

女性冠動脈疾患患者における下肢レジスタンス運動の安全性-運動様式の差異による比較

著者：鈴木康文¹、鯉坂隆一²、田辺 匠³、大槻 毅³、菅原 順⁴、久野譜也²、松田光生²、渡辺重行⁵、山口 巖⁵

所属：

- 1：国際医療福祉大学医療福祉学研究科
- 2：筑波大学体育科学系
- 3：筑波大学体育科学研究科
- 4：産業技術総合研究所
- 5：筑波大学臨床医学系内科

キーワード：レジスタンス運動、女性冠動脈疾患、安全性、運動様式

連絡先：〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学体育科学系 鯉坂隆一

和文抄録

従来、レジスタンス運動は心臓リハビリテーションにおける運動療法種目としてはほとんど用いられてこなかったが、最近では安全性が確認されたこともあって、採り入れられつつある。心臓リハビリテーションにおいてレジスタンス運動は様々な方法で施行されているが、それらの循環指標に及ぼす効果を比較した研究は少ない。そこで、本研究では、治療下にある運動習慣のない中高年女性冠動脈疾患患者および健常中高年女性を対象として、2種類の下肢レジスタンス運動（臥位膝伸展挙上 [SLR] と座位下腿挙上 [KE]）の循環指標に対する影響を比較し、いずれの方法が心臓リハビリテーションにおける下肢レジスタンス運動としてより安全に施行できるかを検討した。

結果：両下肢レジスタンス運動とも胸痛、虚血性心電図変化、重篤な不整脈は見られなかった。しかし、同運動強度での SLR と KE とを比較すると、健常例においては心拍数および RPP が KE に比較し SLR で高値を示す傾向にあり、冠動脈疾患患者群においては、心拍数、収縮期血圧、および RPP が中～高強度での運動で KE に比較し SLR で高値を示す傾向を認めた。

以上より、治療下にある運動習慣のない冠動脈疾患を有する中高年女性に筋力増強訓練として下肢レジスタンス運動を行う場合、循環指標に対する影響をできるだけ低く抑えるためには、SLR よりも KE がより安全であると考えられた。

はじめに

心臓リハビリテーションにおいて、低下した筋力や筋持久力を回復させることは重要な意義を有している。しかし、従来レジスタンス運動が心疾患患者の運動療法に積極的に採り入れられることは少なかった。その主な理由は、レジスタンス運動は重篤な不整脈が誘発されやすく、高度の血圧上昇が生じやすいため、高齢者や心疾患患者においては血行動態的に危険であると考えられてきたことにある^{1, 2)}。しかし、最近になってレジスタンストレーニングの高齢者あるいは安定した心疾患患者における安全性が相次いで報告され³⁻⁵⁾、我が国においても心疾患患者に対するレジスタンストレーニングが一般化しつつある⁶⁾。

下肢レジスタンス運動には種々の方法が用いられているが、できるだけ安全な方法を採用することが重要である。特に運動様式の異なる方法では、持久性

運動においていわれているように⁷⁾、その循環指標に対する影響はレジスタンス運動においても異なることが予想されるが、そのような比較を行った研究は少ない。

そこで本研究では、治療下にある運動習慣のない冠動脈疾患を有する中高年女性と運動習慣のない同年代の健常女性を対象に、2種類の運動様式の異なる下肢レジスタンス運動中の循環応答を測定し、いずれの運動様式が中高年女性冠動脈疾患患者においてより安全に施行できるかを検討した。

方法

1.対象

対象は運動習慣がない中高年女性18例であり、その内訳は冠動脈疾患患者（以下、冠動脈疾患群 71.6 ± 4.4 歳）8例、同年代の健常者（以下、健常群 63.9 ± 3.4 歳）10例である。冠動脈疾患群の内訳は左心機能低下を伴う陳旧性心筋梗塞患者2例、狭心症患者6例（このうちPTCA〔経皮的冠動脈形成術〕後2例、CABG〔冠動脈バイパス術〕後2例）であった。冠動脈疾患群は全例、治療により症状が安定していた。冠動脈疾患群8例のうち、4例が高血圧を、6例が高脂血症を、1例が糖尿病を合併していた。健常群は地域広報誌にて応募してきた被験者の中から、年齢を除く冠危険因子を保有しておらず、身体所見、安静時心電図、自転車エルゴメータによる多段階運動負荷心電図において異常を認めないことが確認できた被験者を選択した。

被験者には測定の意味、危険性などについて説明を行い、文書にて測定参加の同意を得た。なお、心臓リハビリテーションを実際に施行する際の安全性を明らかにすることを目的としていたため、全例服薬下で検討した。

2.運動の方法

下肢レジスタンス運動の運動様式は臥位膝伸展挙上（straight leg raising 以下SLR）と座位下腿挙上（knee extension 以下KE）の2種類の方法を用いた。この2方法を選んだのは、いずれも関節疾患や心臓リハビリテーションにおける理学療法の中で繁用されている簡便な方法であり^{6,8)}。かつ、この2つの方法は臥位および座位と体位が異なり、またSLRでは等尺運動要素が多く、KEでは等張運動要素が多いので、循環動態に対する影響が異なることが考えられたためである。

具体的な方法として、SLRは臥位にて重錘バンドを1側下肢の足関節部に

巻き、股関節 30° まで挙上させた。対側下肢は膝伸展位を保持させた。KE は端座位にて、同様に重錘バンドを1側下肢の足関節部に巻き、膝関節を可及的に伸展させた。SLR、KEとも5秒間保持できる最大挙上重量を測定し、これを1RM (1 repetition maximum) とした。運動強度はこの値を基準として、各被験者の1RMの40%、60%および80%の重量を負荷し、被験者の脚重量は考慮しなかった。メトロノームを使用して5秒挙上、5秒安静のリズムで10回連続して反復させたが、十分な挙上が困難となった場合には、その時点で中止した。SLRをまず実施し、次いでKEを施行したが、各運動強度の施行順序はランダムに行った。健常群ではSLR終了後、直ちにKEを施行したが、結果で後述するように連続的な下肢レジスタンス運動の施行は心負荷を増強することが明らかであったため、冠動脈疾患群では安全性を考慮し、十分な安静をとった後でKEを施行した。

予め、両股関節、両膝関節の可動性、両股関節屈筋群・伸筋群・外転筋群、両膝関節屈筋群・伸筋群の筋力を徒手的に評価し、下肢レジスタンス運動負荷試験を行なう前に著しい運動時痛や関節可動域制限などの問題がないことを全例で確認した。

3.測定項目および測定方法

1) 測定項目

1) 心拍数および12誘導心電図

運動負荷試験中、心拍数および12誘導心電図はフクダ電子社製 STRESS TEST SYSTEM ML-4500 にて連続的に監視・測定した。各運動の80%強度における心拍数(心拍数80)から以下の式を用いて%心拍数予備を算出した。

$$\% \text{心拍数予備} (\%) = 100 (\text{心拍数} 80 - \text{運動前心拍数}) / (\text{年齢別最大心拍数} - \text{運動前心拍数})$$

2) 収縮期血圧

健常群では TNO-TPD 社製 PORTAPRES を用い、センサーを指に装着し動脈 volume-clamp 法にて測定した。本法は血流の変動により生じる指尖の微小体積変化を血圧波形に変換し、さらに得られた血圧波形を年齢別の伝達関数を用いて上腕動脈における血圧波形に補正するものである^{9, 10)}。本法による血圧測定は動脈圧やカフ法との良好な一致性から妥当とされている^{10, 11)}。しかし、拡張期血圧については収縮期血圧と同様の妥当性を有するとの報告もあるが¹⁰⁾、カフ法との一致性において収縮期血圧に比べやや劣るとする報告もある¹¹⁾。この

ため、拡張期血圧は測定したが、結果には含めなかった。

上記のようにカフ法と動脈 volume-clamp 法の収縮期血圧は良く一致することから、冠動脈疾患群では一側上腕では COLIN 社製 STBP-780 を、対側上腕ではカフ法を用い、センサーまたは聴診器を上腕動脈上に装着し聴診法にて測定した。

3) RPP (rate pressure product)

測定された心拍数と収縮期血圧の値を掛けあわせ RPP を求め、心筋酸素消費量の指標とした。

2] 測定方法

運動時の心拍数、収縮期血圧については、運動強度と反復可能回数との関係より 80%強度では 10 回の反復が困難な被験者もいると考え、10 回の反復運動中 6 回目施行時の値を各運動強度の値として統一した。6 回目の施行時にはカフ法による血圧の測定が終了するまで下肢を 5 秒以上挙上保持させた。40%強度および 60%強度は全例 10 回反復できたが、80%強度では 10 回の反復施行が行なえない被験者が多かったため、6 回未満の場合はデータを採用しなかった。

4.安全基準

レジスタンス運動の安全基準は確立されていないため、心疾患患者における全身持久性運動負荷試験の中止基準¹²⁾に準拠した。ただし、血圧および心拍数の安全基準は上記の中止基準より厳しく設定する必要があると考え、収縮期血圧 220mmHg 未満、%心拍数予備 60%未満を安全基準として設定した。

5.統計処理

安静時および S L R、K E の各運動強度における各指標の測定値を平均値±標準偏差で示した。

統計的手法としては、Wilcoxon の符号付き順位和検定を用い、有意水準は危険率 5%未満とした。

結果

1. 最大挙上重量・挙上回数

S L R における最大挙上重量は冠動脈疾患群、健常群でそれぞれ、 6.2 ± 2.9 kg、 8.7 ± 1.2 kg であり、K E におけるそれは、それぞれ、 12.4 ± 2.7 kg、 16.4 ± 3.7 kg であった。

健常群ではSLR、KEとも40%、60%強度において10回の反復施行が可能であったが、SLR80%強度では8名が10回反復施行困難、KE80%強度では1名が10回反復施行困難であった(表1)。冠動脈疾患群ではSLR40%、60%強度およびKEのすべての強度において10回の反復施行が可能であったが、SLR80%強度では2名が10回反復施行困難であった(表1)。

2. 自覚症状、心電図変化

運動中、冠動脈疾患群、健常群のいずれにおいても強度の筋肉痛が持続した例は無かった。また、胸痛や虚血性心電図変化が生じた例もなかった。

不整脈も冠動脈疾患群ではSLR時2例、KE時2例、それぞれ上室性期外収縮の散発(5/分未満)を認めたのみであった。健常群では1例でSLR時に上室性期外収縮の散発を認めたのみで、危険な不整脈の出現は認めなかった。

3. 心拍数、血圧、およびRPP

3-1 心拍数および%心拍数予備

健常群では、SLR運動前値に比較し、KE運動前値において有意に高値を示した(表2)が、運動中は逆に40%、60%および80%のいずれの強度においてもKEに比較しSLRで高値を示し、40%および60%強度ではSLRがKEに比し有意に高値を示した(表2)。冠動脈疾患群における運動前心拍数はSLRとKE間で有意差を認めなかった(表3)が、運動中は40%、60%および80%のいずれの強度においても、KEに比較しSLRで高値を示し、80%強度ではSLRがKEに比し有意に高値を示した(表3)。

健常群における80%強度における心拍数予備はSLR時 $37.8 \pm 7.1\%$ 、KE時 $27.7 \pm 13.8\%$ であり、SLR時が有意に($p < 0.05$)大であった。冠動脈疾患患者群における80%強度における%心拍数予備はSLR時 $28.4 \pm 11.6\%$ 、KE時 $14.2 \pm 8.9\%$ であり、SLR時が有意に($p < 0.05$)大であった。しかし、いずれの運動様式、いずれの群においても、目標心拍数¹²⁾を上回った例はなく、いずれの運動様式、いずれの群においても、%心拍数予備が60%(きついに相当)を上回った例は無かった。

3-2 収縮期血圧

健常群では、SLR運動前値に比較し、KE運動前値において有意に高値を示した(表2)。運動中は40%、60%および80%のいずれの強度においてもKEに比較しSLRで高値を示したが、有意差は認められなかった(表2)。

冠動脈疾患群では、運動前収縮期血圧にSLRとKEで明らかな差異を認めなかった(表3)。運動中は60%および80%の強度においてKEに比較しSLRで高値を認め、80%強度においてはSLRがKEより有意に高値を認めた(表3)。

しかし、いずれの運動様式、いずれの群でも収縮期血圧が250mmHgを越えるような著しい血圧上昇をみた例はなかった。また、40%および60%強度ではSLR、KEとも220mmHgを越える例は無かったが、80%強度ではSLRにおいて健常群1例、冠動脈疾患群1例が、KEにおいては健常群1例が220mmHgを上回る血圧上昇を認めた。また、 β 遮断薬を服用中であった冠動脈疾患群の1症例では運動強度を増加してもわずかな血圧上昇しか認めなかった。

3-3 RPP

健常群では、SLR運動前値に比較し、KE運動前値において有意に高値を示した(表2)が、運動中は逆に40%、60%および80%のいずれの強度においてもKEに比較しSLRで高値を示し、60%強度ではSLRが有意に高値を示した(表2)。冠動脈疾患群における運動前のRPPはSLRとKEの間に有意差を認めなかった(表3)。運動中は40%、60%および80%のいずれの強度においても、KEに比較しSLRで高値を示し、60%および80%強度においてはSLRがKEに比し有意に高値を示した(表3)。

考察

運動様式の差異による循環反応の比較

運動前の心拍数、収縮期血圧およびRPPは、健常群ではいずれもKEがSLRより高値を示した。これは座位と臥位という体位の差異のみでは説明しがたく^{13, 14)}、SLR終了後すぐにKEを施行したため、運動の影響が残存していた可能性が高いと考えられた。このため、冠動脈疾患群ではSLRとKEの施行の間に十分な安静を置くように心がけ心拍数、収縮期血圧とも両者間に有意差は認めなかった。

同運動強度でのSLRとKEとを比較すると心拍数は健常群、冠動脈疾患群ともKEに比較しSLRが多い傾向があった。これは体位の差異では説明しがたく、レジスタンス運動における心拍血圧反応は、相対的運動強度が同じであっても、運動に関与する筋量が多い方が大きいとされていることから^{15, 16)}、S

SLRがKEより運動に関与する筋量が多いこと（前者は下肢全体を挙上、後者は下腿のみ挙上）を考えれば説明可能である。一方、収縮期血圧もSLRがKEより高値を示したが、統計学的に有意であったのは冠動脈疾患群の80%強度のみであった。これはSLRの等尺性運動の要素が高強度で顕著となること、それに伴い大腿四頭筋の筋活動だけでなく腹筋群の参加による腹圧上昇の影響やバルサルバ効果の影響を受けることが関与すると推察される。

RPPもKEに比較しSLRが高値を示す傾向を認め、同一相対強度の負荷であればSLRよりもKEが心負荷を低く抑えられると考えられた。

健常群では60%強度で心拍数、RPPにおいてKEに比較しSLRが有意に高値を示したが、80%強度で有意差が認められなかった。これはSLR80%強度で6回以上施行しえたのが5名のみであったため（表1）、統計学的差異を認めなかったと考えられる。

安全性

AHA（アメリカ心臓協会）、ACSM（アメリカスポーツ医学会）のガイドライン^{17, 18)}によると、男性の症状の安定した冠動脈疾患患者におけるレジスタンス運動の安全性は確立されている。しかしながら、女性の冠動脈疾患患者における安全性については検討がまだ十分に行なわれていないため、いまだ確立されていないとされている¹⁷⁾。したがって、本研究の対象としては中高年女性の冠動脈疾患患者を選択した。

両群を通じて、胸痛、虚血性心電図変化、重篤な不整脈は見られなかった。また、心拍数も目標心拍数¹²⁾を上回ることがなかった。しかし、局所的なレジスタンス運動については全身持久性運動のような運動中止基準が確立されているわけではない。また、レジスタンス運動における心拍数や血圧の安全基準も確立されていない。本研究では心拍数予備を検討したが、全例のすべての運動種類・強度において、60%未満であった。Pollockらの示した運動強度の基準によれば¹⁸⁾、これは中等度以下に相当する。局所的レジスタンス運動における心拍数増加が全身持久性運動に比し少ないことは良く知られた事実であり、心拍数増加の点では安全と考えてよいと思われる。また、全身持久性運動中止基準¹²⁾に示される収縮期血圧250mmHgを越えるような著しい血圧上昇をみた例はなかったが、収縮期血圧の安全上限を便宜上220mmHgと設定すると、いずれの種類運動でも80%強度においてこの上限を越える例が認められた。したがって、いずれの種類運動を施行する場合でも80%未満の強度で行うこ

とが血圧上昇の面からは安全と考えられた。

運動習慣のない冠動脈疾患を有する中高年女性において治療下であれば、筋力増強訓練として下肢レジスタンス運動であるSLRやKEを用いることは可能であるが、SLRと比較しKEでは心負荷を低く抑えられる傾向があることから、運動様式としてはSLRよりもKEを用いることでより安全な筋力増強運動を行なうことが可能と考えられた。

問題点および今後の課題

本研究は症例数が充分ではなく、心機能正常例と低下例が混在している。今後さらに症例数を増やし、男女比較の検討なども必要である。また、運動の施行プロトコールが両群間で異なるため、両群間の比較は難しい。

最大筋力（1RM）に対する割合と最高反復回数との関係によれば、80%強度であれば8～10回の反復施行は可能な筈であるが、健常群のSLR反復施行8回未満の被験者が7名、KE反復施行8回未満の被験者が1名であったことからすると、SLRの1RM測定の際、代償動作等が加わり実際の筋力より大きな力を発揮したときの値を1RMと設定し、過大評価した可能性がある。

冠動脈疾患群の1例において負荷強度を増加しても収縮期血圧の上昇をみなかったが、この原因としては、服薬しているβ遮断薬の影響、また、糖尿病を有していたので、糖尿病による血管調節異常、心電図上に健在化していない心筋虚血の可能性などが考えられる。今後、さらに精密な心筋虚血の評価を心電図以外の方法で行なう必要がある。

結語

治療下にある運動習慣のない冠動脈疾患を有する中高年女性において、筋力増強訓練として用いられる2種類の下肢レジスタンス運動であるSLRおよびKEの循環指標に対する影響を比較すると、KEにおいて心負荷が低く抑えられることが示された。したがって、治療下にある運動習慣のない冠動脈疾患を有する中高年女性に下肢レジスタンス運動を行なう場合、運動の様式としてはSLRよりもKEがより安全であると考えられた。

本研究は文部科学省科学研究費：基盤研究B、課題番号12480004、平成12～14年度および文部科学省科学技術振興調整費、平成11～13年度によって行われたものである。

文献

- 1 . Atkins JM, Mattherws DA, Bloomqvist CG et al: Incidence of arrhythmias induced by isometric and dynamic exercise. *Br Heart J* 38:465-471,1976
- 2 . Mullins CB, Blomqvist G: Isometric exercise and the cardiac patient. *Tex Med* 69:53-58,1973
- 3 . Haslam DSR, McCartney N, Mckelvie RS et al: Direct measurements of arterial blood pressure during formal weightlifting in cardiac patients. *J Cardiopulmonary Rehabil* 8:213-225,1988
- 4 . Featherstone JF, Holly RG, and Amsterdam EA: Physiologic responses to weight lift in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 71:287-292,1993
- 5 . Haennel RG, Quinney HA, Kappagoda CT: Effects of hydraulic circuit training following coronary artery bypass surgery. *Med Sci Sports Exerc* 23 : 158-165,1991
- 6 . Ghilarducci LE, Holly RG, and Amsterdam EA: Effects of high resistance training in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 64:866-870,1989
- 7 . Sparling PB, Cantwell JD, Dolan CM et al: Strength training in a cardiac rehabilitation program: a six-month follow up. *Arch Phys Med Rehabil* 71: 148-152,1990
- 8 . 山崎祐司：高齢心筋梗塞患者の下肢筋力と筋力トレーニング。 *体力科学* 48 : 559-568、 1999
- 9 . Bevegard S, Holmgren A, Jonsson B: The effect of body position on the circulation at rest and during exercise, with special reference to the influence on the stroke volume. *Acta Physiol Scand* 49:279-298,1960
10. Imholz BPM, Wieling W, Langewouters GJ et al: Continuous finger arterial pressure :Utility in the cardiovascular laboratory. *Clinical Autonomic Research* 1:43-53,1991
11. 金久博昭:筋出力と筋力トレーニング。 *体育の科学* 39:274-285、 1989
12. American College of Sports Medicine : Guideline for graded exercise testing and exercise prescription, Lea & Febiger 1976
13. Thadani U, Parker JO: Hemodynamics at rest and during supine and sitting bicycle exercise in normal subjects. *Am J Cardiol* 41:52-59,1978
14. Thadani U, West RO, Mathew TM et al: Hemodynamics at rest and during supine and sitting bicycle exercise in patients with coronary artery

disease. *Am J Cardiol* 39:776-783,1977

15. Mitchell JH, Payne FC, Saltin B et al: The role of muscle mass in the cardiovascular response to static contraction. *J Physiol (Lond)* 309:45-54,1980

16. Lewis SF, Snell PG, Taylor WF et al: Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. *J Appl Physiol* 58:146-151,1985

17. 長谷川輝美 他：筋力増強運動中の心拍血圧反応—心負荷の減少を目的とした検討—*理学療法学* 22(4):171-174, 1995

18. Micheal LP, Barry AF, Gary JB et al: Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. *Circulation* 101:828-833,2000.

19. American College of Sports Medicine position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adult. *Med Sci Sports Exerc* 30: 975-991,1998.

20. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ et al: Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. Benefits, rationale, safety, and prescription. An advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology, American Heart Association. *Circulation* 101:828-883, 2000

21. アメリカスポーツ医学会編（日本体力医学会体力科学編集委員会監訳）：運動処方指針 南江堂 1997

表1. 反復施行回数

	患者群 (n= 8)						健常群(n=10)					
	40%1RM		60%1RM		80%1RM		40%1RM		60%1RM		80%1RM	
	回数 (回)	人数 (名)	回数 (回)	人数 (名)	回数 (回)	人数 (名)	回数 (回)	人数 (名)	回数 (回)	人数 (名)	回数 (回)	人数 (名)
SLR	10	8	10	8	10	6	10	10	10	10	10	2
					8	1					8	1
					5	1					7	2
											5	1
											4	4
KE	10	8	10	8	10	8	10	10	10	10	10	9
											4	1

表2 下肢レジスタンス運動時の循環応答 (健常群)

	安静時 (運動前)		40%1RM		60%1RM		80%1RM	
	(SLR)	(KE)	(SLR)	(KE)	(SLR)	(KE)	(SLR)	(KE)
心拍数(bpm)	67.1±9.4	71.5±10.4 *	86.3±11.5	80.7±10.3 *	96.2±11.7	86.1±12.0 *	100.5±10.1	95.7±10.9
収縮期血圧(mmHg)	116.5±10.3	125.4±12.3 **	150.5±15.8	148.7±19.9	167.9±19.2	160.1±22.9	185.1±29.3	179.4±27.5
RPP(×10 ²)	78.2±13.3	89.4±13.4 **	130.5±25.3	119.9±21.3	162.4±30.0	136.7±18.9 **	183.9±38.2	167.4±32.5

** p<0.01 * p<0.05 (SLRvsKE)

表3 下肢レジスタンス運動時の循環応答 (冠動脈疾患群)

	安静時 (運動前)		40% 1 FM		60% 1 FM		80% 1 FM	
	(SLR)	(KE)	(SLR)	(KE)	(SLR)	(KE)	(SLR)	(KE)
心拍数(bpm)	61.4±13.2	63.6±11.0	76.0±12.0	74.1±10.8	79.1±10.9	75.6±10.2	85.4±15.9	75.9±11.4 *
収縮期血圧(mmHg)	140.5±16.1	146.9±16.4	165.0±11.8	165.3±12.0	174.3±12.4	169.4±16.2	188.6±24.0	175.4±16.8 *
RPP(×10 ²)	85.1±15.6	92.6±14.9	124.8±17.5	122.0±15.7	137.4±17.9	128.1±21.1 *	162.4±44.6	133.9±27.3 *

* p<0.05 (SLRvsKE)