

科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年5月17日現在

機関番号：14301
 研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2008～2011
 課題番号：20300228
 研究課題名(和文)MRI四次元解析による深部筋収縮動態の評価および深部筋トレーニングの効果検証
 研究課題名(英文)Four dimensional analysis of the contraction in the deep muscles using magnetic resonance imaging and the effect of deep muscle training
 研究代表者
 市橋 則明 (ICHIHASHI NORIAKI)
 京都大学・医学研究科・教授
 研究者番号：50203101

研究成果の概要(和文)：

本研究の結果、下記のことが明らかとなった。1. 高齢者の歩行能力や座位保持能力によって体幹・下肢筋の筋萎縮の程度は異なる。2. MRI で求めた股関節の深部筋の断面積の変化から筋の収縮の有無を推定することはできるが、負荷量の増加に伴った段階的な変化は認められず、筋活動量を推定することは困難である。3. 股関節深部筋トレーニングは、片脚立位における姿勢制御能力の向上とアライメントの改善に効果がある。

研究成果の概要(英文)：

In the current study, the following facts were clarified. 1. The atrophy of the trunk and lower limb muscles in the elderly are affected by their walking and seating ability. 2. The change in cross sectional area of the deep gluteal muscles calculated using magnetic resonance imaging can be used to estimate muscle contraction. However, load increase does not induce stepwise increase of the cross sectional area. 3. Training of the deep gluteal muscles induces improvement in postural control and alignment during single-leg standing.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	10,700,000	3,210,000	13,910,000
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

研究分野：理学療法学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 応用健康科学

キーワード：深部筋・トレーニング・股関節・筋萎縮

1. 研究開始当初の背景

高齢者にとって、日常における身体活動の程度は各個人の歩行自立度などの日常生活動作能力が大きく影響していることが予想される。しかしながら、高齢者の歩行自立度が下肢筋や体幹筋の筋萎縮に及ぼす影響について個々の筋ごとに調べた研究はみられない。

近年、深部筋の筋厚から筋力の推定や、筋収縮に伴う筋厚の変化を観察することによって、筋活動の指標とすることなどが試みられている。体幹の深部筋である腹横筋について、筋厚の変化と筋電図との相関関係を調査した研究では、最大筋力 (MVC) の 20%未満の活動であれば筋厚から筋活動を推定できる可能性が示唆されている。しかし、超音波による筋厚測定のはほとんどは、一部位、かつ一方向のみで測定されるため、収縮にともなう筋全体の筋形態変化を測定することは難しい。そのため、股関節深部筋の筋収縮を体表から測定する部位は明らかでなく、負荷量の変化に応じてどの程度筋形態が変化するのかも不明である。

一方、磁気共鳴画像 (Magnetic Resonance Imaging: MRI) は非侵襲で筋全体の形態変化をとらえることができる数少ない方法の一つである。これまで、安静時の撮像画像から筋断面積や筋体積などが測定され、病態やスポーツパフォーマンスとの関係性やスポーツ競技別の形態特性などが報告されている。しかし、いずれの研究も安静時の筋断面積を対象としており、筋活動中の形態変化を報告しているものはない。

股関節深部筋に関するトレーニングの報告はほとんどなく、一般的に肩関節の深部筋である腱板と同様の考えから低負荷での筋力トレーニングが推奨されている。肩関節における低負荷トレーニングは、深部筋である腱板の活動が主体となって運動が遂行され、筋力のアンバランスの改善や予防、深部筋の機能向上を目的としたトレーニングであると考えられている。しかし、股関節周囲筋に対して低負荷で行うことが有効なのか、あるいは従来からある高負荷での筋力トレーニングが有効なのかは不明のままである。

2. 研究の目的

(1)加齢による体幹・下肢筋の筋萎縮と日常生活自立度との関連に関する研究

研究1の目的は、加齢に伴う下肢筋の筋萎縮について高齢者の歩行自立度による違いを明確にすること、加齢に伴う体幹筋の筋萎縮について動作自立度による違いを明確にすることである。

(2)股関節深部筋の筋形態変化による筋活動の推定に関する研究

研究2の目的は、MRIを用いて、股関節深部筋の筋活動中の筋断面積および筋厚を測定し、負荷量に応じた変化を明らかにし、筋断面積、筋厚から筋活動を推定できるか否かを検討することである。

(3) 股関節深部筋に対する股関節内旋トレーニングの即時効果に関する研究

研究3の目的は、股関節深部筋トレーニングが姿勢制御能力や姿勢アライメントへ与える影響を検討すると同時に負荷量の違いがどのような効果の違いを生じるかを検討することである。

3. 研究の方法

(1)加齢による体幹・下肢筋の筋萎縮と日常生活自立度との関連に関する研究

①加齢による下肢筋の筋萎縮について～高齢者の歩行自立度による違い～

健常若年女性20名(平均年齢19.8±0.83歳)および養護老人ホームおよび療養型病院に入所・入院している高齢女性37名(平均年齢85.5±6.3歳)を対象とした。

高齢者については、歩行自立度の違いにより、下記の3群に分類した。

1. 歩行が自立しており、最大歩行速度が1m/秒以上である高齢者(高速歩行群)
2. 最大歩行速度1m/秒未満であるが歩行が自立している高齢者(低速歩行群)
3. 歩行困難で半年以上歩行を実施していない高齢者(歩行不可群)

なお、高齢者3群間で年齢の違いは認められなかった。

下肢筋の筋厚の測定には超音波診断装置を用い、大殿筋、中殿筋、小殿筋、大腰筋、大腿直筋、外側広筋、中間広筋、大腿二頭筋、腓腹筋、ヒラメ筋の10筋の筋厚を測定した。

②加齢による体幹筋の筋萎縮について～高齢者の動作自立度による違い～

健常若年女性33名(平均年齢20.0±0.8歳)および養護老人ホームおよび療養型病院に入所・入院している高齢女性41名(平均年齢86.9±6.2歳)を対象とした。

高齢者については、動作能力の違いにより、下記の2群に分類した。

1. 歩行も含めて起居・移動動作能力が自立している高齢者(高齢自立群)。
2. 歩行困難で半年以上歩行を実施しておらず、自立座位保持が不可能である長期臥床高齢者(高齢介助群)

体幹筋の筋厚の測定には超音波診断装置を用い、腹筋群として腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋、背筋群として胸部脊柱起立筋、多裂筋の筋厚を測定した。

(2)股関節深部筋の筋形態変化による筋活動の推定に関する研究

対象は、健康成人 9 名(男性 6 名、女性 3 名平均年齢 25.7±6.6 歳)とした。

仰臥位にて股関節軽度屈曲位での下肢伸展挙上(SLR)、側臥位にて股関節外転 0° での外転及び、腹臥位にて股関節伸展 0° での下肢伸展の等尺性最大筋力(MVC)を測定した。筋断面積の測定には、1.5T の MRI 装置を用いた。測定は MVC の 10%、20%、30%、40%、50% の負荷条件で、SLR 軽度屈曲位、側臥位の姿勢で股関節外転 0°、腹臥位の姿勢で股関節伸展 0° の肢位を静止保持させた。取得した横断像から大腰筋、腸骨筋、中殿筋、小殿筋、大殿筋、内転筋群(大内転筋・短内転筋)の断面積を算出した。各筋の起始部～停止部までを 100%として大腰筋は 20%~70%、腸骨筋は 10%~80%、中殿筋は 10%~80%、大殿筋は 20%~90%までの 10%刻みの断面積を解析に使用した。加えて、超音波による筋厚測定を想定し、MRI 横断像から筋厚も測定した。

各筋の断面積は中殿筋 50%部位の皮下脂肪を除いた総断面積、筋厚は中殿筋 50%部位の左右の中殿筋外側を結ぶ最大左右径で標準化し、統計解析に用いた。

(3) 股関節深部筋に対する股関節内旋トレーニングの即時効果に関する研究

対象は健康成人女性 28 名(年齢 21.4±1.8 歳)とした。対象者を無作為に低負荷トレーニング群 10 名(以下低負荷群)、高負荷トレーニング群 8 名(以下高負荷群)、コントロール群 10 名の 3 群に振り分けた。

姿勢制御能力と姿勢アライメントを評価し、その後、各条件でトレーニングを行い、その後再び姿勢制御能力と姿勢アライメントを評価した。

静的姿勢制御能力は、重心動揺計を用いて評価を行った。重心動揺計の上で 10 秒間の片脚立位を行い、その時の総軌跡長(以下 LNG)、重心動揺面積(以下 RMS)を測定した。

動的姿勢制御能力は、不安定板を用いて傾斜角度の変動を評価した。不安定板で 10 秒間の片脚立位を行い、その時の総角度変動指数を測定した。

姿勢アライメントの分析は、反射マーカを両側の肩峰、両側の上前腸骨棘、右大転子、右膝関節、右足関節に貼り付け 2 台のデジタルビデオカメラにて撮影し、骨盤の傾斜角度、体幹の傾斜角度を求めた。

動的アライメントとして 40cm の高さの椅子からの片脚での立ち上がりにおける前額面上の骨盤傾斜角度を求めた。

トレーニングは、セラバンドを用いて行った。低負荷群では、黄色のセラバンドを用い、腹臥位、股関節最大外転位、膝関節 90 度屈曲位の肢位で股関節内旋運動を可動域全範囲で行った。メトロノームにて 120/min のペースで股関節内旋運動を行い、20 秒間を 1 セッ

トとし 3 セット行い、セット間には 1 分間の休憩を挟んだ。高負荷群では、黒色のセラバンドを用い 40/min のペースで股関節内旋運動を行った。肢位やバンドの設定は、低負荷群と同様とし、20 秒間を 1 セットとし 3 セット行い、セット間には 1 分間の休憩を挟んだ。なお両トレーニングでは、負荷量と反復回数、トレーニング時間及びセット回数を同一とし、仕事量での影響を排除した。

コントロール群では、トレーニングを実施せず、トレーニング時間が約 5 分間であることから、5 分間の休憩を行い、その前後で運動機能の評価を行った。

4. 研究成果

(1) 加齢による体幹・下肢筋の筋萎縮と日常生活自立度との関連に関する研究

① 加齢による下肢筋の筋萎縮について～高齢者の歩行自立度による違い～

各群における筋厚を比較した結果、すべての筋において、グループ間の主効果が認められた。若年者と高齢者との筋厚を比較すると、ヒラメ筋以外の筋で高齢者 3 群はすべて若年者との間にそれぞれ有意差がみられ、若年者より高齢者は有意に筋厚が小さかった。ヒラメ筋では若年者より歩行不可群が有意に低い値を示したが、若年者と高速歩行群および若年者と低速歩行群との間には有意差がみられなかった(表 1)。

大腰筋と小殿筋では高齢者の 3 群間で有意差はみられなかった。歩行不可群における筋厚低下率は 49.1~83.0%と高い値を示し、特に外側広筋、大腿直筋、中間広筋といった大腿四頭筋の筋厚低下率は著しく高い値を示した。

これらのことから、下肢筋の中でもヒラメ筋は歩行が自立している高齢者では加齢による筋萎縮が少ないこと、歩行が困難となり長期間歩行を実施していない高齢者では下肢筋のなかでも特に大腿四頭筋の筋萎縮が著しく進行していることが示唆された。

② 加齢による体幹筋の筋萎縮について～高齢者の動作自立度による違い～

腹横筋および多裂筋を除くすべての筋において、若年者と比較して高齢介助群および高齢自立群は有意に低い値を示した(表 2)。腹横筋および多裂筋については、高齢介助群は若年者と比較して有意に低い値を示したが、若年者と高齢自立群との間に有意差はみられなかった。また、外腹斜筋、腹横筋、脊柱起立筋、多裂筋は高齢自立群と比較して高齢介助群では有意に低い値を示したが、腹直筋および内腹斜筋は高齢自立群と高齢介助群との間に有意差はみられなかった(表 2)。また、若年者の筋厚平均値に対する高齢者 2 群の筋厚低下率について、腹横筋、多裂筋、

表 1. 若年者と高齢者の下肢の筋厚の比較

(mm)	若年者	高速歩行群	低速歩行群	介助群
大殿筋	25.0 ± 2.9	14.9 ± 3.5**	14.7 ± 4.4**	8.60 ± 2.4**
中殿筋	22.9 ± 5.8	15.0 ± 4.1**	14.6 ± 3.9**	9.69 ± 2.2**
小殿筋	19.3 ± 6.4	12.8 ± 4.0**	12.3 ± 4.3**	9.54 ± 1.7**
大腰筋	28.7 ± 4.1	13.0 ± 5.5**	15.0 ± 2.9**	10.9 ± 4.0**
大腿直筋	22.9 ± 3.3	16.7 ± 3.5**	15.4 ± 5.4**	4.08 ± 1.3**
外側広筋	22.0 ± 3.2	14.1 ± 3.7**	12.2 ± 3.0**	3.73 ± 1.2**
中間広筋	21.5 ± 3.5	16.9 ± 2.9**	12.8 ± 4.6**	4.69 ± 2.3**
大腿二頭筋	36.5 ± 4.8	17.9 ± 5.0**	17.1 ± 3.8**	11.2 ± 4.4**
腓腹筋	16.3 ± 2.3	10.8 ± 2.6**	10.5 ± 4.0**	7.04 ± 1.6**
ヒラメ筋	34.5 ± 6.1	29.8 ± 8.2	27.1 ± 4.9	17.6 ± 6.2**

** p < 0.01 若年者との有意差を示す

表 2. 若年者と高齢者の体幹の筋厚の比較

(mm)	若年者	高齢自立群	高齢介助群
腹直筋	11.4 ± 1.7	7.36 ± 2.4**	5.59 ± 1.5**
外腹斜筋	7.99 ± 2.2	4.79 ± 1.7**	2.76 ± 1.0**††
内腹斜筋	10.8 ± 2.2	5.66 ± 1.5**	4.68 ± 1.6**
腹横筋	4.32 ± 1.4	3.79 ± 1.1	2.08 ± 0.5**††
脊柱起立筋	10.3 ± 3.2	7.73 ± 1.9**	3.81 ± 2.1**††
多裂筋	26.7 ± 7.6	23.2 ± 7.4	22.8 ± 5.4**††

** p < .01 若年者との有意差 †† p < .01 高齢自立群との有意差

脊柱起立筋の筋厚低下率は高齢自立群に比較して高齢介助群においては3～4倍大きい値を示した。

これらのことから、日常生活が自立している高齢女性では多裂筋や腹横筋といった深部筋は加齢による筋萎縮の程度が少ないが、日常生活動作に介助を必要とし、長期間寝たきりの高齢女性においてはこれらの萎縮がみられること、腹直筋や内腹斜筋といった腹筋群は長期間寝たきりによる不活動の影響が少ないことが示唆された。

以上の結果から、下肢筋および体幹筋の筋萎縮の程度は、日常生活の自立度によって異なることが示唆された。本研究の成果は高齢者の寝たきり予防や生活自立を目指した体幹・下肢筋の筋力トレーニング法の具体的な指針となると考える。

(2)股関節深部筋の筋形態変化による筋活動の推定に関する研究

①筋形態の変化

腸骨筋と小殿筋は負荷量増加により、安静時の最大断面積の部位より近位側の部位で有意に断面積の増大を認めた。さらに腸骨筋では、70%、80%の部位において、負荷量増加時に断面積が有意に減少した。このことから、腸骨筋で観察された、負荷量増加時の最大断面積の部位の移動は、筋腹の近位側への移動によるものと考えられる。大腰筋は先行研究と同様に40%の部位で最大となり、負荷量増加時も変化はなかった。また、中殿筋、大殿筋、内転筋群も安静時と負荷量増加時では最大断面積の部位に変化は見られなかった。負荷量増加時の筋断面積の形態変化は、筋によって異なることが明らかとなり、形態観察を行う際は、それぞれの筋の収縮特性を考慮する必要性が示唆された。

②筋活動の推定

負荷量増加時の筋断面積の形態変化では、対象とした全ての筋において、安静時に比べ10%MVC～50%MVCで増大が認められた。したがって、筋断面積を測定することで、筋活動が起きているか否かは推定できる可能性が考えられる。さらに、腸骨筋、中殿筋では10%MVCに比べて50%MVCで、小殿筋では10%MVCに比べて40%MVC、50%MVCで筋断面積の増大が認められた。腸骨筋、中殿筋、小殿筋では、安静、軽負荷、中等度負荷で筋活動の程度を3段階に分けることは可能であるが、負荷量の増加に伴った段階的な変化ではないため、筋断面積から筋活動量の推定は難しいと考えられる。

筋厚においては、安静時に比べ10%MVC～50%MVCで増大が認められたのは中殿筋、小殿筋、大殿筋であった。中殿筋は50%の部位の筋厚中部で、小殿筋は60%の部位の筋厚中部で、大殿筋は40%の部位で増大した。また、内転筋群では、安静時に比べ10%MVC～50%MVCで筋厚の減少が認められた。中殿筋、小殿筋、大殿筋においては、軽負荷で筋収縮の有無は推定できる可能性があるが、負荷量の増加に伴った段階的な変化は認められなかった。大腰筋においても、負荷量の増加に対する一定した傾向は認められなかった。よって、股関節深部筋の筋厚は、断面積と同様に負荷量に応じた段階的な変化を認めないことから、筋厚から筋活動量を推定することは難しいことが、明確となった。

また、内転筋群において、負荷量の増加時に筋断面積は増大しているが、筋厚では減少が認められた。このことは、筋収縮時の形態変化が筋厚の測定方向と異なった方向に変化した可能性があると考えられる。

本研究は、股関節深部筋の筋収縮にともなう筋形態の全体像を捉えた初めての研究である。また近年、多用されている超音波測定では、必ずしも筋活動が段階的に評価できる訳ではないことが明らかとなった。

(3) 股関節深部筋に対する股関節内旋トレーニングの即時効果に関する研究

① 静的姿勢制御能力

LNG の運動前後の比較では、低負荷群と高負荷群において有意に減少した。コントロール群においては、有意な差はなかった。各群における変化量の比較では、有意な差はなかった。また RMS においては、すべての群においてトレーニング前後に有意な変化は見られなかった。変化量に関しても 3 群間に有意な差はなかった。

② 動的姿勢制御能力

総角度変動指数の運動前後の比較では、高負荷群において有意に減少した。低負荷群、コントロール群において有意な差はなかった。各群における変化量の比較では、高負荷群とコントロール群において有意な差が認められた。

③ 静的姿勢アライメント

片脚立位時の骨盤の傾斜角度においては、運動後、低負荷群において有意に減少した。高負荷群、コントロール群において有意な差はなかった。各群における変化量の比較では、低負荷群とコントロール群において有意な差が認められた。

片脚立位時の体幹の傾斜角度においては、運動後、低負荷群において有意に減少した。高負荷群、コントロール群において有意な差はなかった。各群における変化量の比較では、有意な差はなかった。

④ 動的姿勢アライメント

片脚での立ち上がりにおける骨盤傾斜角度の変位量は、運動後、高負荷群において有意に減少した。低負荷群、コントロール群において有意な差はなかった。各群における変化量の比較では、有意な差はなかった。

本研究により、姿勢制御能力や姿勢アライメント向上に対し、股関節深部筋へのアプローチが有効な手段の一つになる可能性が示唆された。さらに低負荷トレーニングでは、静的アライメントにおける前額面上の骨盤や体幹の傾斜角度を減少させ、また高負荷トレーニングでは、動的姿勢制御や動的アライメントにおける前額面上の骨盤の傾斜角度を減少させることが示唆された。しかし、深部筋トレーニングによって、実際に股関節深部筋が萎縮した高齢者や股関節疾患患者の姿勢制御能力や姿勢アライメントが向上するののかについては明らかではなく、今後さらなる研究が必要である。

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 4 件)

1) Ikezoe T, Mori N, Nakamura M, Ichihashi N. Effects of age and inactivity due to prolonged bed rest on atrophy of trunk muscles. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112:43-48 (査読有り : DOI 該当なし)

2) Ikezoe T, Mori N, Nakamura M, Ichihashi N. Atrophy of the lower limbs in elderly women: is it related to walking ability? *Eur J Appl Physiol*. 2011 ;111:989-995 (査読有り : DOI 該当なし)

3) Ikezoe T, Mori N, Nakamura M, Ichihashi N. Age-related muscle atrophy in the lower extremities and daily physical activity in elderly women. *Arch Gerontol Geriatr*. 2011; 53, e153-e157 (査読有り : DOI 該当なし)

4) 森奈津子、池添冬芽、市橋則明 : 体幹運動による腹横筋の筋厚変化 上・中・下部線維別検討 : 体力科学、2011 ; 60 (3) : 319-326 (査読有り : DOI 該当なし)

[学会発表] (計 10 件)

1) Ikezoe T, Mori N, Nakamura M, Ichihashi N : Atrophy of the lower limbs in elderly women: is it related to walking ability? 16th International Congress of the World Confederation for Physical Therapy. 2011.6.20-23, Amsterdam Holland

2) 池添冬芽、森奈津子、中村雅俊、市橋則明 : 加齢による下肢筋の筋萎縮と日常身体活動量との関連. 第 65 回日本体力医学会大会, 2010.9.16-18, 千葉

3) 遠藤正樹、建内宏重、曾田直樹、中村雅俊、市橋則明 : 筋収縮力の増加に伴う中臀筋、小臀筋の筋形態の変化 : 第 65 回日本体力医学会大会, 2010.9.16-18, 千葉

4) 池添冬芽、森奈津子、中村雅俊、市橋則明 : 加齢による下肢筋の筋萎縮について—高齢者の歩行能力によって違いはあるのか?— 第 45 回日本理学療法学会大会, 2010.5.27-29, 岐阜

5) 遠藤正樹、建内宏重、曾田直樹、中村雅俊、中井隆介、東高志、市橋則明 : 大腰筋筋活動の定量化に適した部位と負荷量の検討 MRI による筋断面積・筋厚の測定. 第 45 回日本理学療法学会大会, 2010.5.27-29, 岐阜

6) 曾田直樹、池添冬芽、市橋則明 : 股関節深部筋に対する股関節内旋トレーニングの即

時効果 姿勢制御能力および姿勢アライメントに及ぼす影響について：第 45 回日本理学療法学会大会，2010. 5. 27-29, 岐阜

7) 森奈津子, 池添冬芽, 市橋則明：体幹筋トレーニングにおける腹横筋の筋厚の変化上・中・下部線維の違い：第 45 回日本理学療法学会大会，2010. 5. 27-29, 岐阜

8) Mori N, Ikezoe T, Nakamura M, Ichihashi N：The relationship between age-associated loss of trunk muscle mass and independent sitting ability. The 1st Asian Congress of Medical and Care Facilities. 2010. 3. 13-14, Kyoto

9) Nakamura M, Ikezoe T, Mori N, Ichihashi N：The influence of walking ability on lower-limb muscle atrophy in elderly persons. The 1st Asian Congress of Medical and Care Facilities. 2010. 3. 13-14, Kyoto

10) 太田恵, 池添冬芽, 建内宏重, 田中武一, 坪山直生, 市橋則明：体幹の深部筋および表層筋における筋厚の加齢変化. 第 44 回日本理学療法学会大会，2009. 5. 28-30, 東京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

市橋 則明 (ICHIHASHI NORIAKI)

京都大学・医学研究科・教授

研究者番号：50203104

(2) 研究分担者

池添 冬芽 (IKEZOE TOME)

京都大学・医学研究科・講師

研究者番号：10263146

建内 宏重 (TATEUCHI HIROSHIGE)

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号：60432316

坪山 直生 (TSUBOYAMA TADAO)

京都大学・医学研究科・教授

研究者番号：90261221

大畑 光司 (OHATA KOJI)

京都大学・医学研究科・講師

研究者番号：30300320