

高校ラグビー選手を対象とした 身体組成および骨指標の検討

小林 唯

【要旨】

本研究は、高校ラグビー選手の身体的特徴を明らかにすることである。高校男子ラグビー部員89名を対象として、身体組成測定と超音波骨密度測定を行い、ポジション、学年ごとに身体組成と骨指標の比較を行った。さらに、超音波骨密度測定で得られた骨の密度と弾性力の指標とされる超音波速度（speed of sound : SOS）、骨の緻密性を反映し骨質を表すとされる広帯域超音波減衰係数（broadband ultrasound attenuation : BUA）、さらにBUAとSOSを変換して両者を平均化した値であるStiffnessの3つの骨指標と身体組成の関連を検討した。その結果、体格指標（身長、体重、体脂肪量、筋肉量、除脂肪量、骨格筋量、BMI、体脂肪率）については、すべての項目においてフォワード（FW）がバックス（BK）より有意に高い値であり、体格には明らかなポジション特性があることが認められた。体脂肪量と体脂肪率は、骨密度を表すとされるSOSとStiffnessとそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。高校年代の選手において体脂肪は骨密度と関連があることが示された。

【キーワード】

ラグビー 高校 身体組成 ポジション 骨密度測定

緒言

ラグビーは、ポジションによってゲーム中の役割に大きな違いがある競技である。15人制ラグビーのポジションは、フォワード（FW）とバックス（BK）に大別され、前者はボールを奪取することが、後者は得点を奪うことがそれぞれ重要な役割とされる。したがって、ポジションにおいて求められる体格が異なる。これらのポジション別の体格差についてシニアの選手では、身長、体重、体脂肪においてはいずれもFWがBKより有意に高い値を示すことが報告されている¹⁾。また、ラグビー選手を対象としたメタアナリシス²⁾においても、同様の傾向が記されている。日本人の大学ラグビー選手を対象とした報告でも、身長と体重の平均はFWがBKより高い値を示している³⁾。しかしながら、ラグビー選手を対象とした研究において、成長期の選手を検討したものは限られている。一方、成長期は骨の成長も著しい時期である。身長の伸びが最大となるPHV（Peak Height Velocity）を過ぎてから、骨密度は急増する⁴⁾ことが指摘されており、日本人の思春期男子生徒の骨量を縦断的に検討した研究では、骨量の増加量は中学生が多いが、高校生では増加が緩やかになり、高校3年生になると最大骨量と同程度の骨量を獲得すると述べられ

ている⁵⁾。成長期の選手において体格と骨指標を検討し、それらの関係を明らかにすることは重要であると考ええる。

そこで、本研究では成長期のラグビー選手の身体的特徴を明らかにするために、高校ラグビー選手を対象として身体組成および骨指標について検討を行うこととした。

方法

1. 対象者

対象者は、高校ラグビー部に所属する男子選手107名とした。本研究で対象とした高校のラグビー部は、全国大会常連校であり年代でトップの競技レベルであった。研究の趣旨を説明の上、同意を得て実施し、個人情報保護や倫理的配慮には細心の注意を払って行われた。研究の同意が得られ、すべての測定項目が実施できた89名（1年生38名、2年生24名、3年生27名）を分析の対象とした。対象者のポジションは、BK46名、FW43名であった。尚、本研究は國學院大學ヒト研究等及びヒト由来資料研究等に関する倫理委員会の審査を受け、「ヒト研究R04第12号」として承認を受けたものである。

2. 骨密度

骨密度は、超音波法（A-1000 EXP II、GEヘルスケア社製）を用いて、踵骨の超音波速度（speed of sound : SOS, m/sec）、広帯域超音波減衰係数（broadband ultrasound attenuation : BUA, dB/MHz）を測定した。SOSは、単位時間当たりの超音波伝播距離（m/sec）であり、超音波は骨量の多い骨や弾性の低い硬い骨ではより速い伝播速度を示す⁶⁾。このことから骨の密度と弾性力の指標とされる。また、超音波はある密度をもった物質を透過する際には、吸収されることによりその振幅が減少する。BUAは、音が踵骨を通過する際に失うエネルギー量であり、減衰が1 MHzの周波数変化でどの程度変化するか数値化したものであるため、骨量が多く骨梁構造が密であるほど、また高周波の超音波ほど散乱による減衰が顕著である⁶⁻⁸⁾。ゆえにBUAの値が高いほど骨が緻密であることを示すため、骨質を表す指標と考えられている。また、これらSOSとBUAから算出されるStiffnessは、若年成人が100%、骨粗鬆症患者が60%となるようにSOSとBUAを変換して両者を平均した値であり、下記の式で算出される⁸⁾。Stiffnessが高いほど骨の強度が高いことを示し、同一の素材であれば骨密度が高いほど骨強度は高いことから、Stiffnessが高いことは骨密度が高いことを示す。

$$\text{Stiffness} = 0.667 \times \text{BUA (dB / MHz)} + 0.278 \times \text{SOS (m / s)} - 417$$

本研究においては、SOS、BUA、Stiffnessを骨密度の指標として用いた。

3. 身体計測

身体計測は身長計測および身体組成の測定を行った。身体組成は、3電極式多周波インピーダ

ンス法（InBody470、株式会社バイオスペース社製）で測定し、体重、体脂肪量、筋肉量、骨格筋量の値を得た。尚、本研究において筋肉量は、除脂肪量からミネラル量を引いて得られた値を示す。また、Body Mass Index（BMI）は、次の方法で算出した。

$$\text{BMI}(\text{kg}/\text{m}^2) = \text{体重}(\text{kg}) / [\text{身長}(\text{m})]^2$$

4. 統計処理

統計手法は、得られたデータの各変数の正規性をShapiro-Wilk検定を用いて評価した上で決定した。正規分布の変数は平均値±標準偏差、非正規分布の変数は中央値と四分位範囲で示した。ポジション差の平均値の比較について、正規分布の変数はLeveneの等分散性の検定（F検定）を行い、すべて等分散性が仮定できたため、対応のないt検定を用いた。また、非正規分布の変数はMann-WhitneyのU検定を用いた。相関については、正規分布の変数はPearsonの積率相関係数、非正規分布の変数はSpearmanの順位相関係数を用いた。各指標について、ポジション間で異なるか検討するために、正規分布の変数は二要因分散分析を行い、有意な主効果がみられた場合は多重比較検定を行った。非正規分布の変数はMann-WhitneyのU検定とKruskal-Wallis検定を用いて検討を行った。統計解析にはIBM SPSS Statistics ver. 25（日本アイ・ビー・エム株式会社）を用い、統計学的有意水準は、両側検定ですべて5%未満とした。

結果

1. ポジション別の対象者特性

対象者特性を表1に示す。対象者のポジションは、BK46名、FW43名であり、両群間の学年に統計的な有意差はなかった。身長はFW（173.8 ± 5.3 cm）が、BK（170.9 ± 5.9 cm）に比べ有意に高い値であった（ $p = 0.016$ ）。体重はFW（86.1 ± 11.5 kg）が、BK（68.6 ± 8.1 kg）に比べ有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。体脂肪量の平均はFW（21.8 ± 7.5 kg）が、BK（11.2 ± 3.2 kg）に比べ有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。筋肉量の平均はFW（60.7 ± 5.5 kg）が、BK（54.3 ± 6.1 kg）に比べ有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。除脂肪量の平均はFW（64.3 ± 5.9 kg）が、BK（57.4 ± 6.4 kg）に比べ有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。骨格筋量の平均はFW（36.7 ± 5.5 kg）が、BK（32.7 ± 3.8 kg）に比べ有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。BMIの平均はFW（28.5 ± 3.4 kg/m²）が、BK（23.5 ± 1.9 kg/m²）に比べ有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。体脂肪率の平均はFW（24.8 ± 5.7 %）が、BK（16.2 ± 3.7 %）に比べ有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。基礎代謝量の平均はFW（1759 ± 126 kcal）が、BK（1610 ± 139 kcal）に比べ有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。また、体重、体脂肪量、筋肉量、除脂肪量、骨格筋量、BMI、体脂肪率、基礎代謝量においては効果量がそれぞれ、1.77、1.82、1.10、1.12、1.11、1.82、1.78と高い値であり、体重、筋肉量、除脂肪量、骨格筋量の指標においては、学年が進むにつれて効果量の値は小さくなった。

二要因分散分析の結果を表2に示す。交互作用はいずれの指標においても認められなかった。身長とBMIは学年にのみ有意な主効果が認められ、多重比較検定の結果、高校3年生が高校1年生に比べて有意に高かった。体重は学年とポジションともに有意な主効果が認められ、BKに比べてFWの方が有意に高く、多重比較検定の結果、学年では高校1年生に比べて、2年生、3年生の方が有意に高かった。体脂肪量と体脂肪率はポジションのみに有意な主効果が認められ、BKに比べてFWの方が有意に高かった。筋肉量、除脂肪量、骨格筋量、基礎代謝量は、学年とポジションともに有意な主効果が認められ、BKに比べてFWの方が有意に高く、多重比較検定の結果、学年ではすべての学年間で有意な差が確認され、学年が上がるにつれて高い値となった。骨指標については、すべての指標において学年とポジションともに有意な主効果は認められなかった。

表1 対象者特性

		全体 (n=89)		BK (n=46)		FW (n=43)		t	p	ES
		M	SD	M	SD	M	SD			
身長	(cm)	172.3	5.8	170.9	5.9	173.8	5.3	2.45*	‡	0.016
体重	(kg)	77.1	13.2	68.6	8.1	86.1	11.5	8.36**	‡	<0.001
体脂肪量	(kg)	16.3	7.8	11.2	3.2	21.8	7.5	8.56**	‡	<0.001
筋肉量	(kg)	57.4	6.6	54.3	6.1	60.7	5.5	5.21**	‡	<0.001
除脂肪量	(kg)	60.7	7.0	57.4	6.4	64.3	5.9	5.26**	‡	<0.001
骨格筋量	(kg)	34.7	4.2	32.7	3.8	36.7	3.5	5.21**	‡	<0.001
BMI ^(a)	(kg/m ²)	25.9	3.7	23.5	1.9	28.5	3.4	8.59**	‡	<0.001
体脂肪率	(%)	20.4	6.4	16.2	3.7	24.8	5.7	8.39**	‡	<0.001
SOS	(m/s)	1628.0	37.6	1634.0	38.0	1621.0	36.0	1.60	‡	0.112
BUA	(dB/MHz)	129.0	[121~137]	128.0	[123~137]	131.0	[119~138]	§		0.680
Stiffness		121.6	15.7	123.48	15.38	119.60	16.06	1.16	‡	0.248
基礎代謝量	(kcal)	1682	152	1610	139	1759	126	5.26**	‡	<0.001
高1		全体 (n=38)		BK (n=22)		FW (n=16)		t	p	ES
		M	SD	M	SD	M	SD			
身長	(cm)	170.1	5.6	168.8	5.4	171.9	5.6	1.76	‡	0.087
体重	(kg)	71.6	12.9	64.2	6.6	81.7	12.6	5.07**	‡	<0.001
体脂肪量	(kg)	14.9	8.2	10.4	3.3	21.1	8.8	4.67**	‡	<0.001
筋肉量	(kg)	53.5	5.6	50.9	4.6	57.1	4.9	4.00**	‡	<0.001
除脂肪量	(kg)	56.7	6.0	53.9	4.9	60.6	5.3	4.03**	‡	<0.001
骨格筋量	(kg)	32.2	3.5	30.6	2.8	34.4	3.1	4.02**	‡	<0.001
BMI ^(a)	(kg/m ²)	24.7	3.7	22.5	1.7	27.6	3.7	5.04**	‡	<0.001
体脂肪率	(%)	19.7	7.1	15.9	4.3	25.0	7.0	4.62**	‡	<0.001
基礎代謝量	(kcal)	1594	129	1534	105	1678	114	4.03**	‡	<0.001
高2		全体 (n=24)		BK (n=14)		FW (n=10)		t	p	ES
		M	SD	M	SD	M	SD			
身長	(cm)	172.9	6.2	172.1	6.1	174.0	6.5	0.76	‡	0.463
体重	(kg)	78.3	12.1	71.0	6.1	88.4	11.2	4.91**	‡	<0.001
体脂肪量	(kg)	16.7	7.3	11.8	2.4	23.5	6.2	6.51**	‡	<0.001
筋肉量	(kg)	58.2	5.9	60.0	4.8	61.2	6.1	2.36*	‡	0.028
除脂肪量	(kg)	61.6	6.3	59.3	5.0	64.9	6.6	2.37*	‡	0.027
骨格筋量	(kg)	35.2	3.7	33.8	3.0	37.1	3.8	2.35*	‡	0.028
BMI ^(a)	(kg/m ²)	26.1	3.2	24.0	1.2	29.1	2.8	6.24**	‡	<0.001
体脂肪率	(%)	20.6	5.9	16.5	2.7	26.3	4.1	7.03**	‡	<0.001
基礎代謝量	(kcal)	1701	136	1650	109	1772	142	2.38*	‡	0.026
高3		全体 (n=27)		BK (n=10)		FW (n=17)		t	p	ES
		M	SD	M	SD	M	SD			
身長	(cm)	174.7	4.5	173.7	5.5	175.4	3.9	0.92	‡	0.366
体重	(kg)	83.8	11.5	75.0	8.5	89.0	9.8	3.77**	‡	<0.001
体脂肪量	(kg)	18.1	7.6	12.3	3.7	21.5	7.2	4.35**	‡	<0.001
筋肉量	(kg)	62.1	5.3	59.3	6.6	63.7	3.6	1.96	‡	0.073
除脂肪量	(kg)	65.7	5.6	62.7	7.0	67.5	3.8	2.00**	‡	<0.001
骨格筋量	(kg)	37.7	3.3	35.9	4.2	38.7	2.3	2.00	‡	0.067
BMI ^(a)	(kg/m ²)	27.4	3.5	24.8	2.2	29.0	3.3	3.54**	‡	0.002
体脂肪率	(%)	21.0	5.9	16.3	3.8	23.7	5.3	3.89**	‡	<0.001
基礎代謝量	(kcal)	1789	121	1724	151	1827	82	2.00	‡	0.068

平均±標準偏差もしくは中央値[25~75パーセンタイル]

SD：標準偏差，ES：効果量

^(a)Body Mass Index

‡対応のない t 検定，§Mann-Whitney の U 検定

両側検定 *：p<0.05，**：p<0.01

表2 二要因分散分析と多重比較検定の結果

身長	分散分析			多重比較検定
	df	F	p	
ポジション	1	3.53	0.064	1年<3年
学年	2	4.71	0.012	
ポジション×学年	2	0.17	0.841	
誤差	83	(29.47)		
体脂肪量	分散分析			多重比較検定
	df	F	p	
ポジション	1	68.79	<0.001	1年<2年<3年
学年	2	0.83	0.44	
ポジション×学年	2	0.32	0.728	
誤差	83	(33.44)		
除脂肪量	分散分析			多重比較検定
	df	F	p	
ポジション	1	24.06	<0.001	1年<2年<3年
学年	2	17.48	<0.001	
ポジション×学年	2	0.24	0.787	
誤差	83	(27.82)		
BMI	分散分析			多重比較検定
	df	F	p	
ポジション	1	67.73	<0.001	1年<3年
学年	2	4.37	0.016	
ポジション×学年	2	0.29	0.747	
誤差	83	(6.95)		
基礎代謝量	分散分析			多重比較検定
	df	F	p	
ポジション	1	24.06	<0.001	1年<2年<3年
学年	2	17.54	<0.001	
ポジション×学年	2	0.24	0.785	
誤差	83	(12966.32)		

体重	分散分析			多重比較検定
	df	F	p	
ポジション	1	63.93	<0.001	1年<2年, 3年
学年	2	8.13	<0.001	
ポジション×学年	2	0.31	0.74	
誤差	83	(85.26)		
筋肉量	分散分析			多重比較検定
	df	F	p	
ポジション	1	23.54	<0.001	1年<2年<3年
学年	2	17.8	<0.001	
ポジション×学年	2	0.25	0.78	
誤差	83	(24.50)		
骨格筋量	分散分析			多重比較検定
	df	F	p	
ポジション	1	23.84	<0.001	1年<2年<3年
学年	2	18.75	<0.001	
ポジション×学年	2	0.22	0.806	
誤差	83	(9.60)		
体脂肪率	分散分析			多重比較検定
	df	F	p	
ポジション	1	67.65	<0.001	
学年	2	0.53	0.593	
ポジション×学年	2	0.41	0.664	
誤差	83	(23.24)		

括弧内の数値は平均平方誤差を示す

2. 骨指標（Stiffness・SOS・BUA）と各体格因子の相関関係

（1）ポジション別

ポジション別にみた骨指標と各因子の関係を表3に示す。全例においてはSOSと、体重（ $r = -0.223$, $p < 0.05$ ）、体脂肪量（ $r = -0.220$, $p < 0.05$ ）、体脂肪率（ $r = -0.216$, $p < 0.05$ ）にそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。ポジション別にみると、BKにおいてSOSと体脂肪量（ $r = -0.318$, $p < 0.05$ ）に有意な負の相関関係が認められた。Stiffness、BUAはいずれの項目においても有意な関係が認められなかった。

（2）学年別

学年別にみた骨指標と各因子の関係を表4に示す。高校1年生においてはStiffnessと、身長（ $r = -0.338$, $p < 0.05$ ）、体脂肪量（ $r = -0.408$, $p < 0.05$ ）、体脂肪率（ $r = -0.413$, $p < 0.01$ ）にそれぞれ有意な負の相関関係が認められ、SOSと身長（ $r = -0.410$, $p < 0.05$ ）、体重（ $r = -0.477$, $p < 0.01$ ）、体脂肪量（ $r = -0.361$, $p < 0.05$ ）、筋肉量（ $r = -0.529$, $p < 0.01$ ）、除脂肪量（ $r = -0.530$, $p < 0.01$ ）、骨格筋量（ $r = -0.527$, $p < 0.01$ ）、BMI（ $r = -0.385$, $p < 0.05$ ）、基礎代謝量（ $r = -0.529$, $p < 0.01$ ）に負の相関関係が認められた。高校3年生においては、BUAと身長（ $r = -0.400$, $p < 0.05$ ）に有意な負の相関関係が認められた。

0.05) で有意な負の相関関係が認められた。高校2年生では、いずれの骨指標についても有意な関係が認められなかった。

表3 ポジション別にみた骨指標（Stiffness・SOS・BUA）と各因子の関係

		全例 (n=89)			BK (n=46)			FW (n=43)		
		Stiffness	SOS	BUA	Stiffness	SOS	BUA	Stiffness	SOS	BUA
		<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>
身長	(cm)	-0.179	-0.200	-0.143	-0.135	-0.286	0.009	-0.175	-0.077	-0.269
体重	(kg)	-0.144	-0.223*	0.041	-0.21	-0.286	-0.009	0.007	-0.046	0.029
体脂肪量	(kg)	-0.119	-0.220*	0.118	-0.211	-0.318*	0.025	0.020	-0.08	0.146
筋肉量	(kg)	-0.136	-0.172	-0.048	-0.159	-0.200	-0.07	-0.005	0.018	-0.111
除脂肪量	(kg)	-0.138	-0.174	-0.048	-0.159	-0.202	-0.068	-0.011	0.013	-0.113
骨格筋量	(kg)	-0.131	-0.166	-0.040	-0.161	-0.196	-0.075	0.009	0.027	-0.078
BMI ^(a)	(kg/m ²)	-0.091	-0.180	0.115	-0.185	-0.219	-0.036	0.096	-0.012	0.186
体脂肪率	(%)	-0.105	-0.216*	0.153	-0.153	-0.251	0.035	0.051	-0.067	0.191
基礎代謝量	(kcal)	-0.137	-0.173	-0.049	-0.157	-0.200	-0.068	-0.011	0.013	-0.116

^(a) Body Mass Index

両側検定 *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

表4 学年別にみた骨指標（Stiffness・SOS・BUA）と各因子の関係

		高1 (n=38)			高2 (n=24)			高3 (n=27)		
		Stiffness	SOS	BUA	Stiffness	SOS	BUA	Stiffness	SOS	BUA
		<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>
身長	(cm)	-0.338*	-0.410*	-0.153	0.011	-0.076	0.128	-0.215	-0.065	-0.400*
体重	(kg)	-0.299	-0.477**	0.106	0.019	-0.017	0.147	-0.128	-0.133	0.047
体脂肪量	(kg)	-0.172	-0.361*	0.243	-0.085	-0.100	-0.017	-0.088	-0.151	0.128
筋肉量	(kg)	-0.410*	-0.529**	-0.057	0.140	0.085	0.171	-0.136	-0.064	-0.037
除脂肪量	(kg)	-0.408*	-0.53**	-0.052	0.136	0.083	0.164	-0.142	-0.068	-0.046
骨格筋量	(kg)	-0.413**	-0.527**	-0.057	0.136	0.080	0.154	-0.112	-0.043	-0.040
BMI ^(a)	(kg/m ²)	-0.206	-0.385*	0.194	0.022	0.023	0.104	-0.052	-0.120	0.269
体脂肪率	(%)	-0.098	-0.295	0.289	-0.129	-0.149	-0.032	-0.095	-0.171	0.173
基礎代謝量	(kcal)	-0.407*	-0.529**	0.052	0.138	0.085	0.164	-0.142	-0.069	-0.054

^(a) Body Mass Index

両側検定 *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

考察

本研究では、高校ラグビー選手の身体的特徴を明らかにすることを目的とし、身体組成および骨指標について横断的に検討を行った。本研究の対象は、BK46名、FW43名であり、体格指標（身長、体重、体脂肪量、筋肉量、除脂肪量、骨格筋量、BMI、体脂肪率）について、FWがBKより有意に高い値となり、かつ効果量も高かったことから、高校ラグビー選手の体型は、ポジションにより明らかに異なることが示された。競技レベルが高くなるほど運動量や運動強度は大きくなると考えられ、日々の練習やトレーニングによりこれらポジション別の体格差はより大きくなると予想される。本研究の対象チームは年代でトップの競技レベルであるために、明らかな差が確認された可能性もあり、競技レベルが高くない選手や競技歴が浅い選手ではポジションによる体格差がここまで大きく広がらない可能性も考えられる。一方で、体重、筋肉量、除脂肪

量、骨格筋量の指標において、FWとBKでは有意な差はあるものの学年が進むにつれて効果量の値が小さくなった。これらは、筋肉の量を反映している指標であるため、今後、高校3年間でどのように筋量が増えていくのか、ポジションごとに縦断的な検討を加えていく必要がある。

また、二要因分散分析を行った結果、身長、体重、筋肉量、除脂肪量、骨格筋量、BMI、基礎代謝量は学年による有意な主効果が認められた一方、体脂肪量と体脂肪率は学年による有意な主効果が認められなかったことから、学年が上がるにつれ主に筋量と体重が増えることが示唆された。骨指標については、すべての指標において学年とポジションともに有意な主効果は認められなかったことから、骨の強さについては学年やポジションに依存しないことが示唆された。

骨指標と体格因子の関係を検討したところ、骨の密度と弾性力の指標であるSOSと、体重 ($r = -0.223, p < 0.05$)、体脂肪量 ($r = -0.220, p < 0.05$)、体脂肪率 ($r = -0.216, p < 0.05$) にそれぞれ有意な負の相関関係が認められたが、相関の程度はあまり強くなかった。ポジション別にみると、BKにおいてSOSと体脂肪量 ($r = -0.318, p < 0.05$) に有意な負の相関関係が認められた。次に、学年別にみると、高校1年生でSOSと身長 ($r = -0.410, p < 0.05$)、体重 ($r = -0.477, p < 0.01$)、体脂肪量 ($r = -0.361, p < 0.05$)、筋肉量 ($r = -0.529, p < 0.01$)、除脂肪量 ($r = -0.530, p < 0.01$)、骨格筋量 ($r = -0.527, p < 0.01$)、BMI ($r = -0.385, p < 0.05$)、基礎代謝量 ($r = -0.529, p < 0.01$) に負の相関関係が認められた。BKにおいては体脂肪量が少ない方が骨密度は高いことが示された。また、高校1年生では各指標でそれぞれ負の相関が確認された。すなわち、身長が低く、体重や筋量が少ない選手の方が骨密度は高いという結果となった。一般に、体重が重いことは、骨に荷重を与えることから骨密度は増えると考えられている。しかし、本研究においては全体のSOSと体重に弱い負の相関が認められており、高校1年生ではSOSと体重に負の相関が認められている。高校2年生と3年生では、SOSと体重に有意な相関関係は認められていないことから、全体の結果は、高校1年生の結果の影響を受けていることが考えられる。兒玉ら⁹⁾は、男子のSOSでは最大発育年齢と同時期である中学1、2年生間で有意な増加を示し、その後、高校2年生で再度有意な増加が認められたことから、SOSは身体指標からは独立した経年変化を示し、特に男子では2度目の増加が特徴的であると述べている。また、骨強度を増加させるためには、カルシウムなどの骨の形成に必要な栄養素の摂取が必要とされる。さらに、適切なエネルギー量が確保されていることも求められるが、エネルギー必要量は体重が重いほど必要量が増えることから、栄養素摂取量の影響があったのではないかと推察する。本研究では、最大発育年齢や栄養素摂取量との関連を検討していないため、この点については今後の検討課題である。

BUAは、高校3年生において、身長 ($r = -0.400, p < 0.05$) で有意な負の相関関係が認められた。BUAは踵骨の骨硬度を反映し、より骨密度が高く、骨梁構造が密であるほど大きい値を示す⁶⁾。身長、体重の増加などによる骨の強化は、骨密度の増加の他に骨構造の緻密化によると推察されるが、本研究では高校3年生において、身長が低い選手の方が骨の緻密性が高いことが示唆された。

Stiffnessは、身長（ $r = -0.338, p < 0.05$ ）、体脂肪量（ $r = -0.408, p < 0.05$ ）、体脂肪率（ $r = -0.413, p < 0.01$ ）にそれぞれ有意な負の相関関係が認められたことから、Stiffnessは体脂肪の影響を受けている可能性があることが示唆された。渡部ら¹⁰⁾の研究においても、25～34歳の若年者の男性では体脂肪率と骨密度に負の相関が見られている（ $p < 0.05$ ）。脂肪細胞は炎症性サイトカインTNF- α を分泌するため、脂肪細胞が増えるとTNF- α も増える。このTNF- α の増加は、骨吸収に関与する破骨細胞を増加させ骨密度の低下を招く¹¹⁾ことから、体脂肪率が高い人ほど骨密度が低い結果となったのではないかと考えられる。

本研究では、高校ラグビー選手の身体的特徴を明らかにすることを目的とし、高校トップの競技レベルであるラグビー部に所属する選手の身体組成および骨指標について横断的に検討を加えた。体格指標については、すべての項目でFWがBKより有意に高い値となり、体格には明らかなポジション特性があることが認められた。また、学年が高い方が身長、体重、筋肉量、除脂肪量、骨格筋量は高くなり、体脂肪量や体脂肪率は学年による主効果が認められなかったことから、学年があがるにつれ筋量と体重が増えることが示唆された。体脂肪量と体脂肪率は、骨密度を表すとされるSOSとStiffnessとそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。高校年代の選手において体脂肪は骨密度と関連があることが示された。

本研究の限界として、踵骨の超音波骨密度測定を用いたため、他の測定方法や他の部位を用いて測定したときには、必ずしも同様の結果は得られないかもしれない。また、横断研究であったため、個人の変化を反映したものでない。個人間の変化を明らかにするために、今後、同チームを対象として毎年同様の調査を進め縦断的に検討を加えていく予定である。

謝辞

本研究の実施にあたり測定にご協力いただきました対象者の皆様方、多くのご助言やご協力を頂きました國學院大學栃木高等学校ラグビー部監督の吉岡肇氏に深く感謝申し上げます。

利益相反

開示すべき利益相反関係に相当する事項はない。

文献

- 1) Francis EH, Romina G.: Kinanthropometry of Group I rugby players in Buenos Aires, Argentina. *Journal of Sports Sciences*, 2009; 27 (11): 1211-1220.
- 2) Kevin T, Jonathon W, Dale BR, Padraic P, Josh DJ, Greg R, Sarah C, Stephen M, Michael H, Keith S, Andrew R, Ben J.: Applied Sport Science for Male Age-Grade Rugby Union in England. *Sports Medicine-Open*, 2020; 6 (14): (doi:10.1186/s40798-020-0236-6).
- 3) 梅田孝, 益子俊志, 山本洋祐, 斎藤一雄, 小嶋新太, 田辺勝, 片桐朝美, 戸塚学, 対馬栄輝: 競技スポーツ

選手のためのメディカルチェックと健康管理及びコンディショニングの現状について—大学ラグビー選手を具体例として—, 日本レーザー治療学会誌, 2006 ; 5(2) : 82-89.

- 4) Bonjoer JP, Theints G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R.: Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. J Clin Endocrinol Metab, 1991; 73(3) : 555-563
- 5) 野澤美樹, 伊藤早苗, 佐藤理恵子, 石田裕美, 上西一弘: 思春期男子における骨量とカルシウム摂取量およびビタミンK摂取量の関連. 日成長会誌, 2021 ; 27(1) : 5-13.
- 6) 山崎 薫. QUS装置. 日本骨粗鬆症学会骨強度測定機器の評価と臨床応用に関する委員会, QUS使用の実際. Osteoporosis Japan, 2005 ; 13(1) : 24-26.
- 7) 松川真美: QUSによる骨質評価. Clinical Calcium, 2017 ; 27(8) : 55-62.
- 8) 曾根照喜. QUSの原理. 日本骨粗鬆症学会骨強度測定機器の評価と臨床応用に関する委員会, QUS使用の実際. Osteoporosis Japan, 2005 ; 13(1) : 21-23.
- 9) 兒玉桃子, 石田裕美, 上西一弘: 中学, 高校生の身体発育とQUS法を用いて測定した骨指標の関係—QUS法を用いて測定した骨指標は身長最大の発育後に急増する—. Osteoporosis Japan, 2012 ; 20(3) : 189-202.
- 10) 渡部紳一郎, 福井基裕, 矢野方夫, 笹森斉, 笹森典雄: 総合検診における骨密度とBMIおよび体脂肪率との関係. 総合健診, 2004 ; 31(2) : 24-28.
- 11) 横田和浩: 炎症と破骨細胞. 日本臨床免疫学会会誌, 2017 ; 40(5) : 367-376.

(こばやしゆい 國學院大學人間開発学部健康体育学科助教)