

原著

術前の運動習慣が冠動脈バイパス術前後の自律神経機能に与える影響について

河村 知 範 PT, MS¹⁾ 松尾 善 美 PT, PhD²⁾ 西村 真人 PT, MS¹⁾
 大久保 裕 介 PT¹⁾ 古田 宏 PT¹⁾ 頓田 央 MD³⁾
 東上 震 一 MD³⁾ 春藤 久 人 MD, PhD⁴⁾

1) 岸和田徳洲会病院 リハビリテーション科

2) 武庫川女子大学 健康運動科学研究所

3) 岸和田徳洲会病院 心臓血管外科

4) 神戸学院大学 総合リハビリテーション学部医療リハビリテーション学科

[要約]術前の習慣的な運動が、冠動脈バイパス術前後の自律神経機能に与える影響について検討した。対象は、2010年10月から2011年10月までに岸和田徳洲会病院で待期的単独冠動脈バイパス術を施行し、心臓リハビリテーションに参加した症例16名である。術前の運動習慣の有無について2群に分類し、術前・術後1週目・術後2週目に、安静臥位で5分間の心拍変動を解析し、冠動脈バイパス術前後での自律神経機能を比較した。術前に運動習慣を有する群では、術後1週目より術後2週目での副交感神経活動が高値であった ($p < 0.05$)。一方、運動習慣のない群では、術前、術後1週目、術後2週目の交感神経活動、副交感神経活動ともに有意な差を認めなかった。術前の習慣的な運動は、冠動脈バイパス術後の副交感神経活動の回復に良好な影響を与えることが示唆された。

キーワード：自律神経機能 冠動脈バイパス術 心拍変動 運動習慣

I はじめに

心疾患患者における自律神経機能は予後予測の指標とされている。自律神経機能の障害は冠動脈疾患の発生[1]や致死性不整脈の発生[2-4]と関連がある。心筋梗塞のみならず冠危険因子、肥満、生活スタイル、運動不足、精神的ストレスなども副交感神経活動を抑制する[5]ことや、冠動脈バイパス術そのものが副交感神経活動を抑制する[6]ことが報告されている。洞調律にある心拍動は安静時に2~5%のゆらぎが存在しており、洞結節に対する自律神経入力の調節に起因するものを心拍変動という。心拍変動は副交感神経活動の抑制により低下し、心不全、冠動脈疾患、急性心筋梗塞による死亡率と関連がある[5, 7]

と言われている。

運動には運動耐容能を増加させ、日常生活における狭心症発作や心不全症状を軽減して生活の質を改善する効果について心疾患における運動療法に関するガイドラインに記載されている。また、包括的リハビリテーションの一環としての運動は、冠危険因子の是正、冠動脈イベントの発生や心不全増悪による入院を減らし、生命予後を改善することが知られている[8]。身体運動の継続は交感神経活動を抑制し、副交感神経活動を活性化させ、自律神経機能を改善させる[9]。

しかし、術前の運動習慣が冠動脈バイパス術前後における自律神経活動の変化に与える影響については明らかにされていない。

本研究の目的は術前の習慣的な運動が冠動脈バ

バイパス術前後の自律神経機能の変化に与える影響について検討することである。

Ⅱ 対象と方法

A 対象

2010年10月から2011年10月までに岸和田徳洲会病院で待期的単独冠動脈バイパス術を施行し、心臓リハビリテーションに参加した症例16名(64.8±10.2歳、男性13名、女性3名)(表1)を対象とした。岸和田徳洲会病院の心臓リハビリテーションプログラムは、医師の指示のもと、術翌日より開始し、端坐位から段階的に歩行距離を延長し、200m歩行が可能となつて以降、エルゴメータを使用して有酸素運動を主体とした運動療法を実施するプログラムである。エルゴメータの運動負荷強度は嫌気性代謝閾値(AT)以下に適宜調整を

行い、実施した。また、自律神経機能の障害程度を統一するため、Bigger [10], Liao [11], Niemelä [12] の先行研究に準じ、陳旧性心筋梗塞・Ⅲ度以上の弁膜症・計測時に持続する不整脈・術前安静度が床上臥位のみ・術前のβ遮断薬の内服・人工血液維持透析の施行・複合手術の施行症例は除外した。対象者には、調査開始時に紙面及び口頭にて研究の目的・方法に関して十分な説明を行い、署名によって同意を得た。なお、本研究は岸和田徳洲会病院倫理委員会(承認番号22-12)により承認を受け、実施した。

B 方法

対象者に術前、術後1週目、術後2週目に心拍変動測定器(CamNtech Inc, Acti-Heart)を用い、心電図上からR波形を同定してRR間隔を計測し、抽出されたRR間隔の経時的波形に対して高速フーリエ変換を行った。計測は、Bigger、Pomeranzらの方法に準じて安静臥位で5分間とし[13-14]、その中で得られた256心拍に対して高速フーリエ変換を行った。対象者には、計測30分前よりベッド上安静とし、食後2時間を除く10~17時に計測を行った[15]。心電図上のRR間隔で20%以上の変化がある部位は不整脈として判定[16]し、除外した後に高速フーリエ変換による周波数解析を行った。周波数解析の後、得られた周波数成分の0.04~0.15Hzを低周波数(low frequency: LF)成分、0.20~0.35Hzを高周波数(high frequency: HF)成分とし、HF成分を副交感神経活動、LF/HF比を交感神経活動の指標として用いた[17]。対象者を術前の運動習慣の有無の2群で分類し、術前、術後1週目、術後2週目でHF成分とLF/HF比の経時変化について比較した。なお、運動習慣に関しては、心疾患における運動療法に関するガイドラインに基づき、術前の問診により週3回以上、20分以上継続する運動習慣の有無で判別した[8]。

表1 患者背景

患者数(名)	16
年齢(歳)	64.8±10.2
性別(名)	男性13(81%)／女性3(19%)
バイパス本数(本)	3.2±0.2
術前左室駆出率(%)	64.3±12.0
術式	OPCAB 10 on-pump beating CABG 4 standard CABG 2
手術時間(分)	294±15.5
手術後挿管時間(分)	662±138
NYHA分類(名)	I 6／II 3／III 7／IV 0
糖尿病(名)	有11(69%)／無5(31%)
高血圧(名)	有12(75%)／無4(25%)
脂質代謝異常(名)	有14(88%)／無2(12%)

平均値±標準偏差

NYHA: New York heart association、OPCAB(off-pump beating CABG): 心拍動下冠動脈バイパス術、on-pump beating CABG: 人工心肺下心拍動下冠動脈バイパス術、standard CABG: 人工心肺下心静止下冠動脈バイパス術

C 統計学的処理

運動習慣別の患者背景については、 χ^2 検定、Mann-WhitneyのU検定を行い、術前のHF成分とLF/HF比についてはMann-WhitneyのU検定を行った。運動習慣別の2群間における術前、術後1週目、術後2週目のHF成分とLF/HF比については、Friedman検定後有意であれば、Bonferroniの多重比較法を用いて、各指標における経過について比較した。Bonferroni法を使用した有意水準は $p < 0.016$ とし、他は $p < 0.05$ とした。

III 結果

術前より運動習慣を有する患者数は7名(44%)、運動習慣がない患者数は9名(56%)であり、有意差は認めなかった。運動習慣を有する

群は、平均で週6回の運動を実施しており、1回あたりの運動時間は30～60分であった。運動形式は全例で歩行を実施しており、歩行中には胸部症状は生じていなかった。

術前の運動習慣の有無によって分類した2群間における患者背景因子、心機能、術式、冠危険因子には、有意差を認めなかった(表2)。自律神経機能の各指標の経時的変化を表3に示す。運動習慣を有する群で、HF成分の経時的変化は術前(42.8 ± 37.4 [ms²])、術後1週目(25.0 ± 44.7 [ms²])、術後2週目(65.0 ± 103 [ms²])であり、術後1週目より術後2週目で有意に高値であった($p < 0.016$)。LF/HF比では、経時的に有意な変化は認められなかった。運動習慣がない群において、HF成分、LF/HF比に経時的有意な変化は認められなかった。

表2 運動習慣別 患者背景

	運動習慣あり	運動習慣なし	p値
患者数(名)	7	9	n. s.
年齢(歳)	70.4 ± 5.8	60.4 ± 11.0	n. s.
性別(男/女:名)	男性6/女性1	男性7/女性2	n. s.
バイパス本数(本)	3.1 ± 0.9	3.2 ± 0.8	n. s.
術前左室駆出率(%)	63.9 ± 12.2	64.7 ± 12.5	n. s.
OPCAB	2	8	n. s.
on-pump beating	3	1	n. s.
standard CABG	2	0	n. s.
手術時間(分)	280 ± 19	311 ± 22	n. s.
手術後挿管時間(分)	556 ± 71	741 ± 240	n. s.
NYHA(名)	I 3/II 1/III 3/IV 0	I 3/II 2/III 4/IV 0	n. s.
糖尿病(名)	有5/無2	有6/無3	n. s.
高血圧(名)	有4/無3	有8/無1	n. s.
脂質代謝異常(名)	有6/無1	有8/無1	n. s.

平均値 $\pm$ 標準偏差

表3 自律神経機能の各指標の経時変化

		術前	術後1週目	術後2週目
運動習慣 あり	HF [ms ²]	42.8±37.4	25.0±44.7	65.0±103.0*
	LF/HF	1.6±0.8	1.5±1.5	0.8±0.6
運動習慣 なし	HF [ms ²]	27.3±29.7	20.3±18.6	13.0±10.0
	LF/HF	2.9±1.5	2.5±1.6	2.3±1.2

平均値±標準偏差

*術後1週目 vs 術後2週目：p<0.016

HF: high frequency, LF: low frequency

Ⅳ 考察

本研究において、運動習慣を有する群では、術後1週目から術後2週目で副交感神経活動の改善を認めた。運動習慣がない群では術前、術後1週目、術後2週目での交感神経活動、副交感神経活動共に有意な差を認めなかった。

運動習慣を有する群において、術後1週目から術後2週目で副交感神経活動が有意に改善していた。適切な運動は、骨格筋などの末梢組織から交感神経中枢への求心性刺激を減少させ、圧受容器反射の感受性を亢進させることにより交感神経活動の抑制、副交感神経活動の亢進[9]、血清ノルアドレナリン濃度や尿中ノルアドレナリンの減少[18]、アンジオテンシンⅡやアルドステロンの減少[19]、血中一酸化窒素の増加やエンドセリン1の減少[20]など、神経体液因子の改善効果が報告されている。また、須田は心筋梗塞、糖尿病、高血圧のいずれかの既往を有する場合は、冠動脈バイパス術後において交感神経の亢進が持続する[21]。Kleigerらは運動を行うことにより昼間、夜間を通じて交感神経活性が抑制される[22]と報告している。La Rovereらは心疾患発症以前の副交感神経機能が高い群では、心疾患発症後の自律神経機能の速やかな回復と心臓イベントの抑制に関連した[23]と考察している。

本研究では、術前の運動習慣の有無に関わらず、対象者の糖尿病・高血圧・脂質代謝異常症の既

往、術前の自律神経機能の指標に関して有意な差は認められなかった。運動習慣の有無の2群で、術前のHFについて有意差を認めなかったが、術前の運動習慣を有する群において術後の副交感神経機能の回復にかかる期間が短いという結果を得た。本研究の結果は、副交感神経活性が高い群は、自律神経機能の速やかな回復が得られるという須田、Kleigerら、La Rovereらの報告[21-23]と同様の結果であった。このため、冠動脈バイパス術前より運動習慣を有する患者は、運動療法の効果が大きく、術後の自律神経機能の回復が速やかに生じること示唆された。

運動習慣がない群では、術後に副交感神経活動の改善が認められなかった。心疾患患者においては、中脳、脳幹部に存在する交感神経中枢を抑制している圧反射感受性に関わる副交感神経活性が低下することにより、相対的に交感神経活動が亢進している[24]とされており、心拍変動の低下の主要な原因は圧受容体、心肺受容体などの心血管系反射の減少と左室機能の低下によって生じる[25]。運動療法により、圧反射感受性が亢進する[23]ことは報告されている。運動による副交感神経活動の応答は一般的に月単位の反応である[24]ため、運動習慣がない群で術後早期における短期間の運動療法では副交感神経活動の改善は認められなかったと考えられる。

本研究は冠動脈バイパス術後患者の理学療法を進める上で、不整脈の発生の推測などリスク管理

上の意義がある。本研究の結果は、同一施設での結果である。今後は他施設での検討を実施し、症例数を増やしていく必要があると考えられる。入院前からの介入を実施していないので、術前の運動量の測定が困難であった。質問紙を用いて、運動量の推定し、運動量別で比較検討を行ってきたい。

V 結語

術前の習慣的な運動は、冠動脈バイパス術後の副交感神経活動の回復に良好な影響を与えることが示唆された。

【参考文献】

- [1] Liao D, Cai J, Rosamond WD, et al : Cardiac autonomic function and incident coronary heart disease: a population-based case-cohort study. The ARIC Study. Atherosclerosis Risk in Communities Study. Am J Epidemiol 1997 ; 145 : 696-706.
- [2] Mølgaard H, Sørensen KE, Bjerregaard P : Attenuated 24-h heart rate variability in apparently healthy subjects, subsequently suffering sudden cardiac death. Clin Auton Res 1991 ; 1 : 233-227.
- [3] Odemuyiwa O, Malik M, Farrell T, et al : Comparison of the predictive characteristics of heart rate variability index and left ventricular ejection fraction for all-cause mortality, arrhythmic events and sudden death after acute myocardial infarction. Am J Cardiol 1991 ; 68 : 434-439.
- [4] Hinkle LE Jr, Thaler HT : Clinical classification of cardiac deaths. Circulation 1982 ; 65 : 457-464.
- [5] Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT Jr, et al : Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. Am J Cardiol 1987 ; 59 : 256-262.
- [6] Hogue CW Jr, Stein PK, Apostolidou I, et al : Alterations in temporal patterns of heart rate variability after coronary artery bypass graft surgery. Anesthesiology 1994 ; 81 : 1356-1364.
- [7] Hayano J, Sakakibara Y, Yamada M, et al : Decreased magnitude of heart rate spectral components in coronary artery disease. Its relation to angiographic severity. Circulation 1990 ; 81 : 1217-1224.
- [8] 斎藤宗靖, 谷口興一, 神原啓文, 他 : 心疾患における運動療法に関するガイドライン (循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2000-2001年度合同研究班報告)). Circulation Journal 2002 ; 66 Suppl.IV : 1177-1247.
- [9] Kollai M, Jokkel G, Bonyhay I, et al : Relation between baroreflex sensitivity and cardiac vagal tone in humans. Am J Physiol 1994 ; 266 : H21-27.
- [10] Bigger JT Jr, Fleiss JL, Rolnitzky LM, et al : Time course of recovery of heart period variability after myocardial infarction. J Am Coll Cardiol 1991 ; 18 : 1643-1649.
- [11] Liao D, Evans GW, Chambless LE, et al : Population-based study of heart rate variability and prevalent myocardial infarction. The Atherosclerosis Risk in Communities Study. J Electrocardiol 1996 ; 29 : 189-98.
- [12] Niemelä MJ, Airaksinen KE, Huikuri HV : Effect of beta-blockade on heart rate variability in patients with coronary artery disease. J Am Coll Cardiol 1994 ; 23 : 1370-1377.
- [13] Bigger JT, Fleiss JL, Rolnitzky LM, et al : The ability of several short-term measures of RR variability to predict mortality after myocardial infarction. Circulation 1993 ; 88 : 927-934.
- [14] Pomeranz B, Macaulay RJ, Caudill MA, et al : Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. Am J Physiol 1985 ; 248 : H151-H153.
- [15] Lipsitz LA, Ryan SM, Parker JA, et al : Hemodynamic and autonomic nervous system re-

- sponses to mixed meal ingestion in healthy young and old subjects and dysautonomic patients with postprandial hypotension. *Circulation* 1993 ; 87 : 391–400.
- [16] Marek Malik : Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation* 1996 ; 5 : 1043–1065.
- [17] Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, et al : Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science* 1981 ; 213 : 220–222.
- [18] Fujimoto S, Uemura S, Tomoda Y, et al : Effects of physical training on autonomic nerve activity in patients with acute myocardial infarction. *J Cardiol* 1997 ; 29 : 85–93.
- [19] Braith RW, Welsch MA, Feigenbaum MS, et al : Neuroendocrine activation in heart failure is modified by endurance exercise training. *J Am Coll Cardiol* 1999 ; 34 : 1170–1175.
- [20] Maeda S, Miyauchi T, Kakiyama T, et al : Effects of exercise training of 8 weeks and detraining on plasma levels of endothelium-derived factors, endothelin-1 and nitric oxide, in healthy young humans. *Life Sci* 2001 ; 69 : 1005–1016.
- [21] 須田優司：心拍変動スペクトル解析による冠状動脈血行再建術症例の自律神経機能評価に関する研究. *自律神経* 1997 ; 34 : 442–450.
- [22] Kleiger RE, Bigger JT, Bosner MS, et al : Stability over time of variables measuring heart rate variability in normal subjects. *JACC* 1992 ; 20 : 552–558
- [23] La Rovere MT, Bersano C et al : Exercise-induced increase in baroreflex sensitivity predicts improved prognosis after myocardial infarction. *Circulation* 2002 ; 106 : 945–949.
- [24] 野原隆司：3章 心臓リハビリテーションの理解に役立つTips Q37 自律神経に運動療法はどのような効果があるのか？, ジャパンハートクラブ 編集, 中山書店, 東京, 2008, pp233–235.
- [25] 林博史：Introduction 心拍変動の臨床応用－生理的意義、病態評価、予後予測, 林博史 編集. 医学書院, 東京, 1999, pp 1 –27.

The influence of preoperative habitual exercise on the autonomic nervous system before and after coronary artery bypass grafting

Tomonori Kawamura PT, MS¹⁾ Yoshimi Matsuo PT, PhD²⁾

Masato Nishimura PT, MS¹⁾ Yusuke Okubo PT¹⁾ Hiroshi Furuta PT¹⁾

Hisashi Tonda MD³⁾ Shinichi Higashiue MD³⁾ Hisato Shuntoh MD, PhD

1) Department of Rehabilitation, Kishiwada Tokusyukai Hospital

2) Mukogawa Women's University Institute for Health and Exercise Science

3) Department of Cardiovascular surgery, Kishiwada Tokusyukai Hospital

4) Department of Medical Rehabilitation, Faculty of Rehabilitation, Kobe Gakuin University

【Purpose】 The purpose of this study was to investigate the influence of preoperative habitual exercise on the autonomic nerve function before and after coronary artery bypass grafting (CABG). **【Method】** Sixteen patients underwent CABG from October, 2010 to October, 2011 in Kishiwada Tokusyukai Hospital and were examined. They participated in phase I and II cardiac rehabilitation there. They were classified into two groups which had preoperative habitual exercise or not before admission. We analyzed their heart rate variability on supine at rest before surgery, and in the first and second week after surgery. The data were compared before and after CABG. **【Result】** The parasympathetic nerve activity in patients with any habitual exercise was higher in the second week after surgery than the first week ($p<0.05$). The autonomic nervous activity in patients without it did not have any significant difference before and after CABG. **【Conclusion】** We concluded that preoperative habitual exercise played an important role to recover the parasympathetic nerve activity after CABG.