

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22650128

研究課題名（和文）

隣接した筋同士の間は運動力学的、病態生理学的に影響しあうか？

研究課題名（英文）

The Physical and Kinesiological Role of Muscle Linkage in Rats

研究代表者

河上 敬介 (KEISUKE KAWAKAMI)

名古屋大学・医学系研究科（保健）・准教授

研究者番号：60195047

研究成果の概要（和文）：

ヒトの隣接する2つの筋間の連結構造が及ぼす力学的、病態運動学的影響を詳細に検証するためには、実験動物モデルが必要である。そこで、ラットの四肢において人と同様の筋連結の存在の有無を調べたところ、上腕三頭筋の停止部の筋束と尺側手根屈筋の起始腱との間に筋連結の存在が確認できた。また、上腕三頭筋の収縮がこの連結を介して尺側手根屈筋に力学的影響を与えることが判明した。本成果は今後の運動療法の発展に大きく役立つと考える。

研究成果の概要（英文）：

Many muscle linkages can be observed in the upper and lower limbs of the human body. In order to investigate the functions of these muscle linkages, laboratory animal models are necessary. Through anatomical research, we have discovered that the triceps brachii of a rat is connected to the flexor carpi ulnaris. In addition, with electrophysiology, we have clarified that the shortening of the triceps brachii causes it to pull the flexor carpi ulnaris. It is thought that these experimental results will benefit exercise analysis and effective muscle training tactics.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	0	1,100,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：理学療法学

1. 研究開始当初の背景

筋の起始や停止を詳しく観察すると、筋線維の始まりや終わりが骨（骨膜）のみではなく、隣接する筋の筋膜や腱にもあることが多い。例えば、前腕筋膜や下腿筋膜を近位方へたどると、筋腹中央付近の筋膜に比べて丈夫で厚い膜に移行する。この厚い膜の内面を観察すると、その膜から始まる筋束が確認できる。すなわち、筋膜は徐々に筋束が始まる

起始腱膜に移行しており、この腱膜が集まって骨膜と融合し骨につながっている。この起始腱膜は隣接する筋と筋の間にも、筋間中隔のように存在し、その両面から異なる筋の筋束が始まる。このように、隣接する2つの骨格筋において、それぞれの筋線維の先端同士が、腱、各種の筋膜注)、筋間中隔、骨間膜、関節包、靭帯を介して接続することを、我々は筋連結と呼んでいる（図1）。筋連結

には、ほぼ並列に隣り合う筋間に存在する場合と、ほぼ直列に位置する筋間に存在する場合とがある。ヒトの大殿筋の停止は腸脛靭帯や殿筋粗面以外に大腿四頭筋の外面を覆う起始腱膜にも終わり、直列型の筋連結である。我々は、大殿筋の横断面積の約8~9%が大腿四頭筋に連結していることを明らかにした。また、エコーによる観察で、この連結部が大殿筋収縮時に頭方へ平均3.2cm移動することを、明らかにした。すなわち、大殿筋の収縮は大腿四頭筋の張力を上げ、膝関節の伸展のトルクに影響を及ぼすことが考えられた。ただ、収縮時の大殿筋がどのくらいの力で大腿四頭筋を牽引するのか、それがどのくらいの膝伸展トルクに影響を及ぼすかといった運動力学的な影響は不明である。ただ、本件をヒトで解析するには限界がある。

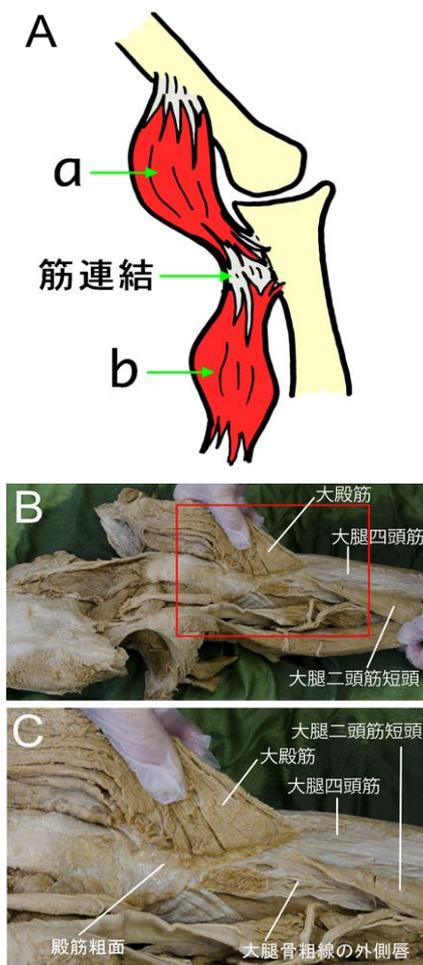


図 1

Aは筋連結の模式図である。Bはヒトの右大腿部を後内側方から観察した写真である。大殿筋を起始から剥離し外側方へ、大腿二頭筋を内側方へ反転してある。CはBの□で囲まれた部分を拡大した写真である。大殿筋の下部の筋束が、大腿四頭筋の外側広筋の表面に存在する起始腱膜に終わっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、実験動物として用いられることの多いラットの四肢において、人と同様の直列型の筋連結が存在するかどうかを調べることである。また、直列型筋連結の存在が明らかになれば、その連結を介する二筋の間に力学的影響があるかどうかを、構造的、運動力学的に解析することである。

3. 研究の方法

(1) ラット四肢における直列型筋連結の有無の検証

生後9週のWistarラットの右前肢を用いた。ラットは灌流固定後に皮膚を剥離し、体幹と肩甲骨を結ぶ筋を切離した。その後、前肢の筋の起始や停止付近の構造を実態顕微鏡レベルで詳細に観察し、隣接する2筋のうち筋連結の存在する部位を調べた。

(2) 連結する一方の筋の移動による他方の筋の移動距離の測定

実体顕微鏡下における観察において明らかになった、ラット前肢の肘関節付近の直列型の連結部を対象とする。連結する2筋のうち、近位に位置する筋の筋腹に針を取り付けその筋の起始方向に牽引する。牽引前後の2筋の筋腹を撮影し、デジタル上で筋腹表面の移動距離を測定する。

(3) 連結する一方の筋の収縮による他方の筋の停止腱に加わる張力の生体測定

実験に先立ち、連結を持つ2筋のうち、近位に位置する筋の支配神経を剖出するために、麻酔下でラットの皮膚を剥離し神経周辺の筋を可能な範囲で剥離する。また、その支配神経のみに電気刺激を与えるため、周辺の神経を切除する。一方、遠位に位置する筋の停止腱を停止から剥離し、張力計に接続する。その後、近位に位置する筋の支配神経に電気刺激 (train duration: 650 ms, duration: 1 ms, interval: 20 ms, frequency: 37.5 Hz) を与え収縮させる。その時の遠位に位置する筋の停止腱に加わる張力を測定する。その後、筋連結部を実態顕微鏡下で離断し、同様の張力を測定する。

4. 研究成果

(1) ラット四肢における直列型筋連結の有無の検証

ラットの上腕三頭筋の筋束の多くは、尺骨に停止する厚い腱膜に終わっているが、表面の筋束は、尺側手根屈筋の表層を覆う起始腱となる腱膜に終わっていた (図2A, B)。すなわち、上腕三頭筋と尺側手根屈筋の間には、直列型の筋連結が観察できた。

(2) 連結する一方の筋の移動による他方の筋の移動距離の測定

上腕三頭筋の筋腹を起始方向に 1.2 cm～1.3 cm 牽引すると、尺側手根屈筋の筋腹が起始方向に平均 1.8 mm (0.5 mm～3.3 mm) 移動することが判明した。なお移動距離は、筋連結部に近いほど大きかった。

(3) 連結する一方の筋の収縮による他方の筋の停止腱に加わる張力の生体測定

上腕三頭筋の支配神経である橈骨神経へ電気刺激を与え、上腕三頭筋が収縮すると、尺側手根屈筋の停止腱に 0.10 N の張力が加わった。ところが、連結部を離断して電気刺激を与えると、尺側手根屈筋の停止腱に加わる張力は 0.04 N に減少した (図 3)。

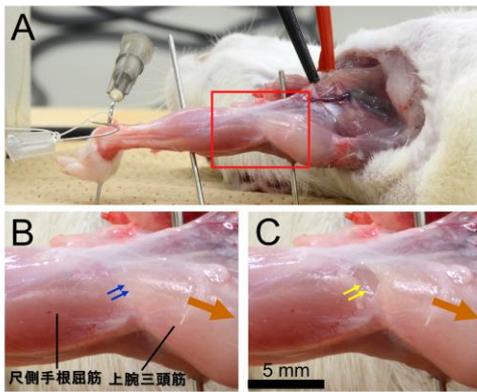


図 2

ラットは背臥位(肩外転、前腕回外位)で外側方からみた写真である(A)。尺側手根屈筋の停止腱を張力計に接続した。BはAの□を拡大した写真である。上腕三頭筋と尺側手根屈筋の筋連結部を(→)で示す。上腕三頭筋を橈骨神経を電気刺激により収縮させ(→)、尺側手根屈筋の停止腱に加わる張力を測定した。その後、筋連結部を約2.5 mm 離断し(Cの→)、離断前と同様に上腕三頭筋を収縮させた(→)。

総括

ラットの上腕三頭筋と尺側手根屈筋の間に直列型の筋連結が存在することが明らかになった。上腕三頭筋の筋腹を牽引すると、尺側手根屈筋が近位方向へ移動することが、形態的に判明した。また、上腕三頭筋の収縮により尺側手根屈筋に張力が発生するが、その張力は連結部を離断すると減少し、料金間に力学的な関係が存在することが、生体による解析により判明した。すなわち、ラットの本筋連結はヒトの大殿筋と大腿四頭筋のような直列型筋連結と同様の力学的影響に関与することが考えられる。

一方我々は、動物や培養細胞を用いた研究で、筋に対する力学刺激が筋萎縮軽減や肥大に関与することを、組織学的、生化学的に明らかにした(Sasai 2010, Agata, 2011)。よって、連結を持つ一方の筋が萎縮などの病態を持つ場合、他方の筋の収縮運動を用いて、そ

の治療ができる可能性がある。しかし、連結を持つ一方の筋の収縮が、他方の筋への萎縮軽減や肥大に関係するかはまだ不明である。さらに、臨床で考えられているような、連結を持つ一方の筋の障害が、他方の筋の障害に関与するかどうかは不明である。

本研究により、筋連結による多関節にわたる運動学的、病態生理学的影響を明らかにするための重要な情報得ることができた。本情報は、理学療法の基礎となる運動学はもとより、筋力トレーニングやストレッチなどの運動療法学、力学刺激を与える物理療法学などの領域に新しいページ加えることになると考える。

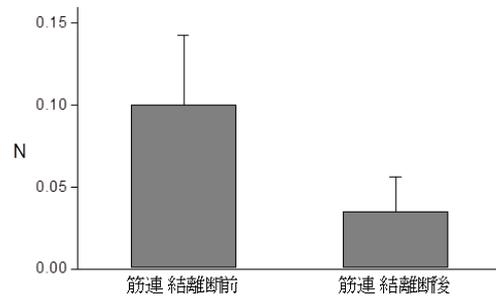


図 3

筋連結部離断前と筋連結部離断後の尺側手根屈筋に加わる張力を示す。尺側手根屈筋に加わる張力は、離断前に比べて減少した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ①河上敬介、筋厚の測定法、理学療法、査読有、Vol. 29、2012、1411-1418
- ②河上敬介、股関節の動きを肉眼解剖学的視点から考える、理学療法学、査読有、第 38 巻第 8 号、2011、611-612

[学会発表] (計 4 件)

- ①清島大資、縣信秀、河上敬介、ラットにおける連結する筋同士の力学的関係、第 118 回日本解剖学会総会・全国学術集会、2013 年 3 月 28 日、高松
- ②清島大資、縣信秀、河上敬介、ラットにおける筋連結の力学的影響、第 11 回コ・メディカル形態機能学会学術集会、2012 年 9 月 22 日、東京
- ③清島大資、縣信秀、河上敬介、ラットの前肢における筋連結、第 117 回日本解剖学会総会・全国学術集会、2012 年 3 月 26 日、山梨
- ④岡元信弥、森友洋、伊東佑太、鈴木惇也、

縣信秀、宮津真寿美、河上敬介、塩酸
Bupivacaine 溶液による損傷筋の筋力の
回復と組織学的変化、第 45 回日本理学療
法学術大会、2010 年 5 月 27 日、岐阜

[図書] (計 1 件)

- ①河上敬介、磯貝香、他、大峰閣、骨格筋の
形と触察法 改定第 2 版 (編集:河上敬介、
磯貝香)、2013、455

[その他]

河上研究室ホームページ
<http://www.kmnu.matrix.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河上 敬介 (KEISUKE KAWAKAMI)
名古屋大学・医学系研究科・准教授
研究者番号：60195047

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし