磁気共鳴画像装置（MRI）を用いた腹腔部内部筋測定を試み*

加藤象二郎**, 青山晴雄***, 三浦邦彦***, 三浦美沙子***,
穂田 清***, 野口邦子***, 田村道子****, 李 敬玉*****

1. はじめに

磁気共鳴画像装置（以下MRIと表記）は、医療診断目的で使用されることが一般的である。MRIは強力な磁場の中に人体を置くと、体内にある水素原子核（プロトン）が磁気に共鳴して微弱な電波を発生する。MRIはその電波を受信して画像を作成するという方法により、非侵襲的に身体内部組織を任意の次元からその断面や構造を画像化しえる特徴を有している^{1,2)}。身体内部組織の正確な測定法は、特に筋骨格系の運動機能の評価、動作特性と生体負担評価、あるいは労働衛生的観点からの作業環境改善策、福祉機器や動作補助具の製作、等を人間工学的観点から実践する上で極めて重要な情報を提供するものと考えられる。

人間の動作や運動には様々な部位の筋肉が関与するが、測定対象部位の筋力を評価する場合には、小型生体電極を用いた電気生理学的手法による筋電図から推定する方法、そして背筋力計や握力計のような専用測定機器を用いるのが一般的である。特に内部筋の筋力を非侵襲的に測定することは必ずしも容易ではない。この課題に接近する方法として近年MRI装置を用いた測定結果が報告されている³⁻⁵⁾。

久野らはスポーツ選手や年代差による走・歩行能力と腹腔部内部筋である大腰筋断面積との関係をMRIにより

測定した結果、①疾走速度と大腰筋断面積とは極めて高い相関をもつこと、②スプリンターの大腰筋断面積はサッカー選手より有意に高値を示すこと、③加齢化に伴い大腰筋断面積は直線的に低下すること、等を報告している^{3,4)}。また星川らはスポーツ競技種目別の高校生を対象に身長及び除脂肪体重と大腰筋断面積との関係をMRIにより測定した結果、①大腰筋断面積に性差が認められること、②身長及び除脂肪体重と大腰筋断面積との相関は低いこと、等を報告している⁵⁾。

高齢化社会の日本では高齢者の歩行能力の低下から転倒事故が増加しており、平成17年度高齢社会白書で65歳以上の高齢者のいる世帯数1,727万世帯の37.3%で、高齢者の年間転倒事故経験者は12.4%（男性8.2%、女性16.0%）であることが報告されている⁶⁾。高齢者の転倒事故は住宅内の段差の問題や歩行機能の低下にあると推測されるが、Yamamoto *et al.*は歩行に関連する関連筋群の筋力について若年者と中高齢者との比較を行い、①外転筋より内転筋の筋力が大きいこと、②内転筋の筋力では性差が見られ、男性では中高年より若年群での筋力が高いが、女性では若年群より中高年の筋力が高いという結果を得ている⁷⁾。

本研究は、新たに開発された股関節筋力測定器^{8,9)}による筋力測定値から内部筋の筋力評価の可能性を検討するため、MRI装置による大腰筋と脊柱起立筋の断面積と股関節筋力との関連性について分析することを目的とした。脊柱起立筋（musculus erector spinae）は、長背筋のうち、脊柱の背側に位置する複数の筋肉の総称である。脊柱起立筋のうち、外側の筋群は腸肋筋、中間内側の筋群は最長筋、最内側の筋群は棘筋（胸棘筋）といわれる。特に注目した内部筋は様々なスポーツや歩行に基本的に関するといわれる大腰筋と脊柱起立筋の断面積及び股関節の内転・外転筋力との相互関係について検討対象とした。高齢者の歩行に関与する筋肉は挙上筋も関与する

* 受付：2008年5月13日 受理：2008年9月5日

** 愛知みずほ大学

Aichi Mizuho College

*** 東洋大学

Toyo University

**** 明治大学

Meiji University

***** 梨花女子大学

Ewha Woman's University, Korea

図1 大腰筋と脊柱起立筋の位置¹¹⁾

Fig. 1 The position of psoas major muscle and musculus erector spinae.

が、短距離スプリンターの記録に関与する筋肉として大腰筋の断面積が注目されていることから¹⁰⁾、本研究では大腰筋と脊柱起立筋の断面積に焦点を当てた。大腰筋及び脊柱起立筋の体内部位を図1に示した¹¹⁾。

2. 方法

(a) MRI装置

日立メディコ社製「オープン型MRI（永久磁石使用）AIRIS II comfort、静磁場強度＝0.3テスラ」を使用した（図2）。

(b) 撮像部位

大腰筋及び脊柱起立筋の撮像断面は第4腰椎（L4）と第5腰椎（L5）の中央部水平横断面で撮像したものから取得できるよう設定した⁵⁾（図3）。両腹部筋の断面積は立位姿勢と仰臥位姿勢とは異なると考えられるが、測定装置の使用法により仰臥位姿勢により撮像した。

(c) 被測定者

継続的に実践しているスポーツを有し、本研究目的を説明・了解された7名の男性（年齢29歳～66歳）を被測定者とした。これら被測定者のスポーツ歴は野球投手40年（65歳）、野球捕手11年（29歳）、水泳17年（29歳）、オートレース40年（66歳）、3名のゴルフ歴はそれぞれ45年、30年、30年（65歳、63歳、60歳）であった。

(d) 股関節の内・外転筋力の測定装置

新たに開発された「股関節内・外転筋力測定装置」を使用し、被測定者の内転及び外転筋力を撮像後に測定した。この計測器による内転筋力は左右大腿部を相互に内側に寄せるための筋力を、外転筋力はその反対に開脚方向の筋力を測定しえるよう製作されたものである⁸⁾（図4）。

図2 MRI装置

Fig. 2 A view of MRI system.

a) 撮像位置設定画面例

a) A determination of transverse level to obtain cross-sectional area of the psoas major muscle.

b) 大腰筋と脊柱起立筋撮像断面例

b) A sample of cross-sectional area of the psoas major muscle and erector spine.

図3 MRI撮像画像例

Fig. 3 Picture samples by MRI system.

(e) 測定要領

被測定者には金属製物品や磁気カード類の所持品をすべて撮像室外で外させた。ストレッチャー（寝台）上に展開したベルト状受信コイル（フレキシブルQDボディコ

表1 測定項目間の相関係数行列

Tab. 1 Correlation coefficient matrix.

	内転筋力 inward rotaion hip-joint muscle	外転筋力 outward rotation hip-joint muscle	左大腰筋 left psoas muscle	右大腰筋 right psoas muscle	左脊柱起立筋 left erector spinae	右脊柱起立筋 right erector spinae
内転筋力	1					
外転筋力	0.303	1				
大腰筋左	-0.467	-0.130	1			
大腰筋右	-0.279	-0.341	0.913	1		
脊柱起立筋左	0.085	0.440	0.437	0.332	1	
脊柱起立筋右	0.140	0.621	0.363	0.189	0.961	1

図4 股関節内・外転筋力測定装置

Fig. 4 A view of measuring device for inward and outward rotation of hip-joint muscle strength.

イル＝ソレノイド型受信コイル) を被測定者の臍帯中心部に巻き、仰臥姿勢で寝かせた。この後、ストレッチャーを磁場中心部に移動し、安静を保つよう教示して、撮像した。

内・外転筋力の測定は、MRI撮像後、椅座位姿勢にて内転筋力と外転筋力を交互に3回測定した。

3. 結果

測定値間の相関係数行列を表1に示した。この中で有意な相関が認められたものは左右の大腰筋断面積 ($r=0.913$, $p<0.004$) と左右の脊柱起立筋断面積 ($r=0.961$, $p<0.001$) の間であった。また、内転筋力と大腰筋断面積及び外転筋力と大腰筋断面積とは負の相関を示したが有意な相関とは認められなかった。なお、内・外転筋力(単位=kg・cm)と大腰筋及び脊柱起立筋断面積(単位=mm²)との単位が異なるため、平均0、標準偏差1となるよう基準化を行い、作図データとした。

図5 股関節の内転筋力と外転筋力との関係

Fig. 5 Relation between the inward and outward rotation of hip-joint muscles.

図6 内転筋力と左大腰筋断面積との関係

Fig. 6 Relation between inward rotation of hip-joint muscle and left psoas major muscle.

3-1. 内・外転筋力間の相関関係

両筋力間の相関係数は0.303で、有意な相関とは認められなかった。この理由は、図5に示すように、他の被測定者と大きく異なる測定値が含まれていることによる。図5～図10中のR²は重相関係数(実測値と回帰式による予測値との相関係数)の2乗値で寄与率あるいは決定係数といわれるものである。また、内・外転筋と左右大腰筋との

図7 外転筋力と右大腰筋断面積との関係

Fig. 7 Relation between outward rotation of hip-joint muscle and right psoas major muscle.

図8 外転筋力と右脊柱起立筋断面積との関係

Fig. 8 Relation between outward rotation of hip-joint muscle and right erector spinae.

図9 左右の大腰筋断面積間の関係

Fig. 9 Relation between the left and the right psoas major muscle.

相関は逆相関となっているのが特徴であるが(図6, 図7), 有意な相関とは認められず, 外転筋力のみが左右脊柱起立筋と比較的高い相関係数を示したが有意差は認められなかった(図8)。

3-2. 左右大腰筋断面積相互の相関関係

左右大腰筋断面積相互の相関は1%水準で有意に高い

図10 左右の脊柱起立筋断面積間の関係

Fig. 10 Relation between the left and the right erector spinae.

相関が認められ ($r=0.913$, $df=5$, $p<0.01$), 両者の平均値の差の検定では有意差 ($t=0.318$, $df=5$, ns) は認められなかった(図9)。すなわち, 左右大腰筋の断面積はほぼ同一と考えられる。一方, 脊柱起立筋との有意な相関は認められなかった。

3-3. 左右脊柱起立筋断面積相互の相関関係

左右脊柱起立筋断面積相互の相関は1%水準で有意に高い相関が認められ ($r=0.961$, $df=5$, $p<0.01$), 両者の平均値の差の検定では有意差 ($t=0.378$, $df=5$, ns) は認められなかった(図10)。すなわち左右の脊柱起立筋の断面積はほぼ同一と考えられる。

3-4. 重回帰分析結果

本研究での測定項目はいずれも歩行や運動に関する筋力を測定しているが, 内・外転筋については直接筋力を, 左右の大腰筋と脊柱起立筋は筋力の推定値として筋断面積を測定している。相関分析結果では内・外転筋力と大腰筋断面積, 脊柱起立筋断面積との有意な相関はみられず, 総じて低い値であった。このため説明変数6種から内転筋力と外転筋力とをそれぞれ従属変数として取り出し, 説明変数の寄与度をみるために逐次投入法による重回帰分析を実施した(表2)。内転筋力を従属変数とした重回帰分析結果では有意な差は認められず(自由度調整済 $R^2=0.352$, $F(5,1)=1.651$, ns), 外転筋力の重回帰分析結果でも有意な差は認められない(自由度調整済 $R^2=-1.287$, $F(5,1)=0.352$, ns), という結果であった。自由度調整済 R^2 とは重回帰分析で得られる重相関係数がデータ数や説明変数の数により見かけ上の説明率が得られやすいという問題を解決するために導入されたもので, データ数と説明変数の数で補正された重相関係数の2乗で, 自由度調整済重決定係数(説明率)といわれる。重回帰分析では有意差が得られなかったので, 説明変数と

表2 重回帰分析結果

Tab. 2 Results of multiple regression analysis.

		標準化重回帰係数 standardized multiple reg. coefficient		偏相関係数 partial correlation coefficient	
	従属変数 dependent variable→	内転筋 inward rotation hip-joint muscle	外転筋 outward rotation hip-joint muscle	内転筋 inward rotation hip-joint muscle	外転筋 outward rotation hip-joint muscle
説明変数 independent variables	左大腰筋 left psoas muscle	-2.958	0.027	-0.94	0.005
	右大腰筋 right psoas muscle	2.817	-0.167	0.92	-0.03
	左起立筋 left erector spinae	-1.989	-1.345	-0.75	-0.27
	右起立筋 right erector spinae	2.316	1.846	0.77	0.33
	inward rotat. hip-joint muscle	—	0.186		
	outward rotat. hip-joint muscle	0.053	—		
	constant	264.61	158.80		

従属変数との偏相関係数を算出してみた。偏相関係数は、複数の説明変数の中の特定変数と従属変数との相関関係に影響を及ぼす“他の説明変数”の影響を除去した場合の相関係数である。その結果、内転筋力は説明変数との高い偏相関がみられ、左大腰筋と左背中起立筋断面積では負の相関、右大腰筋・脊柱起立筋断面積とは正の相関がみられた（表2）。また、重回帰係数をみると従属変数が外転筋力の場合に脊柱起立筋の寄与度は大腰筋断面積や内転筋力よりも1桁高いものであり、従属変数が内転筋力の場合に外転筋力の寄与度が極めて低く、反面大腰筋と脊柱起立筋の寄与度は高いが相互に大きな差異がみられなかった。すなわち、内転筋力には大腰筋及び脊柱起立筋がともに大きな関連性を持っていることが理解された。

4. 考 察

相関分析では、直接的な筋力測定項目である内・外転筋力と間接的な筋力測定項目である左右大腰筋及び左右脊柱起立筋の断面積とは有意な相関関係が認められなかった。この理由としては、①被測定者のスポーツ歴や年齢による筋力の個人差があること、②データ数が少ないため筋力の個人差が大きく影響したことが考えられる。

左右の大腰筋間及び脊柱起立筋間の相関係数がそれぞれ0.913と0.961という有意に高い相関を示したこと、平

均値に差が無いことは健常者であれば左右対称の筋発達がなされるとの考えが受け入れられよう。また、今後の測定には左右どちらかの大腰筋と脊柱起立筋の断面積を測定すればよいことを意味していると考えられる。

内転筋力と外転筋力とを従属変数とし、大腰筋と脊柱起立筋とを説明変数とした重回帰分析結果では、統計的な有意差が認められなかったが、これはデータ数が少ないことに起因すると考えられる。重回帰係数や偏相関係数の値からするならば、内・外転筋の筋力測定結果から腹腔部内部筋である大腰筋と脊柱起立筋の筋力を推定しえる可能性のあることが示唆されたと考えられる。特に大腰筋の筋力を直接的に計測しえる方法が無いことから、相関関係からその推定法を探索することが本研究の課題である。今後は、性差や年代を含めたデータ数の系統的な蓄積により、内・外転筋力が腹腔部内部筋の断面積とどの程度の密接な相関関係が期待できるのかを検証する必要があると考える。

5. むすび

本研究は、人間の歩行・走行機能に密接に関与する腹腔部内部筋断面積に注目し、新たに開発された股関節筋力測定器による筋力測定値から内部筋断面積との関係性の検討を目的としたものである。MRI装置による大腰筋と脊柱起立筋の断面積と直接測定の股関節筋力との関係性を相関分析及び重回帰分析により検討した。その結果、データ数の関係から有意差は得られなかったが、重回帰係数や偏相関係数から股関節筋力と大腰筋や脊柱起立筋の断面積との高い関係性が推測され、大腰筋や脊柱起立筋の筋力推定法の有力な手掛かりが得られたものと考えられる。

参考文献

- 1) 伊藤寛志著：ハイテク医療の現場，読売科学選書34，1990.
- 2) 高橋哲彦，瀧澤将宏，谷井由美子，阿部貴之，永尾尚子，後藤智宏：オープンMRI装置における新技術開発，(株)日立メデイコ技術研究所，MEDIX，技術レポート，39，2004.
- 3) 久野謙也：大腰筋の筋横断面積と疾走能力及び歩行能力との関係，バイオメカニズム学会誌，24（3），148-152，2000.
- 4) 久野謙也，金俊東，衣笠竜太：体幹深部筋である大腰筋と疾走能力との関係，体育の科学，51（6），428-432，2001.
- 5) 星川佳広，飯田朝美，村松正隆，内山亜希子，中嶋由晴：高校生スポーツ選手の競技種目別の大腰筋断面積，体力科学，55，217-228，2006.
- 6) <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2004/>

zenbun/html

- 7) Yamamoto, T., Ogura, M., Noguchi, K., Akita, K., Miura, K., Aoyama, H. & Yi, Kyoungok : Research about the measurement of the torque -Comparative study of student and the middle aged, The 10th European College of Sport Science (ECSS), Belgrad, Aug, 2005.
- 8) 山本唯博, 白河善美, 水口潔, 小倉貢, 青山晴雄ほか：トルク測定に関する研究－股関節筋力評価装置の開発と測定評価－, 武蔵野美術大学研究紀要36号, 1-7, 2005.
- 9) 山本唯博, 白河善美, 青山晴雄, 田村道子ほか：トルク測定に関する研究－股関節筋力と肘関節力内・外転筋力の測定比較, 武蔵野美術大学研究紀要38号, 133-138, 2007.
- 10) 日本放送協会制作：NHKスペシャル「ミラクルボディ 第1回 アサファ・パウエル 史上最速の男」, 2008年3月12日放映
- 11) J. W. Rohen, 横地千仞, E. Lutjen-Drecoll共著：解剖学カラーアトラス 第4版, p.210, 医学書院, 1999.