

without indication for angioplasty or surgery. Exercise training should be considered as an effective therapy for these patients.

References

1. Nicolai SP, Teijink JA, Prins MH; Exercise Therapy in Peripheral Arterial Disease Study Group. Multicenter randomized clinical trial of supervised exercise therapy with or without feedback versus walking advice for intermittent claudication. *J Vasc Surg* 2010;52:348-55.
2. Garg PK, Liu K, Tian L, Guralnik JM, Ferrucci L, Criqui MH *et al*. Physical activity during daily life and functional decline in peripheral arterial disease. *Circulation* 2009;119:251-60.
3. Sakamoto S, Yokoyama N *et al*. Patients with peripheral artery disease who complete 12-week supervised exercise training program show reduced cardiovascular mortality and morbidity. *Circ J* 2009;73:167-73.
4. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASCÖ†). *J Vasc Surg* 2007;45: S5-S67.
5. Guidon M, McGee H. exercise-based interventions and health-related quality of life in intermittent claudication: a 20-year (1989-2008) review. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010;17:140-54.

Effects of exercise training on the expression of angiotensin-converting enzyme in the kidney of spontaneously hypertensive rats

A. Sakuyama, O. Ito, P. Cao, R. Rong, D. Ito, M. Kohzuki

Department of Internal Medicine and Rehabilitation Science, Tohoku University Graduate School of Medicine, Sendai, Japan

The renin-angiotensin system (RAS) is a central regulator of cardiovascular and renal homeostasis. The components of the RAS are implicated in the control of blood pressure and body fluid homeostasis. There are the presences of its components in the renal vasculature, the glomerulus, the proximal tubule and others of renal tissue.^{1, 2} Angiotensin II which is a potent vasoconstrictor is the key product of the RAS. Angiotensin-converting enzyme (ACE) and ACE2 are involved in each of generation and degradation of angiotensin II.^{3, 4} It has been reported that exercise training (Ex) has anti-hypertensive and renoprotective effects.⁵⁻¹⁰ However, the effects of the Ex on renal RAS are largely unknown. In this study, we investigated the effects of the Ex on ACE and ACE2 protein expressions and blood pressure in spontaneously hypertensive rats (SHR).

Materials and methods

Five-week-old male normotensive Wistar-Kyoto rats (WKY) and SHR were randomly assigned either to a control group (con-WKY and con-SHR) or exercise group (ex-WKY and ex-SHR). Exercise groups were subjected to moderate-intensity exercise on a motor-driven treadmill continuously for a period of 8 weeks (6 days per week; 60 min per day at 20 m/min, 0% grade). Systolic blood pressure (SBP) was monitored by the tail-cuff method (Model UR-5000; Ueda, Tokyo, Japan). After 8 weeks, all rats were housed in individual metabolic cage (Model ST; Sugiyama-gen, Tokyo, Japan), and urine samples were collected on ice for 24 hours. On the final experimental day, all rats were anesthetized with sodium pentobarbital (50 mg/kg, intraperitoneally) and blood samples were collected by decapitation. The total cholesterol, triglyceride, free fatty acid, glucose, urea nitrogen and creatinine levels were measured by a standard autoanalysis technique (BML, Tokyo, Japan). The kidneys were quickly removed after the decapitation, hemisected and sectioned into the cortex and the others. The expressions of ACE and ACE2 proteins in the renal cortex were examined by Western blot. Proteins of the samples (50 µg) were separa-

ted by electrophoresis on 6.5% (for the ACE) and 7.3% (for the ACE2) sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel. The antibodies raised against the ACE and ACE2 were obtained from Santa Cruz Biotechnology (Santa Cruz, California, USA). The densitometric analysis was used to assess the bands of Western blot. Data were analyzed by repeated measure ANOVA, followed by Tukey test for multiple comparisons among the groups. Paired data were analyzed by the Student's *t* test. $P \leq 0.05$ was regarded as statistical significance.

Results

The SBP was significantly lower in the ex-SHR than in the con-SHR, but it was not different between the con-WKY and ex-WKY. The Ex did not affect the plasma levels of total cholesterol, triglyceride, free fatty acid, glucose or urea nitrogen in WKY or SHR. The Ex significantly decreased plasma creatinine and increased creatinine clearance, which reflects the glomerular filtration rate, in SHR, but did not affect them in WKY. The ACE expression tended to increase in the con-SHR compared with the con-WKY, however, the difference is not significant. The ACE2 expression was significantly higher in the con-SHR than in the con-WKY. The Ex did not significantly change the ACE or ACE2 expressions in WKY or SHR.

Discussion

The Ex significantly decreased the SBP and creatinine and increased creatinine clearance in SHR. The Ex did not significantly change the ACE or ACE2 expression in WKY or SHR. In previous study, ACE2-deficient mice have been reported to show increased age-related glomerulosclerosis.¹¹ Similarly, in the kidney of diabetic rats, down-regulation of tubular ACE2 was associated with albuminuria or tubular injury.¹² In previous studies, the Ex reduced the blood pressure in spontaneously hypertensive rats (SHR), Dahl salt-sensitive rats and angiotensin II-infused rats.⁵⁻⁷ Our laboratory reported that the Ex has renal protective effects in rats with chronic renal failure and diabetic nephropathy.⁸⁻¹⁰ There have been few studies

on the effects of the exercise training on the ACE and ACE2 to date. A previous study reported that the Ex decreased ACE activity in the heart of mice with heart failure, while increased ACE2 protein expression.¹³ The present study suggests the ACE and ACE2 expressions may not be related to the Ex-induced antihypertensive effect in SHR. The Ex decreased angiotensin $\text{O}\ddot{\text{u}}$ type (AT) 1 receptor protein expression in the carotid body of rabbits with chronic heart failure and in the non-infarcted left ventricular myocardium of post myocardial infarction rats.^{14, 15} It has been reported that the Ex increased mRNA and protein expressions of Mas receptor, vasodilator peptide angiotensin-(1-7), in the left ventricle of SHR.¹⁶ In the present study, we only examined the ACE and ACE2 expressions among the RAS components. However, there are actually more components: angiotensinogen, prorenin, renin and AT1, AT2 and Mas receptor. Further investigations are still required to clarify the effects of the Ex on the RAS in the kidney.

Conclusions

The ex lowers blood pressure and increases creatinine clearance without changing the renal expression of ACE and ACE2 in SHR.

References

1. Nishiyama A, Seth DM, Navar LG. Renal interstitial fluid angiotensin $\text{O}\ddot{\text{u}}$ and angiotensin $\text{O}\ddot{\text{u}}$ concentrations during local angiotensin-converting enzyme inhibition. *J Am Soc Nephrol* 2002;13:2207-12.
2. Li N, Zimpelmann J, Cheng K, Wilkins JA, Burns KD. The role of angiotensin converting enzyme 2 in the generation of angiotensin 1-7 by rat proximal tubules. *Am J Physiol Renal Physiol* 2005;288:353-62.
3. Donoghue M, Hsieh F, Baronas E, Godbout K, Gosselin M, Stagliano N, *et al.* A novel angiotensin-converting enzyme-related carboxypeptidase (ACE2) converts angiotensin $\text{O}\ddot{\text{u}}$ to angiotensin 1-9. *Circ Res* 2000;87:1-9.
4. A human homolog of angiotensin-converting enzyme. Cloning and functional expression as a captopril-insensitive carboxypeptidase. *J Biol Chem* 2000;275:33238-43.
5. Schlüter KD, Schreckenber R, da Costa Rebelo RM. Interaction between exercise and hypertension in spontaneously hypertensive rats: a meta-analysis of experimental studies. *Hypertens Res* 2010;33:1155-61.
6. Shepherd RE, Kuehne ML, Kenno KA, Durstine JL, Balon TW, Rupp JP. Attenuation of blood pressure increases in Dahl salt-sensitive rats by exercise. *J Appl Physiol* 1982;52: 1608-13.
7. Belabbas H, Zalvidea S, Casellas D, Molé JP, Galbes O, Mercier J *et al.* Contrasting effects of exercise and angiotensin $\text{O}\ddot{\text{u}}$ hypertension on in vivo and in vitro cardiac angiogenesis in rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2008; 295:1512-8.
8. Kohzuki M, Kaminoto M, Wu XM, Xu HL, Kawamura T, Mori N *et al.* Renal protective effects of chronic exercise and antihypertensive therapy in hypertensive rats with chronic renal failure. *J Hypertens* 2001;19:1877-82.
9. Kanazawa M, Kawamura T, Li L, Sasaki Y, Matsumoto K, Kataoka H *et al.* Combination of exercise and enalapril enhances renoprotective and peripheral effects in rats with renal ablation. *Am J Hypertens* 2006;19:80-6.
10. Tufescu A, Kanazawa M, Ishida A, Lu H, Sasaki Y, Ootaka T *et al.* Combination of exercise and losartan enhances renoprotective and peripheral effects in spontaneously type 2 diabetes mellitus rats with nephropathy. *J Hypertens* 2008;26:312-21.
11. Oudit GY, Herzenberg AM, Kassiri Z, Wong D, Reich H, Khokha R *et al.* Loss of angiotensin-converting enzyme-2 leads to the late development of angiotensin $\text{O}\ddot{\text{u}}$ -dependent glomerulosclerosis. *Am J Pathol* 2006;168:1808-20.
12. Tikellis C, Johnston CI, Forbes JM, Burns WC, Burrell LM, Risvanis J *et al.* Characterization of renal angiotensin-converting enzyme 2 in diabetic nephropathy. *Hypertension* 2003;41:392-7.
13. Pereira MG, Ferreira JC, Bueno CR Jr, Mattos KC, Rosa KT, Irigoyen MC *et al.* Exercise training reduces cardiac angiotensin $\text{O}\ddot{\text{u}}$ levels and prevents cardiac dysfunction in a genetic model of sympathetic hypertativity-induced heart failure in mice. *Eur J Appl Physiol* 2009;105:843-50.
14. Li YL, Ding Y, Agnew C, Schultz HD. Exercise training improves peripheral chemoreflex function in heart failure rabbits. *J Appl Physiol* 2008;105:782-90.
15. Xu X, Wan W, Powers AS, Li J, Ji LL, Lao S *et al.* Effects of exercise training on cardiac function and myocardial remodeling in post myocardial infarction rats. *J Mol Cell Cardiol* 2008;44:114-22.
16. Filho AG, Ferreira AJ, Santos SR, Silva Camargos ER, Becker LK, Belchior HA *et al.* Selective increase of angiotensin(1-7) and its receptor in hearts of spontaneously hypertensive rats subjected to physical training. *Exp Physiol* 2008;93:589-98.

Night-time storage symptoms in female stroke residents staying at a residential facility

R. Imanishi¹, H. Nakagawa², K. Matsumoto³, Y. Arai², M. Kohzuki⁴

¹Department of Occupational Therapy, Niigata University of Health and Welfare, Niigata, Japan

²Department of Urology, Tohoku University Graduate School of Medicine, Sendai, Japan

More than 30% of the residents in residential facilities in Japan have experienced stroke. Most of them suffer from lower urinary tract symptoms, and more than half of them use diapers.¹ Nocturia is a prevalent symptom in the elderly.^{2, 3} However, the actual night-time storage symptoms of residents with stroke in residential facilities remain unknown. We assessed the night-time storage symptoms of residents with stroke using a wetness sensing system, and concurrently completed a bladder diary for each subject.

Materials and methods

This study included 20 female stroke residents without dementia in a residential facility. The wetness sensing system consists of a disposable thin-layer membrane sensor, transmitter, repeaters, and receiver. The sensor and transmitter were placed over their diaper or lingerie to monitor wetness condition constantly. The sensor was designed to send the indicating signal to the receiver wirelessly via repeaters every 10 seconds. The volume of leakage was measured by weighing the pad and/or diaper after each sensor response. The voided volume was measured during micturition, with a urine meter installed in the lavatory. The subjects were asked "Did you have a sudden desire to urinate, which was difficult to defer?" after every micturition or episode of incontinence. Each resident was monitored for 48 hours, and the time of micturition, incontinence time, voided volume, volume of leakage, urgency, and action observation at incontinence were recorded in a bladder diary.

Results

The mean night-time urinary frequency was 5.4 times, and a total of 19 experienced night-time urination more than 2 times a night. Ninety-five percent of the residents had nocturia. The mean

24-hour voiding volume was 1517 ml per day, and the mean night-time voiding volume was 760 ml. The mean rate of nocturnal urine production was 51.6%, and 90% of the residents exhibited nocturnal polyuria. The mean night-time voiding volume was 182 ml, and in 10% of the residents, the night-time voiding volume was less than 100 ml. The mean night-time maximum urine volume was 297 ml, and in 15% of the residents, the night-time maximum urine volume was less than 200 ml. Thirteen of the residents experienced 1 or more episodes of urgency at night. Thirty percent of the residents had urge urinary incontinence at night.

Conclusions

Most female stroke residents without dementia had nocturia and nocturnal polyuria. We think that nocturia is caused by the overproduction of urine at night, rather than reduced bladder capacity, because in most of the residents, the maximum voided volume was 200 ml or more at night. Moreover, 65% of the residents experienced urinary urgency during sleep. It is important to understand these factors to allow for interventional voiding therapy in these residents.

References

1. Gotoh M, Yoshikawa Y, Ono Y, Ohshima S, Kato K, Kondo A *et al.* A fact-finding inquiry and future strategy on the management of voiding dysfunction in the institutionalized elderly at nursing homes: a questionnaire and interview survey. *J Neurogenic Bladder Soc* 2001;12:207-22.
2. Homma Y, Yamaguchi O, Hayashi K, Neurogenic Bladder Society Committee. Epidemiologic survey of lower urinary tract symptoms in Japan. *Urology* 2006;68:560-4.
3. Perry S, Shaw C, Assassa P, Dallosso H, Williams K, Brittain KR *et al.* An epidemiological study to establish the prevalence of urinary symptoms and felt need in the community: the Leicestershire MRC incontinence study. *J Public Health* 2000;22:427-34.

自重を用いた在宅レジスタンストレーニングが慢性期心疾患患者の 運動耐容能に及ぼす効果

今村 貴幸¹⁾ 佐藤 真治²⁾ 牧田 茂³⁾ 間嶋 満¹⁾

EFFECT OF HOME-BASED NON-INSTRUMENTAL RESISTANCE TRAINING ON EXERCISE CAPACITY OF PATIENTS WITH CHRONIC HEART DISEASE

TAKAYUKI IMAMURA, SHINJI SATO, SIGERU MAKITA and MITSURU MAJIMA

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effect of non-instrumental resistance training on exercise capacity of patients with chronic heart disease. **Methods:** Nineteen elderly male patients (66.2 ± 5.7 years) participated in the study. All had experienced coronary artery bypass surgery, coronary artery intervention, or aortic valve replacement [left ventricular ejection fraction (EF): 54.0 ± 15.8 %]. Patients were divided into two groups. T group (N=9) performed combined aerobic and non-instrumental resistance training; and C group (N=10) performed only aerobic exercise. Resistance training involved 10 to 15 repetitions (maximum) (RM) of squats, push ups, calf raises and trunk curls. Each exercise included 3 sets of 10 repetitions repeated 3 times a week. Aerobic exercise was prescribed at the intensity of the aerobic threshold (AT) level 3 times a week. There was no significant base line for either T group or C group. **Results:** After three months of exercise, peak torque, peak $\dot{V}O_2$, and peak watts were significantly greater in T group, compared to those of C group. However, there was no significant correlation ($r = .49$) between the improvement of peak $\dot{V}O_2$ and peak torque. **Conclusion:** It was concluded that combined aerobic and non-instrumental resistance training is more effective than aerobic exercise alone for exercise capacity of patients with chronic heart disease. Home-based non-instrumental resistance training is usually highly significant from the perspective of the exercise capacity of patients with chronic heart disease.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2011, 60 : 177~184)

Key words : chronic heart disease, non-instrumental resistance training, exercise capacity

I. はじめに

近年、アスリートの競技パフォーマンス改善・向上のためだけでなく、健常高齢者においてもレジスタンストレーニングが盛んに行われるようになってきている。健常高齢者におけるレジスタンストレーニングの意義としては、加齢性筋減少症（サルコペニア）による活動量の低下から生じる、様々な

身体機能の低下を予防あるいは改善することにある¹⁾。AHAやACSMでは、レジスタンストレーニングが、除脂肪体重の改善、基礎代謝の改善、慢性疾患の予防や管理、ADLやQOLの改善に効果的であるとしている^{2,3)}。また、上肢および下肢の筋力は高齢者の生命予後予測指標や虚弱性の指標として考えられている⁴⁾。

他方、これまで心疾患患者におけるレジスタンス

¹⁾ 埼玉医科大学リハビリテーション科
〒350-0495 埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷38

²⁾ 大阪産業大学人間環境学部スポーツ健康学科
〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1

³⁾ 埼玉医科大学国際医療センター心臓リハビリテーション科
〒350-1298 埼玉県日高市山根1398-1

Department of Rehabilitation Medicine, Saitama Medical University

38 Morohongo Moroyama-cho Iruma-gun, Saitama-ken, Japan

3-1-1 Nakagaichi Daito-shi Osaka-fu, Japan

Department of Cardiac Rehabilitation Medicine, Saitama Medical University International Medical Center

1398-1 Yamane Hidaka-shi Saitama-ken, Japan

トレーニングは心血管系に対するリスクを考慮し積極的に行われることはなかった。しかし、心疾患患者においては、日常生活活動量の低下や、長期の安静臥床による下肢の筋力水準が低下してしまう症例が報告されている⁵⁾。

心疾患患者は慢性的な骨格筋への血流配分の低下によって脚筋力が低下していることが多く^{6,7)}、心肺機能に余力があっても脚筋力の早期疲労によって最高酸素摂取量や最大作業能力が低いレベルに制限されてしまうことがある。このため、心疾患患者の運動耐容能を規定する因子として呼吸循環系の中樞機能だけではなく末梢の骨格筋である脚筋力の重要性が指摘されていた⁸⁾。ところで、脚筋力を高める方法として前述のレジスタンストレーニングが挙げられるが、近年では心疾患患者に対するその安全性が確認され、さらにそれによる筋力、筋持久力、基礎代謝、運動耐容能などの増加および改善などが報告されるようになり、レジスタンストレーニングは心疾患患者のリハビリテーションの一貫として積極的に実施されるようになってきている⁹⁾。

Beniaminovitzらは心不全患者に下肢のレジスタンストレーニングを実施し、脚筋力の改善に加えて呼吸困難感の改善と運動耐容能改善の効果を認めたことを報告した¹⁰⁾。また、McCartneyらは冠動脈疾患患者に対する下肢のレジスタンストレーニングが有酸素トレーニングの運動耐容能改善効果を大きくしたことを報告している¹¹⁾。

以上の、先行研究で示された骨格筋に対するアプローチは、専門のトレーニング施設やトレーニング機器を必要とする場合が多く、さらに監視型を原則とする。慢性期の心疾患患者では長期にわたって運動をおこなう必要があるが、我国の心臓リハビリテーションに対する保険適用は、急性心筋梗塞(AMI)、冠動脈バイパス術後最初の6ヶ月までである。このため、心疾患患者は、患者自身が自ら運動を積極的に継続して行かなければならない。心疾患患者において運動耐容能の改善は、心疾患の再発や心臓血管死を減少させるとの報告があり、非常に重要な意味を持っている^{12,13)}。そこで、心疾患患者が長期に渡りトレーニングを行うためには、患者自身が自ら行うことが出来るような簡単で安全な方法であり、トレーニング機器が設置されている専門施設に移動しなければならないなどの時間的制約が無いものを

選ぶことが重要となる。

本研究の目的は慢性期心疾患患者を対象とし、長期間に渡って実施した非監視下での自重で行うレジスタンストレーニングの下肢筋力および、運動耐容能に対する効果を検討することである。

II. 方 法

A. 対象

対象は、当院にて2000年から2004年の間に診療された症状の安定している慢性期の男性心疾患患者19症例〔66.2±5.7歳、冠動脈バイパス術後/冠動脈インターベンション後/大動脈弁置換術後：11/7/1、左室駆出率(EF)54.0±15.8%〕であった。対象例はすべて本研究前から当院にて運動処方が退院時に作成され、自宅にてAnaerobic Threshold(AT)強度でのウォーキングを中心とした非監視型運動療法を、1日合計30分以上、週3回以上で36.0±15.6ヶ月間を継続していた。本研究計画は、埼玉医科大学の倫理委員会で審査を受けた後、当院にて外来にてリハビリテーションを実施していた対象に文書および口頭にて本研究の目的、方法などを説明して参加の同意を求めた。参加の同意を得ることができた対象に対し、被験者自身がレジスタンストレーニングを実施してみたいと回答した対象に対して、従来の運動療法に自重を利用したレジスタンストレーニングを加えたT群9名とし、それ以外の対象を従来の運動療法をそのまま継続したC群10名に振り分けた。また、個人の自由意志による参加を尊重し、途中で研究から離脱する権利も有することを伝え、本人の意思において本実験に参加した。なお、運動により虚血や不整脈が誘発される例および重度の運動器疾患を有する症例は除外した。T群とC群の間に臨床的背景について有意差は認めなかった(Table 1, Table 2)。

B. レジスタンストレーニングの方法

トレーニング種目は、用具を用いず自重を利用しておこなう種目の中から、上肢1種目(プッシュアップ)、体幹1種目(トランクカール)、下肢2種目(スクワット、スタンディング・カーフレイズ)を選択した(Fig.1)。トレーニング強度は、先行研究を参考にややきつと感じる強度(RPE11~13程度)で^{14,15)}、1セット10回の反復とし、各種目2~3セット

Table 1. Subject characteristics

	<i>T-Group</i>	<i>C-Group</i>	<i>P</i>
<i>Age(yr)</i>	63.2±4.5	68.8±5.6	n.s
<i>Height(cm)</i>	162.3±4.5	162.4±3.9	n.s
<i>Weight(kg)</i>	64.3±3.4	63.7±8.6	n.s
<i>BMI(kg/m²)</i>	24.4±1.1	24.2±3.0	n.s
<i>LVEF (%)</i>	51.0±13.7	57.0±18.0	n.s
<i>Period after procedure (Months)</i>	45.5±67.3	47.3±11.2	n.s

Values are mean ± SD

T : Training C : Control

LVEF : Left ventricular ejection fraction

Table 2. Medicines

	<i>T-Group</i>	<i>C-group</i>	<i>p</i>
	(%)	(%)	
<i>ACE inhibitor</i>	55.6	50	n.s
<i>β-Blocker</i>	11.1	20	n.s
<i>Diuretics</i>	33.3	60	n.s

T : Training C : Control

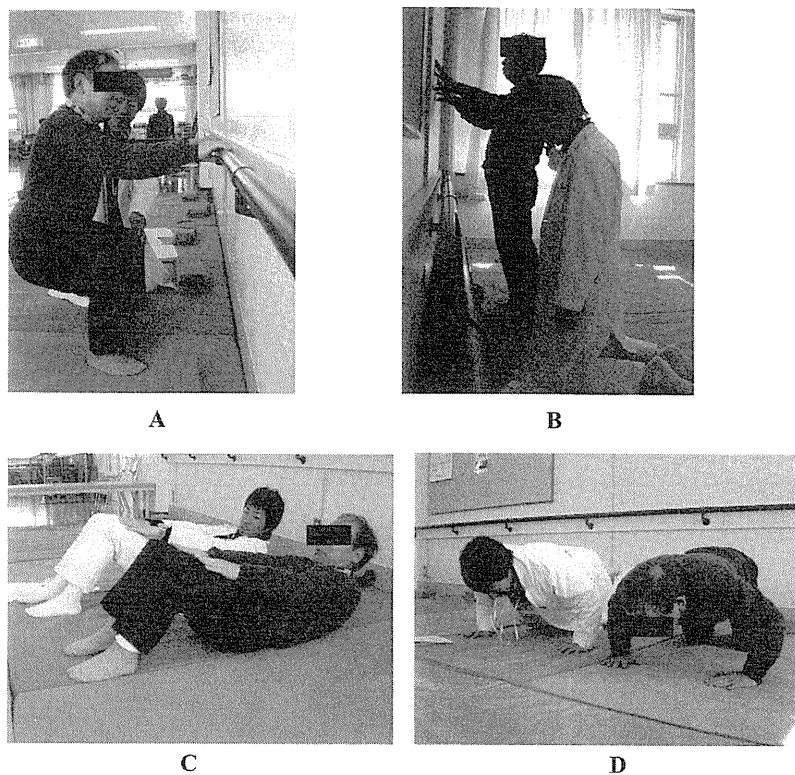


Fig.1 Resistance training program.

A: Squat training. B: Standing Calf raises training. C: Trunk curls training. D: Push up training.

トおこなうように指導した。また、関節にかかる負担を軽減し障害の発生を予防するために、トレーニング動作はゆっくりとおこなうよう指導した。トレーニング動作時の呼吸は、基本的に力を入れるときに息を吐き、力が入っていない時に息を吸うようにし、トレーニング動作時に呼吸を止めないように注意した。そして、トレーニング頻度は少なくとも週3回以上おこなうように指示した。これらは全て非監視下で行われた。

レジスタンストレーニング導入にあたって、各種目の実践方法を詳細に説明したパンフレットを配布し、合わせてトレーニング指導の専門家(体育系大学教員)による実技指導を十分におこなった。また、トレーニングは自宅で行う非監視型を基本とし、実施状況に関しては運動実践記録用紙にて評価した。

C. 有酸素運動の方法

T群およびC群ともに、本研究前から当院にて運動処方を作成された、Anaerobic Threshold(AT)強度でのウォーキングを中心とした非監視型の有酸素運動を、1日合計30分以上、週3回以上行った。

D. 測定項目

すべての対象例においては研究開始前および3ヵ月後に心肺運動負荷試験(CPX)を症候限界性で行い、最高酸素摂取量($\text{peak}\dot{V}O_2$)、最高仕事率(watt)を求めた。CPXには、自転車エルゴメーター(COMBI社製、232C-XL)を使用し、そのプロトコルとしては、安静3分後、0watt4分間のwarm-upに続く毎分15watt増加のramp負荷法を用いた。CPXの中止基準は先行研究に準じた¹⁶⁾。 $\text{Peak}\dot{V}O_2$

は、測定中における酸素摂取量の最高値と定義した。検査中はモニター心電計(フクダ電子社製ML6500)を用いて12誘導心電図を記録し、自動血圧計(コーリン社製STBP-780)を用いて1分毎に血圧を測定した。呼気ガス測定は、Oxycon-Alpha(Mijnhardt社製)にてbreath-by-breathモードで行った。

脚筋力の測定にはストレングスエルゴメーター(三菱電機社製Strength Ergo.240)を用いて行った。回転数を50rpm/分に固定し、3回の全力ペダリングを1セットとして、2分間の休息をはさみ3セット行い、両下肢の最大ピークトルクの平均値を脚筋力の指標とした。なお、安全性を確認するために、筋力測定前に安静時12誘導心電図検査を実施。また、安静時の血圧測定を行い、医師立会いのもとに施行し、全力ペダリング3回目終了後に血圧を測定した(Table 3)。

E. 統計解析

統計処理には、統計処理ソフトDr. SPSS II for Windows(Ver.11.0.1J)を用いて行った。各測定項目の値は、平均値±標準偏差で表示した。臨床的背景の群間の比較には対応のないt検定を用いた。各測定値の群間の比較は二元配置分散分析およびBonferroniの多重比較法を用いて解析した。Peak torqueの改善率と $\text{Peak}\dot{V}O_2$ の改善率の関連性の検討にはPearsonの相関係数を用いた。なお、統計上の有意水準は5%未満とした。

III. 結 果

本研究期間中、両群ともに胸痛や不整脈など心血管イベントを訴える例は無く、脱落者もいなかった。

Table 3. Change of Blood pressure before and after strength test for 3 month

	T-Group				
	Pre		Post		P
	Before	After	Before	After	
SBP	134.0±16.3	132.5±23.6	132.9±12.8	146.0±25.1	n.s
DBP	80.4±10.1	80.3±11.9	83.1±7.5	82.0±10.6	n.s
	C-Group				
	Pre		Post		P
	Before	After	Before	After	
SBP	132.8±21.1	137.8±24.3	125.6±20.3	134.9±23.7	n.s
DBP	79.4±13.2	74.3±12.3	75.6±10.1	73.8±14.5	n.s

Values are mean ± SD

SBP : systolic blood pressure
DBP : diastolic blood pressure

また、筋力測定前に安静時12誘導心電図検査においては異常所見を認めなかった。筋力測定開始前と測定終了後に行った血圧は、T群およびC群ともに有意な変化を認めなかった。

T群のレジスタンストレーニング実施期間は、 42.9 ± 21.3 日（平均週3.6日）であった。また、有酸素運動はT群、C群ともにこれまで通り行っていた。

Fig.2に、両群のレジスタンストレーニング期間前後におけるピークトルク値の変化を示した。脚筋力は、単純主効果検定の結果について交互作用は有意でない（群×測定時期： $p=0.075$ ）ものの、T群において 121.1 ± 15.4 から 128.1 ± 21.0 N・mへと有意に改善し（ $p<0.05$ ）、C群では 108.6 ± 15.0 N・mから 109.3 ± 17.0 N・mへと変化を認めなかった。

Fig.3に、両群のレジスタンストレーニング期間前後におけるPeak $\dot{V}O_2$ の変化を示した。T群とC群の間には、群×測定時期において有意な交互作用を認めた（ $p<0.01$ ）。Peak $\dot{V}O_2$ はT群で 1196.3 ± 133.7 から 1332.9 ± 220.8 ml/minへと改善した（ $p<0.05$ ）が、C群では 1282.3 ± 212.3 から 1187.7 ± 246.9 ml/minへと変化を認めなかった。また、Peak wattは、T群とC群の間には、群×測定時期において有意な交互作用を認めた（ $p<0.01$ ）。T群で 100.1 ± 12.0 から 109.8 ± 16.5 wattへと改善（ $p<0.05$ ）したが、C群では 105.7 ± 14.0 から 106.3 ± 14.9 wattへと変化を認めなかった（Fig 4）。

レジスタンストレーニング後のPeak $\dot{V}O_2$ 改善に対する脚筋力の影響を明らかにするために、Peak $\dot{V}O_2$ の改善率とピークトルク値の改善率の相関関係を調べたが、両者の間に関連性は認めなかった（ $r=-0.49$, $p=0.89$ ）。

IV. 考 察

有酸素運動に加えて、非監視下での自重を用いたレジスタンストレーニングを慢性期心疾患患者に在宅で3ヶ月間おこなった結果、脚筋力のみならず、2群間において運動耐容能にも交互作用が認められた。運動耐容能は心疾患患者の優れた予後予測指標であり¹⁷⁾、運動療法によって確実に改善する^{18,19)}。しかし、心疾患患者の運動耐容能は、運動療法を長期間継続すると次第に改善度が小さくなり、運動療法開始6ヶ月以降は改善が認められなくなると報告されている^{20,21)}。本研究の結果は、約3年間の

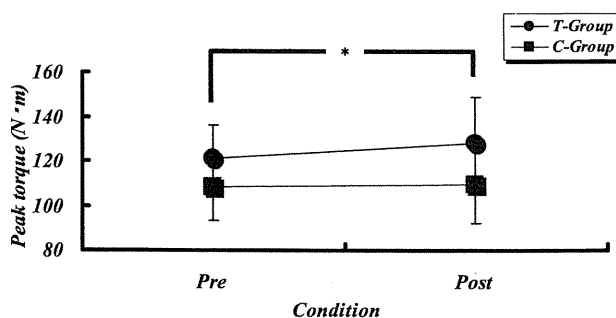


Fig.2 Change of Peak torque before and after resistance training for 3 month.
Values are mean ± SD
* <0.05 (Bonferroni)

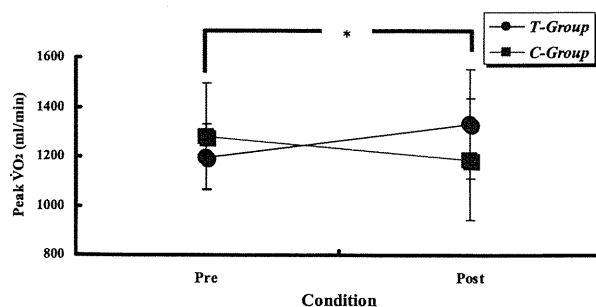


Fig.3 Change of Peak $\dot{V}O_2$ before and after resistance training for 3 month.
Values are mean ± SD
* <0.05 (Bonferroni)

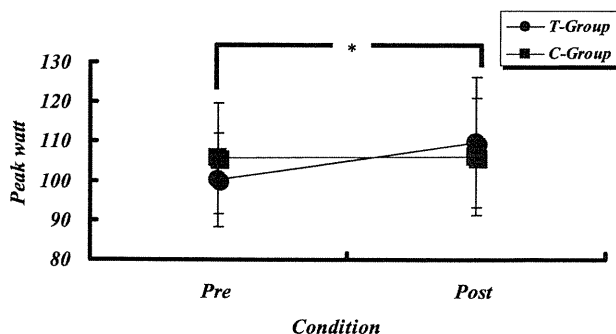


Fig.4 Change of Peak watt before and after resistance training for 3 month.
Values are mean ± SD
* <0.05 (Bonferroni)

ウォーキングを中心とした長期間運動療法を継続した慢性期心疾患患者であっても、非監視型による簡便なレジスタンストレーニングの併用により一層の運動耐容能改善が期待できることを示唆している。

本報告でのトレーニング方法は、非監視型によって簡便な動作で自重を用いてトレーニングをおこなうため、特別な機器や場所を必要としない。また、

トレーニングのために定期的に施設に行く必要がなく、移動時間や開館時間に合わせてトレーニングを行わなければならないなどの時間的な制約も少ない。そのため慢性期心疾患患者が長期にわたって運動を実施するには有用な手段と考えられる。

レジスタンストレーニングが回復期の心疾患患者の運動耐容能を改善することは既に多く報告されている。Neilらによると、回復期冠動脈疾患患者を対象としたレジスタンストレーニングと有酸素トレーニングの併用は最高酸素摂取量を大きく改善した¹¹⁾。角出らは、弁膜症術後患者と冠動脈バイパス術後患者を対象に監視型のレジスタンストレーニングと有酸素トレーニングの併用療法を6ヶ月間行なったところ、膝伸展ピークトルクと最高酸素摂取量が改善したと報告した²²⁾。さらに、柳澤らは、回復期急性心筋梗塞(AMI)症例38例を対象にレジスタンストレーニングと有酸素トレーニングを併用したところ、膝伸展ピークトルクのみならずATも改善したことを報告した²³⁾。以上の報告は監視型のトレーニングであり、トレーニングの実施には特別な機器が必要となるが、体力の改善に合わせ負荷を調整することができるなどの利点がある。しかしその反面、個人が器具を購入してトレーニングを行うのは困難であり、専門の施設に行かなければならないなどの時間的な制約が生じ、特に仕事を行っている慢性期の心疾患患者にとっては、定期的に昼間などの時間に施設に行くことは困難となる。また、器具を使ってのトレーニングには専門的な知識が必要であり、トレーニングフォームの習得にも時間を要する。そのため、これらの訓練法を在宅で長期間行うことは困難である。

レジスタンストレーニングにおける非監視型症例として、Alanらは、健常高齢者を対象とした非監視型によるレジスタンストレーニングを、トレーニング群と非トレーニング群の2群に分けて12週間行なったところ、トレーニング群において有意に筋力の改善が認められたと報告している²⁴⁾。これに対して我々の研究では、有酸素運動とレジスタンストレーニングを併用した結果、非監視型であっても筋力のみならず運動耐容能にも改善を認めた。

ただし、Peak $\dot{V}O_2$ と脚筋力には相関が認められず、心疾患患者の有酸素運動とレジスタンストレーニング併用による運動耐容能の改善には必ずしも脚

筋力向上だけではなく、それ以外の要因も関連すると推察できる。そのメカニズムの詳細は不明だが、心不全患者におけるレジスタンストレーニングが大腿四頭筋外側広筋のミトコンドリアサイズを増大したこと²⁵⁾、また、レジスタンストレーニングと有酸素運動を併用しておこなったところ下肢毛細血管密度の増加が認められていることなどが²⁶⁾、レジスタンストレーニングが活動筋での酸素利用能を改善し、そのことが運動耐容能改善をもたらした一要因と思われる。

本研究において、コントロール群ではこれまでと同様に有酸素運動を継続していたが、筋力やPeak $\dot{V}O_2$ に何ら変化が認められなかった。これらの事から長期間運動療法を行ってきた心疾患患者の運動耐容能を高めるためにはレジスタンストレーニングを併用する事が重要であることが示唆された。

以前は、心疾患患者に対するレジスタンストレーニングは血圧の上昇や不整脈を誘発する危険性が高いと考えられており、積極的に実施されることはなかった。しかし近年、レジスタンストレーニングは心疾患患者に安全に実施できるとの報告が多く見受けられる^{27, 28, 29)}。本研究においても、研究で用いた自重によるトレーニング強度は心リハ学会によるガイドラインに準じているものであり、研究期間中にトレーニングと関連したイベントは生じておらず、心疾患患者のレジスタンストレーニングの安全性および妥当性が改めて確認された。

本研究にはいくつかの限界がある。まずは、対象の例数が少なく男性のみであること、またトレーニング期間が短い点である。このため、得られた結論は限定的である。今後更に対象を拡大し症例数を増やし、トレーニング期間を延長して検討することが望まれる。

V. 結 論

有酸素運動と併用して行う自重を用いた在宅でのレジスタンストレーニングは慢性期心疾患患者の運動耐容能を改善することを確認した。ウォーキングを中心とした有酸素運動の長期継続によって運動耐容能の大きな改善が見込めなくなった心疾患患者に対し、自宅で行う簡便なレジスタンストレーニングを勧めることは意義があると思われた。

謝 辞

本稿の完成にあたり、本研究に対し、ご理解とご協力を頂きました埼玉医科大学リハビリテーション科内田龍制先生、データ解析にあたり、貴重なアドバイスを賜りました文教大学人間科学部心理学科石原俊一先生に深謝いたします。

(受理日 平成23年1月11日)

文 献

- 1) Tsuzuku Shigeki, Kajioka Taeko, Endo Hidetoshi, Abbott Robert D, Curb J. David and Yano Katsuhiko: Favorable effects of non-instrumental resistance training on fat distribution and metabolic profiles in healthy elderly people. *Eur J Appl Physio*, 99, 549-555, 2007.
- 2) Fletcher GF, Froelicher VF, Hartley LH, Hakell WL and Pollock ML: Exercise standards. A statement for health professionals from the American Heart Association. *Circulation*, 82(6), 2286-2322, 1990.
- 3) アメリカスポーツ医学会編, 日本体力医学会 (監訳): 運動処方指針, 運動負荷試験と運動プログラム原著第6版175-178, 2001.
- 4) Rantanen Taina, Volpato Stefano, Ferrucci Luigi, Heikkinen Eino, Fried Linda P, and Guralnik Jack M: Handgrip strength and cause-specific and total mortality in older disabled women: Exploring the mechanism. *Journal of American Geriatrics Society*, 51, 636-641, 2003.
- 5) Holly Syddall, Cyrus Cooper, Finbarr Martin, Roger Briggs and Avan Aihie Sayer: Is grip strength a useful single marker of frailty? *Age and Ageing*, 32(6), 650-656, 2003.
- 6) 松永篤彦, 神谷健太郎, 増田卓: 入院期心臓リハビリテーションプログラム終了時の虚血性心疾患患者の下肢筋力と運動耐容能の関係 PTジャーナル37(2) 156-162, 2003.
- 7) 長田尚彦, 田辺一彦: 運動負荷試験に対する筋力の影響 診療と新薬30(3), 502-507, 1993.
- 8) John R. Minotti, Ian Christoph Oka, Michael W. Weiner, Lauren Wells, and Barry M. Massie: Impaired Skeletal Muscle Function in Patients with Congestive Heart Failure -Relationship to Systemic Exercise Performance- *The Journal of Clinical Investigation, Inc.* 88, 2077-2082, 1991.
- 9) 山崎祐司, 山田純生, 渡辺敏, 三好邦達, 田辺一彦, 長田尚彦, 村山正博, 前田秀博: 心筋梗塞患者の下肢筋力-下肢筋力と歩行, 運動耐容能の関連 総合リハビリテーション(22) 141-44, 1994.
- 10) Ainat Beniaminovitz, Chim C. Lang, John LaManca, Donna M. Mancini: Selective Low-Level Leg Muscle Training Alleviates Dyspnea in With Heart Failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 40(9), 1602-1608, 2002.
- 11) Neil McCartney, Robert S. McKelvie, David R. S. Haslam and Norman L. Jones: Usefulness of Weightlifting Training in Improving Strength and Maximal Power Output in Coronary Artery Disease. *Am J Cardiol*, 67, 939-945, 1991.
- 12) O'Connor GT, Burning JE, Yusuf S, Goldhaber SZ, Olmstead EM, Paffenbarger RS, Jr and Hennekens CH: An overview of randomized trials of rehabilitation with exercise after myocardial infarction. *Circulation*, 80(26), 234-244, 1989.
- 13) Oldridge NB, Guyatt GH, Fischer ME and Rimm AA: Cardiac rehabilitation after myocardial infarction. Combined experience of randomized clinical trials. *JAMA*, 260(17), 945-950, 1988.
- 14) 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 adults. *Med Sci Sports Exerc*, 30: 975-991, 1998.
- 15) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン(2006年度合同研究班報告) 心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン(2007年改訂版) 社団法人 日本循環器学会40, 26-27, 2006.
- 16) 水野康, 福田一蔵: 循環器負荷試験法(改定第3版) 診断と治療社1991.
- 17) 木全心一, 斉藤宗靖, 伊東春樹, 野原隆司, 山田純生, 加藤理, 大宮一人: 狭心症・心筋梗塞のリハビリテーション 株式会社南江堂 改訂第3版 運動処方作成のための運動負荷試験 東京, 101, 1999.
- 18) 佐藤真治, 牧田茂, 内田龍制, 樋田あゆみ, 間嶋満: 太極拳が高齢心疾患患者の運動耐容能に及ぼす影響 心臓リハビリテーション, 11(1), 137-139, 2006.
- 19) 牧田茂, 澤貴広, 間嶋満: 冠動脈バイパス術後の心臓リハビリテーションにおける運動強度と運動耐容能の変化 日本臨床スポーツ医学会誌, 10(3), 456-462, 2002.
- 20) 佐藤真治, 牧田茂, 樋田あゆみ, 間嶋満: 冠動脈バイパス術後患者の運動後副交感神経再興奮機能の回復過程 心臓リハビリテーション, 8(1), 78-81, 2003.
- 21) 窪園琢郎, 加藤理, 小池朗, 前田知子, 大原礼子, 長山医, 稲川香織, 玉腰久美子, 田嶋明彦, 青木啓一, 相澤忠範, 飯沼宏之, 傳隆康, 伊東春樹: 心臓術後の運動耐容能の中期的変化 日本心臓リハビリテーション学会誌, 7(1), 113-115, 2002.
- 22) 角出貴宏, 大村寛敏, 砂山聡, 大西朋, 佐藤裕之, 代田浩之: 心臓弁膜症術後症例における下肢筋力と運動耐容能 心臓リハビリテーション, 11(1) 94-97, 2006.
- 23) 柳澤千香子, 鈴木昭広, 押見雅義, 斉藤恵, 斉藤康人, 横関真理, 鶴崎哲士, 石川哲也, 州川明久, 永澤英孝: 心臓リハビリテーションプログラムにおける筋力トレーニングの運動耐容能に対する影響 理学療法学, 31(2), 268S, 2004.
- 24) Alan E. Mikesky, Robert Topp, Janet K. Wiggles-

- worth, David M. Harsha, Jeffrey E. Edwards: Efficacy of a home-based training program for older adults using elastic tubing. *Eur J Appl Physiol*, 69, 316-320, 1994.
- 25) Santoro Cheryl, Cosmas Arthur, Forman Danial, Morghan Alia, Bariros Lynn, Levesque Sebrina, Roubenoff Ronenn, Hennessey James, Lamont Linda Manfredi Thomas: Exercise training alters skeletal muscle mitochondrial morphometry in heart failure patients. *Journal of Cardiovascular Risk*, 9(6), 377-381, 2002.
- 26) Hepple, R.T., S. L. M.Mackinnon, J. M. Goodman, S. G. Thomas and M. J. Plyley: Resistance and aerobic training in older men: effects on $\dot{V}O_{2peak}$ and the capillary supply to skeletal muscle. *J Appl Physiol*, 82(4), 1305-1310, 1997.
- 27) 山崎祐司, 山田純生, 渡辺敏, 長谷川輝美, 三好邦達, 田辺一彦, 長田尚彦, 中山大, 村山博, 前田秀博: 心筋梗塞患者に対する筋力増強訓練の安全性の検討 診療と新薬, 31(3), 313-316, 1994.
- 28) 山崎祐司, 山田純生, 田辺一彦, 長田尚彦, 村山正博: 心疾患患者に対する筋力トレーニング 理学療法学, 22(7), 427-432, 1995.
- 29) 山崎祐司, 山田純生, 渡辺敏, 長谷川輝美, 青木治人, 田辺一彦, 長田尚彦, 伊東春, 村山正博: 回復期心疾患患者に対する筋力トレーニングの安全性 理学療法ジャーナル, 30(2), 120-124, 1996.

●第13回重症心不全治療フォーラム

6. LVAD 患者の社会復帰を目指した リハビリテーション—現状と今後の課題

牧 田 茂¹

はじめに

内科的治療に反応しない末期的重症心不全に対する左室補助人工心臓(LVAD)は有効な治療法であるが、わが国では依然ドナー不足のため、移植待機のためのLVAD装着期間が長期にわたっている。しかし、次世代の定常流型VADが開発され一般臨床に広く応用される時期が近づいている。このような状況下でLVAD患者への心臓リハビリテーションは今後ますます重要になるといえる。

リハビリプログラム

LVAD装着前の患者は、長期臥床のために極度の廃用症候群を呈している。したがって、LVADにより循環動態が回復したとはいえ、リハビリテーションにより積極的に離床を行って基本動作や移動動作の自立を図っていかねばならない。当院では心臓血管外科病棟に専属理学療法士(PT)を配属してLVAD装着後早期リハビリテーションを開始し、不必要な廃用状態の継続を防ぐようにしている。離床から歩行にかけては、血液ポンプの血液充満状態が姿勢により変化するため、臨床工学技士が立ち会って、VAD駆動条件の設定を適宜変更しながらリハビリテーションを実施している。500m連続歩行が確実に可能となった時点で心肺運動負荷試験(CPX)を実施する。

重症心不全患者では、廃用が著しいため筋力低

下によりADLが向上しない症例を経験する。この場合、レジスタンストレーニングを早期から開始して筋力向上を図ることが重要と思われる。われわれは、トレッドミル歩行や自転車エルゴメータといった有酸素トレーニングの他に、上肢や下肢のレジスタンストレーニングを積極的に取り入れている。

運動耐容能の改善

LVAD装着後血行動態が安定化すれば、上記のごとく早期の離床訓練を含めたりハビリテーションが必要であることはもちろんであるが、持久能力回復には病棟内歩行訓練だけでなく、自転車こぎやトレッドミル歩行などの定量的な有酸素トレーニングが用いられているのが通常となっている^{1,2)}。

欧米においてLVAD患者の長期にわたるリハビリテーション経過をまとめた論文は数少ない。Morroneらは、34名のLVAD患者のリハビリテーションを後方視的に分析している³⁾。その結果、離床開始が術後平均12日目で、移動自立が平均24日目であった。トレッドミルでの歩行トレーニングは平均27日目で開始し、ボルグスケールの11から13を目標に実施した。術後6~8週で耐容能が最大となり、傾斜2%で速さ2.1マイル/時間の歩行を20~30分間行えるようになった。

われわれは、LVAD患者のAT(嫌気性代謝閾値)レベルでの有酸素トレーニングの効果を3カ

¹ 埼玉医科大学国際医療センター心臓リハビリテーション科(〒350-1298 埼玉県日高市山根1397-1) Shigeru Makita: Department of Cardiac Rehabilitation, International Medical Center, Saitama Medical University

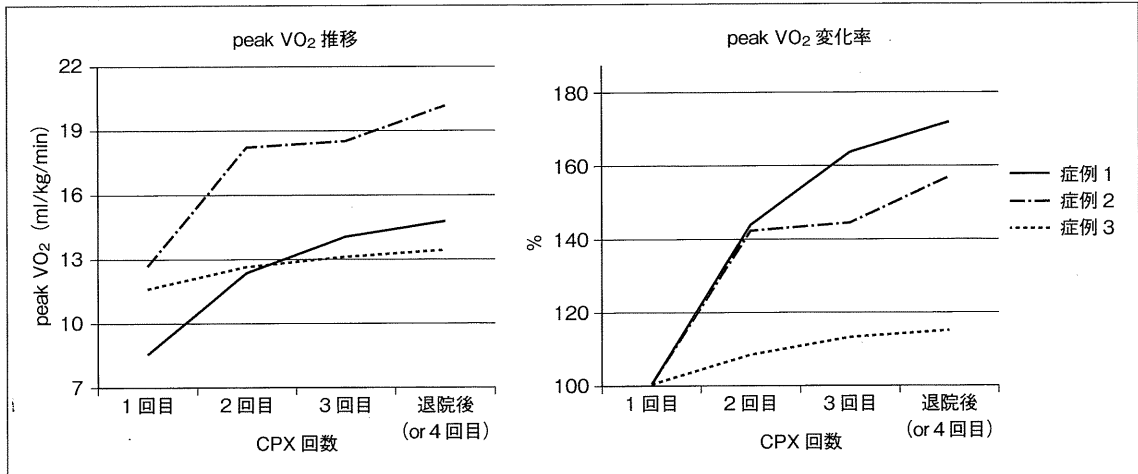


図1 EVAHEART 装着症例の運動耐容能の推移(TOYOBO-LVADと比較して)
 症例1, 2はEVAHEART 装着例であり, TOYOBOは20例の平均値である。
 TOYOBO-LVADと比べ, EVAHEART 装着症例では高い運動耐容能の改善が認められた。

月間観察した。対象は20名のLVAD患者(男性10名, 女性10名:平均年齢 36.4 ± 12.2 歳)であり, 基礎疾患は拡張型心筋症10名, 虚血性心筋症4名, その他6名であった。CPXは毎分10ワット上昇するランプ負荷を症候限界性に行いATを決定した。そしてATレベル強度を参考にして自転車こぎを隔日に30分間行い, 残りの日は廊下歩行トレーニングを実施した。このトレーニングプログラムを3カ月間行い, 開始時と3カ月後の耐容能を比較した。その結果, peak VO₂は 11.7 ± 2.7 から 13.3 ± 4.1 ml/kg/min ($p < 0.01$)と有意な増加を示し, 増加率は平均13.1%であった。運動耐容能の推移については, 装着後の最初の1カ月の上昇が顕著で, その後の2カ月は緩やかに上昇する傾向にあり, トレーニングを導入してからの1カ月間に, 計画されたトレーニングが継続できるかが耐容能の改善を左右すると考えられた。

また, 自己心の回復によるLVAD離脱例を検討すると, 非離脱例と比較して装着後の3カ月間のpeak VO₂の増加が顕著な症例に離脱例が多い傾向があり, CPXをLVAD離脱判定に用いる可能性が示唆された。有酸素トレーニングを継続してもpeak VO₂の向上が大きくみられない症例についても, 耐容能を維持することは移植手術や

その後のリハビリテーションを順調に進めるうえでも, LVAD装着中のリハビリテーションが重要であると考えられた。

次世代型LVAD

EVAHEART 装着患者の有酸素トレーニングによる耐容能の変化をTOYOBO-LVADと比較した(図1)。2例の経験であるが, TOYOBO 装着の20例の平均値と比較して顕著な増加がみられた。変化率をみると, EVAHEARTは60%あまり改善したが, TOYOBOのほうは15%弱の増加にとどまっていた。この差はポンプ流量の差であることが考えられ, 次世代植込み型LVADのポンプ流量が従来型の日本で頻用されているLVADと比べ, 格段に向上していることがうかがわれ, これが耐容能の差に表れたといえる。耐容能の改善という視点でみると, TOYOBO-LVADを装着し病院内で生活する場合は問題ないと考えられるが, 退院後の社会復帰まで視野に入れた場合, 次世代定常流型LVADのほうははるかに優れている。

まとめ

植込み型LVADが普及すれば, 移植待機またはdestination therapyとして家庭または地域社

会に復帰して通常生活が可能となる。そのためには、LVAD患者への体力維持・向上や生活指導を目的とした心臓リハビリテーションが必要不可欠となってくる。今後は、地域社会で生活する植込み型LVAD患者のQOLに配慮した取り組みと、社会復帰したLVAD患者の長期フォローも必要と考える。

文 献

- 1) 中谷武嗣：補助人工心臓装着患者のリハビリテーション。人工臓器 25:889-896, 1996
- 2) 牧田 茂, 佐藤真治, 櫻田弘治, 他：LVASを装着した重症心不全患者のリハビリテーション—CABG後患者との運動耐容能の比較。心臓リハビリテーション 8:26-28, 2003
- 3) Marrone TM, Buck LA, Catanese KA, et al: Early progressive mobilization of patients with left ventricular assist device is safe and optimizes recovery before heart transplantation. J Heart Lung Transplant 15: 423-429, 1996

心臓・末梢血管疾患*

牧田 茂¹⁾

Key Words : 心臓リハビリテーション, 心臓リハビリテーション指導士

はじめに

心臓, 大血管ならびに末梢血管疾患を対象とする心臓リハビリテーションは, 多くのエビデンスが確立されており, 欧米では広く行われているが, わが国はまだその普及が立ち遅れているのが現状である. 2000 年度から実施されている特定保健指導でターゲットになっているメタボリックシンドロームであるが, この取り組みは動脈硬化性疾患の発症予防を目的としている. そのためには, 生活習慣改善が重要であり, 身体活動を増やし運動習慣を獲得し, さらに食事習慣の改善ならびに禁煙に対する働きかけが対策として挙げられている. このように考えると, 心臓リハビリテーションのアプローチは, メタボリックシンドロームへのアプローチと全く同じであるということがわかる.

心臓リハビリテーションの目的とするところは, 動脈硬化性疾患の再発ならびに増悪予防 (二次予防) のみならず, 発症予防 (一次予防) も含んでいることを強調したい. さらに, 運動療法を中心とするアプローチは, 動脈硬化悪化を防ぎ, 体力レベルの維持・向上を目指しており, 自立した生活の維持を通じて QOL (生活の質) 向上をも含んでいる. したがって, 高齢化社会に向かうわが国にとって重要な本質的治療法と言える.

心臓リハビリテーションの効果のエビデンスと機序 (表 1)¹⁾

心臓リハビリテーションの予後改善効果についてはすでにメタ分析などで実証されており, さらにそれ以外の多面的効果 (pleiotropic effect) が認められている. 近年では運動療法における分子生物学的機序についても徐々に明らかにされつつある.

1. 予後改善

運動療法を主体とした包括的心臓リハビリテーションの予後改善効果に関しては, 1989 年に O'Connor ら²⁾が 22 の randomized trial の結果を報告している. 4,554 名の患者を平均 3 年間フォローアップした結果, 総死亡のオッズ比は 0.80, 心血管系死亡は 0.78, 致死的な心筋梗塞は 0.75 であり, 有意な減少効果が導き出された. また梗塞後の突然死に関しては, 1 年後のオッズ比が 0.63 と有意であったが, 2 年後, 3 年後では減少は認められたものの有意ではなかった. また, 非致死的な心筋梗塞に関しては有意差が出なかった. 以上から, 心臓リハビリテーションによりおよそ 20% のリスク軽減効果が期待できるとしている.

Witt ら³⁾は, Minnesota 州の Olmsted Country での地域全体の急性心筋梗塞 (acute myocardial infarction; AMI) 患者の心臓リハビリテーション参加率について調査した. 1982~1998 年の間に発

* Cardiovascular disease.

¹⁾ 埼玉医科大学国際医療センター心臓リハビリテーション科: ☎350-1298 日高市大字山根 1397-1

Shigeru Makita, MD, PhD: Department of Cardiac Rehabilitation, Saitama International Medical Center, Saitama Medical University

表 1 運動療法の身体効果

項目	内容	ランク
運動耐容能	最高酸素摂取量増加	A
	嫌気性代謝閾値増加	A
症状	心筋虚血閾値の上昇による狭心症発作の軽減	A
	同一労作時の心不全症状の軽減	A
呼吸	最大下同一負荷強度での換気量減少	A
心臓	最大下同一負荷強度での心拍数減少	A
	最大下同一負荷強度での心仕事量（心臓二重積）減少	A
	左室リモデリングの抑制	A
	左室収縮機能を増悪せず	A
	左室拡張機能改善	B
	心筋代謝改善	B
冠動脈	冠狭窄病変の進展抑制	A
	心筋灌流の改善	B
	冠動脈血管内皮依存性、非依存性拡張反応の改善	B
中心循環	最大動静脈酸素較差の増大	B
末梢循環	安静時、運動時の総末梢血管抵抗減少	B
	末梢動脈血管内皮機能の改善	B
炎症性指標	CRP, 炎症性サイトカインの減少	B
骨格筋	ミトコンドリアの増加	B
	骨格筋酸化酵素活性の増大	B
	骨格筋毛細管密度の増加	B
	II型からI型への筋線維型の変換	B
冠危険因子	収縮期血圧の低下	A
	HDL コレステロール増加, 中性脂肪減少	A
	喫煙率減少	A
自律神経	交感神経緊張の低下	A
	副交感神経緊張亢進	
	圧受容体反射感受性の改善	B
血液	血小板凝集能低下	B
	血液凝固能低下	B
予後	冠動脈性事故発生率の減少	A
	心不全増悪による入院の減少	A (CAD)
	生命予後の改善 (全死亡, 心臓死の減少)	A (CAD)

A: 証拠が十分であるもの, B: 報告の質は高いが報告数が十分でないもの
CAD: 冠動脈疾患

(文献¹⁾引用)

症した AMI 患者 2,019 名のうち、病院内死亡を除いた 1,821 名の心臓リハビリテーション参加率は 55% (男性: 67%, 女性 38%) で、心臓リハビリテーション参加群の死亡ならびに再梗塞のリスクは、非参加群と比べ有意に低く、Olmsted Country 全体の標準的な生存率と同等であった。また Suaya ら⁴⁾は、65 歳以上の Medicare 受給者の診療明細から約 60 万人の冠動脈疾患患者の心臓リハビリテーション参加による影響を調査した

(図 1)。その結果、心臓リハビリテーション参加率は 12.2% と少ない値であったが、5 年後の死亡率は交絡因子を調整しても心臓リハビリテーション参加群が 21~34% も減少した。また、心臓リハビリテーション参加者群のなかで参加回数が多いグループ (25 セッション以上) は、少ないグループと比較して死亡率が 19% も減少した。これらの結果は、若年者を対象にした従来の無作為比較対象試験やメタ解析の結果とほぼ同等であった。

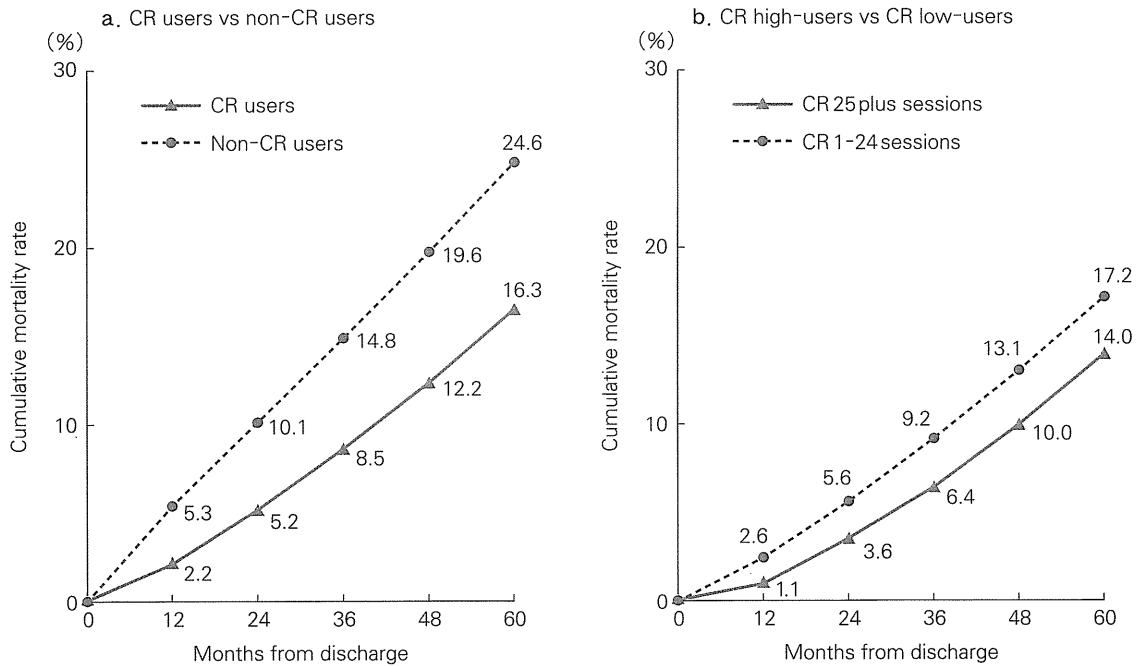


図 1 心臓リハビリテーション参加と非参加の累積死亡率⁴⁾
 縦軸は累積死亡率 横軸は退院後の月数
 CR users：心臓リハビリテーション参加者
 Non-CR users：非心臓リハビリテーション参加者
 High-CR users：25 セッション以上の心臓リハビリテーション参加者 CR 25 plus sessions
 Low-CR users：24 セッション以下の心臓リハビリテーション参加者 CR 1-24 sessions

2. 血管内皮機能改善

Schuler や Hambrecht らは、運動トレーニングにより、冠動脈の動脈硬化が進行した症例においても心筋灌流の改善が認められることを報告し⁵⁾、それを裏付ける根拠として運動が冠動脈における血管内皮機能に及ぼす影響を調べた⁶⁾。アセチルコリン投与により冠攣縮を生じる内皮機能異常を示す 19 人の患者を、コントロール群と運動療法群に無作為に分けた。4 週間の間隔をあけ、アセチルコリン冠動脈内注入による血管径変化と血流速度を計測した。コントロール群は通常の生活を継続した。その結果、開始前は両グループとも同様なアセチルコリンに対する血管反応を示したが、4 週間の運動トレーニング後はアセチルコリン投与に対する血管収縮反応は 54% 減少した。血管径の収縮はトレーニング前 0.41 ± 0.05 mm (mean \pm SE) であったのに対し、トレーニング後は 0.19 ± 0.07 mm に改善した。これはコントロー

ル群に比べ有意であった。以上より、運動トレーニングは冠動脈における血管内皮依存性の拡張反応を改善させ、これは心外膜側血管のみならず抵抗血管においても認められたと結論している。

血管内皮機能障害には、酸化ストレスが密接に関わっている。すなわち酸化ストレス物質が eNOS (内皮型 NO 合成酵素) 産生を抑え、内皮機能を低下させることが知られている。Adams ら⁷⁾ は冠動脈バイパス手術を行う冠動脈疾患患者の内胸動脈を用いて、運動トレーニングの抗酸化作用について無作為コントロール研究を行い、運動トレーニング群のほうがコントロール群と比較して NADP (H) 産生が有意に低下し、ROS (reactive oxygen species) 産生も減少すること、そして mRNA レベルでの AT₁-R (angiotensin II type 1 receptor) の発現が低下し、AT₂-R (angiotensin II type 2 receptor) の発現が増加することを報告した。これより、運動トレーニングが angiotensin II

による血管収縮を改善させる分子生物学的機序として、トレーニングが NADP (H) oxidase と AT₁-R 発現を減少させ、その結果、局所の ROS 産生を低下させることから血管内皮機能が改善すると結論づけた。

3. 自律神経機能改善

心筋梗塞後の運動療法における自律神経機能改善効果が注目されているが、La Rovere ら⁸⁾のグループによるこの研究は、運動トレーニングが副交感神経活動を亢進させ不整脈による突然死を長期に予防することを報告している。副交感神経機能を反映する baroreflex sensitivity (BRS) をマーカーとして梗塞後の死亡率の減少をみたものである。95 名の初回心筋梗塞男性連続症例を無作為に 4 週間の運動トレーニング群とコントロール群に振り分けた。その結果、4 週間後、トレーニング群は BRS が 26% 改善したが、コントロール群に変化はなかった。さらにトレーニング群のなかで BRS が 3 ms/mmHg 以上変化したものを responder、3 ms/mmHg 未満を non-responder として 10 年間の死亡率の差をみたところ、responder は 16 例中死亡 0、コントロール群と non-responder を加えたグループは 79 例中死亡 18 例 (23%) と両者間に有意な差が認められた。したがって、運動トレーニングは副交感神経活動を亢進させ、自律神経のバランスを好ましい方向に変える結果、梗塞後患者の長期予後を改善させるとしている。

4. 閉塞性動脈硬化症 (arteriosclerosis obliterance ; ASO) について

ASO は、粥状動脈硬化に起因する動脈内腔の狭窄によって末梢の循環障害を来した病態で、欧米では末梢動脈疾患 (peripheral arterial disease ; PAD) とも呼ばれている。ASO は、末梢の動脈閉塞性疾患の 90% 以上を占める疾患でわが国でも増加してきている。もっとも典型的な症状は間欠性跛行 (intermittent claudication) であるが、同時に糖尿病、高血圧、脂質異常症などを高率に合併し、しかも冠動脈疾患や脳血管疾患の合併率が高いこともよく知られた事実である。したがって、ASO 患者の治療に当たっては、症状を改善することを通じて QOL の向上を目指すと同時に、リスクファクターの是正と生命予後に影響する合併症

への対応も不可欠である。ASO の評価と治療に関する総合的なガイドラインが 2000 年に出されたが⁹⁾、2007 年に改訂され、欧州と北米を中心とした 16 関連学会の代表によるワーキンググループ (the Trans-Atlantic Inter-Society Consensus Document on Management of Peripheral Arterial Disease ; TASC) による TASC II が出された¹⁰⁾。ASO の治療は運動療法、薬物療法、侵襲的治療といった多様なアプローチが必要である。

普及での問題点と展望

Goto ら¹¹⁾は、2004 年にわが国における心臓リハビリテーションの実態についての全国レベルでの調査を実施した。その結果、循環器専門研修施設の 97% が AMI 患者を受け入れ、90% 以上の施設で冠動脈造影、PCI (percutaneous coronary intervention) ならびに緊急 PCI を実施していた。研修関連施設においても、84% の施設が AMI 患者を受け入れ、70% の施設が冠動脈造影を実施し、過半数の施設が PCI および緊急 PCI を実施していた。さらに、無作為抽出施設を加えた全体としても、約 70% の施設が AMI 患者を受け入れ、過半数の施設が冠動脈造影、PCI ならびに緊急 PCI を実施していた。これに対して、心臓リハビリテーション実施率は明らかに低く、AMI 患者に対して何らかのリハビリテーションを実施している施設は、研修施設で 49~53%、関連施設では 30~34% に過ぎなかった。また、回復期心臓リハビリテーションを実施している研修施設は 20%、関連施設で 8% に過ぎなかった。さらに、外来通院型心臓リハビリテーションを実施している施設は、研修施設でさえ 9% にすぎず、関連施設ではわずか 2% であった。

AMI 患者に対して心臓リハビリテーションを実施しない、またはできない理由として、スタッフ不足、設備不足、施設基準未取得の 3 点が挙げられた。上月¹²⁾は、これらの背景因子として、施設基準の厳しさと採算性の問題を挙げている。

施設基準に関しては、日本心臓リハビリテーション学会を中心として厚生労働省への働きかけを経年的に行い、2010 年度の診療報酬改定では、① 医療職専従・専任要件の緩和、② 循環器・心臓

表 2 心臓リハビリテーション指導士資格を得るための条件

<p>1) 日本心臓リハビリテーション学会入会歴通算 2 年以上</p> <p>2) 職種：医師、看護師、理学療法士、作業療法士、臨床検査技師、薬剤師、臨床工学技士、管理栄養士、臨床心理士、健康運動指導士のいずれかの資格を有すること</p> <p>3) 心臓リハビリテーション実地経験が 1 年以上：1 年に満たない場合は、毎年実施される心臓リハビリテーション研修制度を利用して、指定の研修施設（全国に 13 施設）で 40 時間の研修を受けて、研修終了証をもらうこと</p> <p>以上の条件を満たす者が、書類審査の後、講習会を受講し試験に合格しなければならない。</p> <p>書類審査：申請書、推薦状のほかに 10 症例の症例報告提出が必要である。</p> <p>講習会・試験：毎年 1 回（学術集会時に実施）行われる講習会を受講し試験を行う。</p> <p>費用：講習会費用 10,000 円、受験料ならびに審査料 15,000 円</p> <p>資格更新：5 年間に 50 単位の単位を取得する必要がある。認定期間中最低 1 回の学術集会参加の義務がある。更新料 10,000 円</p> <p>問い合わせ先：特定非営利活動法人日本心臓リハビリテーション学会事務局 ☎100-0003 東京都千代田区一ツ橋 1-1-1 パレスサイドビル 毎日学術フォーラム内 電話 03-6267-4550 ファックス 03-6267-4555 メール：jacr-gakkai@umin.ac.jp</p>
--

血管外科医師の「常時勤務」から「常勤」への変更，③心臓リハビリテーション訓練室の面積要件を部屋から場所（スペース）への変更，④連続呼吸ガス分析加算，の要望が通り，心臓リハビリテーションの普及に向けて施設基準が徐々に緩和しつつある。しかし，心臓リハビリテーションの質も担保していかなければならないことから，慎重に進めていく必要があり，特に質の高いスタッフの確保・教育が必要であると考える。

また，採算性の問題としては，後藤ら¹³⁾が指摘するごとく，わが国の平均的な AMI 受け入れ病院で想定される心臓リハビリテーション 1 セッションあたりの患者数は多くなく，心臓リハビリテーションの採算性向上をめざして 1 セッションあたりの患者数を増やすには，退院後心臓リハビリテーション継続率の向上，1 週あたりのセッション数の削減，開心術後患者の参加を図る必要があると述べている。

しかし，まず大事な点は，主治医となる循環器医ならびに心臓血管外科医が，心臓リハビリテーションに対して理解をもって患者に積極的に心臓リハビリテーションを勧めることが，患者の参加率を高める最も有効な手段であろう。それに向けて，循環器診療に携わる医療職種のみならず一般市民にも，心臓リハビリテーションのエビデンスや有効性をわかりやすく周知徹底し，重要性を啓

発することが望まれる。

実務者養成

多職種による包括的心臓リハビリテーションやチーム医療の実現のためには，心臓リハビリテーションに関する共通した目標・認識をもち，共通したことばでお互いを尊重しあってディスカッションをする必要がある。そして，普遍的な包括的心臓リハビリテーションの定着を期待し，さらに一次予防も目的とした運動療法などの遂行にあたり，専門知識をもって主導的役割を担う人材の育成が必要となった。そこで日本心臓リハビリテーション学会は，2000 年に心臓リハビリテーション指導士（registered instructor of cardiac rehabilitation；RICR）認定制度を発足させた。心臓リハビリテーション指導士になるために条件を表 2 にまとめた。

現在，心臓リハビリテーション指導士は 2,000 名を超える数までに達している。これまで急速に数を伸ばした理由として，心臓リハビリテーションを医療サービスとして提供していくなかで，医療機関側と患者側双方から必要とされていた資格であったと考えられる。もう一つ大きな理由として，診療報酬体系への組み込みに成功したことが挙げられる。心臓リハビリテーション施設基準の人的要件において，「心大血管リハビリテーション