

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11270

研究課題名（和文）加速度トレーニングによる心不全患者の運動耐容能と血管内皮機能向上に関する研究

研究課題名（英文）Safety and effectiveness of acceleration training as cardiac rehabilitation immediately after open heart surgery

研究代表者

齋藤 俊輔（Saito, Shunsuke）

大阪大学・大学院医学系研究科・特任准教授（常勤）

研究者番号：30600126

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：開心術後の患者に加速度トレーニングを心臓リハビリテーションに組み込んだ。加速度トレーニングによる合併症は一切認めなかった。約2週間の観察期間中に手術侵襲に伴い入院時と退院時の身体機能（SPPB：Short Physical Performance Battery）・筋力（膝伸展力）・筋量（エコーによる大腿四頭筋厚）に関しては両群共に退院時に低下傾向となった。しかしながら、加速度トレーニング群において身体機能・筋力・筋量共に低下量に関して軽減される傾向が得られ、特に筋量に関しては有意にコントロール群に比べて保たれることが明らかとなった。短期間の研究であり血管内皮機能に関して差は認められなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工心肺を使用した開心術後における心臓リハビリテーションは、術後の患者回復にとって必須かつ非常に重要である。一方で手術に伴う心停止などの影響から、呼吸循環が乱れやすいことも開心術後の特徴である。本研究によって、開心術後においても安全に加速度トレーニングが行えることが証明された。また、短時間でも筋量の低下を有意に減らすことができることが証明され、比較的侵襲が高いとされる開心術後の患者に対して早期に社会復帰を目指せる可能性が示唆された。また、今回の観察期間では血管内皮機能の向上は得られなかったが、長期間加速度トレーニングを施行することで血管内皮機能の向上から心不全の予防効果を期待している。

研究成果の概要（英文）：We designed the accelerated training into the cardiac rehabilitation of patients immediately after open heart surgery with cardiopulmonary bypass. No complications due to acceleration training were observed. During about 2-week follow-up period, every patient showed a decreasing trend in physical function (SPPB: Short Physical Performance Battery), muscle strength (knee extension), and muscle mass (quadriceps thickness by echocardiography) at admission and at discharge due to the surgical invasion. However, the patients who received acceleration training tended to have reduced loss of physical function, muscle strength, and muscle mass. Muscle mass was significantly preserved compared to the control group. No differences in endothelial function were observed in this short-term study. AT is considered safe and effective for patients immediately after open-heart surgery.

研究分野：心臓血管外科

キーワード：加速度トレーニング 心臓リハビリテーション 血管内皮機能

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

心不全患者においては、末梢血流の低下、脈圧の低下に伴う血管内皮の shear stress の増大により、内皮機能異常が起こり、血流依存性血管拡張能が低下します。このような末梢血管機能の低下は運動時の骨格筋血流の低下すなわち運動耐容能低下の原因となります。また血管内皮機能の障害は、末梢における過剰な血管収縮反応を促進し、これは心不全増悪の原因となります。また、人工心肺や人工心臓による定常流の血流補助は血管内皮機能の障害をさらに進行させることが報告されています。心不全患者における心臓リハビリテーションは心不全症状を改善させるばかりか、予後も改善させるという多くの知見が得られており、心不全治療における重要な要素となっています。

一方で近年、生体に三次元的振動を加えることで骨格筋に緊張性反射同様の筋収縮を起こさせ、身体に負担をかけずに骨格筋の機能を向上させる「加速度トレーニング」が、スポーツ医学やリハビリテーション医学の分野で注目されつつあります。この加速度トレーニングが骨格筋の収縮力や反応性を向上させるのみならず、末梢血管に作用して



### 加速度トレーニング

- 三次元方向に振動することで、加速度運動を生み出す
- 緊張性反射の亢進により、身体の反射神経筋の活性化を起こす

NO の産生を増大し、さらに自律神経系にも影響を及ぼして骨格筋や皮膚などの組織血流を増大させたり血管反応性を向上させたりすることが報告されています。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、加速度トレーニングが重症な心不全患者に対して安全に施行し得、心不全患者の運動耐容能と血管内皮機能を同時に改善させ得るかどうかを検証することです。本研究で得られたデータに基づき、将来的には加速度トレーニングを広く日常臨床に取り入れ、すべての心不全患者の ADL・QOL 向上に努めます。

## 3. 研究の方法

2021 年から 2023 年までに行われた人工心肺を使用する心臓血管手術を受けた成人患者から、同意が得られた計 77 名を対象とした研究を行いました。40 例が通常的心臓リハビリに加え加速度トレーニング (AT 群) を行い、37 例が通常的心臓リハビリのみを行う (N 群) ように無作為に割り振りしました。結果的にデータの欠損や、手術による脳血管合併症などで AT 群 39 例、N 群 31 例を解析し、比較検討しました。

加速度トレーニングは先行研究にのっとり、Power Plate® (プロティア・ジャパン) の上で規定の 5 ポーズ (スクワット、ワイドスタンススクワット、ヒップアブダクション、フロントランジ、つま先立ち) を 30 秒間ずつ行うこととしました。通常的心臓リハビリは毎日施行しますが、加速度トレーニングは週 3 回、心臓リハビリの時間内に施

行しました。

主要評価項目は、有害事象 運動耐容能 (SPPB: Short Physical Performance Battery) 筋量 (エコーによる大腿四頭筋の厚み) 筋力 (膝伸展力) 血管内皮機能 (採血による intercellular adhesion molecule (ICAM-1) and vascular cell adhesion molecule (VCAM-1) の測定) としました。

研究観察期間は入院から退院時までとしています。

#### 4. 研究成果

まず研究対象の AT 群、N 群において年齢性別、体格や併存症、施行術式において有意差は認めませんでした。手術時間や人工心肺時間においても差はなく、術後の集中治療日数に有意差はありませんでした。術後の平均在院日数は約 20 日で両群共に同等でリハビリ施行期間は同等であったことになります。

主要評価項目に対しては

##### (1) 有害事象

加速度トレーニングを開心術後の患者さんに施行しましたが、血行動態や様々な挿入物が入っている中でも特に有害事象なく施行可能でした。振動による不快感などによって加速度トレーニングが行えなくなる患者はいませんでした。

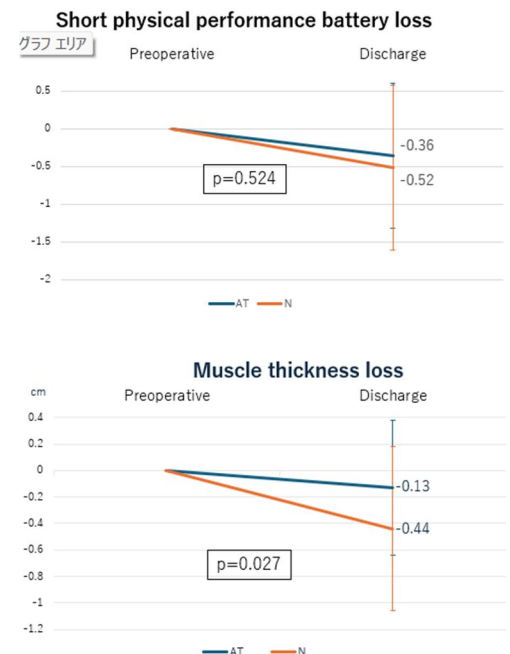
##### (2) 運動耐容能

SPPB と呼ばれる立ち上がりテスト、4m 歩行、バランステストの 3 項目をスコアリングしたもので、術前と退院前と評価をしました。AT 群、N 群共に術後にそれぞれのスコアが低下しましたが、有意差はないものの AT 群においてすべての項目でスコアの低下幅を抑えることが可能でした。

##### (3) 筋量

大腿四頭筋の厚みをエコーにより術前と退院前に評価しました。

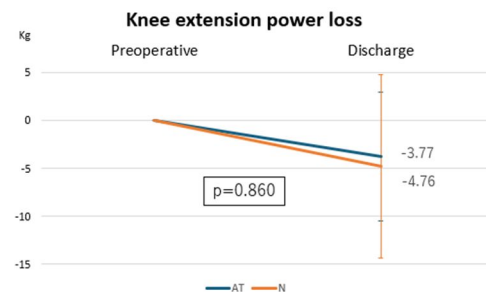
やはり AT 群、N 群共に術後に大腿四頭筋の厚みは低下しましたが、AT 群において有意に大腿四頭筋の厚みが保たれました。



#### (4) 筋力

膝伸展力を術前と退院前に評価しました。

これまでと同様に AT 群、N 群共に術後筋力低下は見られましたが、有意差はないものの AT 群で筋力低下の幅を抑えられる傾向にありました。



#### (5) 血管内皮機能

血管接着因子である ICAM-1 ならびに VCAM-1 を採血にて術前後、退院時に評価を行いました。人工心肺使用により血管内皮機能が障害されることで、両群共に術前より術後に ICAM-1、VCAM-1 共に値が悪化しましたが、両群共に退院時には改善傾向を示しました。両群では特に有意差はなく、同様の推移をしました。

#### (6) まとめ

平均約 20 日間のリハビリ期間において開心術後の患者に対して加速度トレーニングは安全に施行することが可能でした。運動耐容能ならびに筋力・筋量に関しては 20 日間という短期間にも関わらず AT 群において低下を防ぐ可能性が示唆されました。特に筋量に関しては有意に加速度トレーニングを行った方が保たれることが証明されました。一方で血管内皮機能に関しては短期間においては差がないことがわかりました。開心術直後という血行動態も不安定になりやすく、中心静脈カテーテルやドレーン、ペースメーカーリードなどの数多くの挿入物が入っている中で加速度トレーニングが安全に施行できたことは非常に大きな研究成果と考えます。また、約 20 日間という短い研究期間にも関わらず、筋量加速度トレーニングが有意に術後筋量維持に効果的だったことは重要な研究成果です。本研究期間においてもこのような差があったことから、トレーニング期間ならびに観察期間を延ばすことによってさらに、運動耐容・筋量・筋力が通常の心臓リハビリテーションを行うのみよりも加速度トレーニングを組み込むことによって改善していくことが期待されます。また、本研究では差は出ませんでした。血管内皮機能に関しても先行研究において加速度トレーニング実施 2 か月程度で改善が得られるといった報告もあることから、やはりトレーニング期間や観察期間の延長が今後も必要と思われます。また、開心術直後の患者にはエンドパットと言われる機能的な血管内皮機能検査は困難であることから、今回採血による血管内皮機能検査を選択しましたが、機能的血管内皮機能検査が施行できた場合差が出た可能性は否定できません。安定した患者に対してエンドパットを用いた機能的な血管内皮機能検査を行うことによって、より正確なデータが得られる可能性があります。今回安全性並びに効果が一定以上証明されたことから、今後規模が大きく長期間施行した研究を行うことによって更なる研究成果が得られると考えられ、研究の目的であるすべての心不全患者の ADL、QOL 改善につながる可能性があります。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yuta Kanazawa, Shunsuke Saito, Shohei Okubo, Taiki Matsuoka, Shotaro Hirota, Shohei Yokoyama, Masahiro Tezuka, Yusuke Takei, Go Tsuchiya, Taisuke Konishi, Koji Ogata, Ikuko Shibasaki, Toshiaki Nakajima, Hirotugu Fukuda	4. 巻 -
2. 論文標題 Safety and effectiveness of acceleration training as cardiac rehabilitation immediately after open heart surgery: A pilot study	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Circulation Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 2件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 斎藤俊輔
2. 発表標題 加速度トレーニングによる開心術後患者・心不全患者の運動耐容能と血管内皮機能向上に関する研究
3. 学会等名 第29回日本心臓リハビリテーション学会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 斎藤俊輔
2. 発表標題 加速度トレーニングによる開心術後患者・心不全患者の運動耐容能と血管内皮機能向上に関する研究
3. 学会等名 第42回日本臨床運動療法学会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 金澤祐太
2. 発表標題 加速度トレーニングは開心術後患者において、心臓リハビリテーションとして有効か
3. 学会等名 第76回日本胸部外科学会定期学術集会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

論文投稿済みで、現在査読待ちの状態である。

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中島 敏明  (Nakajima Toshiaki)  (50227790)	獨協医科大学・医学部・特任教授   (32203)	
研究分担者	八木 博  (Yagi Hiroshi)  (70296177)	獨協医科大学・医学部・准教授   (32203)	
研究分担者	福田 宏嗣  (Fukuda Hirotsugu)  (70526269)	獨協医科大学・医学部・教授   (32203)	
研究分担者	柴崎 郁子  (Shibasaki Ikuko)  (80438689)	獨協医科大学・医学部・教授   (32203)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------