

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：17201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14621

研究課題名(和文) 筋骨格ストレスマーカーMSMは筋力指標の生理的筋断面積や皮質骨の厚みと相関するか

研究課題名(英文) Is the musculoskeletal stress markers (MSM) correlated with the physiological cross-sectional area in muscle and the cortical bone thickness?

研究代表者

菊池 泰弘 (KIKUCHI, YASUHIRO)

佐賀大学・医学部・講師

研究者番号：70325596

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：筋骨格ストレスマーカー(MSM、筋骨格発達指標)は、体肢骨の筋付着部で骨表面の粗面の発達程度を段階的に点数化し、よく使われていた筋を判別し、頻繁に行われていた動作を推測して、古人骨から過去の生業形態を解明する手段である。本研究では、皮質骨の厚さと筋の力学指標および収縮能指標を求め、MSMとの相関を明らかにし、古人骨の生業形態の精密復元に貢献できる手法を模索した。

同じ環境で成長した年齢の近い同性のオトナ同士では、筋骨格発達指標において筋力に関連した発達程度の差を見出せる骨部位は限定的であることが示唆された。また、筋骨格発達指標は皮質骨厚および筋の収縮能指標とは相関がないことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The musculoskeletal stress markers (MSM) are the indices for elucidating the life style of ancient people, by estimating the frequent movement, which is presumed by the scoring of the degree of the bone surface roughness in the muscle attachment site on the limb bones. This study clarified the interrelationships between the MSM on one hand, and the cortical thickness, muscle mechanical index, and muscle contractility index on the other hand. By means of these relationships, the present study also devised the method contributing to the precise reconstruction of the life style in ancient human.

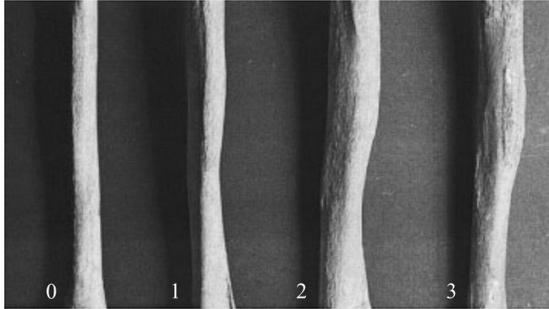
Targeting only the adults in same sex and close in age, who grew up in the same environment, it is difficult to detect the differences of the developmental degree clearly in the musculoskeletal developmental indices (substitute of MSM). The present study also indicated that these indices are not correlated with the cortical thickness and muscle contractility index.

研究分野：自然人類学、霊長類学、肉眼解剖学

キーワード：筋骨格ストレスマーカー 皮質骨厚 筋重量 筋線維長 発達指標

### 1. 研究開始当初の背景

近年、生物考古学分野では、MSM (Musculoskeletal stress markers、筋骨格ストレスマーカー) を用いて古人骨の生業形態復元が盛んに行われている (e. g., Hawkey and Merbs, 1998; Hawkey, 1998; Eshed *et al.*, 2004; Molnar, 2006、下図: Molnar, 2006の例で数字が大きくなるほど筋が発達していたと推定判定)。



しかし、同様のMSM 評価でも、実際の筋量に差が認められる可能性が否定できないにも関わらず、MSM と実際の筋量との相関の検証はいまだなされていない。つまり、骨のみを考慮に入れた研究は、実際の形態の動向を再現しているとは言い難い。また、報告者は、現在に至るまで、主に霊長類を対象に、骨形態と筋の定量的な相関関係について探る研究を行ってきた (Kikuchi, 2004; Kikuchi *et al.*, 2009; Kikuchi *et al.*, 2012)。

### 2. 研究の目的

本研究では、MSMが本当に実際の筋量を表しているのかどうか、また、CTスキャナー (X線断層撮影装置) を用いて得られる三次元再構築データを併用することで、MSM情報から骨内部情報へのリンクが可能かどうか検証する。その方法は、MSMと実際の筋重量や筋力指標値、更にはMSMと三次元データとの相関を明らかにする。解剖学的手法からは、筋を細かく解剖し、筋実質、腱、腱膜にそれぞれ分離したのちに、純粋な筋実質のみの重量を測定することで、より正確な筋データを得ることが可能で、MSMと解剖データとの融合を図った。ま

た、三次元再構築の手法では、骨の筋付着部周囲に感光する特殊な薬品で印を付けることで、三次元再構築したデータ上で筋付着部を可視化し、付着部の平均皮質骨厚を求めることにより、MSMと三次元データとの融合を図った。

### 3. 研究の方法

オトナメスのカニクイザル 10 頭 (表1、年齢: 12.9~18.1 才、体重 2.4~4.6kg、佐賀大学医学部保管、10%ホルマリン浸漬標本) の上腕骨を対象にした。

死亡年齢	体重(kg)
17.7	3.1
15.1	3.9
14.1	2.9
15.7	2.7
15.7	3.6
17.2	2.4
17.0	3.3
12.9	4.2
18.1	2.8

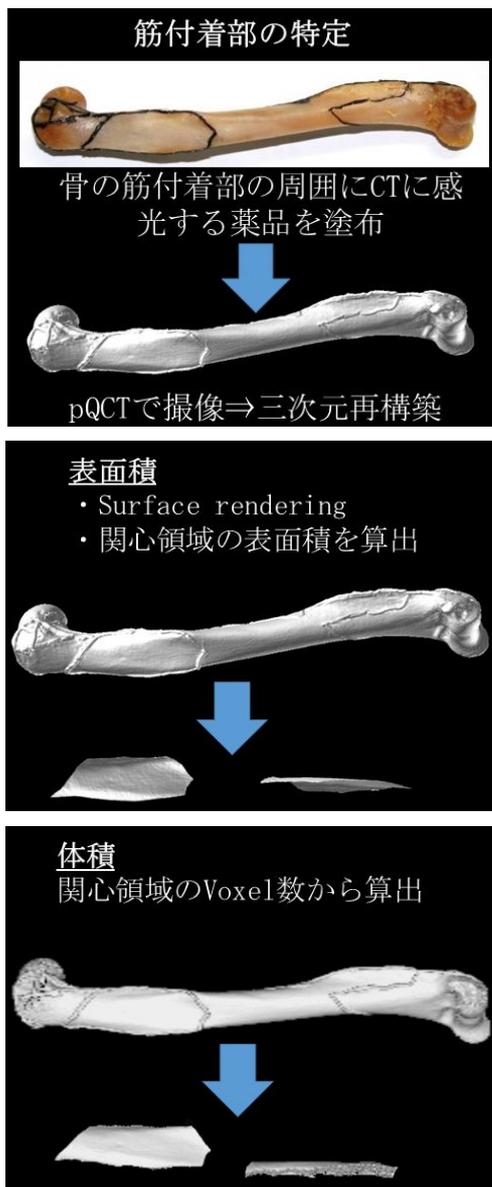
これらの個体は生前、個別ケージの同一環境で飼育されており、他の実験後に死体として提供された。以下2つの分析方法を実施した。

#### 分析

左上肢における三角筋および肩甲下筋の筋重量および筋線維長を計測した (下図)。



筋重量は筋力と相関し、筋線維長は筋の収縮能を表す。筋線維長は各筋でランダムに6か所を計測しその平均値を用いた。また、上腕骨におけるそれぞれの筋付着部位置の皮質骨の厚さを算出した。皮質骨の厚さは、pQCT (XCT 2000 Research+) 撮像後に PC 内で三次元再構築した上腕骨において、筋付着部における表面積と体積を求め算出した (体積 / 表面積、下図)。



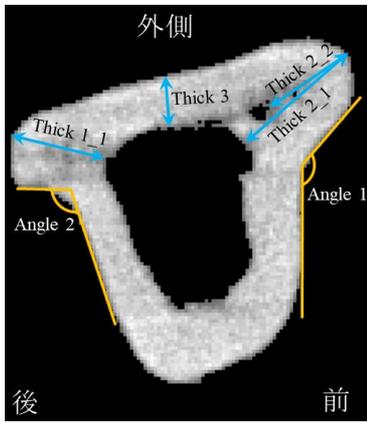
求めた皮質骨の厚さと体重、筋重量、筋線維長それぞれが相関するのかが明らかにするため、常用対数に変換後、回帰分析を行った。各個体における三角筋および肩甲下筋の皮質骨厚 (付着部)、筋重量、筋線維長を下記に示す。

三角筋		
皮質骨厚 (cm)	筋重量 (g)	筋線維長 (cm)
0.112	6.20	2.98
0.110	8.66	2.90
0.102	7.75	2.97
0.110	7.18	2.81
0.124	8.84	2.84
0.095	9.11	2.85
0.118	10.81	3.26
0.107	8.96	3.29
0.127	8.41	3.00

肩甲下筋		
皮質骨厚 (cm)	筋重量 (g)	筋線維長 (cm)
0.072	5.90	1.24
0.066	7.47	1.64
0.075	8.64	1.55
0.071	6.68	1.95
0.088	7.63	1.92
0.059	8.32	1.75
0.069	8.63	1.74
0.063	7.15	1.54
0.067	8.54	1.63

#### 分析

右上肢を対象に三角筋の重量および筋線維長 (筋線維長はランダム6か所の平均値) を計測した (分析に従う)。また、三角筋粗面・10断面 (下図) における皮質骨の厚さを ImageJ により下図の4か所について計測した。筋骨格の発達指標については、通常 MSM を用いるが、個体間によって差を見出すことが困難だったため、今回は三角筋粗面における前方 (Angle 1) および後方 (Angle 2) への突出度を骨幹部との角度によって表した (下図)。



筋重量は体重で、皮質骨厚および筋線維長は体重の1/3乗で除算し、標準化した値を用いた。筋骨格の発達指標である角度と、標準化した皮質骨厚・筋重量・筋線維長との相関について回帰分析を行った。各個体における三角筋の筋重量、筋線維長を下記に示す。

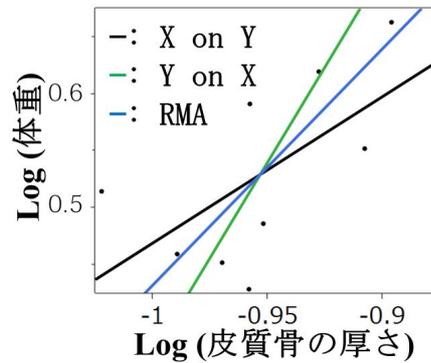
三角筋	
筋重量 (g)	筋線維長 (cm)
6.2	2.9

9.3	2.9
7.4	2.9
6.8	3.0
8.1	2.8
7.2	3.4
9.5	3.1
11.3	3.7
9.4	3.6
8.3	3.4

#### 4. 研究成果

##### 分析の結果

三角筋附着部の皮質骨の厚さは、筋重量や筋線維長と統計学的有意性基準 ( $p < 0.05$ ) での相関は認められなかった (下表)。統計学的有意性基準 ( $p$ ) が 0.05 以上であるが、体重とはやや強い正の相関を見せた (下図、下表)。



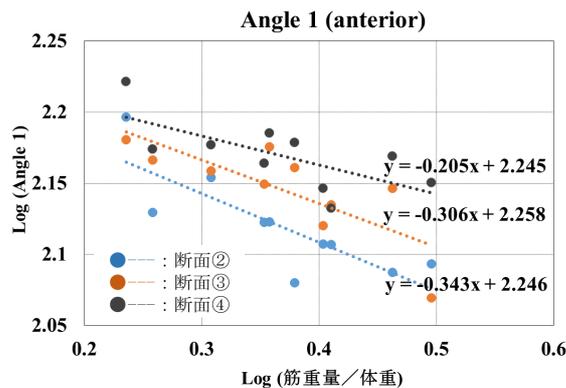
		三角筋	肩甲下筋
体重	相関係数	<u>0.62</u>	-0.02
	F 値	<u>0.075</u>	0.963
筋重量	相関係数	0.11	-0.08
	F 値	0.786	0.83
筋線維長	相関係数	0.06	0.19
	F 値	0.874	0.623

肩甲下筋附着部の皮質骨の厚さは、どの計測値 (体重、筋重量、筋線維長) とも統計学的有意性基準 ( $p < 0.05$ ) での相関は認められなかった (上表)。

##### 分析の結果

筋骨格の発達指標として考案した「断面」、

断面②、断面③の前方への突出度を表す角度」と、「筋重量を体重で標準化した値」が統計学的有意性基準( $p < 0.05$ )下で負の相関を示した(下図・下表)。その他の組み合わせのものは、いずれも統計学的有意性基準負( $p < 0.05$ )での相関は認められなかった。



	相関係数	F 値
断面②	-0.82	0.004
断面③	-0.78	0.008
断面④	-0.69	0.027

#### 考察

対象としたカニクイザルは、同一の性別、そして年齢は老齢でもワカモノでもない成熟したオトナ個体であることから、年齢の近いオトナの同性内では、皮質骨の厚さを計測しても、筋に関連した値を推定することは難しいことが分かった。

ただし、三角筋附着部周辺(骨幹部)における皮質骨の平均の厚さは、古代人の上腕骨・骨幹が骨片でみつかった場合など、体重推定に用いることができる可能性が示唆された。

さらに、筋の発達指標において顕著に差が見出せる骨部位は限定的である可能性が示唆された。成長・加齢といった現象による骨表面の形態変化や、部位による違いなど、今後検討を要する。

#### <引用文献>

Hawkey DE, Merbs CF. 1995.

Activity-induced musculoskeletal stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson Bay Eskimos. *Int. J. Osteoarchaeol.* 5, 324-338.

Hawkey DE. 1998. Disability, compassion and the skeletal record: using musculoskeletal stress markers (MSM) to construct an osteobiography from early New Mexico. *Int J Osteoarchaeol.* 8, 326-340.

Eshed V, Gopher A, Galili E, Hershkovitz I. 2004. Musculoskeletal stress markers in Natufian hunter-gatherers and Neolithic farmers in the Levant: the upper limb. *Am. J. Phys. Anthropol.* 123(4), 303-315.

Molnar P. 2006. Tracing prehistoric activities: musculoskeletal stress marker analysis of a Stone-Age population on the island of Gotland in the Baltic sea. *Am. J. Phys. Anthropol.* 129(1), 12-23.

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

菊池泰弘, 緑川沙織, 江村健児, 近藤健, 小島龍平, 藤野健. 2017. 新世界ザルの動作解析と形態から類人猿の特徴を探ってみる 特にロコモーションに着目して. *霊長類研究*. 査読有, 33, 91-10.

<https://doi.org/10.2354/psj.33.014>

Kikuchi Y, Nakatsukasa M, Nakano Y, Kunimatsu Y, Shimizu D, Ogihara N, Tsujikawa H, Takano T, Ishida H. 2016. Sacral vertebral remains of the Middle Miocene hominoid *Nacholapithecus kerioi* from northern Kenya. *J. Hum.*

Evol. 査読有, 94, 117-125.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2016.03.006>  
小島龍平、日暮泰男、後藤遼佑、伊藤純治、菊池泰弘、藤野健 . 2015 . 縁の下の力持ち : 小さな筋はなにをしているのか . 霊長類研究 , 査読有 , 31, 141-149.  
<https://doi.org/10.2354/psj.31.020>  
Kikuchi Y, Nakatsukasa M, Nakano Y, Kunimatsu Y, Shimizu D, Ogihara N, Tsujikawa H, Takano T, Ishida H. 2015. Morphology of the thoracolumbar spine of the middle Miocene hominoid *Nacholapithecus kerioi* from northern Kenya. J. Hum. Evol. 査読有 , 88, 25-42.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2015.09.003>  
Kikuchi Y, Kuraoka A. 2015. Sexual dimorphism of endocranial, facial, and limb measurements in the yellow baboon (*Papio cynocephalus*). Anat. Histol. Embryol. 査読有, 44, 275-282 .  
<https://doi:10.1111/ahe.12136>

[学会発表](計5件)

菊池泰弘 . カニクイザル (*Macaca fascicularis*) を用いた筋骨格の発達指標の検討 . 第 71 回日本人類学会大会 . 2017 年 .

菊池泰弘 . カニクイザル (*Macaca fascicularis*) における 皮質骨の厚さと筋重量および筋線維長との相関関係について . 第 122 回日本解剖学会総会・全国学術集会 . 2017 年 .

菊池泰弘 . 筋力指標値と筋付着部の皮質骨厚からみた霊長類の肩関節筋 . 第 121 回日本解剖学会総会・全国学術集会 , 2016 年 .

菊池泰弘 . 生理的筋断面積からみた肩関

節筋 ヒトを含む類人猿の特徴 . 京都大学霊長類研究所共同利用研究会「第 3 回 ヒトを含めた霊長類比較解剖学 - 四肢の基本構成と特殊化を探る - 」, 2015 年 .

菊池泰弘 . 生理的筋断面積からみた肩関節に關与する小型筋 小円筋について . 第 31 回日本霊長類学会大会 . 2015 年 .

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]  
ホームページ等  
無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊池 泰弘 (KIKUCHI, Yasuhiro)  
佐賀大学・医学部・講師  
研究者番号 : 70325596

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し

(4) 研究協力者

無し