

成人男女のふくらはぎ側面観

進藤正雄¹⁾, 植竹照雄²⁾, 大槻文夫³⁾, 田中秀幸⁴⁾, 草間益良夫⁵⁾

The lateral view of the calf in Japanese men and women

Masao SHINDO, Teruo UETAKE, Fumio OHTSUKI,
Hideyuki TANAKA, and Masurao KUSAMA

Abstract

To clear the relationship between the shape of calf and the career of sports and exercises, 359 Japanese men and women's calves, aged 18-22, were examined. The subjects were categorized into nine groups by sports participation: control groups (man and woman), swimmer (man and woman), kendo-ka (man), four track and field athletes (sprinter, distance runner, jumper, and thrower, these groups consisted of only man). The lateral views of both calves were reconstructed using the Moire equipment and spline function that produced a smooth profile of the view. After standardizing the size the lateral view of the calf were compared with a point of view from side dominance and group differences. Both control groups have generally less projected calves than those of the other athletic groups have. Especially male control group has the least projected one among 9 groups. The side dominance at wide range of the lateral view of the calf was recognized in some groups such as control groups, swimmer, and distance runner. Male control group has more projected calf at the left than at the right. Swimmer and distance runner, however, has more projected one at the right than at the left.

1 緒 言

ヒトのふくらはぎについて日本人の男女は民族的に特異な形状, すなわち「こむら」の部分太くしかも長い筋腹をしているとの報

告がある。その原因としては生活習慣によってそのような形状を獲得したものではなく遺伝的な要因が強く反映しているものと考えられてきている²⁾。しかし、しばしばいろいろな場面において、スポーツ選手のふくらはぎが一般人とは全く異なる形状であることを観察できる。

ヒトのふくらはぎは、主に下腿三頭筋の形状を反映している。下腿三頭筋は表層の腓腹筋と深層のヒラメ筋から構成され、それらの腱は融合して踵骨隆起についている。この筋の作用は足を底屈し、踵を上げ、膝関節を曲

-
- 1) 筑波大学体育科学系
 - 2) 東京農工大学農学部地域生態システム学科
 - 3) 東京都立大学理学研究科身体形態情報研究室
 - 4) 東京農工大学工学部電子情報工学科
 - 5) 広島大学教育学部教科教育学科体育教育学

げることである。したがって、下腿三頭筋はヒトが歩いたり走ったりする際、常に活動する重要な筋のひとつであると言える。裏をかえせば、行動するパターンが異なると、それに伴い下腿三頭筋の発達程度もかなり異なるものと考えることができる。

これまで下肢における形態的・機能的な左右差について数多くの報告がなされ、下肢においてもいろいろな場面において「利き側」が存在することが証明されている^{2),3),6),7),17),18)}。なかでも立位姿勢時の重心位置の研究や歩行の研究によれば、下肢には機能的な役割分担があり一般的には左脚が支持的な役割、右脚が駆動的な役割を有していると言われていた^{4),8)}。

本研究では、一般男女および主とする運動動作が異なるいくつかの運動選手群のふくらはぎ側面観形状を分析することにより、各群の持つ基本的・特徴的な行動パターンと下腿三頭筋形状との関係を明らかにすることを目的としている。

2 方 法

(1) 被検者

被検者は総数359名で、男女ともすべて日本人であり、年齢は18歳から22歳であった。また被検者の中には脚部において重大な既往症を有する者はいなかった。内訳は一般男子140名、一般女子28名、水泳選手男子30名、水泳選手女子14名、剣道選手男子48名、短距離選手男子21名、跳躍選手男子31名、中・長距離選手男子25名および投擲選手男子22名であった。さらに、各運動競技選手の競技成績はそれぞれの種目の国内競技会において入賞する程の高い水準であった。

(2) モアレ写真撮影

本研究で用いたモアレ縞撮影装置はモアレ縞の間隔が3 mmに設定されている格子照射型のものである¹⁹⁾。被検者にあらかじめ左右の腓骨頭の上端部にマークを貼付して、分析す

る際の基準点とした。写真撮影する際に、被検者にはモアレ縞撮影装置の格子を背にして解剖学的正位をとるよう指示を与えた。すなわち、解剖学的正位とは、「まっすぐに起立し、上腕は下垂して前腕は回外位（手掌が前方を向く）とし、足は踵をやや離し爪先が前に向くような姿勢」²⁰⁾である。図1は実際に下腿後面に現れたモアレ縞を写したものである。

(3) 分析方法

被検者の左右下腿後面のモアレ縞を撮影した後、ディジタイザー（GRAPHTEC社製、DT1000）を用いて膝窩の高さから踵点までの間に現れたモアレ縞の縞情報をパーソナル・コンピューター（NEC社製、PC9821）に入力した。得られた縞情報をもとに左右ふくらはぎの階段状の側面観を再現した。この側面観にスプライン関数⁹⁾をあてはめ、より滑らかなふくらはぎ曲線を求めた。分析の対象とする



図1. 下腿後面のモアレ縞写真
左右膝窩部の外側に貼付したマークは腓骨頭
の位置を示している。

ふくらはぎ曲線の上端を腓骨頭の高さとし、下端を踵点とした。次いで両端を結ぶ直線を基準線とし、その基準線の長さを一定にした上で、その基準線を50等分に分割する点を算出した。それらの点からふくらはぎ曲線までの距離を解析するデータとした(図2参照)。このようにして得られた51データ(両端を含む)をふくらはぎ曲線の形状を表す指標として用い、以下に記した統計処理を施した。

(4) 統計解析

一連の統計処理に際しては、すべてSPSS統計パッケージ(SPSS Inc.)¹⁰⁾を用いた。最初に 9×2 (種目差 \times 左右差)の繰り返しのある多変量分散分析(MANOVA)を施した結果、Wilksのラムダやその他のスコアはすべて有意であった($p=0.001$)。これらの結果により、ふくらはぎ曲線を表わす変数として、前述の51変数を用いる有効性とそれらの変数を用いて左右差を検討することの妥当性が証明された。次いで各群におけるふくらはぎ曲線の左右差を検討するために、各群毎にそれぞれの変数について左右の比較が行われた。

3 結 果

表1は基準線の長さを1000mmとして大きさの要素を標準化したときの各群における左右のふくらはぎ曲線を表す51変数の平均値および標準偏差、図3は左右差の検定(T-test)結果を表している。なお、図中の白抜きのは左側が大、黒く塗りつぶした円は右側が大であることを示している。また、図3の中に

は全被検者をプールした時の左右差の検定(T-test)結果も含まれている。

はじめに各群別に最も突出している点の位置を検討してみると、その距離では左右とも短距離男子(右 61.43 ± 9.47 mm, 左 63.54 ± 8.40 mm)が最大であり、跳躍男子(右 60.24 ± 9.81 mm, 左 59.73 ± 8.64 mm)や剣道男子(右 57.02 ± 8.81 mm, 左 59.76 ± 9.19 mm)も比較的大きな値であった。反対に左右とも一般男子(右 46.05 ± 9.83 mm, 左 49.18 ± 9.80 mm)が最小であり、一般女子も比較的小きな値であった。また上下方向の位置では、上から15番目(一般男子左右, 一般女子左右, 水泳男子左側, 中・長距離左右, 投擲男子左右)もしくは16番目(水泳男子右側, 水泳女子左右, 剣道男子左右, 短距離男子左右, 跳躍男子左右)であった。次いで最も陥没している位置を検討してみると、その距離では左右とも水泳男子(右 23.31 ± 5.47 mm, 左 24.18 ± 5.47 mm)が最大であり、反対に中・長距離男子(右 20.44 ± 5.78 mm, 左 20.43 ± 5.84 mm)が最小であった。上下方向の位置では42番目(一般男子右側)から44番(水泳女子右側)にわたっていたが、その他は43番目であった。

各群別に変数毎の左右差を検討してみると、一般男子では8番目から35番目にわたり有意差が認められ、左側の方が大きい値であった。一般女子では44番目から50番目にわたり有意差が認められ、右側の方が大きい値であった。水泳男子では3番目から31番目にわたり有意差が認められ、右側の方が大きい値であった。水泳女子では38, 39番目に有意差が認められ、

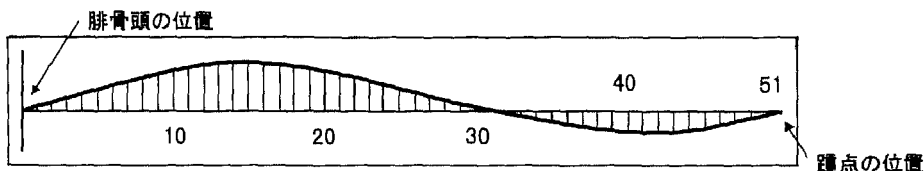


図2. ふくらはぎ側面観の分析点を表した模式図。図1において矢印で示したとおり最初の点は腓骨頭的位置、最後の点は踵点の位置に相当する。

右側の方が大きい値であった。短距離男子では45, 46, 47番目に有意差が認められ、右側の方が大きい値であった。中・長距離男子では4から7番目にわたり有意差が認められ、右側の方が大きい値であった。投擲男子では44, 45, 48番目に有意差が認められ、右側の方が大きい値であった。剣道男子および跳躍男子においては有意差が認められなかった。被検者をプールした結果をみると、10から26番目および43から50番目の変数において有意差が認められ、前者は左側が大きく、後者は右側が大きい値であった。

4 考 察

ヒトのふくらはぎは、主に下腿三頭筋の形状を反映しており、それは表層の腓腹筋と深層のヒラメ筋から構成されている。腓腹筋はさらに内側頭と外側頭に別れ、それぞれ大腿

骨の内側上顆と外側上顆から起こる。ヒラメ筋は脛骨後面から起こり、この筋の腱は上述した腓腹筋の2本の腱と融合してアキレス腱となり踵骨隆起に付着している。機能的にみると、下腿三頭筋は二関節性筋であり、足を底屈し、踵を上げ、膝関節を曲げることである。したがって、下腿三頭筋はヒトが脚を用いて移動する際にはたいへん重要な役割を有している。

ヒトの行動パターンや生活様式は個人により異なっているが、特にスポーツ選手はそのスポーツに特有な運動を継続して行うことを余儀なくされている。それに伴って、下腿三頭筋の発達の方法も異なることが予想される。

本研究では、特徴的な行動パターンを有するいくつかの群を選択し、各群のふくらはぎの側面観を比較することにより、下腿三頭筋形状の特徴を抽出し、その特徴とヒトの行動

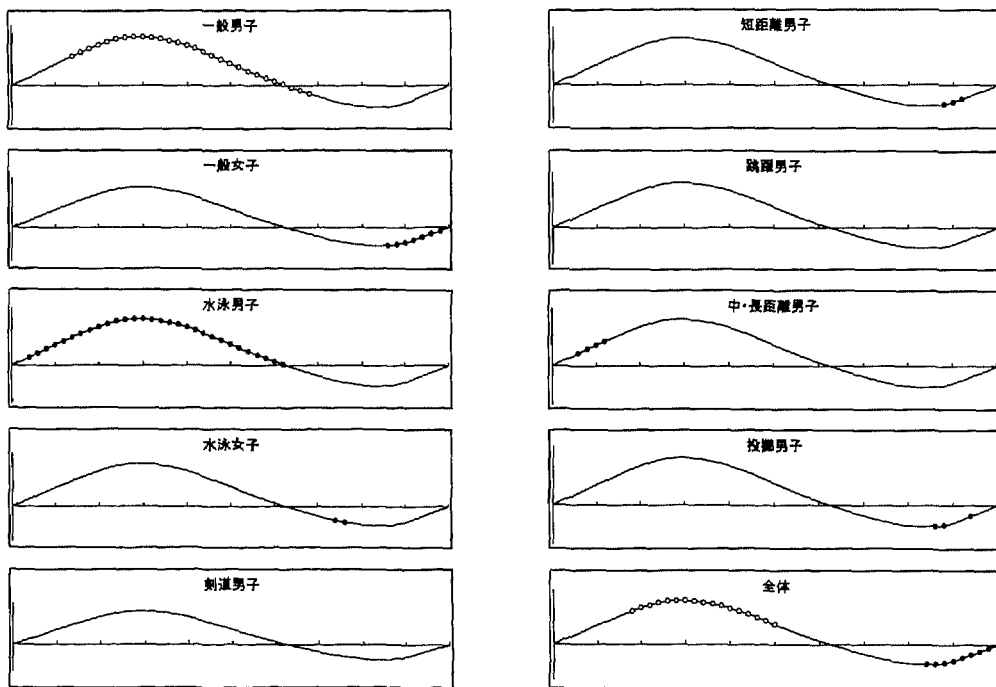


図3. 各群別の左右ふくらはぎ曲線を比較した図。図中の左端が腓骨頭の位置、右端が踵点の位置に相当する。また、白抜きの丸印は左側が有意に大きく、黒の丸印は右側が有意に大きいことを表している。

表1. 各群における左右ふくらはぎ曲線を表す51変数の平均値と標準偏差 (単位は mm)

Subj. Number	一般男子 140				一般女子 28				水泳男子 30			
	Left X	SD	Right X	SD	Left X	SD	Right X	SD	Left X	SD	Right X	SD
V01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V02	4.71	1.40	4.86	1.36	5.05	1.56	4.97	1.45	5.15	1.47	5.40	0.98
V03	8.22	2.63	8.43	2.57	9.19	3.19	8.68	2.44	9.96	2.71	11.10	1.70 *
V04	12.78	3.64	12.81	3.66	14.09	4.61	13.21	3.56	15.16	3.32	16.74	2.39 *
V05	17.49	4.45	17.15	4.34	18.83	5.55	18.19	4.72	20.22	4.04	21.92	3.21 *
V06	21.73	5.23	21.08	4.98	23.22	6.32	22.73	5.63	24.83	4.46	26.79	4.05 *
V07	25.71	6.07	24.76	5.75	27.48	7.15	26.68	6.13	29.26	4.99	31.40	4.70 *
V08	29.67	6.87	28.34	6.53 *	31.67	8.03	30.46	6.67	33.51	5.55	36.11	5.45 *
V09	33.62	7.59	31.83	7.18 **	35.58	8.70	34.13	7.15	37.77	6.07	40.72	6.16 *
V10	37.39	8.21	35.23	7.76 **	39.26	9.28	37.63	7.38	41.92	6.55	45.20	6.72 *
V11	40.88	8.73	38.47	8.24 **	42.73	9.84	40.92	7.67	45.80	6.84	49.46	7.35 *
V12	44.01	9.11	41.38	8.64 **	45.76	10.26	43.83	8.13	49.31	7.08	53.36	7.84 *
V13	46.56	9.39	43.72	9.05 **	48.07	10.49	46.15	8.56	52.16	7.32	56.66	8.30 **
V14	48.32	9.59	45.31	9.46 **	49.54	10.66	47.75	8.88	54.00	7.59	59.07	8.80 **
V15	49.18	9.80	46.05	9.83 **	50.20	10.92	48.59	9.13	54.79	7.93	60.46	9.39 **
V16	49.18	10.05	45.94	10.19 **	50.17	11.31	48.73	9.36	54.72	8.29	60.82	10.11 **
V17	48.43	10.34	45.07	10.52 **	49.60	11.82	48.24	9.57	54.08	8.66	60.39	10.80 **
V18	47.11	10.63	43.59	10.81 **	48.63	12.41	47.20	9.81	53.08	9.02	59.43	11.37 **
V19	45.31	10.92	41.64	11.04 **	47.29	12.97	45.74	10.10	51.70	9.31	58.05	11.80 *
V20	43.09	11.18	39.31	11.23 **	45.59	13.45	43.91	10.44	49.80	9.53	56.15	12.14 *
V21	40.44	11.39	36.63	11.42 **	43.48	13.78	41.71	10.81	47.20	9.72	53.62	12.45 *
V22	37.41	11.57	33.61	11.58 **	40.95	13.99	39.13	11.16	43.89	9.87	50.37	12.80 *
V23	34.05	11.70	30.30	11.67 **	38.00	14.10	36.10	11.44	39.91	9.96	46.37	13.12 *
V24	30.43	11.73	26.74	11.64 **	34.67	14.12	32.62	11.60	35.32	9.91	41.85	13.35 *
V25	26.58	11.61	23.01	11.47 **	30.98	14.04	28.81	11.62	30.51	9.76	37.00	13.42 *
V26	22.58	11.32	19.18	11.18 **	27.06	13.85	24.85	11.44	25.79	9.51	31.98	13.06 *
V27	18.56	10.87	15.35	10.78 **	23.02	13.55	20.87	11.07	21.23	9.15	27.15	12.58 *
V28	14.63	10.33	11.65	10.34 **	18.95	13.11	16.97	10.58	16.77	8.75	22.54	12.01 *
V29	10.88	9.82	8.15	9.89 **	14.89	12.55	13.16	10.06	12.58	8.55	18.20	11.40 *
V30	7.34	9.38	4.86	9.47 **	10.86	11.93	9.48	9.58	8.61	8.39	13.97	10.73 *
V31	4.02	9.04	1.76	9.08 **	6.92	11.32	5.96	9.18	4.82	8.28	9.81	10.31 *
V32	0.86	8.74	-1.17	8.73 **	3.16	10.76	2.64	8.85	1.17	8.15	5.69	10.04
V33	-2.17	8.47	-4.00	8.42 **	-0.41	10.25	-0.49	8.54	-2.39	7.92	1.70	9.71
V34	-5.11	8.21	-6.72	8.13 *	-3.82	9.82	-3.49	8.24	-5.82	7.66	-2.18	9.27
V35	-7.97	7.97	-9.36	7.88 *	-7.07	9.40	-6.41	7.95	-9.14	7.32	-6.01	8.78
V36	-10.75	7.77	-11.89	7.64	-10.20	9.00	-9.27	7.75	-12.27	6.97	-9.66	8.33
V37	-13.38	7.60	-14.28	7.40	-13.17	8.62	-12.05	7.64	-15.17	6.67	-12.99	7.92
V38	-15.80	7.43	-16.45	7.12	-15.88	8.28	-14.62	7.52	-17.85	6.41	-16.07	7.45
V39	-17.90	7.21	-18.31	6.80	-18.22	7.94	-16.86	7.28	-20.16	6.25	-18.80	6.92
V40	-19.59	6.91	-19.77	6.48	-20.13	7.52	-18.64	6.91	-22.01	6.19	-20.90	6.39
V41	-20.84	6.59	-20.78	6.20	-21.57	7.04	-19.91	6.48	-23.26	6.08	-22.20	5.93
V42	-21.61	6.32	-21.29	6.01	-22.45	6.55	-20.65	6.08	-23.94	5.82	-23.01	5.69
V43	-21.83	6.13	-21.27	5.93	-22.73	6.13	-20.82	5.77	-24.18	5.47	-23.31	5.47
V44	-21.39	6.02	-20.65	5.91	-22.33	5.77	-20.31	5.57 *	-23.82	5.08	-23.00	5.13
V45	-20.16	5.95	-19.30	5.89	-21.11	5.45	-19.01	5.48 *	-22.55	4.64	-21.72	4.72
V46	-17.96	5.83	-17.05	5.82	-18.97	5.16	-16.82	5.39 *	-19.89	4.17	-19.25	4.28
V47	-14.79	5.54	-13.90	5.80	-16.03	4.75	-13.80	5.12 *	-16.02	3.89	-15.68	3.85
V48	-11.07	4.86	-10.29	4.96	-12.48	3.99	-10.25	4.53 **	-11.19	3.04	-11.23	3.57
V49	-7.39	3.72	-6.87	3.82	-8.68	3.15	-6.86	3.59 **	-7.06	2.20	-7.13	2.74
V50	-4.01	2.19	-3.74	2.24	-4.81	2.05	-3.69	2.02 **	-3.58	1.12	-3.80	1.65
V51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*、**はそれぞれ1%、5%水準で有意

腓骨頭頭の位置から踵点の位置までの距離を1000mmとして大きさの要素を標準化している。

表1 (続き). 各群における左右ふくらはぎ曲線を表す51変数の平均値と標準偏差 (単位は mm)

Subj. Number	水泳女子 14				剣道男子 48				短距離男子 21			
	Left X	SD	Right X	SD	Left X	SD	Right X	SD	Left X	SD	Right X	SD
V01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V02	4.80	0.75	4.79	0.75	5.53	1.49	5.09	1.18	5.86	1.40	5.92	1.13
V03	9.22	1.60	9.57	1.22	10.99	2.71	10.45	2.43	11.85	2.83	11.89	2.15
V04	14.26	2.32	15.00	2.14	16.58	3.49	15.86	3.20	17.53	3.53	17.43	2.84
V05	19.19	2.57	20.14	3.28	21.74	4.24	21.00	4.01	22.87	4.18	22.81	3.65
V06	24.08	3.08	25.82	3.84	26.58	4.84	25.69	4.59	27.58	4.80	27.44	4.20
V07	28.77	4.00	30.44	4.66	31.22	5.48	30.24	5.20	32.00	5.35	32.01	4.80
V08	33.02	4.45	34.90	5.71	35.90	6.01	34.63	5.62	36.51	5.88	36.59	5.71
V09	37.73	5.28	39.41	6.49	40.41	6.51	38.98	6.07	41.07	6.47	41.02	6.50
V10	42.11	5.93	43.58	7.06	44.88	6.95	43.20	6.36	45.43	6.79	45.40	7.08
V11	46.02	6.34	47.27	7.71	48.92	7.30	47.15	6.71	49.91	7.46	49.80	7.86
V12	49.38	7.09	50.58	8.47	52.56	7.58	50.58	6.96	54.08	7.79	53.67	8.14
V13	51.92	7.98	53.20	9.13	55.84	7.85	53.57	7.31	57.57	7.82	57.05	8.78
V14	53.75	8.92	55.02	9.77	57.92	8.20	55.77	7.74	60.34	7.90	59.73	9.07
V15	54.88	9.92	56.08	10.47	59.30	8.65	56.91	8.25	62.46	8.09	61.18	9.21
V16	55.26	10.82	56.39	11.14	59.76	9.19	57.02	8.81	63.54	8.40	61.43	9.47
V17	54.90	11.49	56.08	11.70	59.37	9.70	56.29	9.33	63.50	8.83	60.84	9.84
V18	53.87	11.98	55.29	12.17	58.32	10.08	54.94	9.76	62.54	9.35	59.71	10.41
V19	52.75	12.44	54.12	12.59	56.69	10.37	53.13	10.15	60.81	9.85	58.21	11.16
V20	51.32	12.96	52.64	13.07	54.38	10.60	50.78	10.56	58.35	10.32	56.29	11.88
V21	49.54	13.52	50.80	13.58	51.31	10.86	47.82	11.00	55.28	10.86	53.67	12.31
V22	47.21	14.03	48.41	14.05	47.51	11.13	44.27	11.43	51.79	11.52	50.07	12.28
V23	44.16	14.40	45.40	14.42	43.16	11.26	40.24	11.79	47.83	12.18	45.72	11.86
V24	40.50	14.51	41.80	14.70	38.48	11.20	35.86	11.97	43.32	12.65	40.96	11.48
V25	36.43	14.33	37.75	14.86	33.61	10.96	31.31	11.91	38.32	12.69	35.89	11.13
V26	32.11	14.02	33.48	14.91	28.77	10.59	26.86	11.82	33.03	12.02	30.67	10.53
V27	27.68	13.87	29.06	14.76	24.00	10.14	22.58	11.14	27.91	11.19	25.51	9.93
V28	23.27	13.14	24.57	14.31	19.45	9.65	18.48	10.59	23.12	10.35	20.69	9.57
V29	18.42	12.20	20.00	13.65	15.23	9.27	14.83	10.16	18.41	9.21	16.20	9.24
V30	14.67	11.64	16.50	13.18	11.32	9.13	10.99	9.85	14.01	8.41	12.24	9.18
V31	10.68	10.95	12.73	12.33	7.67	9.08	7.46	9.55	9.85	7.67	8.54	9.07
V32	6.83	10.21	9.06	11.45	4.14	8.98	3.99	9.25	5.87	6.93	4.86	8.75
V33	3.05	9.32	5.43	10.62	0.71	8.88	0.55	8.97	2.03	6.35	1.22	8.40
V34	-0.71	8.39	1.82	9.89	-2.64	8.80	-2.83	8.77	-1.69	5.99	-2.28	8.18
V35	-4.43	7.56	-1.73	9.37	-5.96	8.88	-6.06	8.62	-5.23	5.72	-5.67	8.00
V36	-8.00	6.87	-5.22	9.01	-9.18	8.49	-9.11	8.52	-8.59	5.42	-8.98	7.67
V37	-11.45	6.21	-8.72	8.50	-12.19	8.24	-12.00	8.47	-11.77	5.10	-12.00	7.22
V38	-14.79	5.78	-12.19	7.95 *	-14.88	7.97	-14.71	8.40	-14.74	4.75	-14.67	6.72
V39	-17.65	5.52	-15.24	7.44 *	-17.23	7.72	-17.17	8.19	-17.49	4.43	-17.02	6.22
V40	-19.77	5.14	-17.55	6.92	-19.24	7.51	-19.18	7.77	-19.83	4.39	-19.00	5.82
V41	-21.21	4.70	-19.12	6.39	-20.90	7.38	-20.74	7.33	-21.47	4.52	-20.43	5.49
V42	-22.15	4.34	-20.07	5.87	-22.05	7.05	-21.91	7.04	-22.41	4.54	-21.25	5.09
V43	-22.57	3.99	-20.57	5.34	-22.65	6.65	-22.51	6.81	-22.72	4.40	-21.41	4.59
V44	-22.29	3.68	-20.61	4.78	-22.57	6.19	-22.39	6.52	-22.37	4.25	-20.88	4.06
V45	-21.23	3.52	-20.00	4.72	-21.57	5.61	-21.26	6.13	-21.25	4.33	-19.45	3.58 *
V46	-19.12	3.67	-18.34	4.12	-19.35	5.03	-18.67	5.72	-18.91	4.62	-16.79	3.37 *
V47	-15.73	3.94	-15.21	3.59	-15.40	4.30	-14.27	5.04	-14.94	4.58	-12.58	3.50 *
V48	-11.51	3.51	-10.94	2.71	-10.61	4.22	-9.50	4.42	-10.03	3.85	-8.31	3.41
V49	-7.17	2.78	-7.09	1.99	-6.38	3.45	-5.92	3.49	-6.40	3.01	-4.97	2.51
V50	-3.68	1.76	-3.82	1.25	-3.17	1.98	-3.26	2.35	-3.40	2.00	-2.70	1.85
V51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*, ** はそれぞれ 1%, 5%水準で有意
 腓骨頭頭の位置から踵点の位置までの距離を1000mmとして大きさの要素を標準化している。

表1 (続き). 各群における左右ふくらはぎ曲線を表す51変数の平均値と標準偏差 (単位は mm)

Subj. Number	跳躍男子 31				中・長距離男子 25				投擲男子 22			
	Left		Right		Left		Right		Left		Right	
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
V01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V02	5.49	1.38	5.75	1.18	5.55	1.04	5.75	1.28	4.99	0.91	5.00	1.30
V03	11.28	2.61	12.10	2.17	11.44	2.20	11.79	2.42	10.82	2.01	10.22	2.25
V04	16.92	3.26	17.87	2.97	16.58	2.97	17.73	3.32 *	16.31	2.77	15.66	2.82
V05	22.10	4.13	22.99	3.66	21.41	3.77	22.67	3.66 *	21.28	3.59	20.45	3.40
V06	26.85	4.82	27.93	4.62	25.72	4.33	27.13	4.73 *	25.90	4.23	25.04	4.05
V07	31.43	5.21	32.64	5.26	29.93	4.87	31.47	5.26 *	30.34	5.10	29.38	5.03
V08	35.95	5.78	37.07	5.94	34.12	5.34	35.60	6.06	34.69	6.08	33.42	6.10
V09	40.53	6.56	41.29	6.66	38.37	5.73	39.64	6.66	38.89	6.98	37.57	7.20
V10	44.80	7.14	45.46	7.31	42.29	5.86	43.66	7.02	43.06	7.49	41.69	7.99
V11	48.70	7.66	49.36	7.96	46.12	6.02	47.39	7.42	46.96	7.98	45.51	8.37
V12	52.46	7.98	52.98	8.48	49.43	6.23	50.74	7.89	50.10	8.36	48.78	9.11
V13	55.70	7.99	56.08	8.73	52.05	6.42	53.55	8.22	52.77	8.98	51.25	9.90
V14	58.10	8.10	58.44	9.07	53.97	6.66	55.52	8.54	54.63	9.76	53.01	10.66
V15	59.42	8.30	59.89	9.44	54.91	7.50	56.53	8.98	55.49	10.65	53.91	11.53
V16	59.73	8.64	60.24	9.81	54.80	8.16	56.52	9.53	55.44	11.52	53.87	12.31
V17	59.14	9.11	59.64	10.24	53.85	8.69	55.66	10.09	54.68	12.36	53.05	12.89
V18	57.86	9.64	58.38	10.79	52.33	9.11	54.19	10.57	53.29	13.04	51.71	13.26
V19	56.00	10.13	56.64	11.49	50.36	9.46	52.23	10.86	51.36	13.53	49.93	13.45
V20	53.59	10.52	54.32	12.24	47.88	9.77	49.68	10.87	48.91	13.90	47.65	13.53
V21	50.53	10.88	51.24	12.82	44.76	9.99	46.45	10.67	45.88	14.22	44.81	13.69
V22	46.74	11.24	47.37	13.05	40.96	10.09	42.59	10.38	42.28	14.42	41.40	13.93
V23	42.33	11.47	42.96	12.94	36.73	10.12	38.28	9.94	38.14	14.42	37.37	14.02
V24	37.59	11.48	38.29	12.62	32.21	10.07	33.77	9.47	33.52	14.26	32.85	13.90
V25	32.64	11.25	33.42	12.11	27.57	9.97	29.24	9.03	28.69	13.95	28.09	13.50
V26	27.51	10.78	28.36	11.22	23.08	9.87	24.75	8.69	24.09	13.51	23.39	12.88
V27	22.69	10.48	23.52	10.49	18.92	9.71	20.43	8.35	19.75	12.83	18.96	12.08
V28	18.18	9.91	19.11	9.95	15.12	9.48	16.36	7.90	15.51	11.75	14.81	11.29
V29	14.02	9.38	15.04	9.48	11.55	9.21	12.58	7.47	11.58	11.03	10.95	10.73
V30	10.12	8.90	11.21	9.09	8.08	8.92	9.01	7.14	7.68	10.38	7.38	10.36
V31	6.40	8.39	7.62	8.86	4.64	8.62	5.59	6.96	4.00	9.89	3.99	10.05
V32	2.87	8.01	4.13	8.65	1.29	8.29	2.28	6.91	0.52	9.50	0.63	9.69
V33	-0.49	7.72	0.74	8.45	-1.90	7.93	-0.93	6.92	-2.83	9.18	-2.64	9.32
V34	-3.80	7.42	-2.52	8.27	-4.95	7.53	-4.07	6.87	-6.08	8.97	-5.76	9.00
V35	-7.01	7.23	-5.68	8.08	-7.85	7.15	-7.10	6.73	-9.28	8.75	-8.70	8.76
V36	-10.10	7.13	-8.72	7.85	-10.56	6.87	-9.95	6.54	-12.33	8.50	-11.39	8.55
V37	-13.07	6.87	-11.59	7.52	-12.98	6.70	-12.54	6.36	-15.03	8.27	-13.82	8.21
V38	-15.80	6.36	-14.19	7.15	-15.10	6.57	-14.86	6.20	-17.34	8.06	-15.99	7.68
V39	-18.13	5.80	-16.40	6.85	-16.91	6.46	-16.86	6.13	-19.29	7.86	-17.85	7.01
V40	-19.92	5.46	-18.20	6.66	-18.39	6.35	-18.46	6.12	-20.85	7.64	-19.35	6.31
V41	-21.16	5.34	-19.55	6.51	-19.48	6.20	-18.63	6.09	-22.03	7.33	-20.43	5.69
V42	-21.82	5.29	-20.35	6.35	-20.17	6.02	-20.31	5.96	-22.84	6.92	-20.98	5.17
V43	-21.92	5.19	-20.67	6.22	-20.43	5.84	-20.44	5.78	-23.14	6.47	-21.02	4.79
V44	-21.37	5.04	-20.42	6.04	-20.05	5.60	-19.90	5.68	-22.77	6.06	-20.60	4.60 *
V45	-20.19	5.06	-19.37	5.80	-18.77	5.33	-18.67	5.62	-21.56	5.61	-19.56	4.60 *
V46	-18.12	5.11	-16.84	5.59	-16.37	5.10	-16.42	5.49	-19.15	4.81	-17.34	4.67
V47	-14.83	5.05	-12.79	5.41	-12.81	5.06	-12.64	5.28	-15.32	4.02	-13.90	4.69
V48	-10.37	4.34	-8.84	5.11	-9.08	4.84	-8.43	7.77	-11.19	3.64	-9.67	4.15 *
V49	-6.91	3.12	-5.56	3.68	-5.79	3.66	-5.55	3.55	-7.27	2.96	-6.18	3.28
V50	-3.73	1.66	-2.97	2.14	-2.92	2.07	-3.02	2.07	-3.69	1.67	-3.30	2.04
V51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*、**はそれぞれ1%、5%水準で有意

腓骨頭頭の位置から踵点の位置までの距離を1000mmとして大きさの要素を標準化している。

様式やスポーツ活動との関連性について検討した。

ふくらはぎ曲線の形状に影響を及ぼす要因として、下腿三頭筋の発達程度ばかりでなく腱の厚さ、下腿三頭筋の腱が付着する踵骨の形状、下腿後面における皮脂厚なども考慮する必要がある。Abreuら(1996)¹⁾、およびDaeleら(1997)²⁾は超音波を用い、踵骨の大きさや骨密度を測定している。骨密度は年齢と関係が深く、大きさや形は個人差が著しいことを明らかにしている。しかしながら踵骨形状の左右差について言及した報告は見あたらない。

また、人体を上肢から下肢まで20等分する部位でCTスキャン装置を用いた皮脂厚の研究により^{13),14)}、男女とも足先から下腿の1/3の高さまでは脂肪量は増減の変化がみられず、その位置から下腿2/3の位置に至る部分において漸増することが一般的であると報告されている。さらに、Kivistら(1988)¹⁴⁾の男17名、女8名のデータを改めて検討してみると、脂肪量そのものは性差よりむしろ個人差の方が大きいことを示唆している。

一般男子のふくらはぎ曲線を検討した結果、かなり広範囲にわたり(8~35番目の変数)左側の方が大であった。このことは、図2から判断して下腿三頭筋の発達程度が左右で異なっていることを反映しているものと考えられ、一般男子は左側のふくらはぎの方が発達しているものと推察することができる。一般女子においても、有意な左右差は認められないまでも一般男子と同様に左側の方がより突出する傾向がみられた。このような結果に至ったことは、継続的にしかも激しく運動するという習慣のない一般男女にとっては、特定のスポーツや運動が影響しているというよりむしろ長い間の日常生活の行動様式が影響していると考えた方が妥当である。一般男女のふくらはぎ側面観の結果は以下に示したようにいくつか重要なことを示唆している。つ

まり平沢(1980)⁹⁾が報告しているように、ヒトは日常生活における立位姿勢時や歩行時に左脚で自重を支えることが多いので、そのことが左の下腿三頭筋の発達を促しているものと考えられる。しかしながら、歩行運動において右脚は駆動的な役割を有していると言われ⁴⁾、右の下腿三頭筋の方が発達しても不思議ではない。歩行する際、駆動に必要な主な運動として股関節の伸展、膝関節の屈曲および足関節の底屈が考えられるが¹⁰⁾、速歩の場合は別として、通常の歩行においては離床時のつま先による蹴り出しすなわち足関節の底屈によって駆動しているのではなく、むしろ駆動力は股関節の伸展すなわち大殿筋や大腿後部の筋群によって生み出されるものと考えられる。したがって、通常速度で歩行する際の駆動力に対する下腿三頭筋の寄与する割合は殿筋群に比較して低いものと考えられる。また、その結果として、歩行する際の駆動的役割を有していると言われている右脚の下腿三頭筋の方が発達程度が低く、支持時間の長い左側に比較して突出しないという結果が得られたものと思われる。

さらに、一般女子の下腿三頭筋が踵骨に付着している部分において有意な左右差が認められ、右側の方がより突出していた。その理由として二つの仮説が立てられる。ひとつは何らかの原因で左側の方がより陥没していることであり、もうひとつは右側の方が陥没の程度が弱いことである。部位的にみて、左右差を生じる原因は腱の厚さや踵骨後部上面の突出度の形状が反映しているものと考えられる。MRIを用い、一般男女267名のアキレス腱の厚さを計測したKoivunen-NiemelaとParkkola(1995)¹²⁾は、アキレス腱の厚さは跳躍する際の踏切足との関連がないことを報告し、またKallinenとSuominen(1994)¹¹⁾は被検者を運動競技の経験年数により2群に分けてアキレス腱の厚さを測定した結果、アキレス腱の厚さは運動経験の長さとは関係がないこ

とを報告しており、アキレス腱の厚さだけに限ると左右差が生じにくいことを示唆している。一方では、上述したとおり踵骨の形状は個人差が著しいとの報告もあることから、踵骨の形は個人の行動様式と何らかの関係があるものと考えられる。したがって、脚においても機能的な左右差があるとするならば、踵骨の形状にそれが反映することも十分考えられることである。その意味では本研究で得られた結果、すなわち下腿三頭筋が踵骨に付着している部分において有意な左右差が認められたことは踵骨後部上面の形状の違いが反映しているものと推察することができるが、このことに関しては実際に踵骨形状の左右差を検討する必要がある。

スポーツ選手と一般人とを比較すると、スポーツ選手は種目に関係なくどの群も下腿三頭筋の筋腹にあたる部分においては上回っており、下腿三頭筋がより発達していることが明らかである。しかし詳細に検討してみると、スポーツ種目により相違が認められる。

短距離選手、剣道選手および投擲選手の場合は、左側が大きいという一般人の特徴を残したまま両側とも発達していた。しかし、水泳選手や中・長距離選手は、一般人に比較すると両側とも発達していることに違いはなかったが、その内容は前出の三群とは異なり右側の方がより大きい値であった。このことは、右側の方が左側に比較してより発達していることを表しており、水泳運動や長距離走運動と何らかの関係があることを示唆している。水泳における脚の運動として、クロールおよび背泳時の脚のビート、プレスト時の脚のキック、バタフライ時のドルフィンキックおよびターン時のプール壁のキックがあげられる。しかしこれらはいずれも片脚の運動ではなく、むしろ左右対称運動のように思われ、ふくらはぎ曲線において右側が突出する原因とは考えにくい。このことを解明するためには、今後において水中カメラ等を用いた水泳動作の

バイオメカニクスの検討が必要である。

中・長距離選手は下腿三頭筋の筋腹上部に相当する部位において右側の方が有意に大きい値であった。このことはトレーニング時も含み長期間にわたりトラックを左に周回することと関係深いと考えられる。中・長距離選手にはコーナーを効率よく回ることが求められ、外側の足や脚でより強く後方にキックしより大きな運動を引き起こすことが要求される。このことが左側より右側の下腿三頭筋の発達を強く促したものと推察することができる。

5 まとめ

モアレ縞撮影装置を用いて、一般男女および特徴的な運動パターンを有するいくつかの運動選手群におけるふくらはぎのモアレ縞を撮影した。モアレ縞情報をもとに側面観形状を再現し、その形状を左右差等の観点から比較検討した。その結果は以下のようにまとめられる。

- ① 一般男子では、下腿三頭筋の筋腹に相当する部分において左側の方がより突出していた。このことは一般女子においても同様な傾向であった。
- ② 一般女子では、踵骨上部に相当する部分において左側の方が陥没の程度が強かった。このことは各群とも共通した傾向であった。
- ③ 各運動種目群は一般男女に比較すると、下腿三頭筋の筋腹に相当する部分において両側ともより突出していた。
- ④ 水泳男子および中・長距離男子は、下腿三頭筋の筋腹に相当する部分において特異的に右側の方が突出していた。

参考文献

1. Abreu AV, Bolanos Ceron CH, Paiva Coelho FJ and Guedes Knackfuss I: Radiological study of the os calcis

- posterior tuberosity. *Rev. Bras. Orthop.*, 31(5):424-428.1996.
2. Asami T, Ishijima S and Taneya A: Characteristics of hand, foot, trunk side and eye dominance in university athletes. *J. Society of Biomech.*, 7(2):35-46.1983.
 3. Chapman JP, Chapman LJ and Allen JJ: The measurement of foot preference. *Neuropsychologia*, 25:579-584.1987.
 4. Chatinier KD and Rozendal RH: Temporal symmetry of gait of selected normal human subjects. *Proc. Koninklijke Nederlandse Akad., Wetenschappen, Serie C*, 74:353-361.1970.
 5. Daele PLA, Burger H, Leat CEDH, Hofman A and Grobbee DE: Longitudinal Changes in Ultrasound Parameters of the Calcaneus. *Osteoporosis Int.*, 7:207-212.1997.
 6. Friberg O: Clinical symptoms and biomechanics of lumbar spine and hip joint in leg length inequality. *Spine*, 8:643-651.1983.
 7. Friberg O and Kivist M: Factors determining the preference of takeoff leg in jumping. *Int. J. Sports Med.*, 9:349-352. 1988.
 8. 平沢弥一郎: Stasiology からみた左足と右足, *神経進歩*, 24: 433-434.1980.
 9. 市田浩三, 吉本富士市: スプライン関数とその応用, 教育出版, 東京, 1982.
 10. Inman VT: *Human Walking*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1981.
 11. Kallinen M and Souminen H: Ultrasonographic measurements of the Achilles tendon in elderly athletes and sedentary men. *Acta Radiologica*, 35:560-563.1994.
 12. Koivunen-Niemela T and Parkkola K: Anatomy of the Achilles tendon (tendo calcaneus) with respect to tendon thickness measurements. *Surg. Radiol. Anat.*, 17:263-268.1995.
 13. Kvist H, Sjostrom L and Tylen U: Adipose tissue volume determination in women by computed tomography: technical considerations. *Int. J. Obesity*, 10:53-67.1986.
 14. Kvist H, Chowdhury B, Grangard U, Tylen U and Sjostrom L: Total and visceral adipose-tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: predictive equations. *Am. J. Clin. Nutr.*, 48a:1351-61.1988.
 15. Kvist H, Chowdhury B, Sjostrom L, Tylen U and Cederblad A: Adipose tissue volume determination in males by computed tomography and ⁴⁰K. *Int. J. Obes.*, 12:249-66.1988.
 16. 三宅一郎, 山本嘉一郎, 垂水共之, 白倉幸男, 小野寺孝義: 新版 S P S S × III 解析編 2, 東洋経済新報社, 東京, 1991.
 17. Nachshon I, Denno D and Aurand S: Lateral preferences of hand, eye and foot: relation to cerebral dominance. *Int. J. Neurosci.*, 18:1-10.1983.
 18. Plato CC, Fox KM and Garruto RM: Measures of lateral functional dominance: Foot preference, eye preference, digital interlocking, arm folding and foot overlapping. *Hum. Biol.*, 57:327-334.1985.
 19. Takasaki H: Moir topography. *Applied Optics*, 9, 1467-1472.1970.
 20. 寺田春水, 藤田恒夫: 骨学実習のてびき, 南山堂, 東京, 1978.
 21. 椿 宏治, 田村 端: だいこん足とゴボウ足—アシの人類学事始め—, *人類誌*, 80(4): 300-318.1972.