

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04018

研究課題名(和文)皮膚の弾性は3次元筋形状および筋パフォーマンスの決定因子であるか？

研究課題名(英文)Skin elasticity determines 3D muscle geometry and muscle force generation capacity

研究代表者

吉武 康栄 (Yoshitake, Yasuhide)

信州大学・学術研究院繊維学系・教授

研究者番号：70318822

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：皮膚は、生体の中でも最大の表面積を誇る器官である。身体運動の源である骨格筋の多くは皮膚に覆われており、感覚受容器の作用により運動単位のインパルス発火頻度を変容させ筋縮張力の調節に貢献することや、隣接する筋に力を伝達する媒体である可能性があることは明らかになっているが、それ以外の皮膚と筋機能との関連性については明確になっていない。本研究では、姿勢変化にともなう筋の3次元形状の変化量を高齢者と若齢者間で比較し、皮膚の機械的特性、安静時筋形状、力発揮能力の3因子の関連性を明らかにすることを目的とした。その結果、皮膚のせん断弾性率が筋形状を決定し、それに伴い力発揮能力も決定することが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

皮膚は、あまり知られていませんが生体の中でも最大の表面積を誇る器官であります。皮膚の機能としては、外環境と生体との境界組織として圧迫や熱などの刺激に対し、所有する感覚受容器を介して刺激に関する感覚情報を素早く脳にフィードバックする機能を有することはよく知られています。本研究では、皮膚の他の機能、今回は、皮膚には筋肉に対するバッキング作用があり、それによって筋形状や力の発揮能力に影響するかどうか明らかにすることを試みました。高齢者と若齢者から得たデータを比較した結果、皮膚の硬さ(弾性)が低いと、筋形状が歪化されやすく、その結果、力発揮能力が低下することが明らかになりました。

研究成果の概要(英文)：The skin is the organ with the largest surface area of any living body. Skin covers most of the skeletal muscles, which are the source of body movement, and that skin may contribute to the regulation of muscle contraction tension by altering the impulse firing frequency of motor units through the action of sensory receptors and may be a medium for transmitting force to neighboring muscles. However, other relationships between skin and muscle function have not been clarified. In this study, we compared the amount of change in the three-dimensional shape of muscles during postural change between older and young participants, and aimed to clarify the relationship among the three factors of skin mechanical properties, resting muscle shape, and force-generating capacity. From our data, the study reveals that the shear modulus of skin determines muscle shape, which consequently determines force-generating capacity.

研究分野：バイオメカニクス、筋メカニクス、神経生理学

キーワード：3次元超音波法 皮膚 超音波剪断波エラストグラフィ 筋形状 力発揮能力 超音波Bモード法

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

皮膚は、生体の中でも最大の表面積と重量を誇る器官であり、外環境と生体との境界組織として機械的・熱的などの刺激に対し、所有する感覚受容器を介して刺激に関する感覚情報を素早く脳にフィードバックする機能を有する。一方で、ヒトの身体運動を司る骨格筋の多くを皮膚は覆っているが、前述した感覚受容器の作用により運動単位のインパルス発火頻度を変容させ筋収縮張力の調節に貢献することや、隣接する筋に力を伝達する媒体である可能性があること以外 ([Yoshitake et al. 2018](#)), 皮膚と筋機能との関連性については明確になっていない。

2. 研究の目的

姿勢変化にともなう筋の3次元形状の変化量を高齢者と若齢者間で比較し、皮膚の機械的特性、安静時筋形状、力発揮能力の3因子のシステムティックな関連性を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、若年成人と高齢成人を対象とした。重力方向に対する筋の向きが右内側腓腹筋(MG)の筋形状および足関節底屈における力発揮能力に及ぼす影響を調べるため、対象者は仰臥位および伏臥位の測定姿勢をとった。いずれの姿勢において、右足首の角度は底屈15度とし、股関節および膝関節は完全伸展位とした。力発揮能力は、単一電気刺激(脛骨神経への超強度)による誘発足関節底屈トルクを対象に、トルクのピーク値(PT)から評価した。皮膚の機械的特性は、超音波せん断波エラストグラフィ法を用いてMG筋腹のせん断弾性率から評価した。さらに、筋の3次元形状を測定するために、3次元(3D)超音波法を用い、MGの3次元形状を再構成した。さらに、MGをセグメンテーションした後、下腿長の30%に位置する2次元平面においてMGの前後方向(AP)長さと同方向(ML)幅を測定した。代表的なMGの3次元形状指標として、ML/AP比を算出した。

4. 研究成果

若年者群および高齢者ともに、仰臥位と比較して伏臥位ではPTが有意に小さく、ML/AP比が大きくなった($P < 0.05$)。PTとML/AP比の体位に関連した変化は、若齢者群よりも高齢者群で大きかった($P < 0.05$)。皮膚せん断弾性率(体位間の平均値)は、高齢者群が若齢者より小さかった($P < 0.05$)。ML/APとPTの相対的变化量には有意な負の相関関係が、皮膚せん断弾性率とML/APの相対的变化量には負の相関関係が、皮膚せん断弾性率とPTの相対的变化量には正の相関関係が認められた(いずれも $P < 0.05$)。これらの結果から、加齢に伴う皮膚せん断弾性率の低下は、伏臥位での筋形状の扁平化を促進し、それに伴い力発揮能力の低下が大きくなることが示唆された。本研究は、皮膚の機械的特性、安静時筋形状、力発揮能力の3因子にはシステムティックな相互関連があることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Washino Sohei, Murai Akihiko, Mankyu Hirotooshi, Ogita Futoshi, Kanehisa Hiroaki, Yoshitake Yasuhide	4. 巻 121
2. 論文標題 Lower lung-volume level induces lower vertical center of mass position and alters swimming kinematics during front-crawl swimming	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanics	6. 最初と最後の頁 110428 ~ 110428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiomech.2021.110428	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Washino Sohei, Yoshitake Yasuhide, Mankyu Hirotooshi, Murai Akihiko	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Vertical body position during front crawl increases linearly with swimming velocity and the rate of its increase depends on individual swimmers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sports Biomechanics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14763141.2022.2071329	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Aeles J, Kelly LA, Yoshitake Y, Cresswell AG.	4. 巻 123
2. 論文標題 Fine-wire recordings of flexor hallucis brevis motor units up to maximal voluntary contraction reveal a flexible, nonrigid mechanism for force control	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Neurophysiol	6. 最初と最後の頁 1766-1774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jn.00023.2020.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Washino Sohei, Murai Akihiko, Mankyu Hirotooshi, Ogita Futoshi, Kanehisa Hiroaki, Yoshitake Yasuhide	4. 巻 32
2. 論文標題 Projected frontal area and its components during front crawl depend on lung volume	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports	6. 最初と最後の頁 1724 ~ 1737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sms.14231	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Ryosei, Kanehisa Hiroaki, Washino Sohei, Watanabe Hironori, Shinohara Minoru, Yoshitake Yasuhide	4. 巻 239
2. 論文標題 Reconstruction of net force fluctuations from surface EMGs of multiple muscles in steady isometric plantarflexion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 601 ~ 612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00221-020-05987-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Washino Sohei, Mankyu Hirotooshi, Kanehisa Hiroaki, Mayfield Dean L., Cresswell Andrew G., Yoshitake Yasuhide	4. 巻 104
2. 論文標題 Effects of inspiratory muscle strength and inspiratory resistance on neck inspiratory muscle activation during controlled inspirations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Experimental Physiology	6. 最初と最後の頁 556 ~ 567
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1113/EP087247	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Hironori, Ogoh Shigehiko, Miyamoto Naokazu, Kanehisa Hiroaki, Yoshitake Yasuhide	4. 巻 808
2. 論文標題 Greater task difficulty during unilateral motor tasks changes intracortical inhibition and facilitation in the ipsilateral primary motor cortex in young men	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neuroscience Letters	6. 最初と最後の頁 137293 ~ 137293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neulet.2023.137293	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Washino Sohei, Murai Akihiko, Mankyu Hirotooshi, Yoshitake Yasuhide	4. 巻 in press
2. 論文標題 Determination of subset models for predicting vertical centre of mass position during front crawl in male swimmers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Sports Sciences	6. 最初と最後の頁 1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02640414.2023.2214393	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Suzuki J, Ooiwa Y, Suzuki R, Yoshitake Y
2. 発表標題 Jump performance and stretch reflex response change after hopping on the trampoline.
3. 学会等名 26th Annual ECSS Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Suzuki R, Sato K, Adachi R, Yoshitake Y
2. 発表標題 Cognitive task prior to ballistic contraction task reduces rate of torque development
3. 学会等名 26th Annual ECSS Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉武康栄, 平田浩祐, 渡邊裕宣, 鷲野壮平, 鈴木亮晴, 赤木亮太
2. 発表標題 超音波剪断波エラストグラフィ測定で得られる値の真は？
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 足立凌, 鈴木亮晴, 吉武康栄
2. 発表標題 手指の独立性と筋間の機械的相互作用の関連性
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大岩悠樹, 宮本直和, 金久博昭, 赤田美奈, 新垣健太, 吉武康栄
2. 発表標題 超音波剪断波エラストグラフィ法による皮膚の力学的特性測定の有効性
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木丈太, 鈴木亮晴, 大岩悠樹, 吉武康栄
2. 発表標題 トランポリン連続跳躍後の伸張反射の変化
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木亮晴, 佐藤光哉, 足立凌, 吉武康栄
2. 発表標題 爆発的筋収縮前の認知課題によりトルクの立ち上がり勾配が低下する
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	宮本 直和 (Miyamoto Naokazu) (20420408)	順天堂大学・スポーツ健康科学部・先任准教授 (32620)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	金久 博昭 (Kanehisa Hiroaki) (50161188)	鹿屋体育大学・学長・学長 (17702)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関