

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 20 日現在

機関番号：37407

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500493

研究課題名（和文）二関節筋機能から捉えた股関節疾患患者の姿勢制御病態とその訓練効果に関する研究

研究課題名（英文）The posture control characteristic and training effect viewed from the two-joint muscle function

研究代表者

加藤 浩（KATOHI HIROSHI）

九州看護福祉大学・看護福祉学部・教授

研究者番号：90368712

研究成果の概要（和文）：本研究では、単関節筋と二関節筋の運動制御特性について床反力ベクトルと WT 周波数解析を用いて検討した。その結果、単関節筋は床反力ベクトルとは無関係であった。しかし、二関節筋は床反力ベクトルの影響を強く受けていることが示された。以上の結果から、二関節筋に対する治療戦略としては抵抗力だけでなくその方向も考慮することが重要である。

研究成果の概要（英文）：The motor control characteristic of a one-joint muscle and two-joint muscle was examined using the ground reaction force vector and an EMG frequency analysis. As a result, the one-joint muscle was unrelated to the ground reaction force vector. But, it was shown that the two-joint muscle is greatly influenced of the ground reaction force vector. From the above thing, it is important to take the direction of force vector into consideration in the physical therapy strategies for the two-joint muscle.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

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，二関節筋，多関節運動連鎖，変形性股関節症

1. 研究開始当初の背景

リハビリテーション（理学療法）においては、その主要な治療の1つである筋力増強訓練のあり方が見直されている。これまでのような単純に力を強くする（筋の量的向上）だけではなく、日常生活の中で如何に有効に活用しうる筋力（筋の質的向上）を獲得するかが重要視されている。しかし、日常生活動作レベルの中で客観的に筋の質的活動を定量化

する評価法はこの半世紀、確立されていなかった。そこで我々の研究グループでは、筋の質的活動を客観的に定量化する方法として、世界に先駆け wavelet 変換（以下 WT）とよばれる最新の工学技術を表面筋電図（以下 EMG）周波数解析に導入し、その評価系（動的 EMG 周波数特性）の確立を目指した研究を行ってきた。その結果、WT 周波数解析は type II 線維を支配する運動単位の活動状態

を捉えるのに優れ、特に type II 線維 (中殿筋) の筋線維径と深く関連しており、非侵襲的廃用性筋萎縮評価に有効である結論を得た。そして本研究成果及び技術 (シーズ) の臨床普及化を目指し、岡山県大学発新事業創出促進事業委託研究 (平成 16 年度)、文部科学省特別電源所在県科学技術振興事業委託健康事業 (平成 17 年度) の支援を受け EMG システムの開発を行ってきた。そして、科学研究費基盤研究 C (平成 19-21 年度) の採択により、その研究の一部として世界で初めてリアルタイム処理・表示を可能とした無線式の臨床普及型 EMG 評価システムの開発を成功させた。さらに上記の評価系を用い、次世代の筋の質的機能向上 (type II 線維の選択的トレーニング) を目指した筋力トレーニング機器を開発し、その知的部分に関して 2009 年 4 月に特許出願を行った。

2. 研究の目的

研究の背景で示したように我々の研究グループの一連の研究において、筋の質的機能向上には、従来重視されてきた抵抗 (負荷量) の大きさではなく、①単関節運動よりも多関節運動、②直線的運動よりも回旋運動がより効果的であることが明らかとなった。さらに多関節運動下における姿勢制御の観点から言えば、③床反力ベクトルの方向 (身体が受ける床からの抗力の向き) により、動員される二関節筋と単関節筋の動員比率筋は変化する。即ち、日常生活動作に直結した筋の質的機能向上には、多関節運動に回旋要素を加えて、さらに床反力ベクトルの方向を加味することが重要である。しかし、股関節疾患患者を対象とした多関節運動下における床反力ベクトルの方向と二関節筋の関連性についての臨床研究は我々の渉猟し得た限り存在しない。そこで本研究では、これまでの研究成果を発展的に臨床応用し、姿勢制御戦略に求められる二関節筋の量的・質的筋活動特性の意義について検討することである。

3. 研究の方法

(1) 健常ベースにおけるブリッジ動作時の二関節筋制御特性について (図 1)

健常者を対象とした予備実験を行った。健常男性 10 名を対象に、ブリッジ動作時における肢位と床反力ベクトルの方向、及び下肢筋活動の関連性について検討した。動作の開始肢位として膝関節角度を 110° 、 90° 、 70° の膝 3 角度とした。さらに 3 角度で、足底部の蹴る方向を頭側、真下、尾側 (床面に対し、それぞれ約 100° 、 80° 、 60°) の 3 方向に分けた全 9 条件とし、各条件での下肢筋活動と床反力角度を求めた。被検筋は、大殿筋、内側広筋、半腱様筋とし、各筋の %IEMG を算出した。

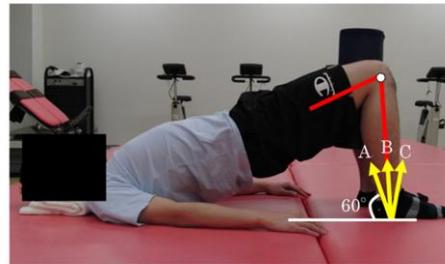


図 1 ブリッジ動作時における床反力の方向
A: 床反力 60° 、B: 床反力 80° 、C: 床反力 100°
図は膝関節角度屈曲 70° でのブリッジ動作を示す。

(2) 健常ベースにおける歩行時動作時の体幹回旋制御時における力学的運動制御特性について (図 2)

股関節 OA 患者の歩行特性の 1 つとして、患側の腕の振りが小さい (左右の「腕の振り」の大きさに違いがある) ことがある。この腕の振りをつくりだしている一要因として、体幹の回旋運動が挙げられる。歩行時における前方への腕の振りは体幹の回旋方向と同方向に生じる。このことから、腕の振りが小さいと言うことは体幹の回旋運動が不十分であることを意味している。そして、さらにこの体幹の回旋運動は骨盤の逆方向の回旋運動により作り出されている。このことから体幹の回旋運動が小さいと言うことは骨盤の回旋運動 (即ち、股関節の回旋運動) が不十分であることを意味している。この運動連鎖不全は、体幹と骨盤の両者が互いに影響し合っている。骨盤の回旋に関して言えば、変股症患者の場合、病期の進展に伴う股関節の回旋可動域の制限と回旋筋群の機能低下の顕著化が一要因として考えられる。そこで、健常者 10 名を対象に身体体幹に貼付した 33 個の反射マーカと三次元動作解析装置、6 枚の床反力計を用い、通常歩行と腕組による上肢の腕振り制限歩行の比較を行った。歩行動作時立脚相における膝関節外反モーメント (以下 M) は二峰性の特徴を示す。そこで、M の特徴点として最初の峰を M1、次の峰を M2 と定義した。そして、1 歩行周期データの中から M1・M2 及び M1・M2 時の膝関節伸展モーメント・膝関節角度・体軸回旋角度・床反力角度・腕振り角度を抽出した。

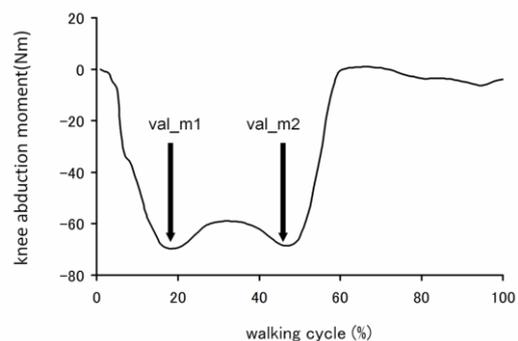


図 2 val_m1 と val_m2 の定義

(3) ケーススタディーによる治療介入の検討 (図 3)

これまでの研究において、立ち上がり動作時の床反力角度が大腿四頭筋とハムストリングスの筋活動に及ぼす影響についての研究した。図 3 の A は、通常に立ち上がった場合の筋活動である。それに対し、B は、身体重心を前方に移動させて立ち上がった場合の筋活動である。明らかに後者の方がハムストリングスの筋活動が高まっている。つまり、床反力の方向が、膝関節軸より股関節軸に近い状態での立ち上がり動作では、大腿四頭筋優位となり、逆に膝関節軸に近い状態での立ち上がり動作では、ハムストリングス優位の立ち上がり動作になる。さらに補足すれば、この床反力の方向では大腿直筋の筋活動はほとんど認められない(サイレントの状態)になると言うことである。以上のことから、CKC での多関節運動下で筋力トレーニングを構築する場合、2 関節筋に関しては床反力の方向特性をしっかりと加味したプログラムの立案が重要である。これについて実際に股関節 OA 患者で検討した。

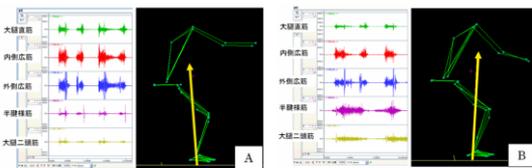


図 3 立ち上がり動作時における床反力角度の方向と筋活動の特徴

A: 通常の立ち上がり動作。B: A より身体重心を前方に移動させての立ち上がり動作。

4. 研究成果

(1) 健常ベースにおけるブリッジ動作時の二関節筋制御特性について (図 2)

単関節筋である大殿筋は、膝関節角度を変化させても筋活動に大きな変化は認められなかった。同様に床反力方向を変化させても筋活動に大きな変化は認められなかった。二関節筋である内側ハムストリングスは、膝関節角度を変化させても、床反力の方向が同じであれば、筋活動に大きな変化は認められなかった。しかし、床反力の方向を変化させたときは、筋活動に大きな変化が認められた。つまり、ブリッジ動作における単関節筋の特徴としては、膝関節屈曲角度や床反力方向に依存せず、一定の筋活動になることが示唆された。一方で、二関節筋の特徴としては、膝関節屈曲角度の変化には依存しないが、床反力方向の変化によって影響を受けることが示唆された。以上のことから、二関節筋に関しては床反力ベクトルの方向の影響を強く受けることが考えられ、二関節筋に依存しやすい股関節疾患患者においても同比率を高まるよ

うな姿勢制御(床反力制御)をしている可能性が示唆された。

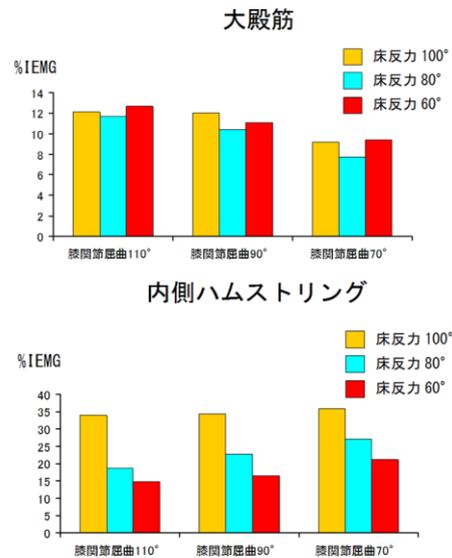


図 4 ブリッジ動作時における筋活動の特徴
横軸は膝関節屈曲角度、縦軸は最大随意収縮時の筋活動で正規化した相対的筋活動を示す。大殿筋の筋活動は床反力の方向にはあまり影響を受けないことが分かる。一方、内側ハムストリングスの筋活動は床反力の方向により影響を受けやすいことが分かる。

(2) 健常ベースにおける歩行時動作時の体幹回旋制御時における力学的制御特性について (表 1)

一般的に腕の振りの大きさは歩行速度と相関するが、もう 1 つ重要な臨床的意義がある。それは体幹の回旋運動との関連性である。実際の患者では体幹の回旋運動が小さくなる原因としては、主として 2 つの理由が考えられる。1 つは運動連鎖により体幹の筋緊張が健常者よりも高くなっているため回旋運動が制限されていることが考えられる。2 つ目は骨盤の回旋運動が小さいことが考えられる。歩行時における骨盤の回旋運動は体幹の回旋運動と逆方向に生じる。つまり、骨盤の回旋運動が小さければ、体幹の回旋運動は小さくなり、それに伴い腕振り角度も小さくなる。股関節 OA 患者の場合は、股関節の回旋可動域の制限と回旋筋群の機能低下が特徴である。すなわち、股関節 OA 患者の歩行では骨盤回旋運動が小さくなることで体幹の回旋運動が減少し、その結果、腕振り角度の減少につながっているものと考えられる。次に膝関節外反モーメントについては、制限群 val_m1 では通常群と比較し減少した。つまり、この結果は腕振りの角度を小さくする方が、膝関節前額面における力学的負荷を軽減させる効果があることを示している。股関節

の前額面モーメントにおいても同様の傾向が示された。このことから、股関節 OA 患者は膝関節外反、股関節外転モーメントを減少させ疼痛を回避するために腕振りの大きさを小さくしている可能性が示唆される。外反、外転モーメントが小さくなる理由の1つとして、床反力 XZ 角度の変化が考えられる。結果より、val_m1 時の床反力 XZ 角度(前額面角度)は制限群 val_m1 時で通常群と比較し有意に減少している。即ち、腕振りを制限することで、床反力がより膝関節、股関節中心近くを通るようになりモーメントの減少につながった可能性が示唆された。以上のことから、理学療法の実践において回旋運動の重要性が力学的視点から示唆された。

表 1 制限群と非制限群の結果

	limitation group	no limitation group
knee abduction moment		
val_m1	-65.3±13.1	-70.0±13.0 *
val_m2	-57.1±3.3	-62.7±4.1 *
knee extension moment		
val_m1	71.7±21.1	62.6±20.4 *
val_m2	5.6±15.0	2.7±11.6
GRF range		
val_m1	3.1±1.0	3.8±0.9 *
val_m2	4.1±0.7	3.2±1.1
trunk rotation range		
val_m1	6.4±3.3	10.3±2.7 *
val_m2	4.7±5.2	4.9±4.7
arm swing range		
	3.6±1.4	32.7±11.7 *

*: p<0.01, mean±SD.

(3) ケーススタディーによる治療介入の検討 (図 5, 6)

床反力角度を変化させた場合の、股関節 OA 患者の立ち上がり動作時(床反力が股関節軸に近い場合、膝関節軸に近い場合)における股関節周囲筋(大腿筋膜張筋:TFL, 中殿筋:Gmed, 大殿筋:Gmax)の筋の量的・質的評価を行った。その結果、床反力が膝関節近くを通る場合、即ち、体幹を大きく前傾して立ち上がる場合、TFL の顕著な筋活動の増加が認められた。一方で、Gmed, Gmax の筋

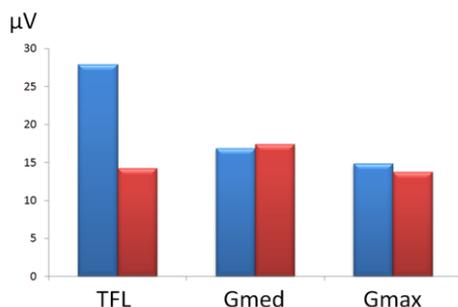


図 5 立ち上がり動作時の筋活動の特徴
青：床反力が膝関節軸近くを通る場合。
赤：床反力が股関節近くを通る場合。

活動に変化は認められなかった。予測としては、体幹前傾姿勢での立ち上がり動作は、股

関節に大きな伸展モーメントが作用するため、Gmax の筋活動が増加すると考えられたが、予想に反し屈曲筋である TFL の筋活動が大きく増加した。さらに TFL に注目し WT 周波数解析を行ったところ、全周波数パワーに占める高周波帯領域(80-200Hz)のパワー密度の面積変化量には、大きな変化は認められなかった。つまり高周波帯領域をあまり使わない筋活動制御を行っていると考えられる。以上のことから、立ち上がり動作においては二関節筋である TFL は床反力ベクトルの影響を強く受けており、さらに、筋活動の質から言えば、高周波帯領域よりも低周波・中周波帯領域(20-80Hz)のパワーを使用した動作を行っている。このことは type II 線維より type I 線維を支配する運動単位による筋活動が主であることを示唆している。以上の事から二関節筋に対しては床反力ベクトルの方向を考慮した筋の量的・質的側面からの理学療法戦略が重要であると考えられる。

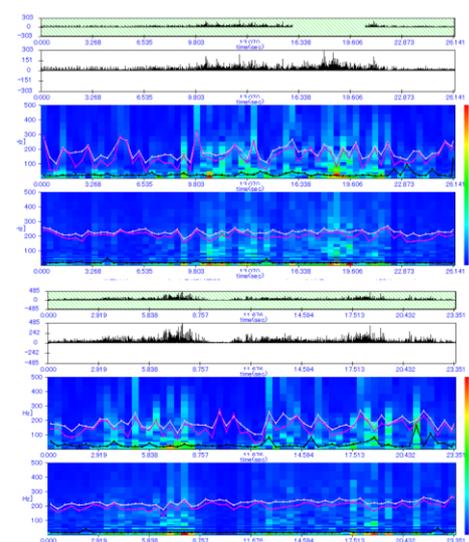


図 6 TFL の筋の質的活動の特徴
上段：床反力が膝関節軸近くを通る場合。
下段：床反力が股関節近くを通る場合。

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 9 件)

- ① 加藤浩：変形性膝関節症の機能評価。Monthly Book Orthopaedics 25: 14-24, 2012.
- ② 加藤浩：術後股関節疾患患者に対する踵接地を意識させた歩行訓練が股関節外転筋活動に及ぼす影響—表面筋電図による積分筋電図及び wavelet 周波数解析—。理学療法科学 27: 479-483, 2012. (査読有)

- ③ Hiroshi Katoh: Effects of arm swing limitation on knee joint moment during walking - biomechanical analysis using a 3D motion capture system-. J Phys Ther Sci24: 965-967, 2012. (査読有)
- ④ 奥村晃司, 羽田清貴, 加藤浩, 永芳郁文, 川寫真人: 変形性股関節症における運動療法介入前後の歩行時筋活動変化. Hip Joint38: 229-232, 2012. (査読有)
- ⑤ 永崎孝之, 加藤浩, 岡田裕隆, 矢口潤哉, 早川宏, 田中謙次: 産学連携により新型角度計の開発. リハビリテーション・エンジニアリング 27: 206-208, 2012. (査読有)
- ⑥ 内田茂博, 玉利光太郎, 横山茂樹, 川上照彦, 加藤浩, 山田英司, 有馬信男, 山本哲司: 人工膝関節置換術後早期における運動機能予測因子の検討—術前身体・精神機能と退院前運動機能との関係—. 理学療法学 38: 442-448, 2011. (査読有)
- ⑦ Ken Imada, Hiroshi Katoh: Exercise focused on multi-articular movement to improve muscle activity during gait and single-leg standing for participants with hip osteoarthritis by using electromyogram and three-dimensional motion analysis. J Phys Ther Sci 22: 425-428, 2010. (査読有)
- ⑧ 加藤浩: 多関節運動連鎖からみた身体運動制御と筋機能評価. The Journal of Clinical Physical Therapy 13:17-26, 2010.
- ⑨ 新小田幸一, 奥村晃司, 阿南雅也, 加藤浩, 木藤伸宏: 変形性股関節症のバイオメカニクスと ADL 指導. PT ジャーナル 44(12):1073-1081, 2010.

[学会発表] (計 9 件)

- ① 加藤浩 (招待講演): 第 17 回熊本県理学療法士学会 (熊本). テーマ「学問としての理学療法の未来像—運動器系理学療法—」 2013/2/24.
- ② 加藤浩 (招待講演): 第 21 回佐賀県理学療法士学会 (佐賀). テーマ「プロフェッショナルに必要なもの—動器理学療法への挑戦—」, 2013/2/17.
- ③ 加藤浩 (招待講演): 第 47 回日本理学療法士協会全国学術研修大会疾患別セミナー「運動器障害 (鹿児島). テーマ「股関節疾患に対する理学療法—表面筋電図を使った筋の量的・質的機能評価と理学療法治療戦略—」, 2012/10/5.
- ④ 加藤浩・他: 第 45 回日本理学療法学会

会 (岐阜). テーマ「足関節底屈運動制限が歩行時下肢筋群の収縮弛緩連鎖に及ぼす影響」, 2010/5/27-29.

- ⑤ 加藤浩・他: 第 46 回日本理学療法学会 (岐阜). テーマ「歩行動作時の腕振り大きさが膝関節モーメントに及ぼす影響」, 2011/5/27-29.

[図書] (計 3 件)

- ① 加藤浩: 検査・評価・診断技術の進化と発展, 嶋田智明・他 (編): 臨床思考を踏まえる理学療法プラクティス新人・若手理学療法士のための最新知見の臨床応用ガイド—筋・骨格系理学療法—, 12-20, 2013
- ② 加藤浩: 筋協調性と理学療法の結びつきを見直すヒント, 対馬栄輝 (編): 筋骨格系理学療法を見直す, 文光堂, 93-111, 2011.
- ③ 加藤浩: 変形性関節症に対する評価の進め方, 細田多徳・他 (編): 理学療法ハンドブック改訂第 4 版, 協同医書出版, 981-1004, 2010.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 新型関節角度計

発明者: 永崎孝之

権利者: 永崎孝之, 加藤浩, 岡田裕隆, 酒井医療 (株)

種類: 特願

番号: 2010-245518

出願年月日: 2010 年 11 月

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: 角度計

発明者: 永崎孝之

権利者: 永崎孝之, 加藤浩, 岡田裕隆, 酒井医療 (株)

種類: 特許

番号: 第 4714799 号

取得年月日: 2011 年 4 月 1 日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://plaza.umin.ac.jp/~hkato/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 浩 (KATOHI HIROSHI)

九州看護福祉大学・看護福祉学部・教授

研究者番号: 90368712