症例報告

冠動脈形成術後に心臓リハビリテーションを施行した
慢性維持透析患者の3症例

種畑 昌明 浅井 勇輔 秋田谷 徹 佐々木 紀子
種畑 美奈子
琴似ロイヤル病院血液浄化センター

キーワード：慢性維持透析，経皮的冠動脈形成術，心臓リハビリテーション，嫌気性代謝閾値，心肺運動負荷試験
〈要旨〉

当院維持外来透析患者，冠動脈バイパス術施行後63歳男性，経皮的冠動脈形成術後57歳女性，経皮的冠動脈形成術後58歳女性の3名に対して，術後に心肺運動負荷試験（cardiopulmonary exercise testing：CPX）を行い嫌気性代謝閾値（anaerobic threshold：AT）を測定し心臓リハビリテーションを施行．その後再度CPXを行い運動機能の評価を行った．すべての症例において3か月後には運動時間，最大酸素摂取量，ATの改善を認め，ADL評価のBarthel indexは変化ないが，意欲の指標であるVitality indexは改善を認めた．CPXを用いた心臓術後の慢性透析患者の心臓リハビリテーションは有用と思われる．長期効果についてもさらに検討が必要である．

Effects of cardiac rehabilitation in three chronic dialysis patients with coronary interventions

Masaaki Tanehata, Yusuke Asai, Toru Akitaya, Noriko Sasaki, and Minako Tanehata
Hemodialysis Center, Kotoni Royal Hospital

Key words：chronic hemodialysis, percutaneous coronary intervention, cardiac rehabilitation, anaerobic threshold, cardiopulmonary exercise test

〈Abstract〉

We evaluated three chronic hemodialysis patients who were treated with percutaneous coronary intervention (PCI) or coronary surgery in a 3-month exercise-based cardiopulmonary rehabilitation program. A 57-year-old and a 58-year-old female underwent PCI, and a 63-year-old-male received a coronary bypass graft (CABG). Cardiopulmonary exercise testing (CPX) was performed using breath-by-breath gas sampling on two occasions：before and 3 months after rehabilitation. The anaerobic threshold (AT), exercise time, oxygen uptake (VO_2), Barthel index, and vitality index were measured. The AT, exercise time, peak VO_2 , and vitality index increased in 3 patients. The Barthel index did not change from the baseline. Cardiovascular exercise with CPX should be considered in chronic hemodialysis patients undergoing coronary intervention. Further research is needed to develop appropriate methods for cardiovascular rehabilitation and evaluate the long-term effects of cardiovascular exercise on the aerobic capacity, physical functioning, and quality of life.

緒 言

透析患者の心血管系の合併症は多く心血管の手術を受ける患者も多い¹⁾．透析患者であっても心臓リハビ

リテーション（心臓リハビリ，心リハ）にて筋力の強化，運動耐容能の改善も報告されている^{2,3)}．しかし同時に透析患者における心臓リハビリは改善度が少ないことも報告されている⁴⁾．さらに，透析患者は透析治療のため週3回通院しており，それ以外定期的心臓リ

ハビリを週3回行うことは、非透析患者に比べさらなる努力が必要といえる。われわれは冠動脈バイパス術、経皮的冠動脈形成術後の慢性維持透析患者に対し外来心臓リハビリを行った3症例を経験したので報告する。

I. 方 法

1. 運動負荷試験

心肺運動負荷試験 (cardiopulmonary exercise test : CPX) にはミナト医科学社製 AE-300s, 自転車エルゴメーターにはフクダ電子社製 BE360 と FDX-4520 を使用した。Itoh ら⁵⁾の報告のように自動血圧計にて1分間ごとの血圧測定, 12誘導監視下に心電図波形を記録, 5分間の warming up を 10 watt で5分間施行。1分間に 10 watt の負荷量を増加させるランプ負荷を用いて全例で AT (anaerobic threshold), peak VO₂ (peak oxygen uptake) を求め至適運動負荷量を (watt) を求めた。3か月心臓リハビリ施行後に CPX を再度行った。

2. 心臓リハビリ

運動療法には上記の自転車エルゴメーターを使用し CPX にて求められた運動負荷量を毎回透析前に 20 分×2回, 週3回3か月施行した。さらに, レジスタンストレーニングとして上下肢の強度 50% の筋肉トレーニングも行った。

3. ADL (activities of daily living) 評価 意欲評価

Barthel index (ADL 評価のための質問表, 自立していれば 100 点, すべて介助してもらっていれば 0 点という採点法。食事, 整容など 10 項目に 5 点から 15 点の配点がされている) と Vitality index (意欲評価のための質問表 起床, 意思疎通, 食欲, 排泄, 活動の意欲を評価, 10 点満点) を用いてリハビリ前後に自己評価を行った。

4. 体力年齢

米国心臓病学会の体力評価区分 (cardiorespiratory fitness classification) の average 範囲の回帰線を用いる (40 歳以上 70 歳未満)。

男性 $A = -3,463 \times \text{最大酸素摂取量/体重 (VO}_2\text{/W@peak)} + 155.122$

女性 $A = -2,983 \times \text{VO}_2\text{/W@peak} + 126.14$

II. 症 例

症例 1 : 63 歳, 男性。透析歴 2 年。

原疾患 : 糖尿病性腎症, 身長 172 cm, 体重 47.8 kg。

週 3 日 4 時間血液透析施行, QB 200 mL/min, 除水 600 mL/h, 透析膜 PS 1.6UW, KT/V 0.875。

経過 : 冠動脈造影 (CAG) にて, 3 枝病変のために CABG 目的に転院。RITA (right internal thoracic artery) to #8, LITA (left internal thoracic artery) to #14 のバイパスをオフポンプで施行。

冠動脈バイパス術 1 か月後に当院に転院。CPX 施行後に退院し外来心臓リハビリへ。

エルゴメーター負荷 30 watt。

3 か月後に CPX 再検査。

検査結果 (心リハ前後) : 心リハ前透析前血圧 125/75→後 113/66, 心リハ後透析前血圧 104/66→後 108/68, alb 4.1→4.2 g/dL, T-cholesterol 121→161 mg/dL, 心リハ前透析前 Ca 8.9→後 7.6 mg/dL, 心リハ後透析前 Ca 8.8→後 9.3 mg/dL, 心リハ前透析前 P 6.7→後 2.4 mg/dL, 心リハ後透析前 P 5.1→後 1.7 mg/dL, intact PTH 187→105 pg/mL, hANP 195→26 pg/mL, Hb 11.4→12.9 g/dL。

結果 : 運動時間 14 分 3 秒から 14 分 21 秒に延長。AT 時 VO₂/W : 心リハ前 11.8 mL/min/kg→心リハ後 12.5 mL/min/kg。PEAK 時 VO₂/W : 心リハ前 15.2 mL/min/kg→心リハ後 16.1 mL/min/kg。運動負荷量 AT 時 : 心リハ前 40 watt→心リハ後 46 watt。PEAK 時 : 心リハ前 61 watt→心リハ後 63 watt。運動強度 : AT 時 心リハ前 3.38 Mets→心リハ後 3.58 Mets。PEAK 時 : 心リハ前 4.34 Mets→心リハ後 4.41 Mets。体力年齢 : 心リハ前 102.5 歳→心リハ後 99.4 歳。ADL 評価 (Barthel index) : 心リハ前 95/100 点→心リハ後 95/100 点。意欲指標 (Vitality index) : 心リハ前 8/10 点→心リハ後 10/10 点。心エコー上の心駆出率 : 心リハ前 62%→心リハ後 59%。胸部写真上の CTR (cardio thoracic ratio) : 心リハ前 54%→後 51%。

症例 2 : 57 歳, 女性。透析歴 3 年。

原疾患 : 尿毒性腎症, 身長 155 cm, 体重 46.5 kg。

週 3 日 3.5 時間血液透析施行, QB 200 mL/min, 除水 1,000 mL/h, 透析膜 PS 1.6UW, KT/V 1.026。

経過 : CAG にて左前下行枝 (LAD) #7 の 90% 狭窄あり PCI へ。#7 の中樞側に CYPHER 3.0×23 mm, 末梢に CYPHER 2.5×18 mm 最大 16 気圧にて拡張。血管内エコーにて十分な拡張を確認。

PCI 終了後 4 日に CPX 施行し, 外来にて心臓リハビリ。エルゴメーター負荷量 20 watt。3 か月後の CPX 再検査。

検査結果 (心リハ前後) : リハ前透析前血圧 175/75→後 125/54, リハ後透析前血圧 151/94→後 157/82,

alb 4.1→4.0 g/dL, T-chol 151→125 mg/dL, リハ前透析前 Ca 10.5→後 9.0 mg/dL, リハ後透析前 Ca 10.5→後 9.3 mg/dL, リハ前透析前 P 4.8→後 1.7 mg/dL, リハ後透析前 P 5.0→2.7 mg/dL, intact PTH 17.8→14.5 pg/mL, hANP 66.9→84.3 pg/mL, Hb 8.4→8.7 g/dL.

結果：運動時間 14 分 45 秒から 15 分 00 秒に延長。

AT 時：VO₂/W リハ前 12.7 mL/min/kg→リハ後 13.5 mL/min/kg. PEAK 時：VO₂/W リハ前 15.2 mL/min/kg→リハ後 18.6 mL/min/kg. 運動負荷量 AT 時：心リハ前 50 watt→心リハ後 47 watt. PEAK 時：心リハ前 58 watt→心リハ後 60 watt. 運動強度 AT 時：心リハ前 3.63 Mets→心リハ後 4.92 Mets. PEAK 時：心リハ前 4.35 Mets→心リハ後 5.31 Mets. 体力年齢：心リハ前 80.8 歳→心リハ後 70.6 歳. ADL 評価 (Barthel index)：心リハ前 95/100 点→心リハ後 95/100 点. 意欲指標 (Vitality index)：心リハ前 9/10 点→心リハ後 9/10 点. 心エコー上の心駆出率：心リハ前 46%→心リハ後 49%. 胸部写真上の CTR：心リハ前 70%→後 76%.

症例 3：58 歳，女性. 透析歴 25 年.

原疾患：IgA 腎症，身長 149.5 cm，体重 45.0 kg.

週 3 回 4 時間血液透析施行，QB 200 mL/min，除水 810 mL/h，透析膜 PS 1.9UW，KT/V 1.335.

経過：CAG にて左回旋枝 (LCX) #11 の 90% 狭窄認め PCI へ. MAVERIC 2.75 mm にて前拡張後，CYPHER 3.0×13 mm を留置し良好な拡張を認めた. PCI 終了 4 日目に CPX 施行し退院し，外来心臓リハビリ. エルゴメーター負荷量 25 watt. 3 か月後の CPX 再検査.

検査結果 (心リハ前後)：リハ前透析前血圧 165/91→後 130/86, リハ後透析前血圧 143/84→後 115/70, alb 4.6→4.8 g/dL, T-chol 189→209 mg/dL, リハ前透析前 Ca 10.0→後 9.6 mg/dL, リハ後透析前 Ca 10.4→後 9.6 mg/dL, リハ前透析前 P 4.6→後 1.4 mg/dL, リハ後透析前 P 6.7→後 1.8 mg/dL, intact PTH 7.3→6.6 pg/mL, hANP 34.8→59.2 pg/mL, Hb 10.7→10.3 g/dL.

結果：運動時間 12 分 42 秒から 13 分 27 秒に延長。

AT 時：VO₂/W リハ前 12.7 mL/min/kg→リハ後 13.5 mL/min/kg. PEAK 時：VO₂/W リハ前 16.8 mL/min/kg→心リハ後 19.3 mL/min/kg. 運動負荷量 AT 時：心リハ前 10 watt→心リハ後 20 watt. PEAK 時：心リハ前 46 watt→心リハ後 54 watt. 運動強度 AT 時：心リハ前 3.63 Mets→心リハ後 3.85 Mets. PEAK 時：心リハ前 4.80 Mets→心リハ後

5.52 Mets. 体力年齢：心リハ前 76.0 歳→心リハ後 68.6 歳. ADL 評価 (Barthel index)：心リハ前 95/100 点→心リハ後 95/100 点. 意欲指標 (Vitality index)：心リハ前 8/10 点→心リハ後 9/10 点. 心エコー上の心駆出率：心リハ前 84%→心リハ後 81%. 胸部写真上の CTR：心リハ前 52.5%→後 53.5%.

Ⅲ. 考 察

慢性透析患者に対する冠動脈グラフトバイパス術後，経皮的冠動脈形成術後の回復期心臓リハビリに関する報告は少ない. 非透析患者でのバイパス手術後の運動療法の効果については最大酸素摂取量，心拍数⁶⁾，一回拍出量および心拍出量⁷⁾，自律神経活性⁸⁾を改善することが報告されている. 精神面においても運動療法の不安定な精神状態を改善するともいわれている⁹⁾.

透析患者の心臓バイパス術直後からの回復に関して Kobayashi ら¹⁰⁾は，術直後であっても血液透析治療を受けなければいけないため，非透析患者に比べ早期術後回復は遅れがちであると報告している.

狭心症を合併しなくても慢性血液透析患者においては透析前後に過水と脱水を繰り返し，慢性心不全の状態に近いともいえる. 今回の 3 症例においても，心臓リハビリ前の PEAK 時の運動強度は 4 Mets 程度であり，NYHA 分類 class III (2~5 Mets) に相当する. 心不全患者に対する運動療法の報告では左室駆出率 20~30%，Peak VO₂/W 10~20 mL/min/kg の心不全患者に中等度の運動強度で (Peak VO₂/W の 40~70% 程度) で 2 から 6 か月運動療法し，Peak VO₂で 15% から 30% (平均で 20%) の改善が得られ，AT も増加するといわれている¹¹⁾. 胸水貯留，血圧低下等の症状を示す心不全患者に対する心臓術後のリハビリの効果は慢性血液透析患者に対する効果に一番近いと考えられる.

慢性維持透析患者というだけで心臓手術をしていなくても，運動耐容能が低下し QOL が低下しているといわれる¹²⁾. 今回のわれわれの 3 症例も，心臓リハビリ前で術後の運動耐容能は，健康人に比べ著しく低下している. 血液透析に加え狭心症によって ADL を制限されていたであろう症例の術前運動機能が低いことは当然かもしれない. しかし，心臓リハビリ後に CPX を施行し運動能力を測定すると 3 例とも，改善効果は最大酸素摂取量の増加が 10% 以下の症例もあり十分であるといえないが，確実に心肺運動機能の改善を認め (図 1)，体力年齢にも改善がみられた (図 2). 理由としては心臓リハビリ前後の Hb，心駆出率の変

図 1 VO₂/W increased in 3 patients after 3 months exercise-based cardiopulmonary rehabilitation program.

図 2 Physical strength age improved in 3 patients after 3 months exercise-based cardiopulmonary rehabilitation program.

化, CTR の改善は認めないことから, 他の心不全患者同様, 末梢循環, 骨格筋, 自律神経, 炎症性サイトカインに対する効果が考えられる¹³⁻¹⁶⁾。

回復期心臓リハビリの継続は, 透析群において非透析群より低いとも報告されている⁴⁾。今回の症例はいずれも Barthel index による ADL の評価にて改善がみられないが, このことが, 患者のリハビリへの意欲を失わせ, 透析患者の回復期心臓リハビリの継続を妨げているのかもしれない。さらに今回の3症例とも NYHA 分類で評価すると, 心臓リハビリの前後で CABG 後の症例では class III のままで変化なし, PCI の2例ではかろうじて 5 Mets を超え class III から II に改善と評価されるが, いずれも心不全状態のままである (図 3)。また心臓リハビリ前の術直後 AT 時の運動強度が3例とも 3 Mets 以上あり, 安静な日常生活に不自由しない運動能力があること, 透析患者において心臓リハビリによる運動能力の改善率が低く, 3か月では体感できる運動能力の改善がないため ADL が改善しないと自己評価したと思われる。このようなことが透析患者における回復期リハビリ継続率が低い理由かもしれない。また, リハビリのために透析時間が遅れることも患者のリハビリの継続を妨げる。定期的に CPX を施行し改善を客観的に評価することにより, 徐々にではあるが運動能力を改善し, 確実にリハビリを続けていくことができるのではないと思われる。今後, 3か月では大きな運動能力の改善を得られないために, 長中期の心臓リハビリを行いその効果に期待したい。さらに Vitality index でもリハビリによる生活上の意欲の向上もみられており, リハビリの生活面での利点が見出せる。このことは透析患者の QOL の改善に有用であると思われる。

図 3 NYHA classification improved from III to II in 2 of 3 NYHA III patients after 3 months exercise-based cardiopulmonary rehabilitation program.

結 語

心肺運動負荷試験に基づく心臓リハビリは心臓術後の慢性維持患者に有用である。

文献

- 1) 田中友里, 常喜信彦, 長谷弘記: 透析患者の冠動脈カテーテル検査とインターベンション. 臨床透析 26: 567-573, 2010
- 2) Oliveros R MS, Avendaño M, Bunout D, Hirsch S, De La Maza MP, Pedreros C, Müller H: A pilot study on physical training of patients in hemodialysis. Rev Med Chil 139: 1046-1053, 2011
- 3) 帳 光哲, 赤池 真, 露木和夫: 心臓リハビリテーションプログラムを用いた慢性血液透析患者の運動療法とその評価. 日腎会誌 26: 203-211, 1984
- 4) 斉藤正和, 松永篤彦, 坂本純子, 米澤隆介, 前田智美, 上脇玲奈, 笠原西介, 町田千枝子, 増田 卓, 和泉徹: 維持血液透析を受けている虚血性心疾患患者に対

- する心臓リハビリテーションの現状と課題. 心臓リハビリテーション 10 : 120-123, 2005
- 5) Itoh H, Taniguchi K, Koike A, Doi M : Evaluation of severity of heart failure using ventilatory gas. *Circulation* 81 : 31-37, 1990
 - 6) Adachi H, Itoh H, Sakurai S : Short-term physical training improves ventilatory response to exercise after coronary bypass surgery. *Jpn Circ J* 65 : 419-423, 2001
 - 7) Nakai Y, Kataoka Y, Bonda M : Effect of physical exercise training on cardiac function and graft patency after coronary bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 93 : 65-72, 1987
 - 8) Takeyama J, Itoh H, Kato M : Effect of physical training on the recovery of the autonomic nervous activity during exercise after coronary bypass grafting. *Jpn Circ J* 64 : 809-813, 2000
 - 9) Thomas JJ : Reducing anxiety during phase I cardiac rehabilitation. *J Psychosom Res* 39 : 295-304, 1995
 - 10) Kobayashi J, Ikebuchi M, Fujita Y, Irie H : Early postoperative recovery by chronic dialysis patients after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 15 : 243-246, 2009
 - 11) Dubach P, Myers J, Dziekan G : Effect of high intensity exercise training on central hemodynamic responses to exercise in men with reduced left ventricular function. *J Am Coll Cardiol* 29 : 1591-1598, 1997
 - 12) 後藤葉一：透析患者に対する心臓リハビリテーション. 臨牀透析 10 : 1325-1332, 2011
 - 13) Hambrecht R, Gielen S, Linke A : Effect of exercise training on left ventricular function and peripheral resistance in patients with chronic heart failure. *JAMA* 283 : 3095-3101, 2000
 - 14) Belardinelli R, Georgiou D, Ginzton L : Effect of moderate exercise training on Thallium uptake and contractile response to low dose dobutamine of dysfunctional myocardium in patients with ischemic cardiomyopathy. *Circulation* 97 : 553-561, 1998
 - 15) Sullivan MJ, Higginbotham MB, Cobb FR : Exercise training in patients with severe left ventricular dysfunction : hemodynamic and metabolic effects. *Circulation* 78 : 506-515, 1998
 - 16) Belardinelli R, Georgiou D : Effect of exercise training on left ventricular filling at rest and during exercise in patients with ischemic cardiomyopathy and severe left ventricular systolic dysfunction. *Am Heart J* 132 : 61-70, 1996