

大学生男子運動選手の骨代謝マーカー
—柔道選手とハンドボール選手との比較—

Bone Metabolic Markers in Collegiate Male Athletes:
Findings in Judoists and Handball Players.

松本高明*, 岩原文彦**, 吉田久士***
内藤祐子****, 斉藤仁*****, 山内直人****

Takaaki MATSUMOTO *, Fumihiko IWAHARA **, Hisashi YOSIDA ***
Yuko NAITO ****, Hitoshi SAITO ***** and Naoto YAMAUCHI ****

ABSTRACT

We pointed out that the differences of the bone metabolism between judo and swimming existed.¹⁾ They were reflected in some bone metabolic markers. Especially, We advocated that Judoist' bone metabolism is hyper and bone mineral density is high.²⁾ In this study, we investigated the bone metabolic system status of 31 male volunteer collegiate athletes, who were actively pursuing judo(JU) or handball(HB). The following parameters were evaluated: total bone mineral density(TBMD), total bone mineral content(TBMC); bone-forming metabolic markers, serum bone alkaline phosphatase(B-ALP) contents; serum bone gla-protein(BGP) levels; bone resorption markers, urinary pyridinoline(Pyd) and deoxypyridinoline(Dpd) levels and urinary calcium(Ca-U) levels. We found that the TBMD and TBMC in JU athletes were significantly higher($p<0.001$) than HB athletes, but none of the bone metabolic markers indicated significant difference. We thus conclude that differences in bone density and content are in part due to the demands of the specific sports between judo and handball but they were not necessarily reflected in bone metabolic markers.

Key wards; bone mineral density, bone metabolic markers, judo, handball.

はじめに

スポーツ選手は、一般に運動習慣のない者に比べ骨密度が高いことが知られている。その理由として骨に対する運動によるメカニカルストレスがあげられている。³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾一方で、水泳や長距離走選手では骨密度がさほど高くなく、水泳では水中運

動という重力からの免荷が、長距離走ではストレスによるホルモン分泌の変化が運動選手にもかわらず骨密度が高値を示さない原因としてあげられている。⁷⁾⁸⁾一般に、体重と全身の骨密度とは相関を示す⁹⁾が、これら水泳や長距離走選手は、体重と骨量とが相関せず、特異な骨代謝を形成している可能性が指摘されている。¹⁾¹⁰⁾¹¹⁾このような特

* 国土館大学体育学部スポーツ医学研究室 (Lab. Of Sports medicine, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

** 日本体育大学大学院 (Graduate school, Nippon Sport Science University)

*** 国土館大学体育学部ハンドボール研究室 (Lab. Of Handball, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

**** 国土館大学体育学部運動生化学研究室 (Lab. Of Biochemistry of exercise, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

***** 国土館大学体育学部柔道研究室 (Lab. Of Judo, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

異なる骨代謝を示す可能性を持つ種目間で比較すると、骨代謝マーカーの一部も骨密度同様に種目によって有意差を示し、種目間での骨代謝の相違を一部反映していると考えられる。今回われわれは、種目は異なるものの、骨に重力負荷が加わり、上肢から下肢、体幹まで全身をくまなく動かす柔道とハンドボールの選手に対して、骨密度と骨代謝マーカーを測定することによって運動様式と骨代謝の関係に関してさらに検討を加えることを目的とした。

対象並びに方法

全日本級の選手を輩出し、かつ全日本学生選手権で常に上位となる単一の大学運動部に所属する男子で、柔道選手11名、ハンドボール選手20名を対象とした。この研究に参加したものには、研究に対する十分な説明を行い全員から承諾を得た。対象は、おのおの測定前1ヶ月以内に食事制限はしていず、糖尿病、腎障害、甲状腺疾患の既往はない。

全例とも、尿検査で蛋白、糖、潜血は全て陰性、血液検査正常で貧血を認めず、生化学検査でも腎機能、肝機能異常は認めなかった。

骨密度は、全身骨密度 (TBMD) をDEXA法にてNorland社製XR26を用いて測定した。測定時刻は朝10時から午後3時までの間に行った。この測定と同時に、全身骨塩量 (TBMC)、体脂肪量 (FTM)、除脂肪体重 (LBM) を測定し、体重 (B.W.) をTBMCとFTMならびにLBMを加えることにより算出した。

骨形成マーカーである血清オステオカルシン (BGP) はTakara社製の、血清骨型アルカリフォスファターゼ (B-ALP) はMetra社製のキットを用いて酵素抗体法により測定した。採血は朝8時から9時までの間に正中肘静脈から行い、採血後2時間静置し3000回転で5分間遠心分離したのち上清を-80℃で凍結保存したものを血清として用いた。

骨吸収マーカーである尿中ピリジノリン (Pyd)、デオキシピリジノリン (Dpd) は日立社製液クロマトグラフィーをもちい測定した。検体は測定まで加水分解後精製し-80℃にて凍結して保存した。尿は早朝2番尿の中間尿を用いた¹⁾。Pyd、Dpd値は、日内変動があり、補正のためクレアチニンを用いた。尿中クレアチニンは、Jaffe法にてWako社製のキットを用いて測定した。また、尿中カルシウムもWako社製キットで測定した。

測定によって得られた値は、平均値±標準偏差であらわし、群間の差はt検定を用い、相関分析では相関係数を求めp値を算出した。これら計算には、パーソナルコンピューターソフトAbacus Concepts, StatView. (Abacus Concepts, Inc, Berkeley, CA, 1996) をもちいた。

結 果

全身骨密度、全身骨塩量ともに、JUがHBに比べ有意に高い値を示した。また、JUがHBにくらべ体重、除脂肪体重、では有意に高い値を示したものの、体脂肪量では差は認めなかった。(表1)

骨代謝マーカーの測定結果を表2に示す。表2

表1 身体組成と骨量

	Judo(n=11)	Handball(n=20)	P
Body weight(kg)	86.9±16.1	74.4±4.7	<0.01
Lean body mass(g)	67424.8±10420.5	58595.2±3567.6	<0.001
Total fat mass(g)	15434.5±6487.7	12240±2990	N.S.
Total bone mineral content(g)	4041.4±394.6	3607.7±381	<0.001
Total bone mineral density(g/cm ²)	1.35±0.08	1.17±0.07	<0.001

(MEAN±SD)

に示されているように、骨形成マーカーであるB-ALP、BGP、骨吸収マーカーであるPyd、Dpdは全てJUとHBで有意差を示さなかった。また、尿中のPyd、Dpdを補正するために用いる尿中のクレアチニン値の差は2群の間で認められず、尿中のカルシウム量も差を認めなかった。

骨密度、骨塩量と身体組成との相関を検討するため、また、骨密度、骨塩量と骨代謝マーカーとの相関を検討するためにそれぞれ2因子間での相関係数とその確率を求めた表を示す。(表3) JU、HB群ともに、TBMD、TBMCとも体重、除脂肪体重と相関を示すものの、体脂肪量とは相関を示

表2 骨代謝マーカーと尿中カルシウム、尿中クレアチニン

	B-ALP(U/L)	BGP(ng/ml)	Pyd(pmol/ μ mol·Cre)	Dpd(pmol/ μ mol·Cre)	Ca-U(mg/dl)	Cre-U(mg/dl)
Judo	29.9 \pm 8.1	4.7 \pm 1.7	34.8 \pm 8.7	6.4 \pm 1.8	11.9 \pm 6.5	234.0 \pm 72.2
Handball	29.8 \pm 6	7.2 \pm 3	40.9 \pm 7.1	6.8 \pm 70.1	10.2 \pm 5.9	241.1 \pm 70.1

MEAN \pm S.D.

表3 骨量・骨代謝マーカー間の相関

柔道			ハンドボール		
	相関係数	p		相関係数	p
<u>TBMD, BW</u>	0.67	0.005	<u>TBMD, BW</u>	0.58	0.008
<u>TBMD, LBM</u>	0.68	0.001	<u>TBMD, LBM</u>	0.48	0.03
TBMD, FTM	0.55	NS	TBMD, FTM	0.33	NS
<u>TBMD, TBMC</u>	0.82	<0.0001	<u>TBMD, TBMC</u>	0.73	0.0002
TBMD, B-ALP	0.14	NS	<u>TBMD, B-ALP</u>	-0.58	0.008
TBMD, BGP	-0.38	NS	TBMD, BGP	-0.2	NS
TBMD, Pyd	0.03	NS	TBMD, Pyd	-0.25	NS
TBMD, Dpd	-0.03	NS	TBMD, Dpd	-4.3	NS
<u>TBMD, Ca-U</u>	-0.63	0.03	TBMD, Ca-U	0.14	NS
<u>TBMC, BW</u>	0.73	<0.0001	<u>TBMC, BW</u>	0.8	<0.0001
<u>TBMC, LBM</u>	0.79	<0.0001	<u>TBMC, LBM</u>	0.83	<0.0001
TBMC, FTM	0.5	NS	TBMC, FTM	0.14	NS
TBMC, B-ALP	0.08	NS	TBMC, B-ALP	-0.33	NS
TBMC, BGP	-0.15	NS	TBMC, BGP	0.15	NS
TBMC, Pyd	-0.18	NS	TBMC, Pyd	0.05	NS
TBMC, Dpd	-0.18	NS	TBMC, Dpd	-0.09	NS
TBMC, Ca-U	-0.44	NS	TBMC, Ca-U	0.14	NS
<u>B-ALP, BGP</u>	0.63	0.03	<u>B-ALP, BGP</u>	0.56	0.01
B-ALP, Pyd	0.33	NS	B-ALP, Pyd	0.36	NS
B-ALP, Dpd	0.22	NS	<u>B-ALP, Dpd</u>	0.59	0.006
B-ALP, Ca-U	-0.25	NS	B-ALP, Ca-U	0.09	NS
BGP, Pyd	0.33	NS	BGP, Pyd	0.18	NS
BGP, Dpd	0.34	NS	BGP, Dpd	0.3	NS
BGP, Ca-U	0.16	NS	BGP, Ca-U	-0.04	NS
<u>Pyd, Dpd</u>	0.95	<0.0001	<u>Pyd, Dpd</u>	0.89	<0.001
Pyd, Ca-U	0.05	NS	Pyd, Ca-U	-0.28	NS
Dpd, Ca-U	0.16	NS	Dpd, Ca-U	-0.18	NS

さなかった。また、両者とも骨密度よりも骨塩量のほうが体重、除脂肪体重とより強い相関を示した。(図1、図2) TBMDと骨代謝マーカとの関係では、HBが、TBMDとB-ALPの間で有意な負の相関を認めたが、(図3) JUでは相関を認めず、TBMDとBGP、Pyd、Dpdとの間ではJU、HB群ともに相関を認めなかった。また、TBMDとCa-Uとの関係は、JUで有意な負の相関を示したものの、HDでは差が認められなかった。TBMCと骨代謝マーカ、尿中カルシウムとの関係では、

JU、HB群ともに相関を示したものはなかった。骨代謝マーカ間の相関では、尿中Pyd、Dpdはどちらも骨コラーゲン由来であり、JU、HB群ともに有意な強い相関を示した。ともに骨形成マーカであるB-ALP、BGPは、JU、HB群ともに有意な正の相関を示した。(図4) 骨形成マーカと骨吸収マーカの相関では、HB群にのみ、B-ALP、Dpdとの間で有意な正の相関が認められた。(図5) 骨代謝マーカと尿中カルシウムの間では相関は認められなかった。

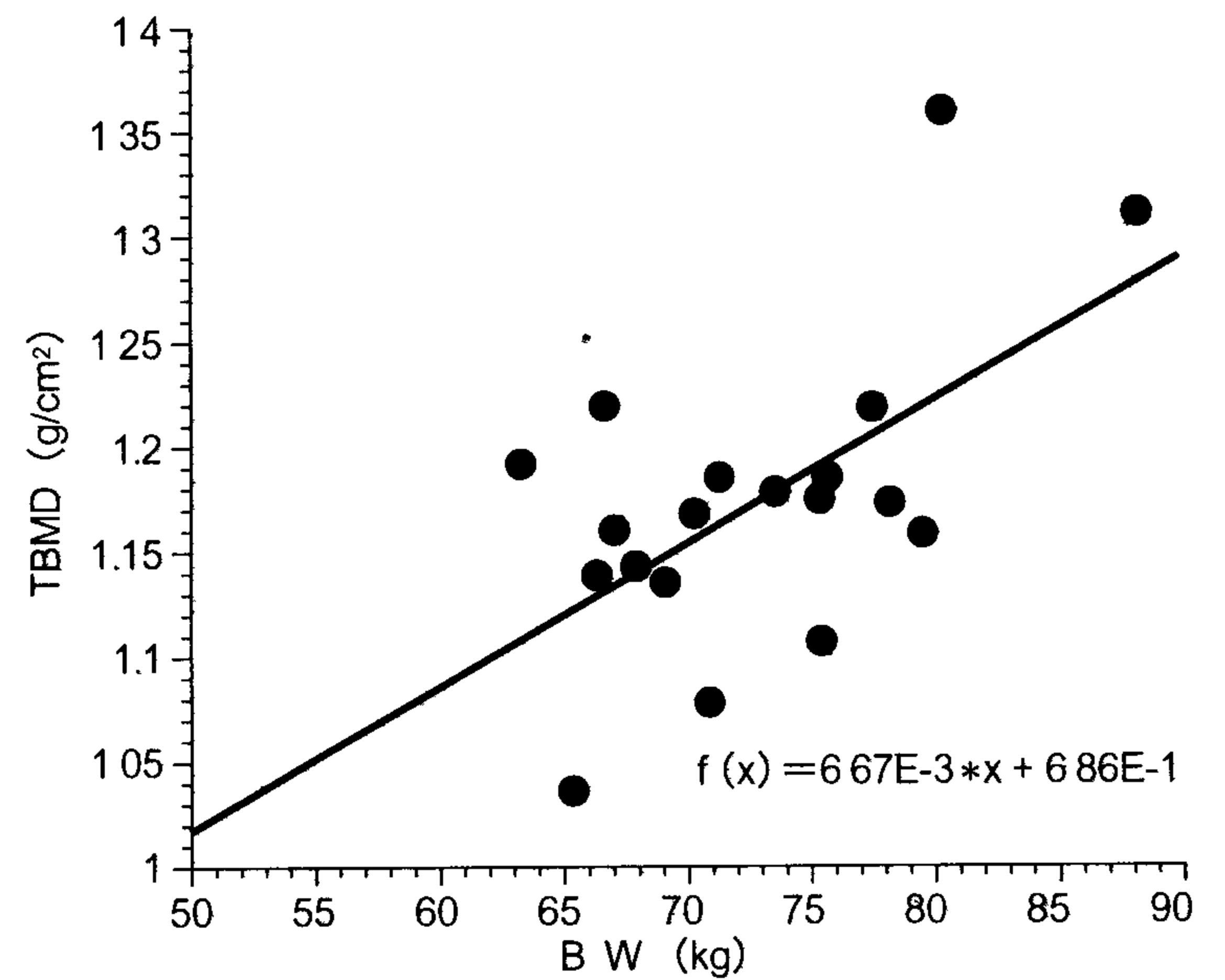
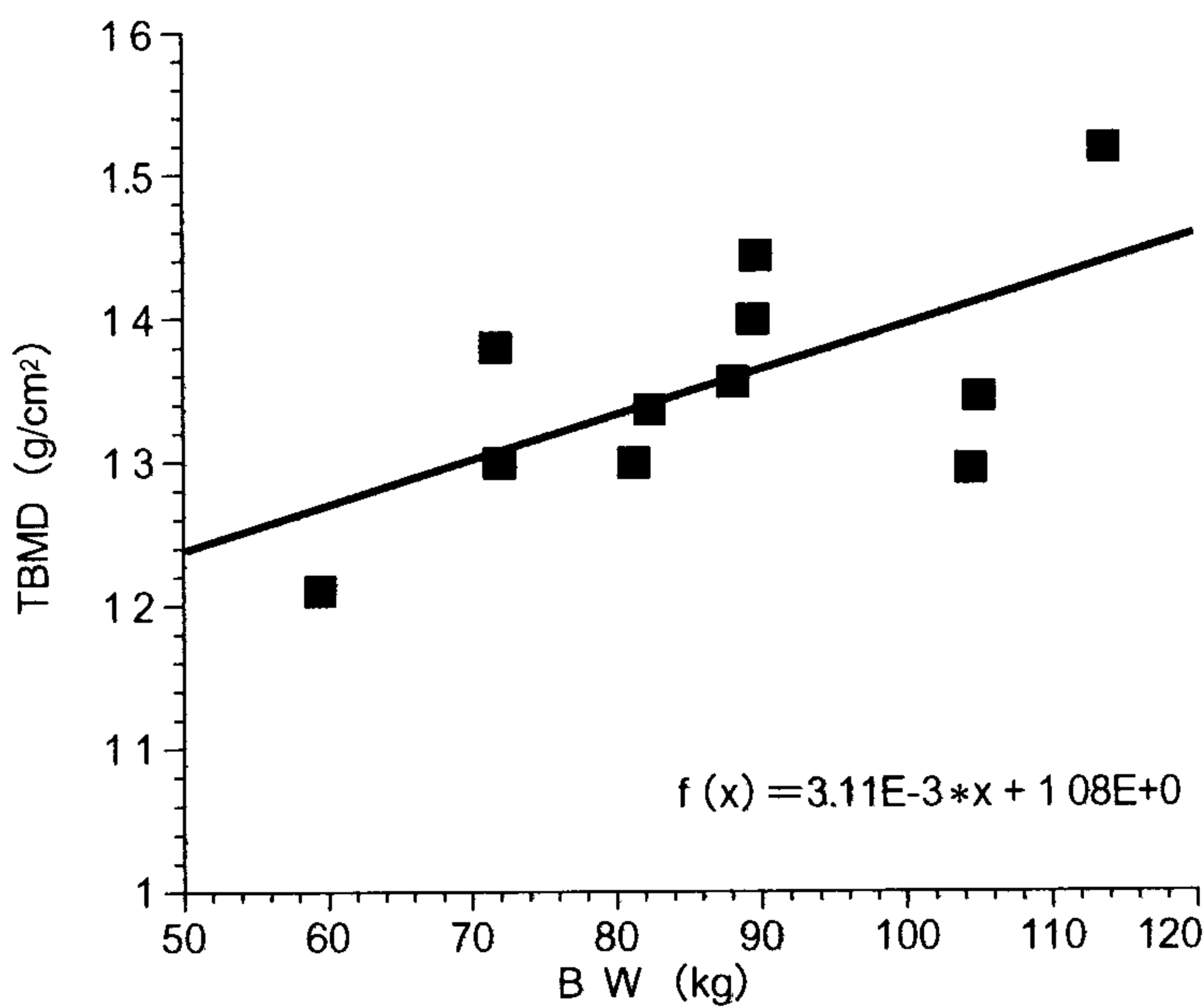


図1 全身骨密度と体重との関係 ■JU ●HB

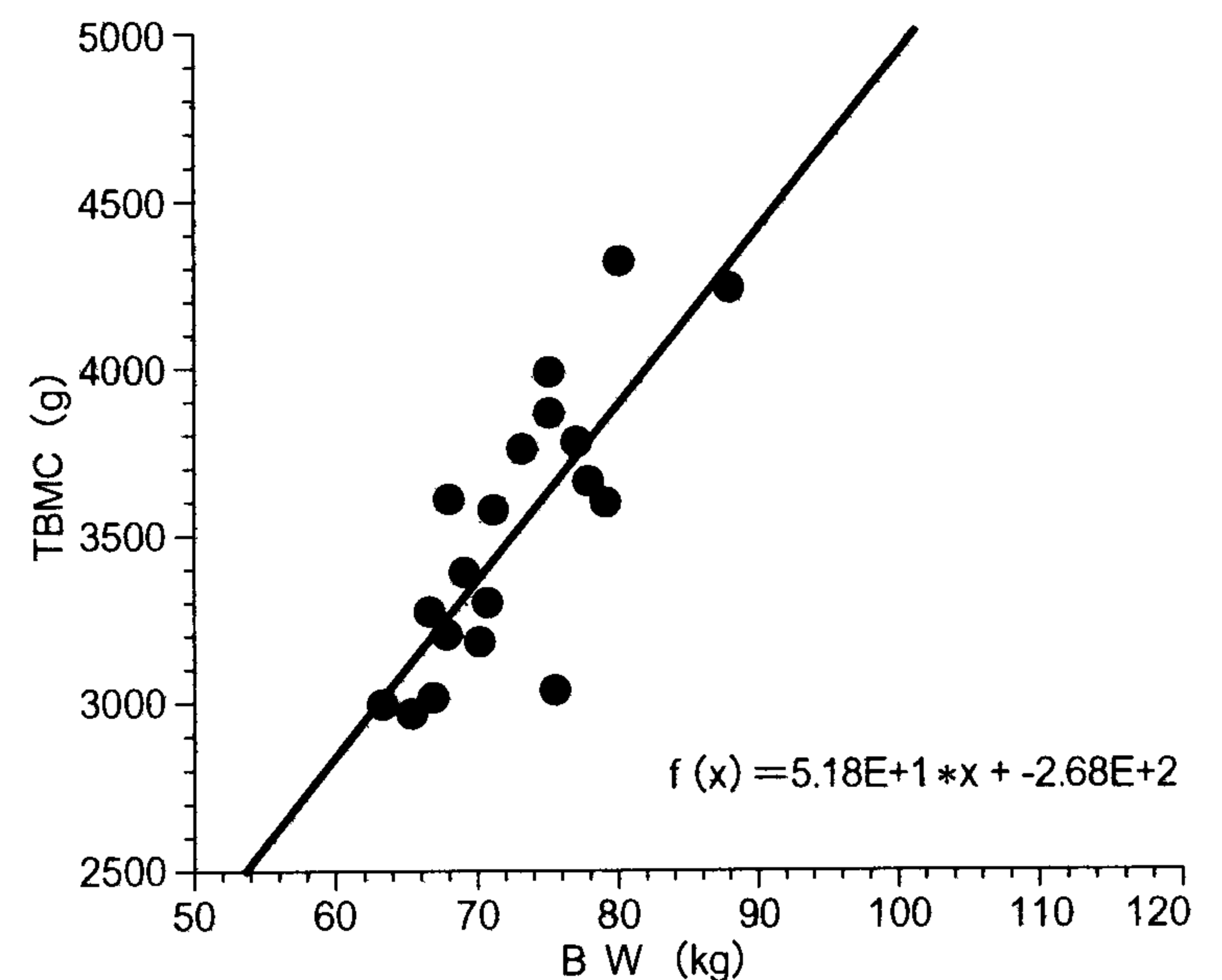
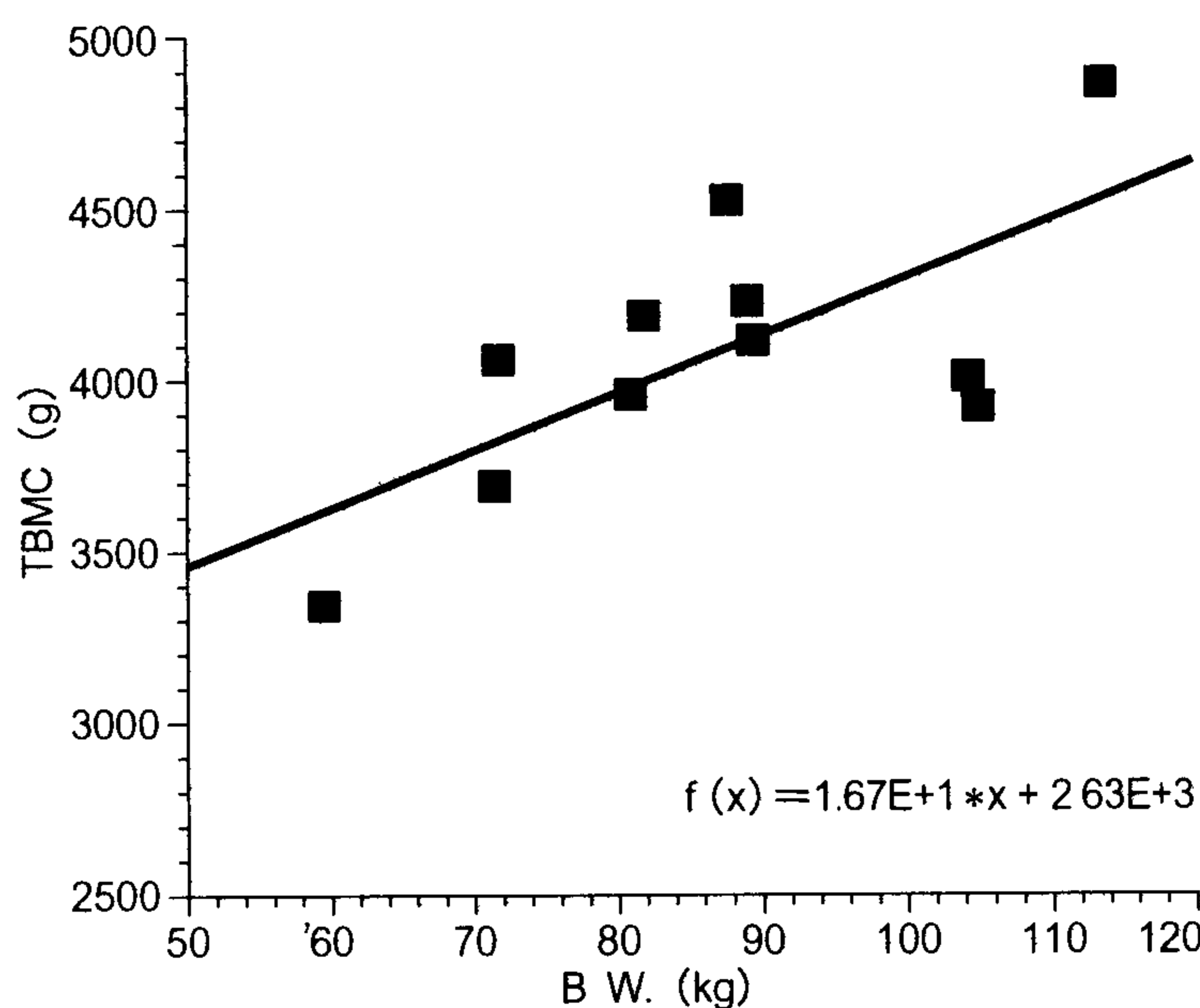


図2 全身骨塩量と体重との関係 ■JU ●HB

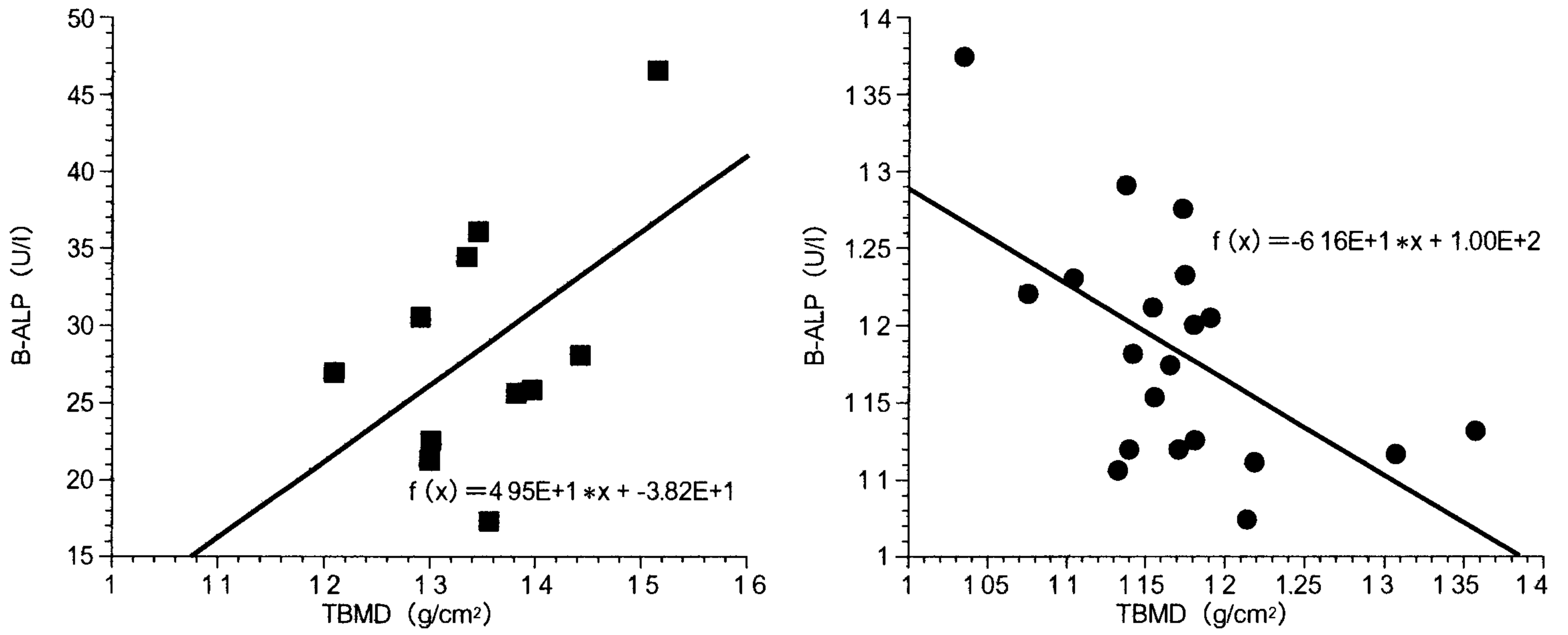


図3 全身骨密度とB-ALPとの関係 ■JU ●HB

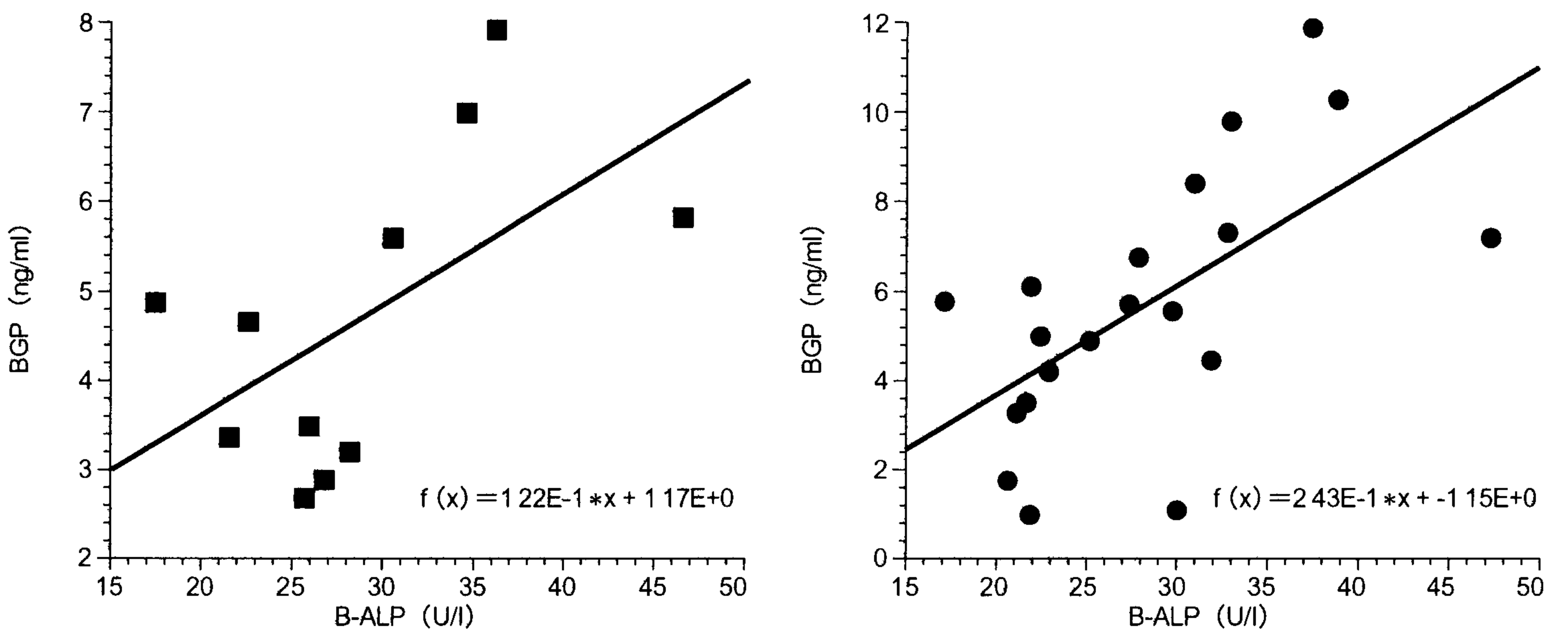


図4 B-ALPとBGPとの関係 ■JU ●HB

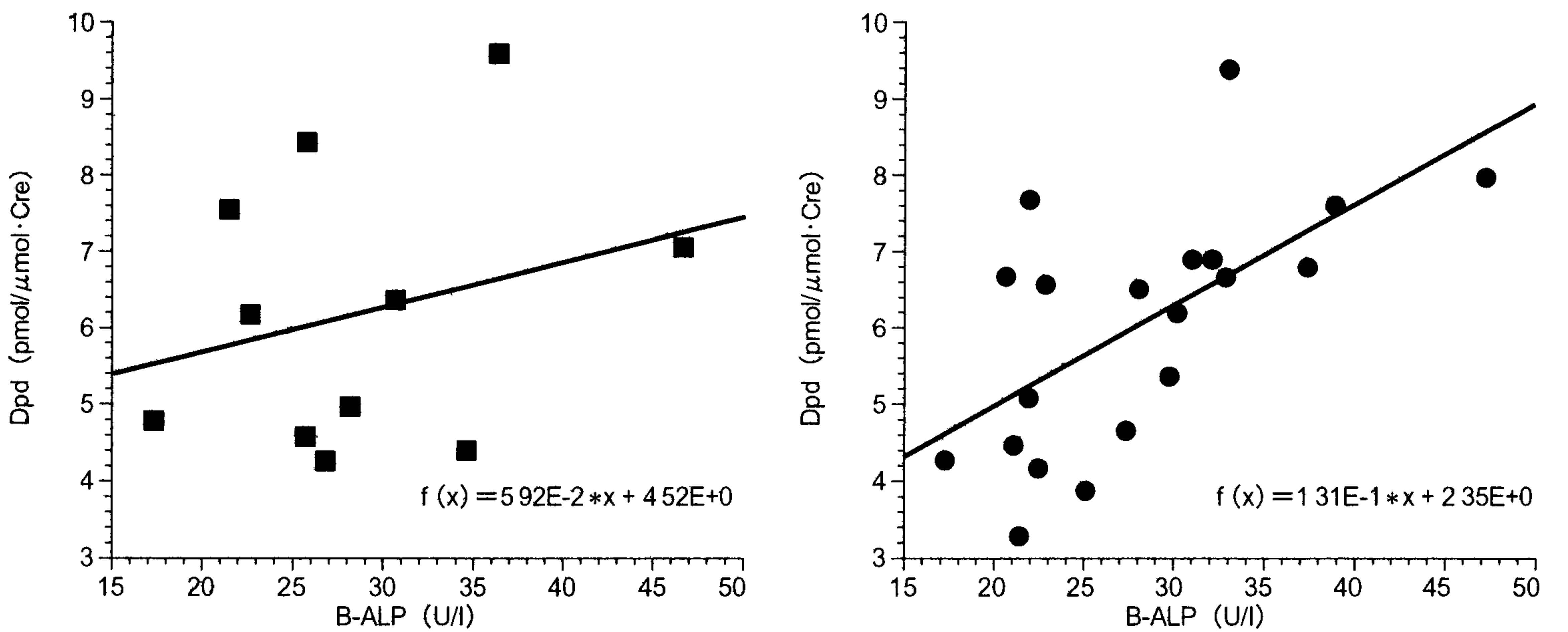


図5 B-ALPとDpdとの関係 ■JU ●HB

考 察

骨に重力負荷がかかる種目は骨量が多く、体重や除脂肪体重との相関が示されており、^{9) 12)} 今回も従来と同様の結果を示した。しかしながら、図1、図2の回帰直線の傾きやY切片の値から、体重より予測される骨密度は柔道選手のほうがハンドボール選手より高値を示すことがわかる。体重が骨に対するメカニカルストレスを与え骨形成に関与するとき、スポーツ種目による運動の内容の違いによって骨に異なった重力を介した刺激を与えるため骨量に差が生じていると思われる。

骨代謝マーカーと骨量との関係では、今回は、どの骨代謝マーカーの平均値もJU群とHB群との間で差を示さなかった。骨代謝マーカーがスポーツ種目の特性を一部反映し、種目により骨代謝マーカーの平均値に差を生じていると筆者らは以前報告した。¹⁾ すなわち、競泳選手と柔道選手の間で、また駅伝選手と柔道選手の間で非常に鋭敏な骨代謝マーカーであるPyd、Dpdの平均値に有意差を認め、有意差はなかったもののPICPでも同様の傾向を認めた。このときの駅伝選手群の骨密度は $0.99 \pm 0.01 \text{g/cm}^2$ 、競泳選手群の骨密度は $1.03 \pm 0.03 \text{g/cm}^2$ とかなり低くまた、競泳選手群、駅伝選手群ともに骨密度が体重と相関していなかった。このことから、骨代謝マーカーの種目間の差は、骨密度の差が著しいか、もしくは、骨代謝動態が異なる群の間でのみ認められる可能性が示唆された。

骨量や骨代謝マーカー、尿中カルシウムとの関係を見ると、B-ALPとBGPがJU群、HB群両者とも正の相関を示した、B-ALPとBGPは骨形成マーカーであり、骨形成が盛んになれば両者が相関して高くなることは何ら矛盾しない。今回の対象は両群とも骨量はまだpeak bone massに達しておらず、骨形成の途上にあり両者とも正の有意な相関を示していると推測できる。しかしながら、HB群ではTBMDとB-ALPが負の有意な相関を示した。B-ALPは、骨形成の活性の指標であるが、測

定を行った時点で骨密度が低いものはまさに今後骨形成が行われようとしているためB-ALPの活性が高く、骨形成がこれから盛んになってゆくのかもしれないが、その解釈はさらにさまざまなスポーツ様式での検討や、これら症例の経時的な経過を追わなければならず明確ではない。また、JU群では、TBMDとCa-Uが負の有意な相関を示した。一般に副甲状腺機能亢進症などの内科的な疾患がなければ血清カルシウムは変動しないが、長期臥床により尿中のカルシウム濃度は亢進することが知られている。JU群では、骨代謝が亢進しており、骨内へのカルシウムを貯蔵するため、骨吸収が抑制され、尿中へのカルシウムの排出が制限されてこのような結果となった可能性がある。また、HB群のみで、B-ALPとDpdに相関が見られた。この解釈も、さらにさまざまなスポーツ様式での骨代謝マーカーや骨代謝関連ホルモンなどの検討や、これら症例の経時的な経過を追わなければならない。いずれにしても、JU群とHB群では体重や除脂肪体重とTBMDが相関し、重力や筋の活動が骨代謝に影響を示しているものの、その運動様式に差があるため、骨代謝にも差を生じていることが示唆された。しかしながら、骨密度の差が認められても、骨に重力負荷や筋による作用を全身に生じるという運動様式を持つJU群と、HB群の間では骨代謝マーカーの平均値の差は認められなかった。

ま と め

男子大学生柔道選手とハンドボール選手の骨量と骨代謝マーカーについて検討した。柔道選手群とハンドボール選手群とは、体格の差、骨量の差を認めた。骨量の差は種目による差を反映するものと考えられた。また、骨量と骨代謝マーカーとの関係から 柔道群とハンドボール群とでは骨代謝胴体が異なることが推測されたが、骨代謝マーカーの平均値には差が認められなかった。

引用・参考文献

- 1) Matsumoto T, Nakagawa S, Nishida S, Hirota R: Bone Density and Bone Metabolic Markers in Active Collegiate Athletes: Findings in Long-distance Runners, Judoists, and Swimmers. *Int. J. sports Med.* **18**:408-412,1997.
- 2) 松本高明：青年期スポーツ選手の骨密度—種目間の相違—臨床スポーツ医学, **15** : 727-731,1998
- 3) Huddleston AL, Rockwell D, Kulund DN, Harrison B: Bone mass in lifetime tennis athletes. *JAMA* **244**: 1107-1109, 1980.
- 4) Smith EL, Raddan W, Smith PE: Physical activity and calcium modalities for bone mineral increase in aged women. *Med.Sci.Sports Exerc.*, **13**: 60-64, 1981.
- 5) Williams JA, Wagner J, Richard Wasnivh, L. Heilbrun: The effect of long-distance running upon appendicular bone mineral content. *Med.Sci.Sports Med.***16**: 223-227, 1984.
- 6) Peterson SE, Raymond G, Gilligan C, Checovich MM, Smith EL: Muscular strength and bone density with weight training in middle-aged women. *Med.Sci.Sports Exerc* **23**: 499-504, 1991.
- 7) 松本高明、岩原文彦：競泳選手の骨量と骨代謝. 国士舘大学体育研究所報, **16** : 1-6, 1997.
- 8) 鳥居俊、松本高明、福井尚志、中嶋寛之、度曾公治、増島 篤、林 泰史：スポーツ選手における骨塩定量の意義—障害発生危険性を予知するため—。臨床スポーツ医学, **9** : 710-713, 1992.
- 9) Doyle F, Brown J, LaChance C: Relation between bone mass and muscle weight. *Lancet*: 391-393, 1970.
- 10) Avolonitou E., Georgiou E., Douskas G., Louizi A.: Estimation of body composition in competitive swimmers by means of three different techniques. *Int. J. sports Med.* **19**: 363-368,1997.
- 11) Orwoll E. S., Ferar J., Oviatt S. K., McClung M. E., Huntington K.: The relationship of swimming exercise to bone mass in men and women. *Arch. Intern. Med.* **149** : 2197-2200,1989.
- 12) Hughes VA, Frontera WR, Dallal GE, Lutz KJ, Fisher EC, Evans WE: Muscle strength and body composition: associations with bone density in older subjects. *Med. Sci. Sports Med.* **27**: 967-974, 1995.