骨密度が異なるという結果を確認した¹²⁾¹⁴⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。また日常の食生活と並行して乳酸菌を習慣的に摂取させることにより、骨密度の値が摂取しない者より摂取する者の方が高くなる傾向にあることを確認した¹³⁾。これは、骨細胞が運動という外的刺激が加わることにより、防御反応として骨強化という方向に生体代謝が作動するからである²²⁾。つまり基本的な生体機能として、必要の原理から使用頻度が高い組織細胞に蛋白合成が促進されるのという原理である²²⁾。運動は、持久的な運動より瞬発的な運動刺激を負荷する方が骨形成には効率的に作用する¹²⁾。乳酸菌の摂取は、腸管細菌を整備する補助的な食品として、腸管から門脈系を通して肝臓に運ばれ栄養素の吸収を効率的にする。乳酸菌においても、動物性発酵菌より植物性発酵菌の方が比較的効率的に栄養素の吸収が促進すると考えている⁹⁾¹⁰⁾¹³⁾。

人間は、各々が生活環境の中で一定の時間帯で一日を過ごしている。その生活時間に培われる習慣が、個々人の活動力、抵抗力、免疫性等の体力(Physical Fitness)となる¹⁾。理想的な体力づくりは、成長過程に相応しい食生活及び適度な運動によって形成される。適度な運動刺激は、活動力のみならず抵抗力などの総合的な身体的能力も向上させる¹⁾¹⁷⁾。また総合的な体力の向上には、精神的な要素も大きな役割を担うものであり、好ましい人間関係の中で精神的な行動体力及び防衛体力が構築される。これらの総合的な体力は、成長、発育過程において身体的要素と精神的要素として生活環境の中で養成されるものである。

本研究は、我々が従来から取り組んでいる骨形成に関する研究の一環として取り組んだものである。今回は、成長完熟期にあたる男女大学生の身体状況(生体代謝)と骨形成の関係を究明する目的で実験した。個々人の身体状況を、形態的なものである体格、心臓血管系として血圧、腎及び肝臓代謝系として尿成分、血液成分としてヘモグロビン(以下Hbと称する)及び血中乳酸値(以下Lact.と称する)に分類し、骨形成との関連性について分析した。同時に日常生活における運動習慣ということから、運動の有無についても諮問調査し、その関連性を追及した。

以上、骨形成という観点から身体的成長と骨組成の関連性について分析したところ、骨形成には身体の形態的な成長が非常に深く係っていることを確認したので報告する。

II. 実験方法

1. 被験者

被験者は、男子115名(年齢20.4才±1.4才)と女子47名(年齢21.4才±2.6才)の健康な大学生である。いずれの被験者も実験及び調査時点では、骨密度の測定に影響を与えるような長期的な治療及び身体的疾患に罹患していない者である。

2. 方法

骨密度は、X線骨密度解析装置（Osteometer DTX-200）により、非利き手の上腕橈骨及び尺骨をDEXA法（Dual Energy X-ray Absorptometry）によって測定²³⁾した。測定項目は、骨塩量、骨密度、骨面積及び%骨密度である。形態の測定は、タニタ社の体脂肪測定器（Body Fat Analyzer TBF-202）により、身長、体重、インピーダンス（以下インピと称する）、体脂肪率（以下%Fと称する）、体水分量（以下水分量と称する）及び体表面積（以下BSAと称する）を測定した。血圧は、日本コーリン社の全自動血圧計（BP-204 RVB）により最大血圧と最小血圧を測定し、両者の差異を脈圧とした。尿成分は、京都第一科学社のミニオーションアナライザー（MA-4210）によりpH、糖分、蛋白、潜血反応（以下潜血と称する）及びウロビリノーゲン（以下ウロビリと称する）について分析した。血液成分であるHbは、富士ドライケム550（富士フィルム社）により分析した。またLact.は、京都第一科学社のラクテートプロ（LT-1710）により測定した。

Ⅲ. 実験結果

1. 骨組成について

被験者における骨組成については、表1に示すとおりである。

骨塩量（g）は、ミネラルの含有状況を表すものであり、男子については同世代の平均値と比較して同等の数値²⁰⁾²¹⁾であったが、女子においては少し低い値²⁰⁾²¹⁾を示している。骨密度（g/cm³）については、同世代の平均値と比較して骨塩量と同様に男子は同等の数値²⁰⁾²¹⁾を示しているが、女子は低い傾向が確認された²⁰⁾²¹⁾。骨面積（cm²）については、男女とも同世代の平均値と比較して同等の数値であった²⁰⁾²¹⁾。%骨密度（%）については、女子では同世代の平均値と比較して同等の数値²⁰⁾²¹⁾であったが、男子において低い傾向が確認された²⁰⁾²¹⁾。以上のことから今回の被験者は、男子においては同世代の平均値と同等の集団といえるが、女子においては同世代の平均値より若干低い数値の集団といえることができる。

表1 被験者における骨組成

	骨 塩 量 (g)	骨 密 度 (g/cm ³)	骨 面 積 (m ²)	% 骨 密 度 (%)
男 子 N = 115	4.095 (0.946)	0.595 (0.119)	6.927 (0.621)	89.125 (8.912)
女 子 N = 47	2.77 (0.355)	0.442 (0.04)	6.188 (0.483)	92.646 (0.644)

() 標準偏差

2. 体型について

被験者の身体的特性については、表2に示すとおりである。

身長 (cm) については、男子の同世代平均値と比較して同等の数値²⁰⁾²¹⁾であったが、女子においては少し低い値を示している²⁰⁾²¹⁾。体重 (kg) は、男女とも同世代の平均値と比較して同等の数値であった²⁰⁾²¹⁾。インピーダンス (Ω) については、男女とも同世代の平均値と比較して同等の数値であった²⁰⁾²¹⁾。%F (%) については、女子においては同世代の平均値と比較して同等の数値²⁰⁾²¹⁾であったが、男子においては少し低い値を示している²⁰⁾²¹⁾。水分量 (kg) については、男女とも同世代の平均値と比較して同等の数値であった²⁰⁾²¹⁾。BSA (m^2) は、男女とも同世代の平均値と比較して同等の数値を示した²⁰⁾²¹⁾。以上のことから今回の被験者は、形態的には男女とも同世代の平均値と同等の体型集団といえることができる。

表2 被験者の身体的特性

	年 令 (才)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	インピー ダンス (Ω)	体脂肪率 (%)	体水分量 (kg)	体表面積 (m^2)
男 子 N = 115	20.43 (1.419)	170.84 (5.312)	64.12 (11.991)	445.26 (63.819)	16.82 (5.261)	38.48 (4.952)	1.71 (0.146)
女 子 N = 47	21.35 (2.562)	157.62 (14.59)	51.13 (7.511)	522.02 (79.694)	22.85 (6.12)	28.69 (3.364)	1.474 (0.103)

() 標準偏差

3. 血圧について

被験者の血圧については、表3に示すとおりである。

最大血圧 (mmHg) については、男子の同世代平均と比較して同等の数値²⁰⁾²¹⁾であったが、女子においては少し低い値を示している²⁰⁾²¹⁾。最小血圧 (mmHg) は、男女とも同世代平均と比較して同等の数値であった²⁰⁾²¹⁾。脈圧 (mmHg) は、男女とも同世代平均と比較して同等の数値であった²⁰⁾²¹⁾。以上のことから今回の被験者は、男女とも同世代の平均値と比較して同等の集団といえることができる。ただし血圧については、測定時の状況が大きく影響するものであり、測定値を直接的な骨形成との関連に結びつけることは非常に難しいものと考えている。

表3 被験者の血圧

	最大血圧 (mmHg)	最小血圧 (mmHg)	脈圧 (mmHg)
男 性 N = 115	122.67 (12.65)	71.22 (9.559)	51.125 (8.48)
女 性 N = 47	108.92 (10.95)	64.33 (9.85)	44.04 (7.789)

() 標準偏差

4. 尿成分について

被験者の尿成分については、表4に示すとおりである。

pHについては、男女とも同世代平均と比較して同等の数値であった²⁰⁾²¹⁾。糖分 (mg) については、男子 3.0 ± 14.5 mg, 女子 1.5 ± 7.4 mgの排出が確認されている。これは、本来排出されるべきものでないものであるが、平均値に対する標準偏差の幅から考えて被験者の個体差が大きいデータということが出来る。蛋白 (mg) においても糖分と同様に、男子 8.3 ± 11.8 mg, 女子 16.7 ± 19.4 mgの排出が確認されている。ここでも糖分と同様に、被験者の個体差が大きいと思われるデータであった。潜血反応については、男子 0.001 ± 0.005 mg, 女子 0.1 ± 0.44 mgの排出が確認されている。これは数値的に見てもごく少数の被験者に確認される程度のもので、大きな影響力はないというものであった。ウロビリ (mg) は、男子 0.87 ± 0.65 mg, 女子 1.1 ± 0.8 mgの排出が確認された。ここでも糖分及び蛋白と同様に本来排出されるべきものでないものが見られ、被験者の個体差が大きいデータといえる。以上のことから尿成分は当日の身体状況を敏感に反映するものであり、当日の身体状況、体調及び食事等の個体差が大きく、骨形成との関連性を追及することは非常に難しいものと考えられる。

表4 被験者の尿成分

	pH	糖分 (mg)	蛋白 (mg)	潜血 (mg)	ウロビリ (mg)
男 性 N = 115	6.11 (0.83)	3.04 (14.49)	8.28 (11.80)	0.0008 (0.0048)	0.87 (0.65)
女 性 N = 47	5.813 (0.891)	1.458 (7.357)	16.667 (19.428)	0.098 (0.436)	1.083 (0.810)

() 標準偏差

5. ヘモグロビン及び血中乳酸値について

被験者のHb及びLact.については、表5に示すとおりである。

Hb (g/dℓ) については、男女とも同世代平均と比較して同等の数値であった²⁰⁾²¹⁾。Lact.(mmol/ℓ) は、男子 1.7 ± 1.6 mmol/ℓ, 女子 1.5 ± 0.5 mmol/ℓの数値が確認されており、一般的に示される安静値に比較して少し高い値といえる。以上のことから今回の被験

表5 被験者のヘモグロビン及び血中乳酸値

	ヘモグロビン (g/dℓ)	血中乳酸値 (mmol/ℓ)
男 性 N = 115	13.783 (1.884)	1.704 (1.032)
女 性 N = 47	12.144 (1.368)	1.542 (0.481)

() 標準偏差

者におけるHbは、同世代平均と比較して個体差が大きく影響するものであり、骨形成との関連性を追及することは非常に厳しいもの数値であるが、Lact.については尿成分と同様に当日の身体状況、体調及び食事等で個体差が大きいものと考ええる。

6. 骨形成と身体状況との関連性

骨形成と身体状況との相関係数については、表6に示すとおりである。

骨塩量との関係は、男子が身長 ($r=0.366$, $p<0.05$), 体重 ($r=0.501$, $p<0.05$), % F ($r=0.418$, $p<0.05$), 水分量 ($r=0.492$, $p<0.05$) 及びBSA ($r=0.466$, $p<0.05$) に相互の有意性が確認された。また女子においては体重 ($r=0.54$, $p<0.05$), %F ($r=0.402$, $p<0.05$), 水分量 ($r=0.345$, $p<0.05$), BSA ($r=0.531$, $p<0.05$), 糖分 ($r=$

表6 男子における身体組成と骨組成の相関関係

	骨 塩 量	骨 密 度	骨 面 積	骨 密 度 %
	0.1320	0.1399	0.0226	0.1801
身 長	0.3661	0.3092	0.2751	0.1451
体 重	0.5009	0.4889	0.2384	0.5083
イ ン ピ	-0.1617	-0.1529	-0.0951	-0.2593
脂 肪 率	0.4179	0.4469	0.1162	0.4414
体水分量	0.4924	0.4721	0.2594	0.4911
BSA	0.4655	0.4102	0.3205	0.2840
最大血圧	-0.0091	0.0265	-0.0388	-0.0032
最小血圧	-0.0329	-0.0249	-0.0293	0.0004
脈 圧	0.0397	0.0756	0.0018	-0.0072
pH	0.0217	0.0455	-0.0611	-0.0037
糖 分	0.0383	0.0043	0.0842	0.0773
蛋 白	-0.0411	-0.0738	0.0101	-0.0267
潜 血	0.1088	0.1149	0.0043	-0.0023
ウロビリ	0.0316	-0.0212	0.1428	0.0861
Hb	0.1736	0.2590	-0.1262	-0.0363
Lact	-0.1264	-0.1517	0.0302	-0.0392
骨 塩 量	*	0.8842	0.4778	0.4964
骨 密 度		*	0.0926	0.4930
骨 面 積			*	0.0978
骨密度%				*

0.346, $p < 0.05$), ウロビリ ($r = 0.297$, $p < 0.05$) 及び Hb ($r = 0.323$, $p < 0.05$) に相関関係のあることが認められた。骨密度との関係は, 男子が身長 ($r = 0.309$, $p < 0.05$), 体重 ($r = 0.49$, $p < 0.05$), %F ($r = 0.447$, $p < 0.05$), 水分量 ($r = 0.472$, $p < 0.05$), BSA ($r = 0.41$, $p < 0.05$) 及び骨塩量 ($r = 0.884$, $p < 0.05$) に相関関係のあることが認められた。また女子においては体重 ($r = 0.504$, $p < 0.05$), %F ($r = 0.498$, $p < 0.05$), BSA ($r = 0.48$, $p < 0.05$), 脈圧 ($r = -0.3$, $p < 0.05$), 糖分 ($r = 0.358$, $p < 0.05$) 及び骨塩量 ($r = 0.653$, $p < 0.05$) に相関関係のあることが認められた。骨面積との関係は, 男子が身長 ($r = 0.275$, $p < 0.05$), 体重 ($r = 0.238$, $p < 0.05$), 水分量 ($r = 0.259$, $p < 0.05$), BSA ($r = 0.321$, $p < 0.05$) 及び骨塩量 ($r = 0.478$, $p < 0.05$) に相関関係のあることが認められた。また女子においては体重 ($r = 0.307$, $p < 0.05$), BSA ($r = 0.309$, $p < 0.05$), 骨塩

表7 女子における身体組成と骨組成の相関関係

	骨 塩 量	骨 密 度	骨 面 積	骨 密 度 %
身 長	0.059928868	-0.02678135	0.099693025	-0.00896622
体 重	0.53951254	0.50368307	0.30704455	0.480476181
イ ン ピ	-0.20420541	-0.10099216	-0.1539128	-0.17471228
脂 肪 率	0.401532132	0.4977127	0.088493182	0.443025879
体水分量	0.34497828	0.268286217	0.275408887	0.263233932
BSA	0.530523826	0.479630349	0.308653528	0.46348755
最大血圧	-0.09988202	-0.23625642	0.030764556	-0.12052804
最小血圧	-0.10678138	-0.07651116	-0.06436106	0.007256917
脈 圧	-0.03682683	-0.29830796	0.135516271	-0.24335303
PH	-0.14216831	-0.05273051	-0.11085135	-0.03634265
糖 分	0.345908863	0.357563767	0.133869745	0.36600845
蛋 白	0.197449973	0.148842549	-0.08613153	0.159779884
潜 血	0.002254834	0.234058956	-0.24083656	0.261070728
ウロビリ	0.296593168	0.161621967	0.101581914	0.168086425
Hb	0.323424867	0.245166231	0.245658904	0.201912909
Lact	0.133567325	0.133682484	0.132086262	0.163908636
骨 塩 量	*	0.653028557	0.630277054	0.671205634
骨 密 度		*	-0.03628055	0.958017511
骨 面 積			*	-0.04379815
骨密度%				*

量 ($r=0.63$, $p<0.05$) に相関関係のあることが認められた。%骨密度との関係は、男子が体重 ($r=0.508$, $p<0.05$)、インピ ($r=-0.259$, $p<0.05$)、%F ($r=0.441$, $p<0.05$)、水分量 ($r=0.491$, $p<0.05$)、BSA ($r=0.284$, $p<0.05$)、骨塩量 ($r=0.884$, $p<0.05$) 及び骨密度 ($r=0.493$, $p<0.05$) に相関関係のあることが認められた。また女子においては体重 ($r=0.481$, $p<0.05$)、%F ($r=0.443$, $p<0.05$)、BSA ($r=0.464$, $p<0.05$)、糖分 ($r=0.366$, $p<0.05$)、骨塩量 ($r=0.671$, $p<0.05$) 及び骨密度 ($r=0.958$, $p<0.05$) に相関関係のあることが認められた。

7. 運動の実施状況

被験者における運動の実施状況については、図1及び図2に示すとおりである。

図において確認できることは、14%の男子が良くする、66%が時々する、全くしないが20%であり、女子では9%が良くする、30%が時々する、全くしないが61%であった。ここでは男女間に運動意識の相違が確認できる。この結果は、現代の同世代青年男女における運動意識の実状⁹⁾²²⁾²⁶⁾というものである。

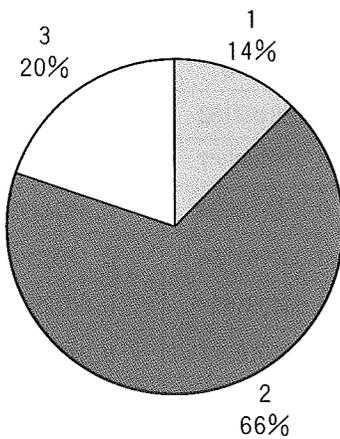


図1. 男子の運動実態

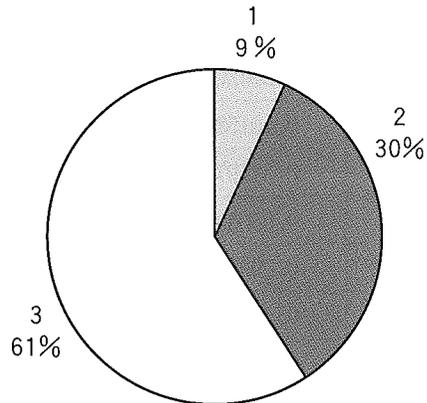


図2. 女子の運動実態

注)

- 1 : よく運動をする
- 2 : 時々運動をする
- 3 : 全く運動をしない

IV. 考 察

骨の形成は、体質（遺伝）、年齢、性及びホルモン等の先天的な内的要因と、栄養、運動及び生活習慣等の後天的な外的要因が大きく関与する²⁾³⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾¹⁸⁾²⁷⁾。骨形成の充実には先天的なものである内的要因は別にして、後天的な外的要因及び生活背景が大きく影響するといわれている¹⁾。近年青年期の身体的成長は、生活習慣の改善及び食生活の変化等により

著しく改善されてきた¹⁶⁾²¹⁾。とくに日本人青年の身長は、過去10年間で約3 cmから5 cmの伸長が確認されている²⁰⁾²¹⁾。反面、身長の伸び率に対して骨成長の充実が遅延気味であり、成長期の青年に長育速度と骨成長の速度にアンバランスが生じ、関節の障害が多発傾向にある²³⁾²⁸⁾。これらは、身体の内的な充実と、外的な成長速度が必ずしも平衡していないことを示している一例といえるものである。とくに身体的成長が著しいのは、思春期である13歳から14歳以降に大きな発育傾向を示すのであるが、人体の構成は0歳から始まり20歳をピークに、新陳代謝を繰り返しながら細胞を維持するものである⁴⁾²¹⁾²⁸⁾。骨成長においても同様の過程をたどるが、骨形成のピークは10歳代後半から20歳代にかけての10年間であり、骨細胞は日々骨吸収と骨破壊を繰り返しながら生涯を通じて形成、維持されるものであるといわれている²⁸⁾。この発育曲線は、スキヤモンの発育パターンでいうところの一般的な成長、発育形態であるが、実際には外的な形態成長と内面的な骨等の成長速度に年代的な相違が生じている²⁷⁾。骨合成の基本的な栄養素は、コラーゲン等の蛋白質を基盤としてCa, P, Mg, Mn等のミネラル成分、ビタミンD, C等のビタミン類、またカルシトニン等のホルモンが複合的に作用して骨合成、骨沈着をおこすものである⁶⁾¹⁸⁾²¹⁾²⁸⁾。しかし、これらの栄養源を効率的に骨合成、骨沈着に結びつけるには、外的要因である栄養、また骨細胞の活性化を促進するための外的運動刺激、さらには生体代謝の基本的な問題である規則正しい生活習慣を十分に考慮することが非常に重要な背景として存在する¹⁹⁾²²⁾。これは同時に、身体の形態的成長イコール内面的な充実という、成長過程における身体形成の理想的な方程式といえる²⁰⁾²¹⁾。しかし背景には、青年期若者に見られるダイエット思考、運動回避による運動不足等の外的要因が重要な問題として存在する⁵⁾²²⁾²⁶⁾。つまり内的要因と同時に、外的要因としての生活習慣が体型的な身体的成長にも影響を与えるもので、結果的には内的な骨形成にも影響を及ぼしているといえることができる。この両者の関係については、とくに成長が顕著に認められる青年期に考慮しなければならない重要な問題といえる²⁸⁾。

以上の観点から生体代謝と骨密度の関連性について分析する目的で、身体的成長と骨形成の関係について考察した。

今回の被験者は、年齢が20歳前後の成長発育過程にある男女の集団であり、個々の身体的成長に個体差が大きく、年齢と骨組成の間における関連性を認めることはできなかった。これは既存のデータからいわれるところの、身体的成長及び骨成長の充実期にあたる年代で被験者の個体差が大きいためということもあり、相関関係を位置付けるには非常に難しいといえるものである²⁰⁾²¹⁾。しかし、個々の形態的な数値と骨組成の間には、各所において有意な相関関係を確認することができた。これは身体的、形態的な成長と骨形成の充実が平衡して進行していることを示す資料といえるものであり、両者の関係についてはさらに追求する必要があると考えている。体型的な数値との関連性については、男女とも体重、%F及びBSAが骨塩量、骨密度、骨面積及び%骨密度に有意な相関関係 ($p < 0.05$)

が確認されている。これは、体実質と骨組成とが有意に関係するということである。つまり、身体的成長、発育が骨形成という内面的な組織の充実に大きく関連するという資料といえる。身長における関連性をみた場合、男子の骨塩量、骨密度及び骨面積と統計的に有意な相関関係 ($p < 0.05$) を認めることができるものの、%骨密度との関係については相関関係 ($r = 0.145$) を確認することはできなかった。この点については、年齢的に男子の伸長期に該当する時期であり、長育という方向に生体代謝がエネルギーを投入している時期で、骨塩量と骨面積の比が同尺度で進行していないということを伺うものであり、%骨密度という観点から骨形成について判断する年代にないというものである。したがって身長と%骨密度ということ考えれば、年齢的に不十分、不完全な状態にあるというものであった²¹⁾²⁸⁾。女子においては、身長と骨形成との関係は認められていない。これは、男女間の性差を示しているものといえる。つまり女子においては、長育がある程度完熟している時期に相当する年代で、男女間の成長発育の相違を示しているものといえる。したがって身長イコール体実質としての体重、インピ、水分量、%F及びBSA等との相関関係はないと考えられる²¹⁾。本データにおいても、身長と体実質との相関関係は確認されなかった。つぎに体実質として中核をなす筋肉構成であるが、筋肉の充実状況を示すところのインピは男子の%骨密度に統計的に有意な相関関係 ($r = -0.259$) が認められるが、骨塩量、骨密度及び骨面積には大きな相関関係が認められない。この資料が示す意味は、筋肉量の少ない者が%骨密度も少ないといえるものであり、同時に筋肉量が少ない者が骨形成の状況も悪いという資料といえる。またインピにおける傾向として、骨組成との関係は全体的にマイナスの傾向が確認できており、筋肉量が少ない者は骨形成の状況も悪いということが判断できる資料である²⁰⁾²¹⁾。これは、男子における%骨密度とインピの相関関係 ($r = -0.272$) と同様のケースといえる。%Fについては、男女とも骨面積以外の骨形成に有意な相関関係が確認されている。これは男女とも、体重と%Fとの間に統計的な相関関係が確認できていることから考えて、骨形成と体重及び%Fという身体の内実質と骨組成の関連は大きいということが出来る²⁰⁾²¹⁾。水分量は、男子においては全体的に骨形成と統計的に有意な相関関係が認められるものの、女子においては骨塩量には認められるが、その他については認められていない。本来、水分量は、体重との相関関係を位置付けるものであるが、女子においては水分量、体重と骨形成に関する相関の構図は必ずしも同一尺度で判断することはできない。つぎに心臓血管系機能として血圧との関係については、男女とも統計的な相関関係は確認できなかった。血圧は、測定時の状況、当日の体調等から不確定要素が大きいものであるが、生体代謝という観点から生体の調整状況の指針になるもので、成長、発育過程における循環器系機能の状況と細胞代謝ということから骨形成との関連性を考えたが、今回の資料から直接的に影響を与える因子は存在しないといえる。尿成分においては、男子では骨形成との相関関係はないが、女子において糖分の排出と骨塩量、骨密度及び%骨密度に統計的に有意な相関関係が確認されている。これは、女子にお

ける糖分が%F、水分量及びBSA等に影響を与える（相関係数： $r=0.544$ ， $r=0.812$ ， $r=0.912$ ）ものであり、形態的な充実と糖分量との関連が大きなものであるということが出来る。したがって、糖代謝を司る性ホルモンとの関連から糖分が、体型的な充実及び骨形成においても男子より大きな関与を与えるものと考え²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾²⁹⁾。血液成分であるHb及びLact.については、男子のHbが骨密度（ $r=0.259$ ）、女子が骨塩量（ $r=0.3234$ ）と統計的に有意な相関関係を示しているが、その他の骨組成についての相関関係は認められなかった。Hb量は、酸素の供給ということから考えた場合、細胞代謝を促進、活性化するうえで有効に働くものと考えている¹⁾¹²⁾²⁸⁾²⁹⁾。つまり酸素の供給が、骨細胞への代謝を亢進するというものである。

以上のことから、骨形成には身体の成長、発育過程における各種の因子及び背景を考慮して骨量の充実をはからなければならない。とくに外的要因、生活環境という背景から構成される、体実質の充実と骨組成の充実との関連性は非常に大きなものと判断することができる。つまり、体重を中心にした内実質の充実と骨形成は、平衡して進行し、成熟するものということができる。

V. 要 約

本研究は、成長完熟期にあたる男女大学生の身体的発育、成長と骨形成の関係について究明する目的で実験した。

その結果、以下のことが判明した。

1. 骨塩量については、男子が身長、体重、%F、水分量及びBSA、女子が体重、%F、水分量、BSA、糖分、ウロビリ及びHbと骨組成の間に相関性があることが認められた。（ $p<0.05$ ）
2. 骨密度については、男子が身長、体重、%F、BSA及び骨塩量、女子が体重、%F、水分量、BSA、脈圧、糖分及び骨塩量と骨組成の間に相関性があることが認められた。（ $p<0.05$ ）
3. 骨面積については、男子が身長、体重、水分量、BSA及び骨塩量、女子が体重、BSA及び骨塩量と骨組成の間に相関性があることが認められた。（ $p<0.05$ ）
4. %骨密度については、男子が体重、インピ、%F、水分量、BSA、骨塩量及び骨密度、女子が体重、%F、BSA、糖分、骨塩量及び骨密度と骨組成の間に相関性があることが認められた。（ $p<0.05$ ）
5. 以上のことから身体的成長と骨形成の関係は、主に体重、%F、水分量及びBSA等の内面的な充実が骨組成に影響を与えることが判明した。これは成長発育期に伴う身体的充実が、骨形成の充実にも同様の影響力を呈するというものである。

参考文献

- 1) Astrand P. O., et al.: Textbook of Work Physiology, Mcgraw-Hill, 295-518, 1970
- 2) 相原英孝 大森正英 尾庭きよ子 竹中晃子 田村明 長村洋一 田澤義則: 生化学入門, 90-95, 東京教学社, 10, 1, 1997
- 3) E, E, CONN, P, K, STUMPF, G, BRUENIXG, R, H, DOL (民宮信雄 八木達彦 訳): 生化学142-182 5版, 3, 1, 1988
- 4) 顧天爵: 生物化学, 314-329, 人民衛生出版社, 10, 1994
- 5) 稲岡秀興: 女性の骨代謝と栄養, 臨床スポーツ医学, Vol. 17, No. 10, pp.1181-1189, 2000
- 6) Jacob F., Monod J.: Genetic Regulatory Mechanism in the Synthesis of Proteins, L. Mol. Biol., 3, 318, 1961
- 7) Wolff, J.: Das Gesetz der Transformation der Knochen, A Hirschwald, Berlin, pp. 70-75, 1982
- 8) 大塚信昭他: 運動と骨塩量, 39, 体力科学, Vol47, No1, 1998
- 9) 大平猪一郎他: 東南アジア地域の伝統的発酵食品より分離した乳酸菌のタンパク分解性と芳香生産性, 食品の研究, 39-4, pp115-121, 1990
- 10) 大平猪一郎: 東南アジア地域の伝統的発酵食品における分離した乳酸菌の分布とその生化学的性質, 食品の研究, 41-3, pp87-98, 1992
- 11) 小川和朗 齊藤多久馬 永田哲士 安田健次郎: 組織学, 20-27, 朝倉書店, 1, 20, 1996
- 12) 垣田敏宏他: 骨形成に関する研究-大学生期における運動習慣と骨密度の関係-, 日本体育学会岡山支部会, 12., pp. 70-75, 2000
- 13) 川上雅之他: 乳酸菌製剤 (OM-X) の摂取が骨組成に及ぼす影響, 倉敷芸術科学大学紀要, 4. pp. 70-75, 1998
- 14) 川上雅之他: ヘルスサイエンス, 不味堂出版, pp. 70-75, 1994
- 15) 厚生省保健医療局健康増進栄養課: 第6次改定日本人の栄養摂取量-食事摂取基準-, 第一出版, pp. 70-75, 1999
- 16) 川上雅之他: ヒューマンサイエンス, 不味堂出版, pp. 70-75, 1998
- 17) 川上雅之他: トレーニングサイエンス, 13-21, 90-101, 不味堂, 1996
- 18) Campbell P. N.: The Biosynthesis of proteins, Progr. Biophys. mol. Biol. 15, 3, 1965
- 19) 北川淳他: 高齢者における生活様式と骨密度の関係, 629, 体力科学, Vol44, No 6, 1995
- 20) 小泉明他: 医学統計・数値表, 36-39, 106-128, 日本評論社, 1981
- 21) 佐藤方彦他: 人間工学基準数値数式便覧, 3-50, 54-61, 245-253, 技報堂出版, 1994
- 22) 西村千尋: 女子大生にライフスタイルと骨密度の関係, 7417, 体力科学, Vol45, No 6, 1997
- 23) 藤田拓男他: 骨の測定, 23-37, 西村書店, 1990
- 24) 三浦義彰訳: 基礎生化学, 54-310, 東京化学同人, 1970
- 25) 宮地幸隆他: からだの科学-ホルモナー-, 日本評論社, No. 163, pp. 70-75, 2000
- 26) 永田瑞穂他: 成人女性の骨密度に及ぼす加齢と生活習慣の影響, 837, 体力科学, Vol46, No 6, 1996
- 27) Novelli G. D.: Amino Acid activation for Protein Syntheses, Ann. Rev. Biochem., 36-2, 449, 1967
- 28) 渡 伸三: 医学要点双書, 組織学, 63-68, 金芳堂, 2, 1, 1985
- 29) 湯浅精二: 生物科学概論, 94-120, 裳華房, 1986

On the Study about a Bone Formation

–About a possibility that living body metabolism give a bone formation–

Masayuki KAWAKAMI, Jing wei CUI, Wen dusu, Bao suo, Naohiko ARAKI,

Kouji INOKIHARA, Masashi OKAMOTO and Takashi MASTUBARA

College of Liberal Arts and Science for International Studies,

Kurashiki University of Science and the Arts

**Graduate School of Humanities and Sciences*

2640 Nishinoura Tsurajima-cho, Kurashiki-shi Okayama 712-8505, Japan

***Nippon Seitai Association*

3-17 Minamimatsunaga, Fukuyama 729-0105, Japan

(Received September 28, 2001)

This study experimented with a purpose that we investigate about a relation of a body situation and bone formation of male and female university students whom there is in process can body-life growth.

The major results obtained are as follows :

1. About a bone salt quantity, there was a correlation between the bone composition and body weight, height, percent fat, water quantity, and a body surface area for both subjects respectively. And also, there was a correlation between the bone composition and the amount of sugar, urobilinogen in the urine, and the amount of blood hemoglobin for the female subjects, respectively. ($p < 0.05$)
2. About a bone density, there was a correlation between the bone composition and body weight, height, percent fat, bone salt quantity, and a body surface area for male subjects respectively. And also, there was a correlation between the bone composition and these items that body weight, water quantity, percent fat, bone salt quantity, pulse pressure, the amount of sugar in the urine, and a body surface area for female subjects respectively. ($p < 0.05$)
3. About a bone area, there was a correlation between the bone composition and body weight, height, water quantity, bone salt quantity, and a body surface area for male subjects respectively. And also, there was a correlation between the bone composition and body weight, bone salt quantity, and a body surface area for female subjects respectively. ($p < 0.05$)
4. About a percent bone mineral density, there was a correlation between the bone composition and these items that the body weight, impedance, percent fat, water quantity, bone salt quantity, and a body surface area for male subjects respectively. And also, there was a correlation between the bone composition and these items that body weight, percent fat, bone salt quantity,

bone area, the amount of sugar in the urine, and a body surface area for female subjects respectively. ($p < 0.05$)

5. For relation of a bone formation and body growth of adolescence period, substantial body condition such as weight, percent fat, water quantity, and BSA gives an influence to a bone composition. Increasing substantial bone formation depends on the body characteristics with the above-mentioned. Finding what are the specific factors in the body growth for a bone formation should be important factor in the composing of bone.