

男性大学生柔道選手の骨代謝マーカー

Bone Metabolic Markers in Collegiate Male Judoists.

松 本 高 明*, 岩 原 文 彦**, 内 藤 祐 子***
斎 藤 仁****, 山 内 直 人****, 田 中 力****

Takaaki MATSUMOTO *, Fumihiko IWAHARA **, Yuko NAITO ***
Hitoshi SAITO ****, Naoto YAMAUCHI **** and Chikara TANAKA****

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 15 male volunteer collegiate athletes, who were actively pursuing judo(JU) . The following parameters were evaluated: total bone mineral density(TBMD), bone-forming metabolic markers, serum procollagen type 1 c-peptide(P1CP) content; serum bone gla-protein(BGP) levels; bone resorption markers, urinary pyridinoline(Pyd) and deoxypyridinoline(Dpd) levels, and male sex hormonal substances, dehydroepiandrosteron surfate(DHEA-S) and testosterone contents. We found that between the TBMD and Pyd , Dpd in JU athletes were significantly correlated, but none of the other metabolic markers indicated correlation each other. We thus conclude that the relationship between TBMD and bone metabolic markers and male sex hormones is in part due to the demands of the specific markers.

Key words; bone mineral density, bone metabolic markers, judo,

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、激しいトレーニングを日常行っている競泳や長距離走選手では骨密度がさほど高くなく、その理由として水泳では水中運動という、重力から免荷されつづけるこ

とが、また、長距離走では視床下部にもたらされるストレスによりホルモン分泌が崩れることがその原因として指摘されてきている。^{7) 8)} 運動選手か否かにかかわらず一般に、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⁾ このような特異な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

* 国土舘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)

*** 国土舘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)

**** 国土舘大学体育学部柔道研究室 (Lab. of judo. Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

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。¹⁾ しかしながら、骨代謝マーカー相互の関連や骨密度と骨代謝マーカーとの関連からスポーツ選手の骨代謝に関し論じた報告は少なく、今回われわれは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し、骨密度も高く骨代謝も亢進していると考えられる柔道選手に対して、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の柔道選手15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、おのこの測定前1ヶ月以内に食事制限はしておらず、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DXA法にてNorland社製XR26を用いて測定した。測定は朝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プロコラーゲンタイプ1 Cペプチド (P1CP)、血清オステオカルシン (BGP) はTakara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。¹⁾ 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。Pyd, Dpd値は、日内変動があるため、補正のためクレアチニンを用いたものと補正を行わないものを用いた。尿中クレアチニンは、Jaffé法にてWako社製のキットを用いて測定した。測定によって得られた値は、平均値±標準偏差であらわし、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ソフトAbacus Concepts, StatView. (Abacus Concepts, Inc, Berkeley, CA, 1996) をもちいた。

結 果

対象のDXA法による測定結果を表1に示す。いずれの選手も、血清カルシウム、リン、アルカリフォスファターゼは正常範囲内であり、病的な骨代謝状態にあるとは考えにくかった。また、血清コルチゾール、DHEA、テストステロンも正常範囲内であった。コルチゾールはストレスにより上昇し、また副腎皮質の機能障害によっても高値もしくは低値を示すが、これら選手はそのような状態にないと推測される。また、DHEAやテストステロンは年齢によって変動することが報告されているが、いずれも成人の正常範囲内の値を示した。骨密度の平均値は1.2mg/cm²を超えており、従来の報告のように高い値を示している。^{1) 2)} 骨吸収マーカーの尿中PYD, Dpdは従来報告の見られるクレアチニンで補正した値では、成人の正常値 (表2) にほぼ集約されるが、全体的に高い値を示している。補正した尿中クレアチニンの正常値は一日尿量中1から2gであることから、通常よりも高い値を示していることがわかる。骨形成マーカーであるBGP, P1CPはともに全例とも正常範囲内の値を示した。骨密度と骨代謝マーカーとの相関係数を表3に示す。骨密度と相関を示したのはクレアチニンで補正しないPYD, Dpdだけであり、他の骨代謝マーカーとは相関を示さず、ま

表1 骨密度と骨代謝マーカー

	TBMD (g/cm ²)	TBMC (g)	Pyd (pmol)	Dpd (pmol)	Pyd (pmol/ μ mol・Cre)	Dpd (pmol/ μ mol・Cre)	BGP (ng/ml)
a	1.21	3397	5324.26	769.45	23.35	3.37	1.14
b	1.29	4014	8723.27	1550.34	35.04	6.23	1.49
c	1.29	3668	8638.71	1413.72	33.47	5.48	1.06
d	1.29	4001	6940.87	1387.32	30.06	6.01	3.01
e	1.37	3565	6771.75	1344.09	34.12	6.77	4.07
f	1.03	2564	4074.74	754.6	25.3	4.68	0.37
g	1.23	3331	4773.71	1307.68	22.58	6.19	1.56
h	1.3	3849	10473.209	1708.96	39.82	6.5	1.12
I	1.17	3335	4700.93	786.5	21.64	3.62	3.86
j	1.14	3161	5315.804	1376.32	23	5.96	0.68
k	1.23	3589	9268.23	1617.99	25.08	4.38	2.82
l	1.2	3240	4827.02	871.31	19.71	3.56	4.56
m	1.14	3270	3668.39	1354.32	32.57	1.2	4.68
n	1.26	3383	4056.77	1049.73	18.39	4.76	4.11
MEAN	1.23	3454.79	6254.12	1235.17	27.44	5.68	2.47
SD	0.09	376.25	2219.8	327.29	6.62	2.16	1.56

	PICP (ng/ml)	Cre (mg/dl)	Ca (mg/dl)	ALP (U/L)	コルチゾール (μ g/dl)	DHEA-S (ng/dl)	teststeron (ng/dl)
a	237.29	257.9	8.9	154	10.1	144	8.2
b	428.09	281.6	9.7	259	11.3	188	5.5
c	289.91	292	8.8	208	14.8	233	6
d	195.59	261.2	9.6	169	14.9	166	6.8
e	403.36	224.5	9.1	173	10.9	171	4.1
f	482.34	182.2	9	108	13.6	358	7.3
g	208.14	239.1	9.1	162	14.2	363	9.4
h	205.56	297.5	9	250	10.7	194	7.6
I	274.57	245.7	9	118	13.8	168	9.2
j	235.08	261.4	8.6	167	12	327	5.8
k	163.48	418	8.6	138	14.3	174	8.1
l	306.3	277	9.2	176	11.9	365	8.5
m	438.79	127.4	8.5	289	13.1	77	5.9
n	190.25	249.5	9	198	12.2	245	6.8
MEAN	289.91	258.21	9.01	183.5	12.7	226.64	7.09
SD	110.32	64.31	0.34	52.7	1.61	92.07	1.53

表2 骨代謝マーカーの正常値

BGP (ng/ml)	P I C P (ng/ml)	P Y D (pmol/mol・Cr)	D p d (pmol/mol・Cr)
3.5から13.7	155から763	17.7から41.9	2.2から6.1

(今日の臨床検査より筆者作成)¹²⁾

表3 骨密度と骨代謝マーカーとの相関

	P Y D (補正なし)	P Y D (補正)	D p d (補正なし)	D p d (補正)	B G P	P I C P
r	0.64	0.47	0.54	0.01	0.17	-0.31
P	<0.01	N.S.	<0.05	N.S.	N.S.	N.S.

たクレアチニンで補正したPYD, Dpdは骨密度と相関を示さなかった。骨代謝マーカー間では同じタイプ1コラーゲン由来のPYD, Dpdが当然のことながら強い相関を示したが、その他のマーカー間での相関は認めなかった。また、骨代謝マーカーとホルモン、骨密度とホルモンの間での相関も認めなかった。

考 察

柔道という運動様式は骨に対して与えるメカニカルストレスが激しいことが予測され、そのため骨密度も高いことが予測される。そのためわれわれは、多種目にわたるスポーツ選手の骨密度を測定し、柔道選手の骨密度がどの種目よりも高いことを報告してきた。^{1) 2)} また、柔道選手は骨代謝が亢進しており、同時に骨密度が高いため、骨吸収と骨形成のバランスは骨密度が増加する形成側に傾いていることを指摘してきた。¹⁾ このように柔道は、骨代謝が亢進している高骨代謝回転型の群と捉えることができるため、柔道選手群の骨密度と骨代謝マーカーの関係を検討した。骨代謝マーカーの中のBGPは、骨芽細胞から産生される蛋白で骨芽細胞の機能を反映しているといわれる。骨成長の著しい年代は骨芽細胞の機能が活発なため、血清中のBGPは上昇するが、その時期を過ぎると成人値に近づく。今回の対象は大学生であり、値も成人の標準値に納まっていた。そのため、もう大学生になると、BGPの増加はなく、運動種目によって骨量が増加していてもBGPの増加としてまで、骨代謝が変化していないことが推測できる。また、おなじ骨形成マーカーであるP1CPは、骨芽細胞から産生されるI型コラーゲンの産生能を反映しているといわれている。このマーカーも成人の標準値内の値を示しており、BGPと同様、骨密度が高値を示してもその骨代謝を反映するようなP1CPの上昇を見ることはできなかった。また、骨密度とこれらマーカーとの相関を見たが相関は得られなかった。ただ、本研究はある個人の骨密

度の変動とその変動に伴う骨代謝マーカーの変化を見ているわけではないので、骨密度の変動に連動して骨代謝マーカーが変動する可能性については今後さらに研究を進めて行く必要があると考えられる。骨吸収マーカーは、PYDが軟骨を含んだ骨組織由来の物質、Dpdが骨組織由来の物質で、食事にも影響されない鋭敏な骨代謝マーカーとして評価されていて、従来のヒドロキシプロリンなどのマーカーは骨選択性にかけるなどの理由から測定されなくなりつつある。ただ、このPYDは、日内変動があるため、その尿中に存在するクレアチニンで除し、その変動を補正した値で表現される。しかしながら、運動選手の場合には、必ずしも安静にしているわけではないため、クレアチニンで補正する妥当性に乏しいと考えられる。そのため、今回われわれはクレアチニンで補正しないPYD, Dpdの値も検討した。ただ、補正しない場合には日内変動などで値のばらつきが大きいためこの補正していない値の正常値は明らかになっていない。しかし、今回の補正したPYD, Dpdの値は正常範囲の上限に近いところを示していて、除した値のクレアチニン値が通常よりも大きいことを考えると、生のPYD, Dpdの値は正常上限よりも大きい可能性がある。PYD, Dpdは、以前骨代謝を一部反映する鋭敏な骨代謝マーカーの可能性のあることを報告¹⁾したが、今回、クレアチニンで補正しない値と骨密度との相関係数が、クレアチニンで補正した値と骨密度との相関係数よりも大きい値を示し、PYD, Dpdの生の値がより強く骨密度と相関することが明らかとなった。骨代謝は、女性の場合は女性ホルモンであるエストロゲンが大きく関与することから、今回、男性ホルモンである、DHEA, テストステロンを測定した。しかしながら、両者とも正常範囲内でかつ骨密度や骨代謝マーカーとはまったく相関関係になく、また、ストレス状態を一部反映するとされるコルチゾールも正常範囲内であり、柔道選手の場合には骨密度の変化は、ホルモンの影響より、メカニカルストレスなどの要因に左右されやすいのでは

ないかと考えられた。

ま と め

男子大学生柔道選手の骨代謝は亢進しており、その代謝を反映するマーカーとしてPYD, Dpdを測定することが有用である。また、骨代謝を検討する際、クレアチニンで補正しないPYD, Dpdの値についてさらに検討していくことが必要であると考えられる。

尚本研究は、平成12年度国土舘大学体育研究所助成金によって行われた。

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. 国土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) 河合 忠、水島 裕：今日の臨床検査. 269-276, 1999.