Closed Kinetic Chainにおける筋力増強訓練時の 股関節周囲筋の筋活動量

Muscle Activities around Hip Joint during Muscle Strengthening Exercises in Closed Kinetic Chain

市橋 則明¹⁾ 上原 結花²⁾ 山本 宏茂³⁾ 伊藤 浩充⁴⁾ 吉田 正樹⁵⁾

NORIAKI ICHIHASHI¹⁾, YUKA UEHARA²⁾, HIROSHIGE YAMAMOTO³⁾, HIROMITSU ITOH⁴⁾, MASAKI YOSHIDA⁵⁾

¹⁾ Division of Physical Therapy, College of Medical Technology, Kyoto University: 53 Kawahara-cho, Shogoin, Sakyo-ku, Kyoto 606-01, Japan.

TEL +81 75-751-3951

²⁾ Kyoto Prefectural Rakuto Hospital.

³⁾ Mitsubishi Kobe Hospital.

⁴⁾ Department of Physical Therapy, Kobe University Hospital.

⁵⁾ Department of Computer and Systems Engineering, Faculty of Engineering, Kobe University

Rigakuryoho Kagaku 10 (4): 203-206, 1995. Submitted Apr. 20, 1995. Accepted Oct. 9, 1995.

ABSTRACT: The purpose of this study was to investigate the muscle activities around hip joint during muscle strengthening exercises in closed kinetic chain. Ten healthy adult volunteers, 6 males and 4 females, with the mean age of 25.1 years old, participated in this study. Four muscles; gluteus medius, tensor fasciae latae, gluteus maximus and hip adductors, were analyzed with the rectified filtered electromyography (RFEMG) during only one legged standing and one legged standing with contralateral shoulder abduction or contralateral hip abduction or contralateral pelvic elevation. All RFEMG data were normalized to a percentage of the RFEMG voltage produced at the maximum isometric contraction (%RFEMG). In the results, the %RFEMG of hip abductors were significantly greater values in one legged standing with hip abduction and pelvic elevation than in only one legged standing, and became greater when resistance was applied in each exercise. No significant difference in the %RFEMG of hip abductors was found between only one legged standing and one legged standing with shoulder abduction, while the %RFEMG became greater when resistance was applied in shoulder abduction. Regarding hip adductors, the %RFEMG was low in each exercise. Our results suggest that the exercises in closed kinetic chain are effective for strengthening muscles around hip joint.

Key words: hip abductors, muscle strengthening exercise, closed kinetic chain.

要旨: 本研究の目的は、Closed Kinetic Chain (CKC) での股関節外転筋の筋力増強訓練における股関節周囲筋の筋活動を測定し、筋電図学的にこれらの訓練方法の有効性を検討することである。対象は、健康人10名(男性6名、女性4名)とし、片脚立位時に反対側の上肢外転、下肢外転、骨盤挙上を行ったときの中殿筋、大腿筋膜張筋、大殿筋、内転筋の整流平滑筋電図を求めた。その結果、下肢外転、骨盤挙上動作において片脚立位に比べ、股関節外転筋に高い筋活動がみられた。また、上肢外転においては、無負荷では片脚立位と差がなかったが、負荷をかけることにより筋活動は増加した。今回行ったCKCでの訓練は、臨床的に効果が期待できる訓練である。

キーワード: 股関節外転筋, 筋力増強訓練, Closed Kinetic Chain

1) 京都大学医療技術短期大学部理学療法学科: 京都市左京区聖護院川原町 53 (〒606-01) TEL 075-751-3951

2) 京都府立洛東病院 3) 三菱神戸病院 4) 神戸大学医学部附属病院理学療法部 5) 神戸大学工学部情報知能工学科

I. はじめに

股関節は、骨盤と下肢を連結する静的、動的安定性および多軸性の可動性を有する重要な関節である。股関節の安定性にとって股関節周囲筋の役割は大きく、股関節伸筋は前後方向への骨盤の安定性に、股関節内・外転筋は骨盤の側方安定性に重要な役割を果たしている。このような股関節周囲筋の筋力増強訓練としては、一般に、Open Kinetic Chain（以下OKC）での訓練が用いられることが多いが、股関節周囲筋は荷重時に骨盤を安定させる筋として重要であることから、Closed Kinetic Chain（以下CKC）での訓練を施行する必要があると考えられる。しかし、CKCにおける股関節周囲筋の筋活動に関する報告はOKCにおける報告に比べて少なく¹⁻³⁾、下肢荷重時にどの程度の筋活動を股関節周囲筋が行っているかは明確でない。

本研究の目的は、CKCでの股関節外転筋の訓練方法として、片脚立位での上肢外転、下肢外転、骨盤挙上を試行し、その際の股関節外転筋の筋活動量を測定し、筋電図学的にこれらの訓練方法の有効性を検討することである。

II. 対象と方法

対象は健康人10名（男性6名、女性4名）とし、平均年齢は 25.1 ± 4.7 歳であった。測定筋は、右の中殿筋、大腿筋膜張筋、大殿筋、内転筋とし、表面筋電図を双極誘導するために銀塩化銀電極（直径8mm）2個を電極中心間隔30mmでそれぞれの筋腹に取り付けた。また、アース電極を耳介に貼り付けた。

筋電図の測定にはフルサワ・ラボ社製筋電計を使用し、整流平滑筋電図（Rectified Filtered Electromyography：以下、RFEMG）を求め、AD変換器を通しパーソナルコンピュータPC286LSに保存した。また、電極貼付部にお

ける皮膚のインピーダンスが10k Ω 以下となるように皮膚を処理し、電解クリームが皮膚になじむまで15分程度の間隔をおいた後に筋電図の測定を行った。

測定肢位は以下の通りとし、各試行を3秒間保持させた。

- 1) 右下肢で片脚立位する。
- 2) 右下肢で片脚立位し、手関節に体重の0, 4, 8%の重錘をつけた遊脚側上肢を90°外転保持する（以下、上肢外転）。
- 3) 右下肢で片脚立位し、足部に体重の0, 4%の負荷をつけた遊脚側下肢を30°外転保持する（以下、下肢外転）。
- 4) 右下肢で片脚立位し、足部に体重の0, 4, 8%の負荷をつけた遊脚側骨盤を挙上し保持する（以下、骨盤挙上）。
- 5) 側臥位で右足部に体重の0, 4, 8%の負荷をかけ、右股0°外転保持する（以下側臥位股外転）。
- 6) ダニエルのMMTの抗重力肢位で中殿筋、大腿筋膜張筋、大殿筋、内転筋を最大等尺性収縮させる。

測定した3秒間の各動作のRFEMGより、その間の平均整流平滑筋電値を求めた。さらに、平均筋電値は各筋の最大等尺性収縮時のRFEMGを100%として正規化し、%RFEMGとして表した。（各動作時の平均RFEMG/最大収縮時の平均RFEMG $\times$ 100）

III. 結 果

1. 片脚立位と各CKC動作の筋活動量の比較

片脚立位時と上肢外転時の各筋の筋活動を比較すると（表1）、無負荷の時にはすべての筋で片脚立位と有意な違いは見られなかったが、上肢に体重の4%の負荷をかけることにより各筋活動は有意に増加した。8%負荷では、各筋の%RFEMGは片脚立位時の2倍近くになった。特に、中殿筋と大腿筋膜張筋は36.0%、54.6%と大きな値を示したが、内転筋は8%負荷時においても3.3%と低い値であった。負荷を増加することにより各筋とも有意

表1 片脚立位と上肢外転時の各筋の筋活動

	大殿筋	中殿筋	内転筋	大腿筋膜張筋
片脚立位	4.7 $\pm$ 5.1	17.8 $\pm$ 8.5	0.7 $\pm$ 1.2	29.1 $\pm$ 20.3
無負荷	4.5 $\pm$ 4.2	16.4 $\pm$ 8.1	0.6 $\pm$ 1.3	31.1 $\pm$ 26.6
4%負荷	7.4 $\pm$ 7.1**	28.8 $\pm$ 11.1**	2.5 $\pm$ 3.3*	47.9 $\pm$ 32.3*
8%負荷	10.4 $\pm$ 9.6**	36.0 $\pm$ 12.3**	3.3 $\pm$ 3.5*	54.6 $\pm$ 33.4**

*は片脚立位との比較 *P<0.05 **P<0.01

に%RFEMGは増加した。

下肢外転時の各筋の筋活動は(表2)、無負荷においても中殿筋41.2%, 大腿筋膜張筋72.5%と大きな値を示し、4%負荷にすることによりさらに%RFEMGは増加した。一方、大殿筋は無負荷では片脚立位と有意差はなかったが、4%負荷により20.6%と片脚立位よりも有意に増加した。内転筋は4%負荷においても5.6%と低い値であった。

骨盤挙上時の各筋の筋活動は(表3)、無負荷においても片脚立位よりも有意に大きな値を示した。負荷を増加させることにより中殿筋は有意に筋活動が増加したが、大殿筋と大腿筋膜張筋は負荷の増加による変化は示さなかった。内転筋は他の動作と同様に低い値であった。

2. OKCとCKC動作の筋活動量の比較

中殿筋と大腿筋膜張筋において、OKCの動作として側臥位下肢外転時の筋活動(表4)とCKCの動作の筋活動量(表1~3)を比較すると、上肢外転では両筋とも無負荷は側臥位股外転の無負荷にあたり、負荷8%上肢外転

時の筋活動量は、中殿筋は側臥位股外転の8%負荷に、大腿筋膜張筋は4%負荷に相当した。下肢外転動作では、両筋とも無負荷下肢外転時の筋活動量は体重の8%負荷を加え側臥位股外転するにほぼ等しかった。骨盤挙上動作では、中殿筋では負荷4%での骨盤挙上が8%負荷の側臥位股外転に、大腿筋膜張筋では、無負荷の骨盤挙上が4%負荷の側臥位股外転にほぼ等しかった。

IV. 考 察

股関節外転筋の筋力増強訓練は、一般的には、①側臥位で足首に重錘バンドをつけ外転をする、②仰臥位でセラバンドなどをつけ両側同時に外転する方法のようなOKCにおける訓練が処方されることが多い。しかし、股関節外転筋は、実際には荷重した状態で働くことが多いため、「トレーニング効果の特異性(Specificity)」⁴⁾からいっても、CKCにおいての評価や訓練がなされるべきである。また、CKCでの股関節周囲筋の訓練方法が確立さ

表2 片脚立位と下肢外転時の各筋の筋活動

	大殿筋	中殿筋	内転筋	大腿筋膜張筋
片脚立位	4.7 ± 5.1	17.8 ± 8.5	0.7 ± 1.2	29.1 ± 20.3
無負荷	18.2 ± 32.8	41.2 ± 20.5**	3.6 ± 4.4*	72.5 ± 37.7**
4%負荷	20.6 ± 26.5*	55.0 ± 20.4**	5.6 ± 4.4**	90.5 ± 34.8**

*は片脚立位との比較 *P < 0.05 **P < 0.01

表3 片脚立位と骨盤挙上時の各筋の筋活動

	大殿筋	中殿筋	内転筋	大腿筋膜張筋
片脚立位	4.7 ± 5.1	17.8 ± 8.5	0.7 ± 1.2	29.1 ± 20.3
無負荷	10.5 ± 8.9**	34.8 ± 8.0**	3.6 ± 2.3**	52.5 ± 20.5*
4%負荷	17.0 ± 21.0*	36.3 ± 10.7**	4.5 ± 2.7**	61.1 ± 20.7**
8%負荷	18.0 ± 16.9*	45.9 ± 7.1**	6.0 ± 4.4**	63.1 ± 25.2**

*は片脚立位との比較 *P < 0.05 **P < 0.01

表4 側臥位下肢外転時の各筋の筋活動

	大殿筋	中殿筋	内転筋	大腿筋膜張筋
無負荷	5.2 ± 6.4	16.1 ± 8.9	0.1 ± 3.1	26.5 ± 17.0
4%負荷	8.2 ± 10.2	24.7 ± 10.4	0.7 ± 2.8	46.7 ± 26.2
8%負荷	14.7 ± 16.8	36.0 ± 20.5	2.4 ± 3.8	71.5 ± 38.6

れていない原因として、CKCにおける下肢筋の筋活動量が明確でなく、CKCでの訓練によりどの程度の負荷を筋に与えているかがわからないことが考えられる。本研究では、股関節外転筋のCKCでの訓練方法として、3種類の訓練（片脚立位での上肢外転、下肢外転、骨盤挙上）を考案し、筋電図を用いて股関節外転筋の筋活動量を測定した。さらに臨床で多用されている側臥位股外転時の筋活動量と比較することにより、股関節外転筋の筋活動を量的側面から検討した。その結果、OKCとCKCを比較すると、中殿筋では無負荷の下肢外転、骨盤挙上の時の筋活動量は、側臥位股外転の8%負荷に相当した。これは、例えば体重50 kgの患者が片脚立位で反対側の骨盤挙上あるいは下肢外転する場合、4 kgの重錘をつけて側臥位で股外転することと同じであり、かなり重い負荷が加わることになる。このことから、今回行ったCKCにおける股関節外転筋訓練は、筋力増強の「過負荷（overload）の原理」⁴⁾を満たしており、有効であると考えられる。このように、これまで筋力増強の対象側を外転させることに着目しがちであったが、CKCでは反対側の上肢外転、下肢外転、骨盤挙上、することによって、目的とする股関節外転筋の筋活動を高めることが可能であることが判明した。CKCにおける股関節外転筋の訓練効果に関して、岡西⁵⁾は壁を利用した片脚立位や爪先立ち訓練（壁押し訓練）を反復して行うことが、有効であるとしている。

OKCとCKCでの股関節外転筋の筋力発揮の大きな違いは、OKCにおいては、随意的に筋を収縮させて力を発揮させているのに対し、CKCでは無意識に（立脚期に股関節外転筋を働かせようとは意識せずに）筋を収縮させていることである。臨床では、股関節外転筋力が比較的強いにもかかわらず、トレンドレンプルグ徴候は陽性という症例が認められることがある。その要因としては、

坂本⁶⁾が指摘しているように、関節自体の形態の変化により、片脚立位時に力学的に不利な状態になっていることが大きく影響していると考えられるが、CKCの状態での筋力発揮訓練の不足という面も考える必要がある。このような症例に対しても、CKCでの股関節外転筋訓練を積極的に試みる価値があると考えられる。

今回のCKC訓練を実際に患者に処方する場合には、平行棒を両手で支持させ、健側の下肢を外転または骨盤挙上させることから始め、徐々に上肢の支持を少なくするようにしている。また、股関節外転筋の筋活動は上肢外転、骨盤挙上、下肢外転の順に大きくなるため、この順序で股関節外転筋への負荷量を増すことができる。動的な訓練としては、まずは患側の手首に、重錘バンドをつけて歩行させ、徐々に負荷を小さくしていき、次に健側の手首に重錘バンドをつけるといった順で訓練を処方している。今回の結果をふまえ、実際にこれらのCKCでの股関節外転筋訓練の効果を検討していきたい。

引用文献

- 1) Neumann DA, et al.: An electromyographic analysis of hip abductor muscle activity when subjects are carrying loads in one or both hands. *Phys Ther* 72: 207-217, 1992.
- 2) Neumann DA, et al.: Effect of load and carrying position on the electromyographic activity of the gluteus medius muscle during walking. *Phys Ther* 65: 305-311, 1985.
- 3) 入谷 誠・他: 足位が中殿筋活動に及ぼす影響—距骨下関節の内外反運動との関係. *理学療法科学*, 18: 35-40, 1991.
- 4) 金久博昭: スポーツ生理学. 森谷敏夫・他（編）, 朝倉書店, 東京, 1994, pp 147-159.
- 5) 岡西哲夫: 筋力と持久力の改善のための運動療法. *PTジャーナル*, 25: 170-175, 1991.
- 6) 坂本年将: トレンジレンプルグ徴候が陰性となるために必要な等尺性股外転筋力値. *理学療法科学*, 21: 251-255, 1994.