

体幹筋安定化トレーニングが身体運動に及ぼす影響について

¹⁾ 鳥取大学医学系研究科 博士後期 保健学専攻 (主任 萩野 浩教授)

²⁾ YMCA米子医療福祉専門学校 理学療法士科

山崎祐輔^{1,2)}, 萩野 浩²⁾

The effect of trunk muscle stabilization training on body functions

Yusuke YAMASAKI^{1,2)}, Hiroshi HAGINO¹⁾

¹⁾ *School of Health Science, Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago, 683-8503, Japan.*

²⁾ *YMCA College of Medical and Human Services in Yonago, Yonago, 683-0825, Japan*

ABSTRACT

The transversus abdominis forms the deepest layer of abdominal muscles. It covers the trunk and functions as a trunk stabilizer. The objective of this study was to examine the effect of training the transversus abdominis in healthy subjects and patients who underwent hip or knee surgery. There were 22 healthy young subjects and 11 ambulatory patients who underwent hip or knee surgery included in the study. The center of gravity postural sway trajectory length in a standing position, the length and area of the sway of the center of gravity, and quadriceps femoris strength were evaluated as measures of physical function. Healthy subjects and patients underwent trunk stabilization training and regular training (balance training for healthy subjects and 20 minutes of physical therapy for patients) as a control. After trunk stabilization training, quadriceps femoris strength increased in both groups and the center of gravity postural sway trajectory length decreased among patients. When the order of training was compared, quadriceps femoris strength increased when trunk stabilization training was given before regular training. This is probably because trunk stabilization training increased abdominal pressure and improved trunk stability, thereby also stabilizing the pelvic girdle where many groups of leg muscles have their origins. (Accepted on June 19, 2015)

Key words : trunk muscle stabilization training, transversus abdominis, sway of the center of gravity, quadriceps muscle

はじめに

体幹部は頸椎、胸郭を含めた胸椎、肩甲帯、腰椎、骨盤帯で構成され、下肢で支持を行なっている。

この体幹部を制御するために、体幹深層部に位置する横隔膜、骨盤底筋群、腹横筋、多裂筋群の選択的な収縮が重要な機能を果たす¹⁾。すなわちこれらの筋群が収縮して腹腔内圧が上昇するこ



図1 大腿四頭筋筋力測定

坐位で膝関節90°屈曲位とし、徒手筋力計のセンサーパッドは下腿遠位部とし、バンド固定を行い測定する。

とにより、体幹部に伸展モーメントを与えて体幹の伸展性をもたらす。

体幹の骨盤部には立位姿勢における身体重心点が存在する。この身体重心点は、胸郭の剣状突起付近に位置する上半身重心（第7-9胸椎レベル）と下半身重心（大腿部の中央から近位1/3）の midpoint²⁾であり、上半身重心位置が変化すると身体重心点も変化する。この身体重心位置が動揺すると体幹部を支持する下肢に様々なメカニカルストレスを生じるため、下肢機能の向上性には体幹の安定性が必要である。

高齢者では加齢的变化により体幹部の姿勢変化（胸腰椎の屈曲パターン、股関節は屈曲・外旋、膝関節は屈曲位）を生じやすく³⁾、その結果、身体重心位置は後方へと偏位し、下肢に様々なストレスを生じさせる。さらに身体重心位置の後方化により、後方への転倒のリスクが高まると考えられる。

本研究は、健常者ならびに股・膝関節術後の患者を対象に体幹安定化トレーニングを実施し、身体重心動揺性、下肢筋力にどのように変化をもたらすかを検討した。

対象および方法

1) 対象

① 健常者群

19-30歳の骨・関節疾患およびめまい・ふらつき等の既往のない健常者22人（平均年齢 20.3 ± 5.6 歳、平均身長 1.67 ± 0.1 m 平均体重 58.8 ± 12.6 kg）。

② 患者群

55-82歳のリハビリテーション治療が必要な入院患者で、歩行可能な人工膝関節置換術後患者6人、股関節人工骨頭置換術ならびに人工股関節置換術後患者5人の計11人（平均年齢 69.6 ± 10.0 歳、平均身長 1.49 ± 0.1 m 平均体重 59.8 ± 12.8 kg）。

2) 方法

① 運動機能評価

a) 重心動揺測定

静的な運動評価として、安静静止立位時の立位重心の総軌跡長、外周面積を測定した。測定に当たって、健常者では両足部を接して直立位とし、患者では測定中の転倒を防止するために肩幅程度に両足部を開き、支持基底

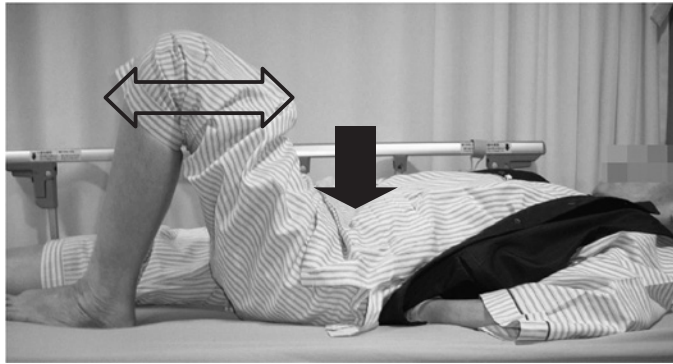


図2 体幹安定化トレーニング方法

対象者の手を腰部の下に入れ、手をベッドに押し付けることで骨盤の後傾位を保つ。そして骨盤後傾位を保った状態で、左右の股関節を交互にゆっくりと屈曲と伸展運動を行う。

面を広げて安全性を確保した。測定は、1分間の測定を2回行い、1回目の値を棄却して2回目の値を用いた。

健常者に対しての重心動揺計測はPDMSシステム (Zebris Medical GmbH, Isny im Allgäu, ドイツ) を用い、患者に対しては安全性を考慮して、手摺り付きのエチュードボー Ex (R) (日立機電社, 東京) を用いた。

b) 大腿四頭筋筋力測定

左右の大腿四頭筋筋力は徒手筋力計 (Power Track II, Jtech, Medical社, Salt Lake City, 米国) を用いて測定した。測定肢位は村田ら⁴⁾の方法 (図1) に準じ、被検者を坐位で膝関節90°屈曲位とした。徒手筋力計のセンサーパッドは下腿遠位部に設置し、最大等尺性収縮 (Nm) を左右交互に3回計測し平均値を求め、この平均値を体重で除した体重比 (Nm/kg) を解析の対象とした。

② トレーニング方法

a) 体幹安定化トレーニング

トレーニング肢位は臥位で、骨盤を後傾位 (対象者の手を腰部の下に入れて腰部で手を押し付ける) にして、交互にゆっくりと股関節の屈曲を行う (図2)。その後、端坐位でゆっくりとした呼吸を行い、吸気で腹部を膨らませ、呼気で腹部を凹ませる腹式呼吸を行うように指導した。なお腹横筋の収縮は最終呼吸時において左右の上前腸骨棘より2横指内側

部で触診によって確認した。

b) 通常のトレーニング

i) バランスボードトレーニング

健常者に対して、不安定なボード (バランスボード) の上で立位を1分間とらせる下肢バランストレーニング⁵⁾ (図3) を実施した。

ii) 下肢トレーニング

人工膝・股関節置換術後患者に対して、関節拘縮が生じている組織には徒手での関節可動域訓練、筋力低下を生じている骨格筋には徒手抵抗で筋力増強訓練を20分以上行った。

③ トレーニング実施順

a) 健常者群

健常者群では運動機能評価後、体幹安定化トレーニングまたは通常のトレーニングを実施し、その後同日に再度運動機能評価を行った。筋疲労を考慮して1日以上空けてもう一方のトレーニングを実施し、トレーニング実施後に再度運動機能評価を行なった。

b) 患者群

患者群では、運動機能評価後、体幹安定化トレーニングまたは通常のトレーニング実施後、運動機能評価を行った。その後、4時間以上休息を行なった後、再度もう一方のトレーニングを実施し、運動機能評価を行なった。



図3 バランスボードトレーニング

不安定板（バランスボード）上に立ち、不安定板を水平位に保ちながら1分間立位姿勢を保持する。

なお健常者群ならびに患者群の体幹安定化および通常のトレーニング実施の順番はクロスオーバー法に準じてランダムに実施した。

④統計解析方法

測定値のうちで正規性を認めた場合は対応のあるt検定を、認めない場合はWilcoxonの符号付順位検定を用いて群間の比較を行った。すべて両側検定を行い5%の危険率をもって有意水準とした。統計処理にはDr. SPSS II (ver11.0 J, SPSS株式会社, 東京)を用いた。

本研究に関しては鳥取大学の倫理審査委員会の承認（承認番号1130）を得た上で、対象者に研究の目的・方法・危険性等を書面にて十分に説明し、文書にて同意を得て実施した。

結 果

1) 健常者群における各トレーニング効果の比較 (表1)

体幹安定化トレーニングによって立位重心動揺総軌跡長ならびに外周面積には変化を認めなかったが、大腿四頭筋筋力は体幹安定化トレーニング後に右0.41 Nm/kg, 左0.44 Nm/kgの有意な増加を認めた。

2) 患者群における各トレーニング効果の比較 (表2)

立位重心動揺総軌跡長は体幹安定化トレーニング後に14.33 cmの有意な減少を認めた。また大腿四頭筋筋力に関しては患側0.32 Nm/kg, 健側0.41 Nm/kgの有意な筋力の増加を認めた。

3) トレーニングの介入順による効果の違い (表3)

患者群にて体幹安定化トレーニングを先行して行った場合と、下肢トレーニングを先行して行った場合の前後の効果の差を検討した結果、立位重心動揺測定に関しては両群間で効果に差は認めなかった。しかし、大腿四頭筋筋力は、先行して体幹筋安定化トレーニングを実施した場合は下肢トレーニング後に体幹筋トレーニングを実施した場合と比較して、患側では0.97 Nm/kg, 健側では1.73 Nm/kgの増強効果を認めた。

考 察

従来の体幹部トレーニングは、慢性腰痛症等の腰部疾患に対して用いられる方法^{6,8)}で、腹部の表層に位置する腹直筋、内・外腹斜筋のトレーニングが中心であり、深層に位置する腹横筋にはあまり注目されていなかった。そこで、本研究では

表1 健常者群における各トレーニング効果の比較 (n=22)

	トレーニング前	体幹筋安定化 トレーニング	バランスボード トレーニング
立位重心動揺測定			
総軌跡長 (cm)	119.82 ± 20.03	116.04 ± 17.85	120.07 ± 17.61
外周面積 (cm ²)	10.46 ± 4.60	8.23 ± 5.00	11.23 ± 10.82
大腿四頭筋筋力 (Nm/kg)			
右大腿四頭筋	3.89 ± 0.93	4.30 ± 0.88**	4.03 ± 0.92
左大腿四頭筋	3.58 ± 0.82	4.02 ± 0.84**	3.77 ± 0.92
トレーニング前との比較.			(平均±標準偏差)
** p < 0.01 (対応のあるt検定)			

表2 患者群における各トレーニング効果の比較 (n=11)

	トレーニング前	体幹筋安定化 トレーニング	下肢トレーニング
立位重心動揺測定			
総軌跡長 (cm)	85.53 ± 37.92	71.20 ± 34.37**	78.69 ± 45.78
外周面積 (cm ²)	2.49 ± 2.11	1.83 ± 1.33	1.95 ± 1.46
大腿四頭筋筋力 (Nm/kg)			
患側大腿四頭筋	1.46 ± 0.70	1.78 ± 0.68*	1.46 ± 0.72
健側大腿四頭筋	1.79 ± 1.23	2.20 ± 1.03*	1.99 ± 1.14
トレーニング前との比較.			(平均±標準偏差)
* p < 0.05, ** : p < 0.01 (対応のあるt検定)			

表3 トレーニングの介入順による効果の違い

	体幹筋トレーニングを 先行した場合 (n=6)	下肢トレーニングを 先行した場合 (n=5)
立位重心動揺測定		
総軌跡長 (cm)	-16.36 ± 13.55	-11.92 ± 7.19
外周面積 (cm ²)	-0.86 ± 1.45	-0.08 ± 0.11
大腿四頭筋筋力 (Nm/kg)		
患側大腿四頭筋	1.16 ± 0.73*	0.19 ± 0.09
健側大腿四頭筋	2.04 ± 1.01*	0.31 ± 0.37
値は下肢トレーニングを先行した場合との差		(平均±標準偏差)
* p < 0.05 (Wilcoxonの符号付順位検定)		

腹部の深層に位置し、腹腔内圧を増加させ体幹の伸展モーメントに寄与する腹横筋^{9,10)}を収縮させる体幹筋安定化トレーニングを実施した。その結果、腹横筋のトレーニングにより下肢疾患を有する高齢者の立位重心動揺総軌跡長を減少させ、大

腿四頭筋筋力を増加させることを初めて明らかにした。腹横筋は努力呼吸に働く筋であるが、胸腰筋膜を介して多裂筋の収縮をもたらす脊柱を安定化させることが知られている。また、腹横筋の収縮を促す運動は骨盤底筋群を同時に有効に収縮で

きる¹¹⁾とされている。高齢者では体幹の伸展モーメントが低下しているため、腹横筋のトレーニングは骨盤底筋群をはじめとした体幹深層筋群の活動を促して効率的に体幹の安定性を高めると考えられる。その結果、支持基底面内での安定性が向上して、本研究で観察されたような立位重心動揺総軌跡長の改善をもたらしたと推察される。

また立位姿勢を安定化させる身体的作用には、股関節を中心とした動きによって身体の速い揺れをコントロールする股関節制御 (hip strategy) と、足関節の運動によって身体のゆっくりとした揺れをコントロールする足関節制御 (ankle strategy)¹²⁾とがある。これら両者の相互作用により身体重心を支持基底面にとどめて身体を安定化させる。立位重心動揺測定は静的な安静立位での評価であるため、主に身体のゆっくりとしたコントロールを行なう足関節制御を反映している。本研究では立位重心動揺総軌跡長の減少が観察されたことから、腹横筋を中心とした体幹筋安定化によって足関節制御の効率が改善したと推察される。

筋力を発揮できる条件としては、動作筋の筋力があること、動作筋と反対の作用を有する拮抗筋や関節の制限因子がないこと、そして動作筋が有効に働くための中枢部を安定させる力が必要となる。特に大腿四頭筋の筋力発揮に関しては、中枢部となる骨盤部の安定化が必要である。本研究のトレーニングは骨盤を含めた体幹部の安定化を促すもので、骨盤部の安定化により大腿四頭筋の筋力増強効果が得られたものと考えられる。また Hodges と Richardson¹³⁻¹⁵⁾ によると上肢や下肢の運動では、その運動開始の約110 msec先立って、腹横筋が収縮して体幹の安定性を高めると報告されていることから、体幹部の安定は健常者ならびに患者群いずれでも、四肢運動機能に好影響をもたらすものと推測される。

本研究で検討したトレーニングの有効性は短期的な効果の検討であり、また少数例でのシングルブラインドによる比較である。さらに個々の症例の身体機能を考慮したランダム化がされていない。このため今後、多数例かつ身体機能に配慮したランダム化を行った長期的なトレーニング効果の検討が必要であると考えられる。

結 語

腹横筋を中心とした体幹安定化トレーニングは、健常者においては大腿四頭筋筋力の増加効果をもたらし、股・膝関節術後の患者に対しては立位重心動揺の総軌跡長の減少と両側の大腿四頭筋筋力の増加効果をもたらした。また術後患者に、通常のトレーニングに先行して体幹安定化トレーニングを実施することは、大腿四頭筋筋力の増強効果を生み出すことが示唆された。

本研究を通じて、本研究にボランティアで参加いただきました方に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. Acta Orthop Scand Suppl. 1989; 230: 1-54.
- 2) 鈴木貞興, 脊柱. 山崎勉編. 整形外科理学療法理論と技術, 東京, メジカルビュー社, 1998. p. 144-146.
- 3) 神先秀人, 南角学, 坪山直生. 転倒・転落による受傷リスクと身体機能. 泉キヨ子編. エビデンスに基づく転倒・転落予防, 東京, 中山書店, 2005. p. 14-15.
- 4) 村田伸, 甲斐義浩, 村田潤. 下肢荷重力と下肢筋力および坐位保持能力との関係. 理学療法科学 2006; 21 (2) : 169-173.
- 5) 望月久. バランストレーニングの基本. 理学療法ジャーナル 2008; 42 (3) : 231-239.
- 6) 渡辺俊彦. 腰痛疾患に対する腰痛体操の意義と臨床経験. 日本腰痛学会雑誌 2007; 13(1) : 239.
- 7) 豊田耕一郎, 田口敏彦, 河合伸也. 腰痛症. Journal of Clinical Rehabilitation 2002; 11 (7) : 608-614.
- 8) 太田恵, 金岡恒治, 半谷美夏, 小泉圭介, 村松俊樹. 慢性腰痛者に対する体幹深層筋に注目した運動療法の効果－腹筋群の筋厚と非対称性の変化－. 日本臨床スポーツ医学会誌 2012; 20 (1) : 72-78.
- 9) McGill SM. Stability: from biomechanical concept to chiropractic practice. J Can Chiropr Assoc 1999; 43 (2) : 75-88.
- 10) 市橋則明. 筋力低下に対する運動療法. 市橋

- 則明編. 運動療法学, 東京, 文光堂. 2008. p. 190-191.
- 11) Hodges PW, Richardson CA. Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neurosci Lett.* 1999; **265** (2): 91-94.
- 12) 中村隆一, 齋藤宏, 長崎浩. 基礎運動学, 第6版. 東京: 医歯薬出版; 2003. p. 352-355.
- 13) Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine* 1996; **21** (22): 2640-2650.
- 14) Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther* 1997; **77**: 132-142.
- 15) Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res* 1997; **114** (2): 362-370.