

特集 再検証「サルからヒトへ」—本当にホモ・サピエンスは進化型なのか—

ヒト下肢筋構成の特徴

昭和大学保健医療学部理学療法学科

伊藤 純治

ヒトのロコモーションの特徴は直立姿勢を保持し、直立二足歩行を行うことである。ヒトの進化のうへで直立二足歩行を獲得したことがヒトの始まりと考えられている。しかし、直立二足歩行の起源と進化についてはサルのロコモーションを基に多くの説が唱えられているがいまだ定説がない。運動器である骨や骨格筋はロコモーションの多様性に対応して形態変異が現れ、ヒトの場合、姿勢維持や直立二足歩行を行うということにより、その機能的要求に対応する運動器の適応変化が現れると考えられる。ヒトの下肢の特徴はロコモーションに対応して長く、太く、丈夫になったことである。下肢骨格筋に注目すると、ヒトの歩行時に活動する筋は表面筋電図の測定から、大殿筋、大腿四頭筋、大腿屈筋群、下腿三頭筋、前脛骨筋などが関与することが知られている。また直立姿勢をとっているときに関与する筋群は抗重力筋とも呼ばれ、股関節を伸展位に保持する大殿筋や大腿屈筋群、膝関節を伸展する大腿四頭筋、足関節を固定する下腿三頭筋などがある。本論文ではこれらの下肢筋を中心に、ヒトの下肢筋構成の形態学的特徴について述べる。

相対重量値における下肢筋構成の特徴

(表1, 図1)

相対重量値(全下肢筋の総重量に対する各筋重量の百分率)についてヒトとサルで計測し、個々の特徴および種間変異を検討した¹⁻³⁾。

ヒトでは大腿四頭筋(21.2%)が最大で、大殿筋(12.8%), 大内転筋(7.8%), ヒラメ筋(6.8%), 腸腰筋(5.9%), 中殿筋(5.9%)の順で、最小は足底筋(0.1%)である。部位別では寛骨筋群(30.5%), 大腿筋群(46.9%), 下腿筋群(20.5%), 足筋群(2.3%)である。各筋群内では、寛骨筋群では大殿筋が、大腿筋群では大腿四頭筋が、下腿筋群ではヒ

ラメ筋がそれぞれ優る傾向にある。

サルでは、大腿四頭筋(19.7%)が最大で、大腿二頭筋(11.6%), 大内転筋(9.5%), 中殿筋(8.6%), 腸腰筋(6.4%)の順である。部位別では

表1 下肢筋の相対重量値(%)

筋名	ヒト	サル
腸腰筋	5.89	6.42
大殿筋	12.83	4.12
中殿筋	5.87	8.55
小殿筋	2.06	1.00
大腿筋膜張筋	0.94	1.59
梨状筋	0.64	0.61
内閉鎖筋	1.28	1.36
双子筋	0.29	0.27
大腿方形筋	0.70	0.83
縫工筋	1.73	0.81
大腿四頭筋	21.19	19.68
恥骨筋	0.76	0.33
長内転筋	2.24	0.52
短内転筋	1.59	0.78
大内転筋	7.75	9.45
薄筋	1.02	3.74
外閉鎖筋	1.00	1.32
大腿二頭筋	3.91	11.60
半腱様筋	2.15	3.31
半膜様筋	3.53	6.20
前脛骨筋	2.34	2.12
長指伸筋	1.15	0.65
長母指伸筋	0.49	0.24
長腓骨筋	1.17	0.97
短腓骨筋	0.51	0.55
腓腹筋	4.26	4.38
ヒラメ筋	6.78	2.15
足底筋	0.11	0.85
膝窩筋	0.41	0.68
後脛骨筋	1.70	0.56
長指屈筋	0.47	0.81
長母指屈筋	1.11	1.68

■ヒト □サル

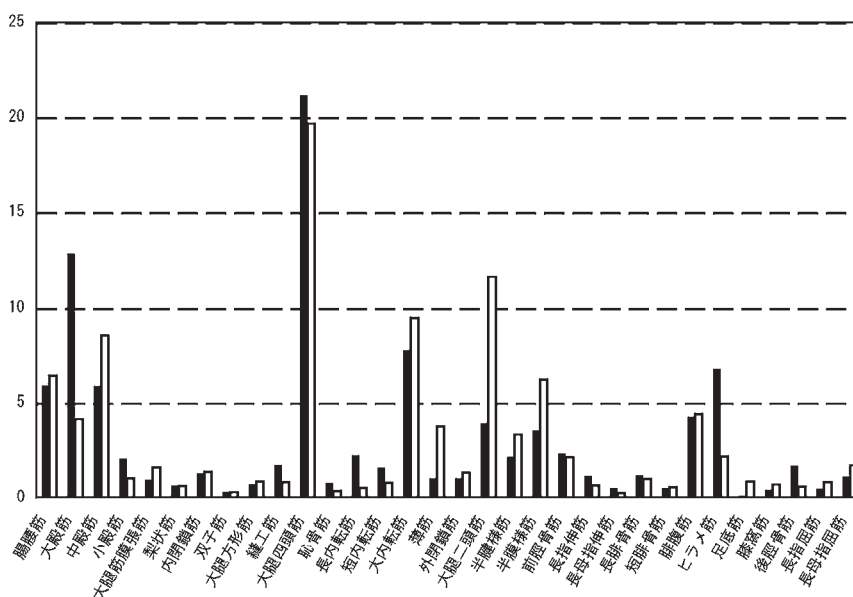


図1 ヒトとサルの下肢筋の相対重量値 (%) の比較

寛骨筋群 (24.7%), 大腿筋群 (57.7%), 下腿筋群 (15.7%), 足筋群 (1.9%) である。各筋群内では、寛骨筋群では中殿筋が、大腿筋群では大腿四頭筋が、下腿筋群では腓腹筋がそれぞれ優っている。

ヒトとサルの比較

個々の筋をみると、ヒトがサルより優る筋は大股筋、ヒラメ筋で、逆にサルが優る筋が中殿筋、大腿二頭筋である。各筋群で比較すると、寛骨筋群と下腿筋群はヒトで、大腿筋群はサルで優る傾向にある。寛骨筋群では、股関節屈曲の主動筋である腸腰筋はサルがヒトよりやや優るが両種間に差は小さい。殿筋群では大股筋と小股筋はヒトで、中殿筋はサルで優る傾向にある。大股筋/中殿筋、大股筋/腸腰筋の比をみると、ヒトはサルに比べ著しく大で、ヒトにおける発達が著明である。このような大股筋の形態発達がヒトの姿勢や直立二足歩行の進化に重要であると考えられる。大腿筋群では、膝関節伸展の主動筋である大腿四頭筋は両種間に差は小さい。大腿屈筋群では大腿二頭筋、半膜様筋はサルで優る傾向にあり、両筋はサルにおける推進において股関節の伸展により大きく関与すると考えられる。下腿筋群では、足関節底屈の主動筋である下腿三頭筋のうち、腓腹筋は両種間の差は小さい。ヒラメ筋

はヒトでは腓腹筋より優り、サルでは腓腹筋より小であり、両種間の差が著しい。これはヒトでは姿勢維持あるいは直立二足歩行にヒラメ筋が主に働き、サルでは推進において腓腹筋が主に働くことを示している。

筋線維構成における下肢筋構成の特徴

(表2, 図2~4)

ヒトの下肢筋のうち、腸腰筋⁴⁾、大腿四頭筋⁵⁾、大腿屈筋群⁶⁾、下腿三頭筋⁷⁾、前脛骨筋 (未発表) について筋線維構成 (筋腹横断面積, 筋線維総数, 筋線維径) を計測し、各筋の特徴を検討した。

筋腹横断面積 (図2) の全筋の平均は 456.0 mm² で、ヒラメ筋 (1165.4 mm²) が最大で、600 mm² 以上の筋が外側広筋, 内側広筋, 中間広筋, 600 ~ 300 mm² の筋が腓腹筋内側頭, 大腿二頭筋長頭, 半膜様筋, 大腿直筋, 腓腹筋外側頭, 前脛骨筋である。300 mm² 以下の筋が腸骨筋, 半腱様筋, 大股筋, 大腿二頭筋短頭, 足底筋である。

筋線維総数 (図3) の平均は 246266.1 で、外側広筋 (424411) が最多で、次いで内側広筋, ヒラメ筋, 大腿直筋, 腓腹筋外側頭, 前脛骨筋が 25 万以上である。25 万 ~ 20 万の筋が中間広筋, 腓腹筋内側頭, 大

ヒト下肢筋構成の特徴

表 2 ヒト下肢筋の筋線維構成

筋名	標本数	筋腹横断面積 (mm ²)	筋線維総数	筋線維径 (μm^2)
腸骨筋	6	251.0	221105	973.8
大腰筋	10	208.1	236266	632.0
大腿直筋	10	393.7	273813	1018.5
外側広筋	10	799.8	424411	1254.1
中間広筋	10	609.2	251021	1325.9
内側広筋	10	731.7	330482	1312.9
大腿二頭筋長頭	17	474.8	243600	1273.7
大腿二頭筋短頭	17	180.1	179984	557.3
半腱様筋	17	223.0	212737	705.1
半膜様筋	17	458.0	198556	1506.7
腓腹筋外側頭	10	372.4	260353	1001.2
腓腹筋内側頭	10	525.6	244272	1820.8
ヒラメ筋	10	1165.4	290139	3911.8
足底筋	7	75.9	69330	1000.9
前脛骨筋	8	371.2	257922	949.0

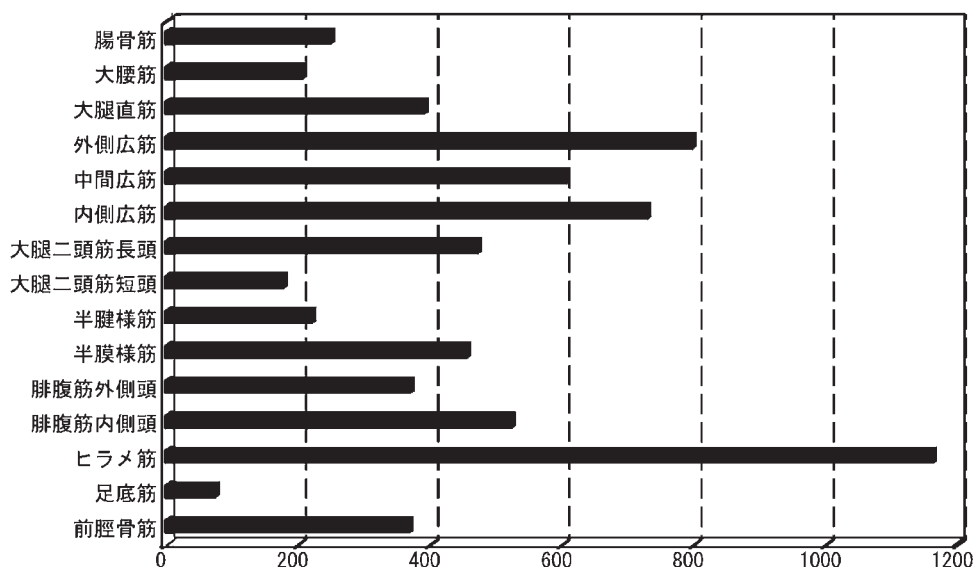


図 2 筋腹横断面積 (mm²) の比較

腿二頭筋長頭、大腰筋、腸骨筋、半腱様筋で、半膜様筋、大腿二頭筋短頭、足底筋は 20 万以下である。

筋線維径 (図 4) の平均は 1282.9 μm^2 で、ヒラメ筋 (3911.8 μm^2) が最大で、次いで腓腹筋内側頭が 1500 μm^2 以上である。次いで 1500 μm^2 ~ 1000 μm^2 の筋として、中間広筋、内側広筋、大腿二頭筋長頭、外側広筋、大腿直筋、腓腹筋外側頭、足底筋がある。1000 μm^2 以下の筋として、腸骨筋、前

脛骨筋、半腱様筋、大腰筋、大腿二頭筋短頭がある。

筋腹横断面積と筋線維総数の相関を見ると、各筋とも正の相関を示す。そのうちヒラメ筋では筋腹横断面積が、外側広筋、内側広筋では筋線維総数が優る傾向がある。筋腹横断面積と筋線維径の相関を見ると各筋とも正の相関を示す。そのうちヒラメ筋では筋線維径が、大腿四頭筋では筋腹断面積が優る傾

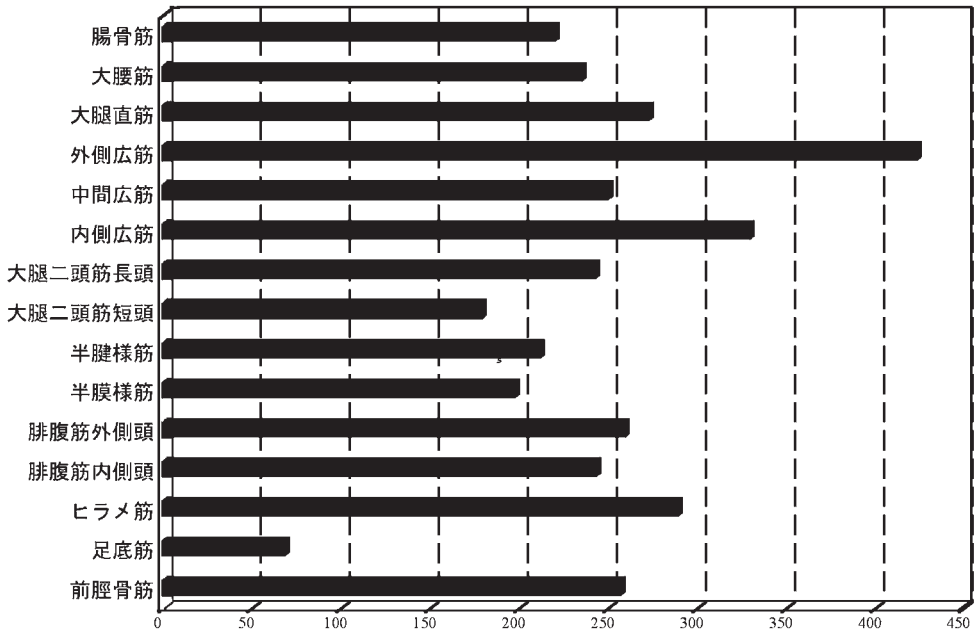


図3 筋線維総数 (×1000) の比較

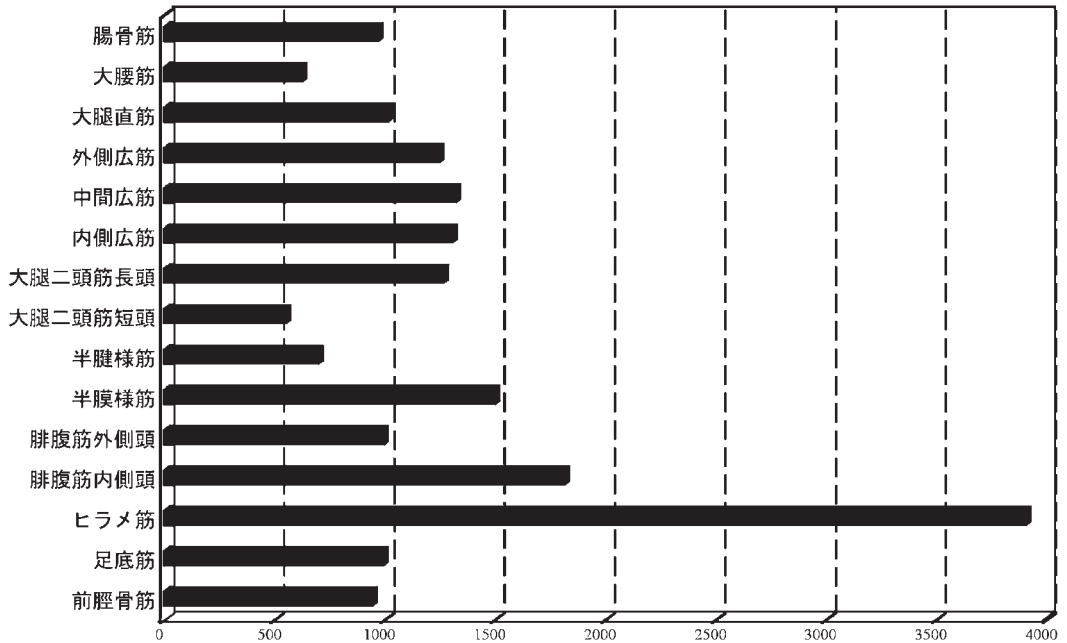


図4 筋線維径 (μm²) の比較

向がある。筋線維総数と筋線維径との間に相関はみられない。したがって筋腹横断面積と筋線維径が運動に対応した形態変化を示すと考えられる。

筋線維の太さは収縮によって大きな力を発揮する筋では太く、繊細な運動に関わる筋では細い。腸腰筋は股関節屈曲の主作動筋といわれるが、大腰筋は

下肢筋の中でも筋線維径は比較的小さく、姿勢維持や歩行運動などには大きな力は発揮しない、あるいは必要としないと考えられる。大腿四頭筋では、広筋群が筋腹横断面積、筋線維径ともに下肢筋中でも大で、広筋群の発達が見られ、膝関節伸展に大きな力を発揮するものと考えられる。大腿直筋は股関節と膝関節に作用する二関節筋であるため、筋構成が広筋群と異なると考えられる。大腿屈筋群では、大腿二頭筋（長頭）と半膜様筋の発達が顕著であり、膝関節の屈曲および股関節の伸展にこの2筋が強く作用すると考えられる。下腿三頭筋ではヒラメ筋の発達が顕著で、他の下肢筋を大きく凌駕しており、ヒラメ筋がヒトとサルとの種間変異が最も大きいと考えられる。ヒトではヒラメ筋>腓腹筋内側頭>腓腹筋外側頭の順で、サルでは腓腹筋外側頭>腓腹筋内側頭>ヒラメ筋となり逆の関係になる。ヒトの場合、ヒラメ筋は足関節の底屈に大きく作用し、直立姿勢維持や直立二足歩行に重要な役割を果たし、ヒラメ筋の発達が進化したヒトの下肢筋の特徴と考えられる。

ヒトの足は体重支持や歩行に対する適応変化として、踵の発達や、足弓の形成という特徴が見られる。ヒトの足筋の筋線維構成の特徴は、足弓形成に関与する筋、特に縦足弓形成に関与する筋の筋線維径の発達が著しいことである⁸⁾。

まとめ

ヒトの下肢筋は、直立姿勢、直立二足歩行というヒト特有のロコモーションに対して形態学的に適応

変化している。これは特に大殿筋、大腿四頭筋（外側広筋、内側広筋）、大腿屈筋群（大腿二頭筋長頭、半膜様筋）、ヒラメ筋などの抗重力筋の発達として顕著に現れていると考えられる。

文 献

- 1) 伊藤純治：ヒト下肢筋の相対重量と筋線維径について。文部省科学研究費補助金研究成果報告書 総合研究 (A)「歩行能の成熟と退行性変化に関する人類学的研究」(代表：熊倉博雄)，平成7年度：79-89, 1996.
- 2) Ito J: Morphological analysis of the human lower extremity based on the relative muscle weight. *Okajimas Folia Anat Jpn* 73: 247-252, 1996.
- 3) Ito J, Shiraiishi N, Umino M, *et al*: Morphological evaluation of the baboon hind limb muscles based on relative weight. *Okajimas Folia Anat Jpn* 77: 161-166, 2000.
- 4) 長谷川真紀子：ヒト腸腰筋（大腰筋、腸骨筋）の筋線維構成について。昭和医会誌 47: 833-842, 1987.
- 5) 小林公一：ヒト大腿四頭筋の筋線維構成について。昭和医会誌 51: 186-196, 1991.
- 6) 大原鐘敏：ヒト大腿屈筋群（大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋）の筋線維構成について。昭和医会誌 51: 151-158, 1991.
- 7) 片岡洵子：ヒトとサルの下腿三頭筋および足底筋における筋構築の比較研究。昭和医会誌 47: 851-861, 1987.
- 8) 鈴木雅隆、猪口清一郎、中西 弘、ほか：カニクイザル足筋の筋線維構成について—ヒト足筋ならびにサル・ヒト手筋との比較—。昭和医会誌 42: 737-746, 1982.