

## ラグビー選手の下腿後面モアレ縞形状と筋発達の関係

高橋 彬・赤池 英和・佐藤 広徳\*  
江田 昌佑・伊與田 康雄・箕内 豊

### The relationship between moire stripe and development of muscles on the posterior calf in rugby players

Akira TAKAHASHI, Hidekazu AKAIKE, Hironori SATOU  
Masasuke EDA, Yasuo IYODA and Yutaka MINOUCHI

The purpose of this study was to investigate in morphological features of the posterior calf of rugby players (19 FW players and 40 BK players) by moire method and ultrasonic method. We compared moire infomation on posterior calf with the depth of muscles by ultrasonic method.

Conclusions are summarized;

- 1) FW players had larger mean values for calf girth, skinforld thickness, D1, and D2 than BK players and students.
- 2) In rugby players, the most projected point of moire stripe on the posterior calf located higher than that of other athletes and students.
- 3) The ellipticity of the moire stripe on the posterior calf indicates large value in order of FW players, BK players and students.
- 4) There was a linear relationship between the value of calf girth and the value of D1, D2, ellipticity, in FW players and BK players had the same relationship between the value of calf girth and the value of D1, ellipticity.
- 5) There was a linear relationship between the value of ellipticity and the value of D1, D2 in FW players and BK players had the same relationship between the value of calf girth and the value of D1.

Key words: Rugby player, moire method, ultrasonic method, development of muscles, the posterior calf, ellipticity

#### I. 緒 言

ヒトの下腿形態に関する研究は、小河原<sup>10)11)12)</sup>の長径、幅径、周径等の生体計測値による報告をはじめ、解剖学、人類学の分野において数多くの報告がある<sup>3)4)7)8)14)</sup>。しかし、体育・スポーツの分野において、下腿形態に着目した研究はほとんどなく、わずかに、スポーツ選手の形態学的研究の

一部として述べられているだけである。田村<sup>19)</sup>は骨の形態と筋・皮下脂肪等の軟部組織を含めた下腿の太さの関係についてX線と計測値から検討を加え、その中で、下腿三頭筋の発達程度が下腿の形態を左右する要因の一つであることを報告している。

近年、スポーツ選手の形態学的研究は、スポーツ競技の高度な技術的進歩とトレーニングの多様化に対応するために、従来の生体計測値による分

\* 順天堂大学非常勤講師

析方法から、より精密な形態学的測度を用いた分析方法へ変化しつつある。

特に、トレーニングの効果を正確に知るには軟部組織の変化や、身体各部の立体形状の変化を正確に把握することが必要であり、従来のような、体幹・体肢の周径値による分析だけでは不十分である。

著者らは、このような観点から、身体各部の立体形状を比較的容易に知ることのできるモアレ法や、正確な生体の内部構造を計測することが可能な超音波法をスポーツ選手の形態学的研究に応用してきた<sup>1)2)18)</sup>。また、1986年の報告<sup>18)</sup>では、これらの方法を併用し、体表のモアレ縞形状と筋発達の関係について検討を加え、モアレ縞形状のちがいは筋発達の差によるものであることを示唆している。

本研究は、大学のラグビー選手を対象に、従来の生体計測値に加えて、モアレ法、超音波法を併用し下腿モアレ縞形状と下腿後面最突出点における超音波断層画像より計測した筋の矢状径を比較

し、ラグビー選手の下腿の形態学特徴について検討を加えるとともに、下腿後面モアレ縞形状と下腿後面最突出点における筋の矢状径との間に一定の関係があるか否かについて検討を加えることを目的としている。

## II. 方 法

被検者は筑波大学ラグビー部員59名（フォワード選手19名、バックス選手40名）であり、年齢は18歳～22歳である。また、比較群として特定の運動を行っていない大学生22名（年齢は18歳～22歳）を用いた。調査は1988年9月に行い、被検者の概要を知るために、マルチンの方法により、生体計測を行った（表1）。下腿の周径は下腿後面の筋の矢状径の発達との関係を検討するために計測したもので、他の計測値とは切り離して、超音波断層画像の計測結果と共に記述してある。

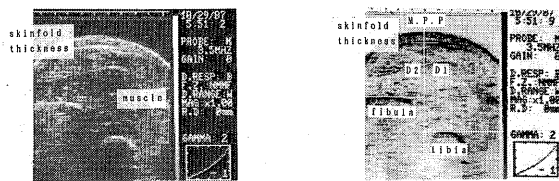
### 1) 超音波断層画像撮影および分析方法

超音波断層画像撮影はあらかじめ下腿後面モアレ縞最突出点に施したマークに発振器をあて、モ

Table 1 Mean values for physical measurements (cm)

	FW-player (n=19)		BK-player (n=40)		student (n=22)	
	$\bar{x}$	s.d.	$\bar{x}$	s.d.	$\bar{x}$	s.d.
Stature	177.6	7.2	170.8*	5.5	172.1*	6.3
Suprasternale height	145.7	6.1	139.4*	4.9	139.9*	5.3
Omphalion height	104.3	5.4	99.4*	3.9	100.7*	4.0
Symphysion height	90.8	5.3	86.7*	3.9	86.5*	3.6
Sitting height	94.5	2.9	92.3*	3.5	91.5*	3.6
Acromion height (R)	145.9	6.8	139.6*	5.1	140.1*	5.0
(L)	145.2	7.2	139.5*	5.1	140.4*	5.1
Iliospinale height (R)	97.8	5.9	93.4*	3.9	93.6*	4.2
(L)	97.6	5.8	93.4*	3.8	93.5*	4.1
Biacromial breadth	41.5	1.5	40.2*	1.3	39.5*	1.5
Chest breadth	30.3	2.6	29.2	1.5	27.5*	1.6
Bicristal breadth	28.6	1.4	27.1*	1.3	26.7*	1.3
Chest depth	20.0	1.2	19.3*	1.2	17.8*	1.0
Chest girth	98.3	3.8	93.7*	3.5	86.5*	4.4
Waist breadth	80.5	3.9	76.2*	3.4	69.6*	3.5
Hip girth	96.3	3.3	91.8*	3.5	87.2*	3.9
Upper arm girth (R)	32.3	1.4	30.2*	1.6	27.3*	1.5
(L)	31.6	1.8	30.0*	1.7	26.1*	1.6
Thigh girth (R)	59.6	1.9	56.3*	2.4	51.5*	3.2
(L)	59.4	2.2	56.0*	2.2	51.3*	3.2
Weight (kg)	79.0	6.0	68.6*	5.8	59.1*	5.9

\* shows significant differences (smaller than FW-player)  
 shows significant differences (smaller than BK-player)



ultrasonic picture (3.5MHz)      fiducial line for analysis

Fig. 1 Ultrasonic picture (3.5MHz) and fiducial line for analysis.

ニターで画像を監視しつつビデオテープに録画した。本研究で用いた超音波断層画像撮影装置は日本電気三栄製トモエース2H71型で、距離分解能は水平方向、垂直方向とも1mmであり、周波数は3.5MHzである。また、測定の方法は著者らがすでに報告した方法<sup>1)</sup>、すなわち、超音波の透過性を高めるために、発振器と体表の間に0.03mm厚のゴム袋に温水を注入したものを装着し、発振器を発振器固定装置に固定した後、モニター上に写し出された超音波断層画像上の測定部位のマークとモニター上の発振器の中心を一致させビデオテープに録画する方法である。

図1は周波数3.5MHzで撮影した下腿後面最突出点における超音波断層画像、および、分析方法を示したものである。

分析はビデオモーションアナライザーで行い、モニター上に写し出された超音波断層画像上の下腿後面モアレ縞最突出点を通る垂線を基準線とし、この基準線上で、皮下脂肪厚、筋の矢状径を計測した。皮下脂肪厚は下腿後面モアレ縞最突出点と腓腹筋筋膜との距離であり、筋の矢状径は、2つの直線距離、すなわち、腓腹筋筋膜から脛骨の表面を通る接線と基準線との交点までの距離(D1)と、腓腹筋筋膜から脛骨の表面を通る接線と基準線との交点までの距離(D2)とを計測し、これら2つの値D1, D2を下腿後面モアレ縞最突出点における筋の矢状径とした。

### 2) モアレ写真撮影および分析方法

本研究で用いたモアレ写真撮影装置は格子照射型であり、モアレ縞の等高間隔は3mmである。撮影に先立ち被検者の外脛骨点にマークをつけ、被検者に解剖学的正位をとらせ、下腿後面に現れるモアレ縞を撮影した。また、同時に、左右下腿後面最突出点にマーキングを施し、超音波断層画像

撮影の指標とした。

図2は下腿後面モアレ縞形状の分析方法を示したものである。

下腿後面最突出点の位置は、床と踵の接点を通る水平線と外脛骨点を通る水平線間の距離(H)、および、外脛骨点を通る水平線と下腿後面最突出点を通る水平線間の距離(I)から、 $I/H \times 100$ を外脛骨点からの距離として表示した。また、すでに、著者ら<sup>15)17)</sup>は下腿後面モアレ縞は最突出点を囲む閉鎖縞を形成することを報告しているが、本研究ではこれらの閉鎖縞のうち、最も内側の閉鎖縞について、モアレ縞の形状を数量的に表現するために長軸(L)に対する短軸(M)の割合を求めた(以下楕円率という)。

以上の様にして求めた値をフォワード選手、バックス選手、一般学生の3つのグループに分けて比較・検討し、ラグビー選手の下腿の形態学的特徴について考察を加え、同時に、下腿後面モアレ縞形状と下腿後面最突出点における筋の矢状径との間に一定の関係があるか否かについて検討を行った。

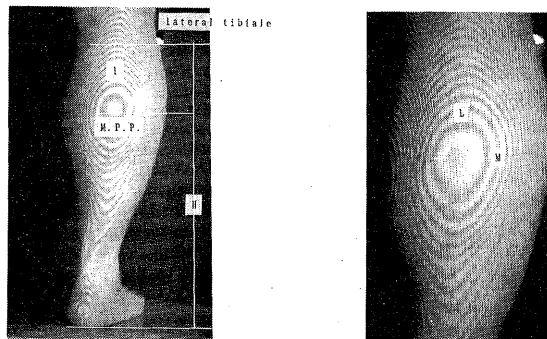


Fig. 2 Measurement of position of most projected point and ellipticity.

### III. 結果および考察

表2は各グループの左右下腿後面最突出点における皮下脂肪厚、D1, D2、および、下腿最大囲の平均値と標準偏差を示したものである。

皮下脂肪厚は左右ともフォワード選手がバックス選手、一般学生に比して有意に大きい値を示すが( $P < 0.01$ )、バックス選手と一般学生はほぼ同じ値を示す傾向が認められた。

D1, D2、および、下腿最大囲は左右ともフォー

ド選手, バックス選手, 一般学生の順に大きい値を示し, それぞれのグループ間に有意な差が認められた ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ )。

下腿におけるこのような形態学的差は, ラグビー選手のポジションによる競技内容の差とそれともなうトレーニングの差が影響しているものと考えられる。特に, 戦術的にも重要な要因であるフォワード選手のボール支配, すなわち, スクラム, モールを有利に行うためには, 足部の固定が重要なポイントであり, フォワード選手がこれらの動作を日常頻繁にトレーニングしていること等が本研究の結果に影響しているものと考えられる。

表3は各グループの下腿後面モアレ縞最突出点の位置の平均値と標準偏差を示したものである。なお, 表中のサッカー選手, 短距離選手, 跳躍選手, 投てき選手, 中・長距離選手の値は著者ら<sup>17)</sup>が1983年に報告した値を引用した。

ラグビー選手はフォワード選手, バックス選手とも他の競技選手, 一般学生に比して小さい値, すなわち, 下腿後面モアレ縞最突出点が高い位置

にある傾向を示し, 特に, フォワード選手はサッカー選手, 短距離選手, 中・長距離選手に比して左右とも有意に高い位置に, また, 跳躍選手より右で, 一般学生より左で有意に高い位置にあることが認められた ( $P < 0.05$ )。また, バックス選手もサッカー選手に比して有意に高い位置にあることが認められた ( $P < 0.05$ )。

しかし, 投てき選手との比較ではフォワード選手は有意ではないものの小さい値を示すが, バックス選手はほぼ同様の値を示す傾向が認められた。また, フォワード選手とバックス選手を比較したところ, フォワード選手はバックス選手に比して有意ではないが小さい値を示す傾向が認められた。

このような本研究の結果は, 著者ら<sup>15)</sup>の「身体各部のモアレ縞最突出点の位置が競技種目によって異なる傾向があり, それは競技特性とトレーニングの違いによる影響である」という先の報告の結果と一致している。

表4は各グループの下腿後面モアレ縞形状を数量的に表現するために求めた最も内側の閉鎖縞における楕円率の平均値と標準偏差を示したもので

Table 2 Mean values for D1, D2, skinfold thickness and calf girth of each group (mm).

		FW-player (n=19)		BK-player (n=40)		student (n=22)	
		x	s.d.	x	s.d.	x	s.d.
Skinfold thickness	R	8.5	1.7	7.4*	1.2	7.7	1.3
	L	8.7	1.5	7.7*	1.3	7.6*	1.2
D1	R	68.6	5.5	66.4*	3.9	55.5*	4.8
	L	69.0	5.2	66.7*	4.0	57.6*	4.5
D2	R	48.3	5.0	45.1*	3.1	39.5*	4.2
	L	49.1	5.5	45.1*	4.0	39.9*	3.8
Calf girth	R	401.9	2.1	378.8*	1.5	352.0*	1.9
	L	403.4	2.2	379.3*	1.5	350.0*	1.6

\* shows significant differences (smaller than FW-player)

— shows significant differences (smaller than BK-player)

Table 3 The position of most projected point on the posterior calf for each group

	FW-player		BK-player		student		soccer		sprint		jump		throw		distance	
	n=19	n=40	n=40	n=22	n=22	n=117	n=21	n=31	n=18	n=25						
	x	s.d.	x	s.d.	x	s.d.	x	s.d.	x	s.d.	x	s.d.	x	s.d.	x	s.d.
right	28.8	3.1	30.4	3.0	30.9*	3.0	32.2*	3.0	31.5*	2.3	31.0*	3.2	30.8	2.8	31.2*	2.9
left	28.3	3.8	30.3	3.0	31.0*	2.8	31.7*	2.9	31.3*	2.4	30.1	2.9	30.3	2.8	31.0*	3.7

\* shows significant differences (larger than FW-player)

ある。

著者ら<sup>11)18)</sup>はすでにモアレ法と超音波法を併用し、競技選手を対象に胸部の体表解剖学的研究を行い、モアレ縞を視覚的に数型に分類し、筋の発達程度との関係について報告しているが、モアレ縞間隔の小さい部位では視覚的なモアレ縞の形状分類より、モアレ縞形状の数量的表現の方がより適していると考えられる。その結果、フォワード選手の楕円率は左右とも約69%、バックス選手は左右とも約65%、一般学生は左右とも約50%の値を示し、各グループ間に有意な差が認められ( $P < 0.05$ )、フォワード選手は円に近い閉鎖縞を示し、バックス選手、一般学生の順に閉鎖縞が細長くなる傾向が認められた。

表5は各グループの下腿最大囲とD1, D2, および、楕円率の各値との間の相関係数を示したものである。

フォワード選手は、D1, D2, および、楕円率の各値と下腿最大囲の間に有意な相関関係が認められ( $P < 0.05$ ) (図3, 4, 5)さらに、バックス選手は、D1, および、楕円率の各値に有意な相関

関係が認められたが( $P < 0.05$ ) (図6, 7), 一般学生はすべての項目で下腿最大囲との間に有意な相関関係は認められなかった。体肢の周径は一般に、骨のほか、筋、皮下脂肪等の軟組織を含めた発達を表わす測度であるが、本研究の結果からラグビー選手の下腿の周径の大きさは筋の発達程度を示すものと考えられる。Tanner, J.M.<sup>20)</sup>, Mayer, L.<sup>9)</sup>, Rasch, P.J.<sup>13)</sup>は定期的なトレーニングにより、周径が有意に増加することを報告しており、本研究のラグビー選手のように特定の運動を継続的に行っている集団では周径と筋の発達程度との間に一定の関係があることが示された。

表6は各グループの楕円率とD1, D2の各値との間の相関係数を示したものである。

この場合も下腿最大囲と同様の傾向、すなわち、フォワード選手はD1, D2の各値で、バックス選手はD1の値で閉鎖縞の楕円率との間に有意な相関関係が認められ( $P < 0.05$ ) (図8, 9, 10), 一般学生はすべての項目で閉鎖縞の楕円率との間に有意な相関関係は認められなかった。

下腿の形態計測から下腿の筋について検討を加

Table 4 The ellipticity of moire stripe on the posterior calf for each group

	FW-player		BK-player		student	
	x	s.d.	x	s.d.	x	s.d.
right	69.0	6.3	65.4*	6.0	49.0*	7.8
left	68.8	5.1	64.1*	5.2	49.2*	6.7

\* shows significant differences (smaller than FW-player)

shows significant differences (smaller than BK-player)

Table 5 correlation coefficients for items 1) to 3)

item	FW-player	BK-player	student
1) D1	.668386*	.540389*	.247599
2) D2	.660525*	.363441*	.185244
3) Ellipticity	.481551*	.408447*	.251352

\* shows a significant level at 0.05

Table 6 correlation coefficients for items 1) to 2)

item	FW-player	BK-player	student
1) D1	.672907*	.632551*	.0873357
2) D2	.632311*	.278948	.16405

\* shows a significant level at 0.05

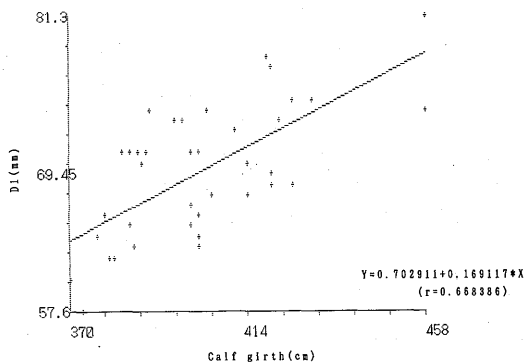


Fig. 3 Regression line for D1 to calf girth in FW-player.

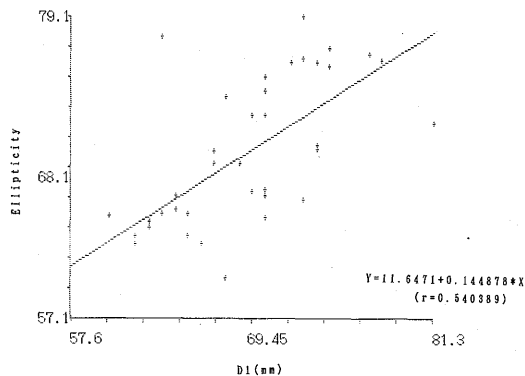


Fig. 6 Regression line for D1 to calf girth in BK-player.

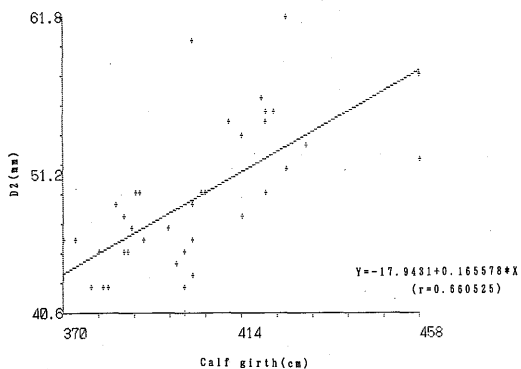


Fig. 4 Regression line for D2 to calf girth in FW-player.

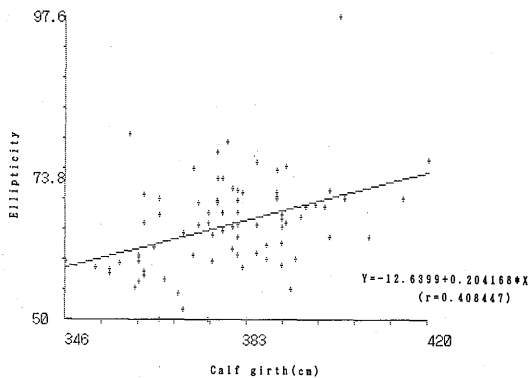


Fig. 7 Regression line for ellipticity to calf girth in BK-player.

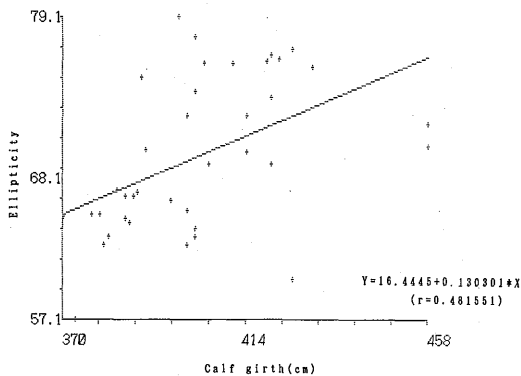


Fig. 5 Regression line for ellipticity to calf girth in FW-player.

えてた研究には、周径の増加から筋の増加を推定する報告がみられるだけで、本研究のように、モアレ縞形状、周径、および、超音波断層画像より計測した筋矢状径との関係について検討した研究はなく、したがって、他の報告との比較を行うことはできない。

本研究の結果からみると、ラグビー選手のように特定の運動を継続的に行っている集団では、周径、D1、D2の各値と閉鎖縞の橢円率との間に有意な相関関係が認められ、下腿後面モアレ縞形状と筋矢状径の間に一定の関係が存在するものと考えられる。特に、下腿後面のモアレ縞形状の橢円率を算出すれば筋の矢状径を推計することが可能であり、筋の発達程度を比較・検討することが可能である。また、一般学生では周径、D1、D2の各値と閉鎖縞の橢円率との間に有意な相関関係が認め

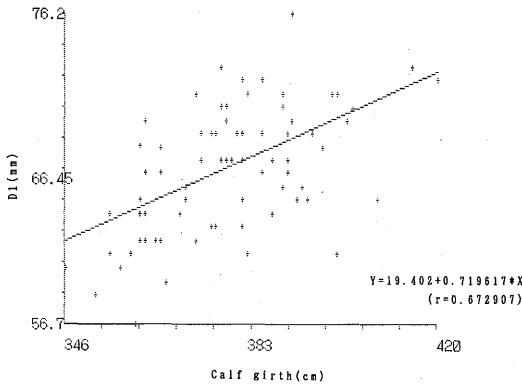


Fig. 8 Regression line for D1 to calf girth in FW-player.

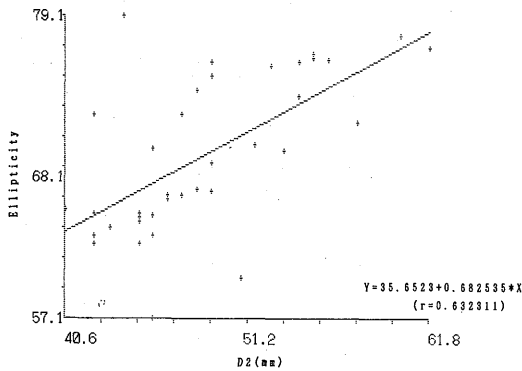


Fig. 9 Regression line for D2 to ellipticity in FW-player.

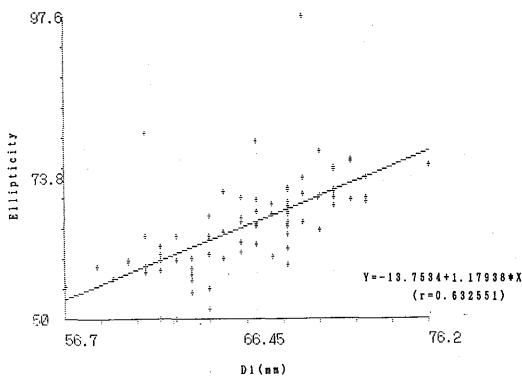


Fig. 10 Regression line for D1 to ellipticity in BK-player.

られず、運動選手のように体表のモアレ縞の閉鎖縞の形状から筋の矢状径を推計することは不可能であった。

著者ら<sup>1)2)15)16)17)18)</sup>はすでに各種競技選手を対象に、体表のモアレ縞を視覚的に数値に分類して筋の発達程度との関係について報告し、モアレ縞形状の差は筋の発達程度の差によるものであり、かつ、このような差は、競技特性の差とそれとともなうトレーニングの差によるものであると推察したが、本研究の結果は、先の報告を支持するものである。

#### IV. 要 約

本研究は、大学のラグビー選手を対象に、従来の生体計測値に加えて、モアレ法、超音波法を併用し下腿後面モアレ縞形状と下腿後面最突出点における超音波断層画像より計測した筋の矢状径を比較し、ラグビー選手の下腿の形態学的特徴について検討を加えるとともに、下腿後面モアレ縞形状と下腿後面最突出点における筋の矢状径との間に一定の関係があるか否かについて検討を加えることを目的としている。

結果は以下に示すとおりである。

1) 下腿後面最突出点における皮下脂肪厚は左右ともフォワード選手がバックス選手、一般学生に比して有意に大きい値を示すが ( $P < 0.01$ )、バックス選手と一般学生はほぼ同じ値を示す傾向が認められた。また、D1, D2, および、下腿最大囲は左右ともフォワード選手、バックス選手、一般学生の順に大きい値を示し、それぞれのグループ間に有意な差が認められた ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ) (表 2)。

2) ラグビー選手はフォワード選手、バックス選手とも他の競技選手、一般学生に比して、下腿後面モアレ縞最突出点が高い位置にある傾向を示し、特に、フォワード選手はサッカー選手、短距離選手、中・長距離選手に比して左右とも有意に高い位置に、また、跳躍選手より右で、一般学生より左で有意に高い位置にあることが認められた ( $P < 0.05$ )、バックス選手はサッカー選手に比してフォワード選手と同様高い位置にあることが認められた ( $P < 0.05$ ) (表 3)。

3) 各グループの最も内側の閉鎖縞における長軸に対する短軸の占める割合(楕円率)は、フォワード選手が左右とも約69%、バックス選手が左

右とも約65%，一般学生は左右とも約50%の値を示し，各グループ間に有意な差が認められ ( $P < 0.05$ )，フォワード選手は円に近い閉鎖縞を示し，バックス選手，一般学生の順に閉鎖縞が細長くなる傾向が認められた (表4)。

4) 各グループの下腿最大囲とD1, D2, および，楕円率の各値との間の関係について検討したところ，フォワード選手は，すべての項目で，バックス選手は，D1, および，楕円率の各値に有意な相関関係が認められたが ( $P < 0.05$ )，一般学生はすべての項目で下腿最大囲との間に有意な相関関係は認められなかった (表5, 図3, 4, 5, 6, 7)。

5) 各グループの楕円率と，D1, D2の各値との間の関係について検討したところ，フォワード選手はD1, D2の各値で，バックス選手はD1の値で楕円率との間に有意な相関関係が認められた ( $P < 0.05$ ) が，一般学生はこの場合もすべての項目で閉鎖縞の楕円率との間に有意な相関関係は認められなかった (表6, 図8, 9, 10)。

#### 参 考 文 献

- 1) 赤池英和, 高橋彬, 佐藤広徳, 松本光弘: 超音波法によるサッカー選手の体表解剖学的研究, 日本体育学会第36大会号, 536, 1985
- 2) 赤池英和, 高橋彬, 佐藤広徳: 大腿前面モアレ縞形状と筋発達の関係について, 日本体育学会第37大会号, 893, 1986
- 3) 新井正治: 日本人下腿骨の人類学的研究, 日本人類学会連合大会記事, 7, 1954
- 4) 福田佐: 関東地方人腓骨の人類学的研究, 慈医誌, 76(1): 1-21, 1961
- 5) 福永哲夫: ヒトの絶対筋力, 杏林書院, 1978
- 6) Fukunaga, T. and A. Matsuo: Comparison of Limb Cross-section between Ultrasonic and CT Method, Department of Sports Science, College of Arts and Sciences, University of Tokyo 20, 13-23, 1986
- 7) 福島省吾: 成人の下肢形態に関する統計学的研究, 生体計測論文集: 29: 1-126, 1957
- 8) 片桐茂: X線による成長期日本人の下腿構成組織, 人類学雑誌, 28: 16-43, 1962
- 9) Mayer, L. and B.B. Greenberg: Measurements of the strength of trunk muscles, J. Bone J. Surg. 24: 842-856, 1942
- 10) 小河原四郎: 第一下腿式, 昭和医誌, 10: 267-268, 1950
- 11) 小河原四郎: 第2下腿式, 昭和医誌, 11: 82-84, 1951
- 12) 小河原四郎: 本邦成人の下腿形態に関する研究補遺, 生体計測論文集, 53: 23-49, 1966
- 13) Rasch, P.J. and W.R. Pierson: Some relationship of isometric strength and an anthropometric measures, Ergonomics, 6, 211-215, 1963
- 14) 鈴木信夫: 関東地方人脛骨の人類学的研究, 慈医誌, 75(1): 2638-2678, 1961
- 15) 高橋彬, 植竹照雄: モアレ法による陸上選手の体表レリーフについて, 東京体育学研究, 6: 45-50, 1979
- 16) 高橋彬, 植竹照雄, 草間益良夫: 陸上選手の前胸壁形状について, 筑波大学体育科学系紀要, 4: 129-152, 1981
- 17) 高橋彬, 植竹照雄, 松本光弘, 山中邦夫: 生体計測およびモアレ法によるサッカー選手の形態学的特徴, 筑波大学体育科学系紀要, 7: 227-238, 1983
- 18) 高橋彬, 赤池英和, 佐藤広徳, 松本光弘: 超音波法およびモアレ法による胸部の体表解剖学的研究, 筑波大学体育科学系紀要, 9: 265-274, 1986
- 19) 田村端: 下腿の太さと下腿の骨の太さの相関について, 順天堂大学紀要, 20: 12-20, 1977
- 20) Tanner, J.M.: The effect of weight-training on physique, Amer. J. Phys. Anthropol. 10: 427-462, 1952