

研究ノート

12週間の認知動作型トレーニングが高齢者の体幹機能に与える影響 Changes in Trunk Function in Older Adults after 12-Weeks of Exercise

館 俊樹*・中井真吾*・小澤治夫*・小林寛道*^a

- I. はじめに
- II. 方法
- III. 結果
- IV. 考察
- V. 結論

I. はじめに

高齢者におけるQOLの決定因子として歩行能力の重要性はすでに数多くの研究で示されている。そのため、高齢者における歩行能力向上のトレーニングは多くの研究で報告されている。高齢者における歩行能力向上のエクササイズは、下肢の筋力向上を目的としているものがそのほとんどである。しかし、近年の研究では体幹の筋がスポーツ動作や日常生活動作と関連があることがわかってきている。特に歩行能力と強く関係すること大腰筋の筋量が注目されている¹⁾。大腰筋は、腰椎からおこり、大腿骨小転子に停止する筋であるため、腰椎、骨盤、股関節に関連する動きに関与する。その機能は、股関節の屈曲、腰椎の屈曲、腰椎、股関節の姿勢維持などであると考えられている。歩行能力における大腰筋の重要性は、下肢の大筋群が発生するエネルギーを上肢に伝達する経路であること²⁾、立位姿勢の保持の際に大きな活動をみせること³⁾、歩行動作の立脚期において大腿骨、骨盤、腰椎の安定性に貢献すること⁴⁾からも推測することができる。一方、加齢に伴う筋肉の減少については、Nelsonらが50歳を超えると年間454gの筋量を失うと報告しているのをはじめ⁵⁾、Evans & Roseberg⁶⁾は定期的に筋力トレーニングを行っていない成人では、30代から40代の間に1年当たり227gの筋量が減少するという見解

を示し、Larssonら⁷⁾は、事務作業職についている男性では80歳までに速筋繊維の50%にまで減少するとしている。また、MRIや超音波を使って個別の筋の加齢変化をみた研究では、大腿四頭筋⁸⁾、肘屈・伸筋、膝伸・屈筋⁹⁾を報告している。こうした加齢による筋量の減少が数多く報告されている中で、加齢に伴う大腰筋の減少については、その減少率が大腿四頭筋と比較して大きいことやその減少が早い年齢から顕著に現れる^{1, 10)}ことが幾つかの研究で報告されている。しかし、大腰筋の筋量に関する研究は四肢のそれと比較して極めて少ないのが現状である。

また、歩行能力をはじめとした身体動作機能が多くの高齢者において低下していることは容易に推察することができる。したがって、高齢者の身体動作を向上させるために、大腰筋の筋量を向上させるエクササイズの開発とそのエビデンスの蓄積が期待されている。しかしながら、継続的なエクササイズが大腰筋に与える影響に関しては、Parkkola⁴⁾が若年者に18週間のトレーニングを行わせた研究があるが、その他は、思春期の運動選手¹¹⁾、大学生⁴⁾、レスラー¹²⁾、サッカー選手¹³⁾、陸上選手¹⁴⁾など発育や競技による影響をみた報告がほとんどであり、高齢者の大腰筋をねらって向上させた研究はない。

大腰筋を向上させるエクササイズについて、筋電図、工学モデルを用いた研究から、大腰筋は股関節屈曲、外・内旋、腰椎屈曲筋、側屈筋であると同時に腰椎の支持、毎秒

* 静岡産業大学経営学部

2m以上の速度での歩行等動作の維持に重要な役割を果たしていることが確認されている¹⁵⁾。そのため、機能解剖的に推測すると腰椎-骨盤-大腿骨の連携に配慮した形で股関節の屈曲運動である、レッグレイズやヒップフレクション等のエクササイズを行うことが有効だと考えられてきた⁴⁾。しかし、これらの運動は、高齢者の骨盤の可動範囲が狭まっていることや¹⁶⁾、負荷が局所的にかかることや、立位姿勢において大腰筋の活動が大きい¹⁵⁾ことから、下肢のエネルギーを上肢に伝える¹³⁾という大腰筋の役割にそくしていないと考えられる。したがって、高齢者の大腰筋の量が高める体幹部のエクササイズとして、我々は、大腰筋が歩行動作中の立位姿勢に大きな関連があること¹⁵⁾、高齢者の股関節可動域が加齢に伴い減少すること¹⁶⁾、高齢者の歩行動作で股関節の回旋が少ない¹⁷⁾ことから、立位姿勢での股関節可動エクササイズ(認知動作型トレーニング)を行うことで、通常のレジスタンストレーニングでは難しかった、高齢者の体幹部の機能を向上させ、歩行能力の向上させることを目的とした。

そこで、本研究では、60歳以上の高齢者を対象に立位姿勢で認知動作型トレーニングエクササイズを12週間継続することによって、高齢者の体幹機能がどのように変化するかを検証することを目的とした。

II. 方法

対象者

本研究では、整形外科的疾患がなく医師による運動制限を受けていない、日常生活範囲以上の特別な運動を行っていない65-80歳(69.6±3.7歳)の58名(男性30名、女性28名)であった。対象者は無作為に、教室に参加しマシンによる運動を行う群(男性20名、女性19名)と教室に参加しない対照群(男性9名、女性10名)にわけられた。全ての対象者に本研究の目的、方法、留意事項(痛みの発生など)について口頭と文書で説明し、直筆の署名にて研究参加への同意を得た。

研究のプロトコール

運動群の対象者は事前測定を受けた後に週2回の運動を23週間行ない24週目に事後測定を行った。また、対照群は同じタイミングで測定のみを行った。運動プログラムは、毎回体調チェックを行った後に10分程度のウォーミングアップを行い、「スプリントトレーニングマシン」、「車軸移動式自転車」をそれぞれ約15分使いエクササイズした。

スプリントトレーニングマシンは、足をペダルに固定し、定められた一定の速度で連続的に前後往復運動を繰り返す。使用者は往復運動を繰り返すペダルが後方に移動したタイミングで、ペダルを引き上げ前方に移動させる。(図を参照)これらの動作をおこなうことで、対象者は、ゆっくりとした動きの中で、骨盤の回旋、股関節の回旋、股関節の屈曲、伸展、腰椎の屈曲、伸展を繰り返し行うことになる。

車軸移動式自転車の外見は、自転車型エルゴメータに酷似しているが、自転車型エルゴメータとは異なり、それぞれのペダルが独立して動き、ペダルの軸が後方に移動するため、通常の自転車型エルゴメータでみられる円運動ではなく、楕円の運動を行うことになる。(図を参照)このマシンでは、ペダルの動きが、円運動ではなく、楕円の運動を行うことで、骨盤の回旋、股関節の回旋、股関節の屈曲、伸展、腰椎の屈曲、伸展を行いやすくなる。

大腰筋断面積の測定

大腰筋断面積の測定には星川らの方法に習い、0.2テセラのMR装置(SignaProfile, GE横河メディカルシステム社)を用い、まず、被検者の脊椎が撮像されるように体幹部の前額面画像を取得した後、大腰筋の筋断面積がほぼ最大になる第4腰椎と第5腰椎の中央部水平横断面において、厚さの10mm強調画像(スピンエコー法、繰り返し時間250m秒、エコー時間20m秒、FOV30cm×30cm、マトリクスピクセル256×256、4NEX)を取得した。取得した横断像よりコンピュータ画面上で大腰筋に相当するピクセル数をカウントし、FOVとマトリクスから決定するピクセルの面積

($=1.17\text{mm}^2$) から大腰筋の横断面積を算出した。ピクセル数のカウントは1人の検者が行った。この検者が、事前に3名の被検者を対象に、同一日に各被検者につき10回の撮像を行い、取得した横断像に対して大腰筋断面積値を求めたところ、その変動係数はいずれの被検者においても1%以下であった。

移動能力の測定

本研究では移動能力の測定として直線10mの距離（加速のためスタート前に2m、スピードを維持させるためにゴールの後に2mの予備区間を設けた）を最大努力で歩いたときの時間を計測した。

統計

解析対象者は、介入前後の2回の測定が実施できたものとした。運動プログラムによる大腰筋断面積の増大効果の判定は、運動群と対称群の前後変化量の比較によるものとした。測定値は、平均値±標準偏差であらわした。大腰筋断面積の運動前後の群内の変化には反復測定による分散分析を行い差が認められたものに関して、Post-hocテストを行った。大腰筋断面積の変化量は、教室後の値と教室後の値の差を教室前の値で除することで求めた。変化量の変化には分散分析を行い差が認められたものに関して、Post-hocテストを行った。年齢と大腰筋断面積の相関を求めるにはPearsonの相関係数を使用した。すべての統計解析にはエクセル（マイクロソフト社）を用いて、有意水準は危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結果

身体特性

分散分析の結果、運動群と対照群の身長、体重、年齢の間に有意な差はみられなかった。また、大腰筋断面積、大腿四頭筋断面積においても、2群の間に有意な差はみられなかった。しかし、男性の大腰筋断面積が $24\pm 3.7\text{cm}^2$ と、女性の大腰筋断面積 $15.2\pm 2.5\text{cm}^2$ と比較して、有意に大きかった。同様に大腿四頭筋の断面積も男性 $118.3\pm 14.1\text{cm}^2$ 、女性 $85.3\pm 11.7\text{cm}^2$ であり、男性が女性と比較して有意に

大きかった。

エクササイズ後の大腰筋断面積の変化

運動群において、大腰筋断面積は、教室実施前後で $19.7\pm 5.5\text{cm}^2$ が $21.4\pm 5.6\text{cm}^2$ となり、すべての対象者に1-33%、平均で9.4%の増大がみられた。性別にわけると、男性11.5%、女性8.4%であったが、性別間の変化率に有意な差はなかった。対照群の大腰筋断面積には有意な変化がみられなかった。また、大腿四頭筋断面積においては両群ともに有意な変化はみられなかった。

運動群における大腰筋断面積の増加率と年齢の間には男性で0.332、女性で0.302と低い相関がみられた。

移動能力の変化

運動群では教室実施前後で $5.00\pm 0.76\text{sec}$ が 4.33 ± 0.96 となり統計上有意に速くなった。対照群では有意な変化はみられなかった。

Ⅳ. 考察

本研究では、立位姿勢での腰椎、骨盤、股関節を運動させることで、高齢者の大腰筋を増大させることができるかを検証することを目的とした。その結果、65歳以上の高齢者に週2回12週間で計23回の運動を行わせた後に大腰筋断面積に増大がみられた。また、増大の幅においては男女に有意な差はなく、年齢による増大の影響も低かった。また、歩行能力と関連が深いとされている大腿四頭筋の断面積は増大しなかったが、歩行速度の向上がみられた。

大腰筋は、その断面積が高齢者の歩行速度と強い相関をみせる¹⁾ことや、四肢の筋のように日常生活の一般的な運動だけでは維持することが難しいこと¹⁰⁾、姿勢維持や歩行動作と大きく関わる¹⁵⁾ことから、高齢者の身体動作を向上させることに大腰筋の筋量を向上させることが重要だと近年注目をあつめている。

さらに、大腰筋断面積は四肢の筋よりも加齢に伴う減少が大き^{1, 10)}、久野ら¹⁾は、20代と比較して、40歳代で男性18.2%、女性

21.2%、50歳代で男性31.8%・女性34.9%、60歳代前半で男性38.0%、女性37.9%、60歳代後半で男性40.6%、女性36.6%、70歳代前半で男性47.7%、女性41.1%、70歳代後半で男性51.6%、女性51.4%と大腰筋が減少していくと報告している。また、Takahashiら¹⁰⁾は大腿四頭筋の筋量が40歳代までは維持され、60歳代以降でも急速な衰えを見せないのに対して、大腰筋の筋量は20歳代から減少し、70歳代以降で急速に減少すると報告している。これらのことから、大腰筋は加齢による減少が大きいため、トレーニングして高める必要があるといえる。

トレーニングによる大腰筋断面積の増大に関しての報告は、四肢のそれと比べると極めて少ない。四肢に対するレジスタンストレーニングの効果はすでに広く知られており、筋量の増大に関する一定の効果が認められている。高齢者にレジスタンストレーニングを実施することで、若年者同様に筋力が向上するという報告も数多くみられる。Fronteraら¹⁸⁾が12週間、36回のアイソキネティックな膝伸展運動の後11.4%の大腿四頭筋断面積の増加を報告している。また、若年、中年、高齢者における筋力トレーニングと持久性トレーニングの効果を調査した大規模研究では、1132人の男女が25分間の比較的高い努力を要する筋力トレーニングを行った実験で、60-80歳代の運動群で中年や若年者と同じように除脂肪量が増加しているという報告も見られる。女性における筋力の向上に関しては、Cambellら¹⁹⁾は、座位中心の生活を行っていた(56-80歳)の男女に3ヶ月のトレーニングを行い除脂肪体重が1.4kg増え、脂肪が1.8kg減少したと報告している。さらにFiataroneら²⁰⁾が86歳から96歳の男女に行った研究でも14.5%の筋量の向上がみられ、男女における差はないと報告している。以上のことから、男女や年齢と関連なく高齢者の大腰筋断面積が向上した本研究の結果が支持されたと考えられる。

大腰筋断面積のトレーニングによる増大を見た研究は少ないが、Pakkola⁴⁾が18週間のトレーニングの後に22%増大したと報告してい

る。この研究では、体幹の屈曲・伸展運動を最大筋力の60%程度の負荷をかけることで、筋量の増大をはかっている。これらは、大腰筋の主働的な動作が股関節な屈曲¹⁰⁾であることから、納得することができる。これらのことから、適切な負荷を与えることが可能であれば、高齢者の大腰筋筋量を増大させることが可能であり、我々の結果を支持している。

ただし、高齢者の体幹可動域が減少している¹⁶⁾ため、Parkkola⁴⁾が若年者を対象に行った高い強度での体幹の屈曲運動を高齢者に行わせることは難しいと考えられる。大腰筋の機能は、股関節の屈曲以外にも、股関節の伸展、回旋、腰椎の屈曲、腰椎の支持に関わると報告されている。また、日常生活動作の中での大腰筋の活動を研究した報告では、歩行立脚期において、骨盤や腰椎の支持、立位姿勢の保持などが報告されている¹⁰⁾。また、大腰筋は座位姿勢よりも立位姿勢においてその活動が高くなるとの報告もみられる¹⁰⁾。本研究で用いたエクササイズマシンは、立位で足部をペダルに固定した状態で、自動的にペダルが前後に動くことで腰椎-骨盤-大腿骨を連携させて動かし、骨盤の回旋、股関節の回旋、股関節の屈曲、伸展、腰椎の屈曲、伸展動作をさせる。この動作が前述した大腰筋が活動しやすい姿勢と合致したため、年齢、性別に関係なく大腰筋断面積の増大につながったと示唆することができる。また、大腰筋の増大からなる立位安定性により移動能力が向上したと考えることができる。

V. 結論

本研究の結果、立位姿勢における股関節の屈曲・伸展、および骨盤を動かす運動を行うことで、高齢者の大腰筋断面積を増大させることに成功した。このことは、加齢に伴い低下していると考えられる、骨盤周りの機能を活性化させたからだと推測することができる。今後、骨盤周りの運動が高齢者の生活機能においてどのような影響をあたえるかをさらに研究していくことで、高齢者の身体能力の向上が解明されていくだろう。

参考文献

1. Kuno, S. 2002. Resistance training of older adults. *J. Health Phys. Edu. Rec.* 52 (8) 617-625
2. Ogiso, K. 2001. Trunk Movement in running. *J. Health Phys. Edu. Rec.* 51 (6) 438-443
3. Andersson, E., Nilsson, J. and Thorstensson, A. 1997. Intramuscular EMG from the hip flexor muscles during human locomotion. *Acta Physiol. Scand.* 161, 361-370
4. Parkkola, R., Kujala, U. and Rytokoski, U. 1992. Response of the trunk muscles to training assessed by magnetic resonance imaging and muscle strength. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65, 383-387.
5. Nelson, M. E., Fiatarone, M. A., Morganti, C. M., Trice, I., Greenberg, R. A. and Evans, W. J. 1994. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. A randomized controlled trial. *J. Am. Med.* 272, 1909-1914.
6. Evans, W., Rosenberg I. 1992. Biomarkers. New York, Simon and Schuster
7. Larsson, L. 1982. Physical training effects on muscle morphology in sedentary males at different ages. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14, 203-206.
8. Trappe, T. A., Lindquist, D. M. and Carrithers, J. A. 2001. Muscle-specific atrophy of the quadriceps femoris with aging. *J. Appl. Physiol.* 90, 2070-2074.
9. Kubo, J., Ohta, A., Takahashi, H., Kukidome, T. and Funato, K. 2007. The development of trunk muscles in male wrestlers assessed by magnetic resonance imaging. *J. Strength Cond. Res.* 21, 1251-1254
10. Takahashi, K., Takahashi, H. E., Nakadaira, H. and Yamamoto, M. 2006. Different changes of quantity due to aging in the psoas major and quadriceps femoris muscles in women. *J. Musculo. Skeletal Neuronal Inter.* 6, 201-205.
11. Peltonen, J. E., Taimela, S., Erkontalo, M., Salminen, J. J., Oksanen, A. and Kujala, U. M. 1998. Back extensor and psoas muscle cross-sectional area, prior physical training, and trunk muscle strength—a longitudinal study in adolescent girls. *Eur. J. Appl. Physiol.* 77, 66-71.
12. Kubo, K., Kanehisa, H., Azuma, K., Ishizu, M., Kuno, S., Okada, M. and Fukunaga, T. 2003. Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women. *Int. J. Sports Med.* 24, 125-130.
13. Hoshikawa, Y., Muramatsu, M. and Iida, T. Age-related differences in cross-sectional area of psoas major muscle and fat-free mass in soccer players. *J. Sport. Sci. and Exerc. Train.* 21 (1), 33-44
14. Hoshikawa, Y., Muramatsu, M., Iida, T., Uchiyama, A., Nakajima, Y., Kanehisa, H. and Fukunaga, T. 2006. Influence of the psoas major and thigh muscularity on 100-m times in junior sprinters. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38, 2138-2143.
15. Andersson, E., Oddsson, L., Grundstrom, H. and Thorstensson, A. 1995. The role of the psoas and iliacus muscles for stability and movement of the lumbar spine, pelvis and hip. *Scand J. Med. Sci. Sports.* 5, 10-16.
16. Lee, L., Zavarei, K., Evans, J., Lelas, J., Riley, P. and Kerrigan C. 2005. Reduced hip extension in the Elderly: Dynamic or postural? *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 86, 1851-1854
17. J.E. Himann, Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc*, 20(2),161-6,1988
18. Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P. and Evans, W. J. 1990. Strength training and determinants of VO₂max in older men. *J. Appl. Physiol.* 68, 329-333.
19. Campbell, W., Joseph, J., Anderson, A., Davey, L., Hinton, J. and Evans, J. 2002. Effects of resistive training and chromium picolinate on body composition and skeletal muscle size in older women. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 12 (2), 125-35.

20. Fiatarone, M. A., Marks, E. C., Ryan, N. D., Meredith, C. N., Lipsitz, L. A. and Evans, W. J. 1990. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *J. Am. Med* 263, 3029-3034.

Table 1. Age, height and body mass of the participants.

	N	Age(years)	Height(cm)	Weight(kg)
Training	29	69.5 ± 3.9	158.0 ± 6.8	58.6 ± 8.6
Control	19	69.7 ± 3.5	159.3 ± 7.7	60.8 ± 9.0

Table 2. Changes in psoas major and quadriceps CSA.

(cm ²)	Psoas major		*	Quadriceps		N.S.
	Pre	Post		Pre	Post	
Training	19.7 ± 5.5	21.4 ± 5.6	*	101.6 ± 20.7	103.4 ± 21.8	N.S.
Control	20.2 ± 5.4	19.9 ± 5.3	N.S.	104.3 ± 22.3	105.0 ± 23.9	N.S.

(sec)	Pre	Post	*
Training	5.00 ± 0.76	4.33 ± 0.92	*
Control	5.00 ± 0.67	4.82 ± 0.69	N.S.

Figure 1

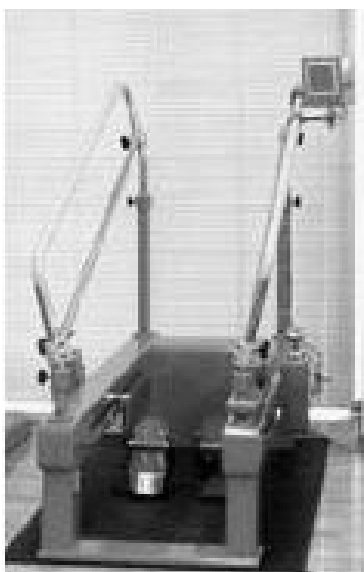


Figure 2

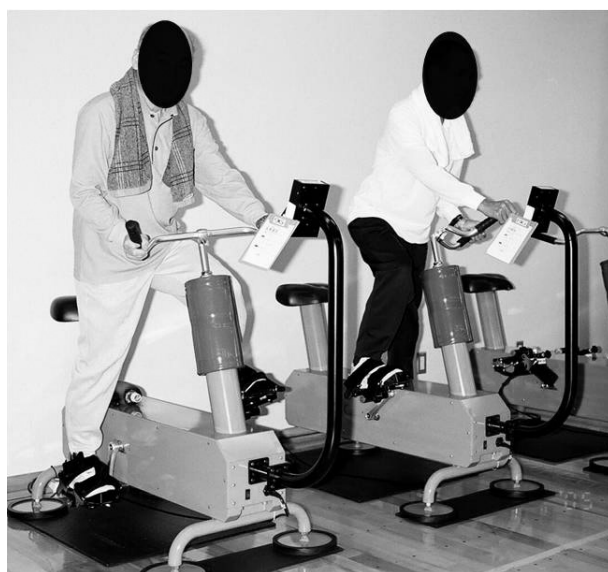


Figure 1, 2 are Sprint Training Machine, Axle mobile bike, ORK

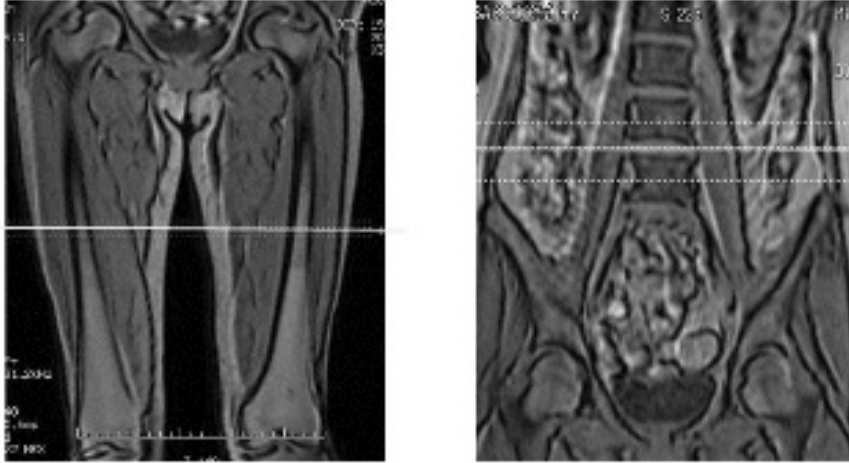


Figure 1, 2 are Sprint Training Machine, Axle mobile bike, ORK

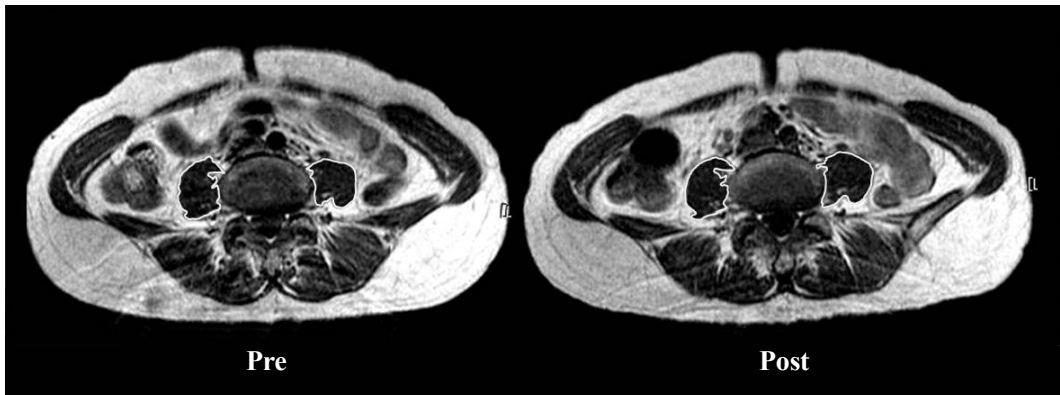


Figure 4. Typical change of Psoas Major CSA after 12-weeks of training

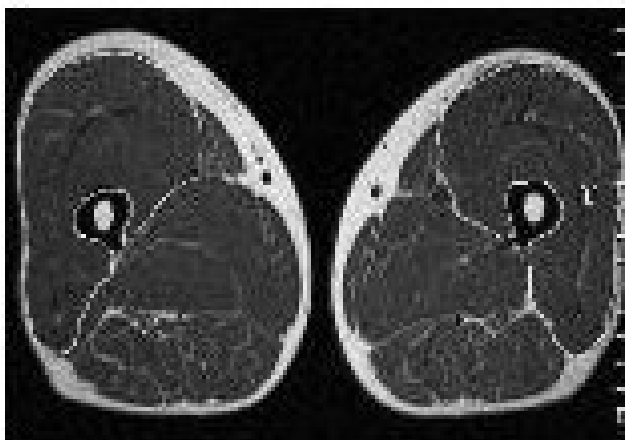


Figure 5. CSA of quadriceps

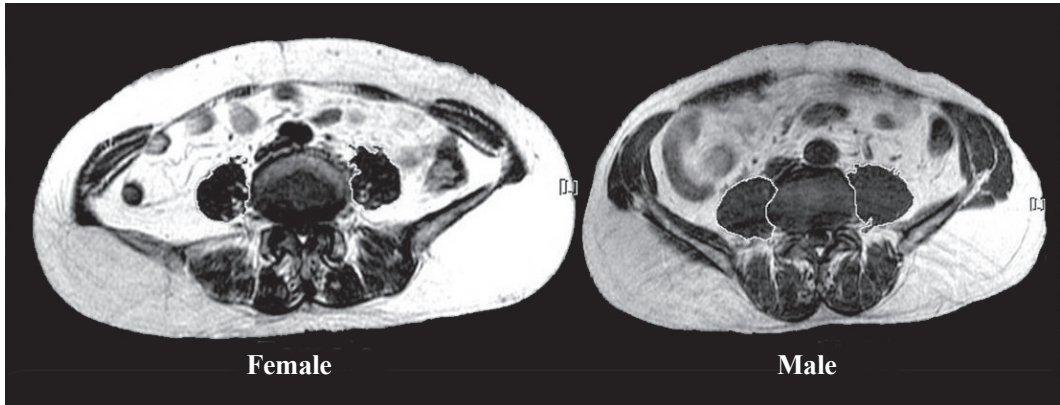


Figure 6. Typical Psoas Major of male and female

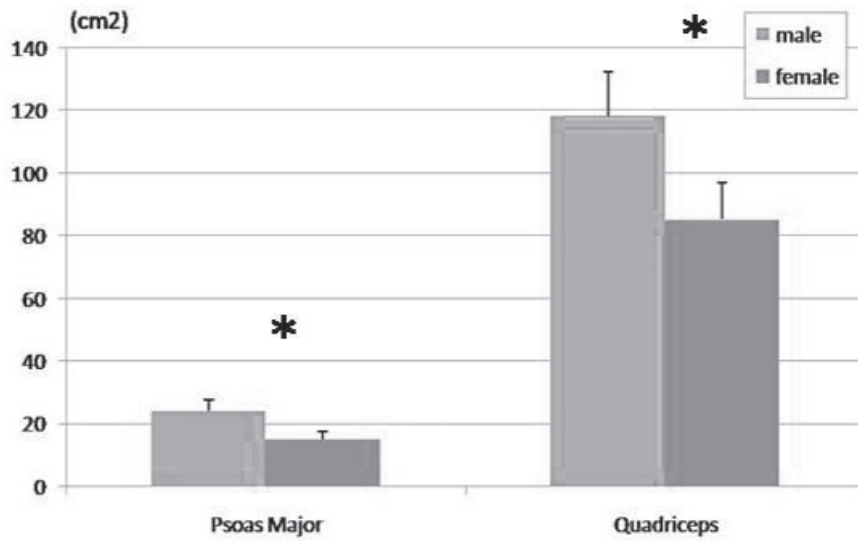


Figure 7 Psoas Major and Quadriceps CSA of male and female