

高血圧を有する中高齢者における下肢レジスタンス運動の 安全性および呼吸指導の効果

鈴木康文¹⁾ 鱒坂隆一²⁾ 田辺 匠³⁾ 大槻 毅³⁾
菅原 順⁴⁾ 久野 譜也²⁾ 松田光生²⁾

SAFETY OF LOWER EXTREMITY EXERCISE IN MIDDLE-AGED OR ELDERLY PATIENTS WITH HYPERTENSION AND USEFULNESS OF RESPIRATORY GUIDANCE

YASUFUMI SUZUKI, RYUICHI AJISAKA, TAKUMI TANABE, TAKESHI OOTSUKI,
JUN SUGAWARA, SHINYA KUNO and MITSUO MATSUDA

Abstract

Resistance exercise in the elderly and patients with a cardiovascular disorder has been thought to have a high cardiovascular risk, because it has the tendency to cause an excessive rise in blood pressure and induce serious arrhythmia. But recently, resistance exercise has been introduced into physical therapy because the safety of such exercise has been confirmed in subjects without a cardiovascular disorder.

The purpose of this study was to investigate the safety of lower extremity resistance exercise in middle-aged or elderly subjects with hypertension and receiving medical treatment (n=24), and those without hypertension (n=40), by measuring cardiovascular response during resistance exercise of different loads (40% and 60% 1 RM), and usefulness of respiratory guidance during such exercise.

As a result, there was no difference in diastolic blood pressure between those with and without hypertension ; but systolic blood pressure and rate pressure product both at rest and during exercise were significantly greater in patients with hypertension. However, neither group showed symptoms of angina, ischemic signs in ECG, or serious arrhythmia ; and there was no difference in the frequency of excessive rise in blood pressure between the groups (2 subjects with hypertension and 1 subject without hypertension). Blood pressure during exercise was significantly lowered by respiratory guidance.

These results show that it is important to measure blood pressure during exercise before resistance exercise training regardless of the presence of hypertension, although an excessive rise in blood pressure occurred in only a few subjects. Furthermore, it is important to exhale slowly and not hold one's breath during exercise.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2003, 52 Suppl : 185~192)

key word : Aging, Hypertension, Respiratory guidance, Resistance exercise

¹⁾ 国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所
〒324-8501 栃木県大田原市北金丸2600-1

Graduate School of Health and Welfare, International Univ. of Health and Welfare, 2600-1 Kitakanemaru, Ootawara City, Tochigi 324-8501 Japan

²⁾ 筑波大学体育科学系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

Institute of Health and Sport Sciences, Univ. of Tsukuba, 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba City, Ibaraki305-8574, Japan

³⁾ 筑波大学体育科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

Doctoral Program of Health and Sport Sciences, Univ. of Tsukuba, 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba City, Ibaraki305-8574, Japan

⁴⁾ 独立行政法人産業技術総合研究所人間福祉
医工学研究部門福祉機器グループ
〒305-8564 茨城県つくば市並木1-2-1

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Device Technology Group, Institute for Human Science and Biomedical Engineering, 1-2-1 Namiki, Tsukuba City, Ibaraki 305-8564, Japan

I. 目的

中高齢者において筋力トレーニングなどのレジスタンス運動による筋力の向上は, 運動能力の改善や生活の質(QOL)の改善に有用と考えられる。最近では, 安定した心疾患患者においてはレジスタンス運動の安全性と有用性が確認され¹⁻⁵⁾, レジスタンス運動が運動療法に取り入れられつつある⁶⁾。しかし, レジスタンス運動は運動強度のわりに血圧上昇が顕著である⁷⁾ことから, 高血圧患者におけるレジスタンス運動の安全性については一定の見解が得られておらず, ACSM(アメリカスポーツ医学会)のガイドライン⁸⁾でも軽症高血圧患者の安全性しか述べられていない。

そこで本研究では, 中高齢者を対象に負荷強度の異なる下肢レジスタンス運動中の循環応答を測定し, 高血圧の有無や負荷強度による応答の違いから下肢レジスタンス運動の安全性について検討することを目的とした。また, 運動時の呼吸のパターンが心拍血圧反応に及ぼす影響についても検討を加え, 呼吸指導がより安全なレジスタンス運動の施行を可能にするか検討した。

II. 方法

A. 下肢レジスタンス運動の循環応答から見た安全性

1. 対象

対象は中高齢者64例であり, その内訳は高血圧を有する中高齢者(以下高血圧群, 男性11例, 女性13例, 平均年齢 68.9 ± 6.1 歳)24例, 同年代の健常中高齢者(以下健常群, 男性11例, 女性29例, 平均年齢 65.5 ± 4.2 歳)40例である。高血圧群のうち14例で Table 1 に示すような種々の合併症を有していた。高血圧群はいずれも治療中であり, 安静時血圧は正常にコントロールされていた。すなわち, 24名中, 食餌療法のための1名を除く23名で降圧薬を服用中であり, 降圧薬の内訳は, カルシウム拮抗薬17名, アンジオテンシン変換酵素阻害薬6名, アンジオテンシン受容体遮断薬2名, β 受容体遮断薬1名, 降圧利尿薬1名(4名は2剤服用)であった。測定中も服薬は中止しなかった。

Table 1. Characteristics of subjects.

	Hypertension group	Healthy group
Number	24	40
Sex(male)	(11)	(11)
(female)	(13)	(29)
Age(years)	68.9 ± 6.1	65.5 ± 4.2
Complication		
hyperlipidemia	8	
diabetes	3	
arrhythmia	3	
CRBBB	2	
effort angina	1	
spontaneous angina	2	
mitral valve prolapse	1	
cardiac hypertrophy	1	

その理由は, 未治療あるいは服薬中止下での測定には倫理上の問題があること, 運動療法やリハビリテーションの安全性を検討するためには治療下で検討する方がより実際的であることである。また, 安静時血圧が正常にコントロールされていても運動中の血圧反応については明らかではなく, 治療下での検討であっても意義があると考えたためである。健常群は血圧を含む理学的所見, 血液検査, 胸部X線, 心電図に異常を認めず, 高血圧, 高脂血症, 糖尿病を有していないことが確認できた被験者を選択した。

本研究は, 被験者に対し測定の意義, 方法, 安全性などについて詳細に説明を行い, 文書にて同意を得た上で実施した。

2. 運動の方法

下肢レジスタンス運動には座位下腿挙上(knee extension 以下 KE)を用いた。KEの方法としては端座位にて, 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, 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。負荷強度は各被験者が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, この値を基準として, 各被験者の1RMの40%, 60%の重量を負荷した。被験者の脚重量は考慮しなかった。各負荷強度の施行順序はランダムに行った。また, 施行に際し呼吸指導は行わなかった。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上で著しい運動時痛や関節可動域制限がない

ことを全例で確認した。

3. 測定方法

1) 測定項目

(1) 心拍数および心電図

運動負荷試験中、心拍数および双極誘導(CM5誘導)心電図をフクダ電子社製 Dyna Scope にて連続的に監視・測定した。

(2) 収縮期および拡張期血圧

収縮期および拡張期血圧は TNO-TPD 社製 PORTAPRES を用い、センサーを指に装着し動脈 volume-clamp 法⁹⁾にて測定した。本法は血流の変動により生ず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^{10,11)}。本法が妥当な方法であることは既に報告されている^{10,11,12)}。

(3) RPP(rate pressure product)

測定された心拍数、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、拡張期血圧については、10回の反復運動中の最大あるいは最高値を各負荷強度の値として採用した。

4. 安全性の基準

運動中、胸痛などの胸部症状、心電図上の虚血性変化(J点より0.08秒後での0.1mV以上のST下降あるいはJ点より0.04秒後での0.1mV以上のST上昇)、危険な不整脈(上室性頻拍、心房細動、多源性、R on T型、連発性心室性期外収縮など)、過剰な血圧上昇(収縮期血圧220mmHg以上または拡張期血圧110mmHg以上)をみた場合、安全性に問題ありと判定した。持久性の運動負荷試験の血圧上昇に関する中止基準としては収縮期血圧250mmHg、拡張期血圧120mmHgが一般的に用いられているが、レジスタンス運動については一般化した基準はない。本研究では中止基準より安全基準はやや厳しく設定すべきであろうと考え、持久性運動負荷試験の中止基準より低めの上述の値を決定した。

5. 統計処理

安静時およびKEの各負荷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、repeated measure ANOVAを用い、各負荷強度間の比較にはFisher's PLSDの方法による多重比較を行なった。また、高血圧群と健常群とにおける運動中止基準項目に該当する被験者の発生頻度の検定にはFisher's exact probability testを用いた。なお、有意水準は危険率5%未満とした。

B. 運動時の呼吸のパターンが循環応答に及ぼす影響

1. 対象

対象は中高齢者連続33例であり、前半の16例を運動中息こらえ(いきみ)をしないように呼吸指導を行なったグループ(以下A群、男性3例、女性13例、平均年齢65.6±5.5歳、高血圧有り4例、高血圧無し12例)とし、後半17例を呼吸指導を行なわなかったグループ(以下N群、男性8例、女性9例、平均年齢63.5±11.8歳、高血圧有り5例、高血圧無し12例)とした。

本研究は、被験者に対し測定の意義、方法、安全性などについて詳細に説明を行い、文書にて同意を得た上で実施した。

2. 運動の方法

下肢レジスタンス運動には課題1と同じ座位下腿挙上(KE)を用いた。運動負荷は各被験者の1RMの60%とし、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、2セット行なった。ただし、A群ではセット間に呼吸法について説明をし、2セット目は運動中ゆっくり息を吐きながら行なったのに対し、N群では呼吸法についての説明を行わず、2セット目も被験者のやり方で反復した。両群ともセット間の休息時間は約5分であり、差異は無かった。

3. 測定方法

研究1と同様の方法にて、1)心拍数 2)血圧 3)RPPを測定した。

4. 統計処理

統計的手法としては、セット間の比較にはWilcoxonの符号付順位和検定を、両群間の比較にはMann-WhitneyのU検定を用いた。有意水

準は危険率5%以下とした。

Ⅲ. 結 果

A. 下肢レジスタンス運動の循環応答から見た安全性

1. 最大挙上重量, 反復回数

KEにおける平均最大挙上重量は高血圧群で 21.6 ± 5.6 kg, 健常群で 19.6 ± 4.6 kgであり, 両群間に有意差を認めなかった。各被験者の最大挙上重量をもとに設定した40% 1 RM, 60% 1 RMとも全例で10回反復施行しえた。

2. 自覚症状, 心電図変化

運動中, 高血圧群, 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。

運動中, 不整脈は高血圧群では1例で心室性期外収縮(PVC)の散発, 2例でPVCと上室性期外収縮(SVPC)の両者の出現, 1例でSVPCの散発, 1例でPVCの多発(38/分)を認めたが, すべて単発性であり多源性では無かった。健常群では3例でPVCの散発, 2例でSVPCの散発を認めた。しかし, 高血圧群, 健常群とも, 負荷強度の増加にともなう増悪は無く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(Figure 1)

高血圧群と健常群の運動に対する心拍数(拍/

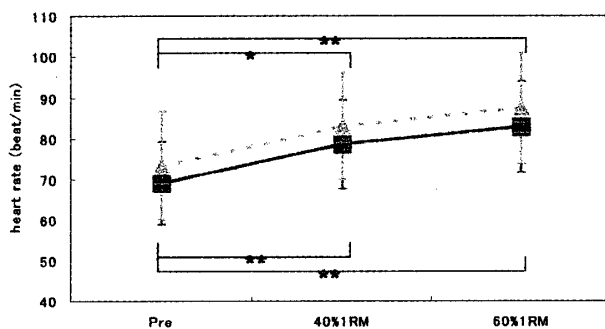


Fig. 1. Changes of the heart rates by lower extremity resistance exercise.

There were no differences in pre-, 40% 1 RM-, and 60% 1 RM- heart rates between group.

Abbreviations : ▲, hypertension group ; ■, healthy group.

Values are mean \pm SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

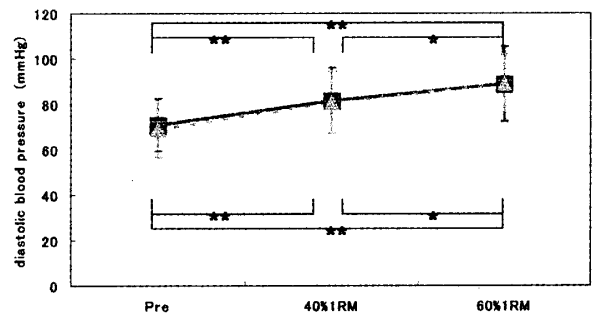


Fig. 2. Changes of the diastolic blood pressure by lower extremity resistance exercise.

There were no differences in pre-, 40% 1 RM-, and 60% 1 RM- diastolic blood pressures between group.

Abbreviations : ▲, hypertension group ; ■, healthy group.

Values are mean \pm SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

分)の変化には有意差を認めなかった(それぞれ, $73.3 \pm 13.3 \rightarrow 83.0 \pm 13.0 \rightarrow 87.4 \pm 13.7$; $69.0 \pm 10.1 \rightarrow 78.6 \pm 10.9 \rightarrow 82.8 \pm 11.1$). 高血圧群, 健常群とも運動前値に比較し運動時の心拍数は有意に増加したが, 40% 1 RM と 60% 1 RM 強度間の心拍数の増加は有意では無かった。60% 1 RM 負荷時における安静時心拍数に対する増加率でみた場合, 高血圧群で平均19%増, 健常群で安静時心拍数の平均20%増と両群とも増加の程度は大きくなかった。

3-2 拡張期血圧(Figure 2)

高血圧群と健常群の運動に対する拡張期血圧(mmHg)の変化には有意差を認めなかった(それぞれ $68.8 \pm 12.2 \rightarrow 80.7 \pm 13.6 \rightarrow 89.2 \pm 12.6$; $70.7 \pm 11.7 \rightarrow 81.4 \pm 14.3 \rightarrow 88.8 \pm 16.4$). 高血圧群, 健常群とも運動前値に比較し運動時の拡張期血圧は有意に上昇し, 負荷強度の増加にともない有意に増加した。運動中, 高血圧群2例において拡張期血圧が110 mmHgを超えたが, 拡張期血圧が110 mmHgを超える被験者の発生頻度でみた場合, 群間に有意な差はなかった(高血圧群8.3%, 健常群0%)。

3-3 収縮期血圧(Figure 3)

高血圧群と健常群の収縮期血圧(mmHg)を比較すると, 運動前, 運動中とも高血圧群において有意に高値を示した(それぞれ $137.4 \pm 14.0 \rightarrow 161.6 \pm 19.1 \rightarrow 174.9 \pm 18.1$; $124.2 \pm 17.5 \rightarrow 149.2 \pm$

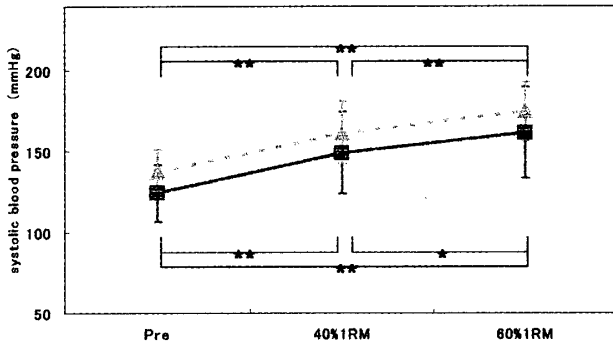


Fig. 3. Changes of the systolic blood pressure by lower extremity resistance exercise.

The pre-, 40% 1RM-, and 60% 1RM- systolic blood pressure of the hypertension group were greater than those of the healthy group ($p < 0.05$, $p < 0.05$, $p < 0.05$ respectively).

Abbreviations : ▲, hypertension group ; ■, healthy group.

Values are mean \pm SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

25.2 \rightarrow 161.6 \pm 28.1). 高血圧群, 健常群とも運動前値に比較し運動時の収縮期血圧は有意に上昇し, 負荷強度の増加にともない有意に増加した. 運動中, 健常群 1 例において収縮期血圧が 220 mmHg を超えたが, 収縮期血圧が 220 mmHg を超える被験者の発生頻度でみた場合, 群間に有意な差はなかった(高血圧群 0%, 健常群 2.5%).

3-4 RPP (Figure 4)

高血圧群と健常群の RPP ($\times 10^2$ mmHg \cdot 拍/分) の変化を比較すると, 運動前, 運動中とも高

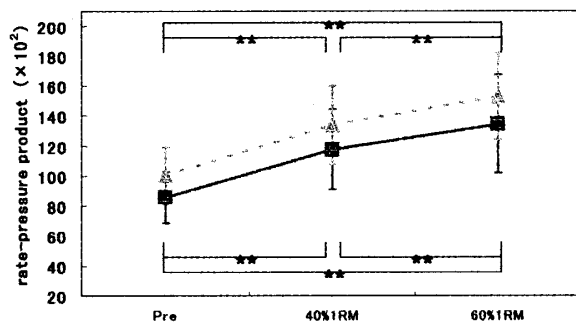


Fig. 4. Changes of the rate pressure product by lower extremity resistance exercise.

The pre-, 40% 1RM-, and 60% 1RM- rate pressure products of the hypertension group were greater than those of the healthy group ($p < 0.01$, $p < 0.01$, $p < 0.01$ respectively).

Abbreviations : ▲, hypertension group ; ■, healthy group.

Values are mean \pm SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

血圧群において有意に高値を示した(それぞれ, 100.3 \pm 18.9 \rightarrow 134.1 \pm 26.0 \rightarrow 153.0 \pm 29.1 ; 85.7 \pm 17.1 \rightarrow 117.5 \pm 26.8 \rightarrow 134.4 \pm 32.7). 高血圧群, 健常群とも運動前値に比較し運動時の RPP は有意に増加し, 負荷強度の増加にともない有意に増加した.

B. 運動時の呼吸のパターンが循環応答に及ぼす影響

1. 最大挙上重量, 反復回数

KE における平均最大挙上重量は A 群で 22.8 \pm 3.9 kg, N 群で 25.8 \pm 5.3 kg であり, N 群が多かったものの, 統計学的には有意差を認めなかった ($p = 0.198$). 1 セット目, 2 セット目とも全例で 10 回反復施行しえた.

2. 心拍数 (Figure 5)

A 群, N 群とも 1 セット目と 2 セット目との心拍数 (拍/分) の間に有意差を認めなかった (それぞれ, 82.0 \pm 7.2 \rightarrow 81.3 \pm 7.7 ; 91.5 \pm 13.2 \rightarrow 91.6 \pm 11.7). 1 セット目, 2 セット目とも, N 群の方が有意に心拍数が多かった.

3. 血圧 (Figure 6)

A 群では 1 セット目に比較し 2 セット目の収縮期血圧 (mmHg) は有意に低値を示した (160.3 \pm 27.3 \rightarrow 155.3 \pm 32.4, Figure 6). 一方, N 群では 1 セット目に比較し 2 セット目の収縮期血圧は有

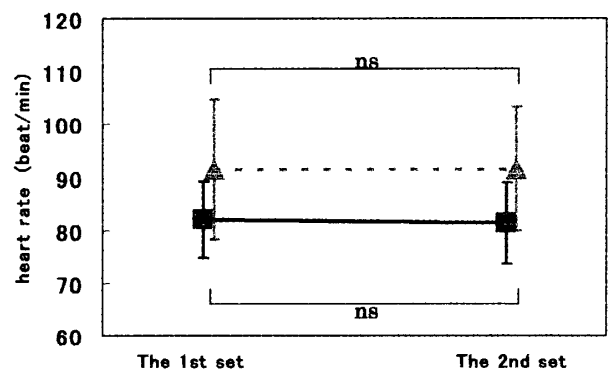


Fig. 5. Changes of the heart rate with and without respiratory guidance during the exercise.

Both the 1st set- and 2nd set- heart rates in group N were greater than those in group A ($p < 0.05$, $p < 0.01$, respectively).

Abbreviations : ■, group A ; ▲, group N.

Values are mean \pm SD. ns : not significant

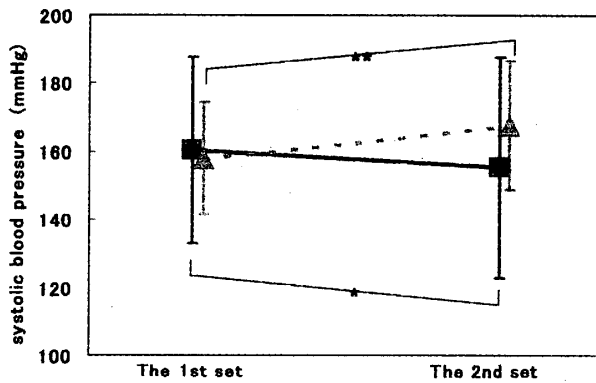


Fig. 6. Changes of the systolic blood pressure by the presence of respiratory guidance during exercise.

There were no differences in the 1st set- and 2nd set- systolic blood pressures between group.

Abbreviations : ■, group A ; ▲, group N.

Values are mean ± SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

意に高値を示した ($157.9 \pm 16.3 \rightarrow 167.6 \pm 19.0$, Figure 6). 両群の性別比率に群間差があるため, 男女別に比較した. 男性では, A群では3例全例で2セットの方が低値を示したのに対し, N群(8例)では有意に上昇した ($159.3 \pm 15.5 \rightarrow 171.4 \pm 19.6$, $p = 0.027$). 女性でも, A群(13例)では2セット目で有意に低下した ($162.6 \pm 26.4 \rightarrow 158.1 \pm 29.6$, $p = 0.028$) のに対し, N群(9例)では有意に上昇した ($157.9 \pm 16.3 \rightarrow 167.6 \pm 19.0$, $p = 0.043$). 高血圧例は両群とも少数であったため, 高血圧の有無による比較はできなかったが, 高血圧例でも呼吸指導により全例血圧上昇が軽減した.

拡張期血圧 (mmHg) についても収縮期血圧とほぼ同様の結果であり, A群では1セット目に比し2セット目で低下傾向を認め ($90.0 \pm 13.8 \rightarrow 85.9 \pm 14.0$, $p = 0.073$), N群では1セット目に比し2セット目で有意に上昇した ($88.6 \pm 10.2 \rightarrow 91.9 \pm 10.5$, $p = 0.014$).

4. RPP (Figure 7)

A群では1セット目に比較し2セット目のRPP ($\times 10^2$ mmHg · 拍/分) は低値を示す傾向にあったが有意差は認めなかった ($131.8 \pm 27.9 \rightarrow 127.0 \pm 34.2$). N群では1セット目に比較し2セット目のRPPは有意に高値を示した ($147.8 \pm 27.0 \rightarrow 153.3 \pm 25.0$). また, 1セット目のRPPは両群間に差異を認めなかったが, 2セット目は

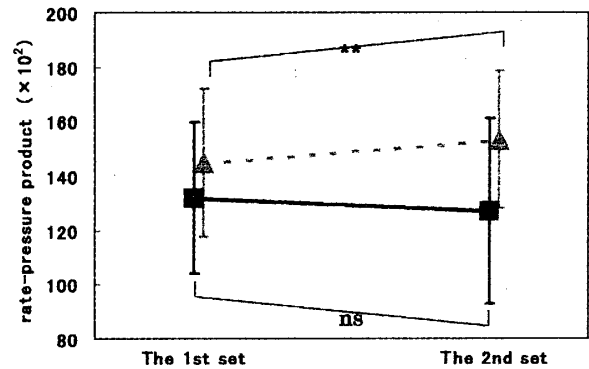


Fig. 7. Changes of the rate pressure product with and without respiratory guidance during the exercise.

There was no differences of the 1st set- and rate pressure product between group, while, 2nd set- rate pressure product in group N was greater than that in group A ($p < 0.05$).

Abbreviations : ■, group A ; ▲, group N.

Values are mean ± SD. ** $p < 0.01$, ns : not significant

A群の方がN群より, 有意に低値を示した.

IV. 考 察

高血圧群と健常群とを比較すると, 心拍数, 拡張期血圧には有意差を認めなかったが, 収縮期血圧, RPPは高血圧群が高値を示した. 高血圧群は健常群と比較して拡張期血圧が運動前は低値を, 運動中はほぼ同じ値を示す傾向にあり, 収縮期血圧は運動前, 運動中とも有意に高値を示していた. これは高齢者高血圧の特性として動脈の伸展性が低く, ウィンドケッセル機能が低下していることを示唆する¹³⁾.

各運動強度で比較すると, 心拍数においては, 高血圧群, 健常群とも運動前値に比較し運動時は有意に増加したが, 負荷強度の増加に比例した有意な心拍数の増加は認められず, 60% 1RM 負荷時における安静時心拍数に対する増加率も両群とも20%程度と増加の程度は大きくなかった. 収縮期血圧, 拡張期血圧においては, 両群とも運動強度の増加に伴い有意に増加した. この結果はレジスタンス運動における血圧上昇は運動により上昇する末梢血管抵抗の関与の比重が高く, 負荷強度の上昇により代謝受容器などを介する反射性の交感神経緊張度の上昇が顕著となりやすいこと¹⁴⁾

に加え、高齢者においては中強度のレジスタンス運動でもバルサルバ効果の影響を受けやすいためかもしれない。また、心筋酸素消費量の指標である RPP は収縮期血圧と心拍数の積により算出されるため、運動強度の増加に伴う収縮期血圧の上昇が RPP の値に大きく関与したと考えられる。このように、レジスタンス運動では、血圧は上昇するが心拍数はあまり増加しないことから、運動時の心拍数だけで運動強度の設定を行なうことはできない。

ACSM や AHA (アメリカ心臓協会) のガイドライン¹⁵⁾ で採用されている心肺リハビリテーションプログラムのレジスタンストレーニングセッションの中止項目である狭心症状や虚血性心電図変化、重篤な不整脈は見られなかったが、血圧の過度の上昇(収縮期 220 mmHg 以上、または拡張期 110 mmHg 以上)が疾患群で 2 例、健常群で 1 例みられた。しかし、その発生頻度に群間の差は認められなかった。高血圧例で血圧の過度の上昇がみられた 1 例は食餌療法のみで血圧がコントロールされている例であった。食餌療法で安静時の血圧がコントロールされていても運動時の血圧上昇を抑制することは難しいことが示唆される。もう 1 例はカルシウム拮抗薬服用例であり、安静時血圧はやはり正常にコントロールされていた。カルシウム拮抗薬は運動時の血圧上昇を抑制しがたいとの報告¹⁶⁾がある。しかし、今回の高血圧症例の多くはカルシウム拮抗薬を服用しており、カルシウム拮抗薬は多くの高血圧例で安静時のみならず、軽度の下肢レジスタンス運動時の血圧上昇を抑える効果があることが示唆された。カルシウム拮抗薬にも種類があり、運動時の降圧効果に差異があることが考えられる。すなわち、降圧薬の種類や服用法などにより、レジスタンス運動時血圧上昇反応に対する効果に差異がある可能性があるが、この点は今後の検討課題である。健常例で血圧が過剰に上昇した被験者は 67 歳の女性で、事前のメデイカルチェックにおける血圧は 108/77 mmHg と全く正常であったが、レジスタンス運動前の血圧は 177/116 と高く、運動中はさらに顕著に上昇した。原因としては、緊張しやすい性格に

加え、測定に慣れていないため心理的興奮が加わり、アドレナリン分泌により血圧が上昇したこと等が考えられる。

心事故を起こさないようにするためには下肢レジスタンストレーニングを行なう際は、高血圧の有無にかかわらず、上記で述べたように心拍数だけで運動強度の設定を行わず、予め、目標とする負荷強度での血圧の測定が必要である。

呼吸パターンの違いによる運動時の心拍血圧反応は、A 群では、運動中、ゆっくり息をはきながら運動を行なった 2 セット目の収縮期血圧は 1 セット目と比較し有意に低値を示し、RPP も同様の傾向を示した。男女別にみても、いずれも低下した。少数例ではあるが、高血圧例でも全例低下した。一方、N 群では収縮期血圧も RPP も 1 セット目に比較し 2 セット目では有意に高値を示した。男女別での検討では、いずれも有意に上昇したが、男性でより顕著に上昇する傾向が認められた。1 RM に両群間に統計学的有意差はなかったが、N 群の負荷重量は A 群より重かったことから、心拍数における群間の差異に負荷重量の差異が影響した可能性は否定できない。

これらの結果から、60% 1 RM の負荷は中強度の運動負荷量であり、通常は Valsalva 効果が生じる強度ではないが¹⁷⁾、高齢者では 1 セット目の運動の時点で、何人かの被験者は無意識のうちに息こらえをしながら運動を行い、Valsalva 効果を生じていたと考えられる。このため、息こらえをせずに運動を行った A 群では、収縮期血圧の有意な減少、RPP の減少傾向を認めたと考えられる。最近の研究によれば、深呼吸により交感神経活動が抑制されることが知られている¹⁸⁾。ゆっくりした呼吸をするように指導したことが交感神経活動を抑制し、血圧上昇、RPP 増加を軽減した可能性もある。一方、N 群における 2 セット目における収縮期血圧、RPP 上昇の増強は、筋疲労が増すと Valsalva 効果が増強しやすくなること¹⁹⁾で説明しうるかもしれない。呼吸指導の効果をより厳密に評価するためには呼吸指導下の反復と呼吸指導無しの反復を同一被験者に施行して比較するべきであったが、時間的、体力的に被験

者の協力が得られにくいと考え、次善の方法として今回の方法を用いた。

V. 結 語

治療下にある高血圧を有する中高齢者において下肢レジスタンス運動中の心拍数, 拡張期血圧については健常中高齢者と差はなかったが, 収縮期血圧, RPP については高値を示した。ただし, 運動を中止しなければならないほどの過剰な血圧の上昇(収縮期血圧 220 mmHg 以上または拡張期血圧 110 mmHg 以上)を示す被験者の発生頻度に高血圧の有無は関係なかった。しかし, 高血圧の有無にかかわらず, 過度の血圧上昇を生じる場合があることから, 下肢レジスタンス運動では, 負荷強度を設定する際には, 予め, 目標とする負荷強度での血圧の測定が必要であると考えられた。また軽・中強度の運動でも中高齢者においては, ゆっくりと息を吐きながら, 息を止めないようにして運動することが血圧上昇の軽減に有効であることが確認できた。

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。

(受理日 平成15年2月7日)

参 考 文 献

- Ghilarducci, L. E. C., Holly, R. G., Amsterdam, E. A. Effects of high resistance training in coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.*, (1989), **64**, 866-870.
- Verrill, D., Shoup, E., McElveen, G., Witt, K., Bergey, D. Resistive exercise training in cardiac patients. *Sports Medicine*, (1992), **13**, 171-193.
- Featherstone, J. F., Holly, R. G., Amsterdam, E. A. Physiologic responses to weight lifting in coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.*, (1993), **71**, 287-292.
- DeGroot, J., Quinn, T. J., Kertzer, R., Vroman, N. B., Olney, W. B. Circuit weight training in cardiac patients: Determining optimal workloads for safety and energy expenditure. *Cardiopulmonary. Rehabil.*, (1998), **18**, 145-152.
- Meyer, K., Hajric, R., Westbrook, S., Haag-Wildi, S., Holtkamp, R., Leyk, D., Schnellbacher, K. Hemodynamic responses during leg press exercise in patients with chronic congestive heart failure. *Am. J. Cardiol.*, (1999), **83**, 1537-1543.
- 山崎裕司. 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*, (1999), **48**, 559-568.
- 荒川規矩男, 大堀克巳. 高血圧とスポーツ. 杏林書院, 東京, (2002), 27.
- American College of Sports Medicine position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardio-respiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adult. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, (1998), **30**, 975-991.
- Penaz, J. Photoelectric measurement of blood pressure, volume and flow in the finger. *Digest of the 10th international conference on medical and biological engineering-Dresden.* (1973), 104.
- Bos, W. J. W., van Goudoever, J., van Montfrans, G. A., van den Meiracker, A. H., Wesseling, K. H. Reconstruction of brachial artery pressure from noninvasive finger pressure measurements. *Circulation*, (1996), **94**, 1870-1875.
- Gizdulich, P., Prentza, A., Wesseling, K. H. Models of brachial to finger pulse wave distortion and pressure decrement. *Cardiovasc. Res.*, (1997), **33**, 698-705.
- 菅原 順, 田辺 匠, 大槻 毅, 前田清司, 鱒坂 隆一, 松田光生. 運動時の心拍出量の非侵襲的測定-Modelflow 法と impedance cardiography 法との比較-. *日本臨床スポーツ医学会雑誌*, (2001), **9**, 360-367.
- Gonza, E. R., Marble, A. E., Shaw, A., Holland, J. G. Age-related changes in the mechanics of the aorta and pulmonary artery of man. *J. Appl. Physiol.*, (1974), **36**, 407-411.
- Mitchell, J. H. Cardiovascular control during exercise: central and reflex neural mechanisms. *Am. J. Cardiol.*, (1985), **55**, 34D-41D.
- Pollock, M. L., Franklin, B. A., Balady, G. J., Chaitman, B. L., Fleg, J. L., Fletcher, B., Limacher, M., Pina, I. L., Stein, R. A., Williams, M., Bazzarre, T. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. Benefits, rationale, safety, and prescription. *Circulation*, (2000), **101**, 828-833.
- Szlachcic, J., Hirsch, A. T., Tubau, J. F., Vollmer, C., Henderson, S., Massie, B. M. Diltiazem versus propranolol in essential hypertension: response at rest and exercise blood pressure and effects on exercise capacity. *Am. J. Cardiol.*, (1987), **59**, 393-399.
- MacDougall, J. D., Tuxen, D., Sale, D. G., Moroz, J. R., Sutton, J. R. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J. Appl. Physiol.*, (1985), **58**, 785-790.
- Seals, D. R., Suwarno, N. O., Dempsey, J. A. Influence of lung volume on sympathetic nerve discharge in normal humans. *Circ. Res.*, (1990), **67**, 130-141.
- MacDougall, J. D., McKelvie, R. S., Moroz, D. E., Sale, D. G., McCartney, N., Buick, F. Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J. Appl. Physiol.*, (1992), **73**, 1590-1597.