

持つ手×歩行速度)を行った結果、歩行速度に有意差が認められた ( $F(2, 26) = 4.77$ ,  $p < .05$ )。交互作用は有意でなかった。Bonferroni法を用いて多重比較を行った結果、「遅い」と「速い」の間に有意差が認められた ( $p < .05$ )。一方、「遅い」と「通常」、「通常」と「速い」の間に有意差は認められなかった。

歩幅の平均を図3に示した。二要因の分散分析(白杖を持つ手×歩行速度)を行った結果、交互作用が有意であった ( $F(2, 26) = 3.38$ ,  $p < .05$ )。そこで、各要因の単純主効果を分析した結果、歩行速度における白杖を持つ手の単純主効果は「速い」の場合に有意であった ( $p < .05$ )。一方、白杖を持つ手における歩行速度の単純主効果は「利き手」の場合に有意であった ( $p < .01$ )。Bonferroni法を用いて多重比較を行った結果、「利き手」について、「遅い」と「通常」、「遅い」と「速い」の間に有意差が認められた ( $p < .05$ )。

#### 4.2. 偏軌距離

図4には、対象者の偏軌距離の平均と標準偏差を「利き手」と「非利き手」のそれぞれについて示した。偏軌距離は「利き手」の場合、歩行速度「遅い」が  $183.02 \pm 127.80\text{cm}$ 、「通常」が  $132.86 \pm 97.32\text{cm}$ 、「速い」が  $107.86 \pm 58.14\text{cm}$  であった。「非利き手」の場合、「遅い」が  $149.38 \pm 67.58\text{cm}$ 、「通常」が  $130.55 \pm 91.99\text{cm}$ 、「速い」が  $119.88 \pm 83.66\text{cm}$  であった。偏軌距離について、二要因の分散分析(白杖を持つ手×歩行速度)を行った結果、歩行速度に有意差が認められた ( $F(2, 26) = 4.17$ ,  $p < .05$ )。交互作用は有意でなかった。Bonferroni法を用いて多重比較を行った結果、「遅い」と「速い」の間に有意差が認められた ( $p < .05$ )。一方、「遅い」と「通常」、「通常」と「速い」の間に有意差は認められなかった。

#### 4.3. 白杖なし歩行と白杖歩行

本研究では白杖なし歩行条件の計測も行った。その結果は歩行時間  $14.17 \pm 2.09$  秒、歩数  $25.45 \pm 2.68$  歩、歩幅  $0.64 \pm 0.07\text{m}$ 、偏軌距離  $153.50 \pm 117.07\text{cm}$  であった。また、先述した通り、白杖歩行条件の場合には歩行速度「速

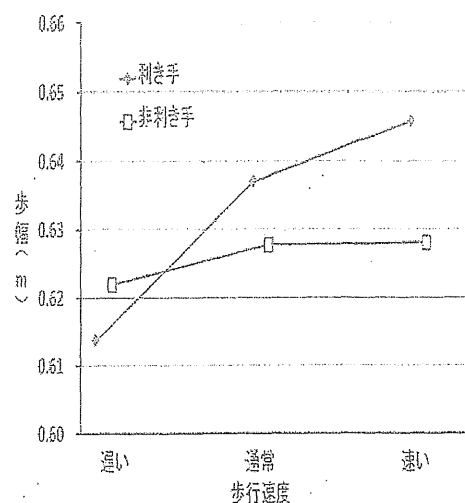


図3 歩幅の平均 (n=14)

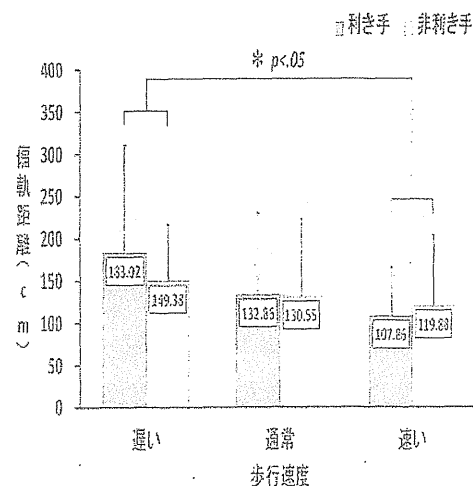


図4 偏軌距離の平均と標準偏差 (n=14)

い」は「遅い」と比較して偏軌距離が有意に小さかった ( $p < .05$ )。そこで、白杖なし歩行条件の「通常」と、白杖歩行条件(利き手)の「速い」について、対応のある  $t$  検定を行った結果、有意差は認められなかった ( $t(13) = 1.22$ , n.s.)。また、白杖なし歩行条件の「通常」と、白杖歩行条件(利き手)の「遅い」および「通常」のそれぞれについて、対応のある  $t$  検定を行った結果、有意差は認められなかった(白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件(利き手)の「遅い」,  $t(13) = 0.72$ , n.s.; 白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件(利き手)の「通常」,  $t(13) = 0.66$ , n.s.)。

#### 4.4. 歩行軌跡

歩行軌跡は、歩行中の右足親指に貼付した赤テープの位置をウェアラブルカメラで追跡する

ことで求めた。その結果、偏軌の方向について対象者に共通した一定の傾向は認められなかった。しかし、対象者の中には左側に偏軌した者、左右どちらにも偏軌した者、右側に偏軌した者の3つの類型がみられた。そこで、本研究では左側に偏軌した者をL型、左右どちらにも偏軌した者をLR型、右側に偏軌した者をR型と定義した。3類型の内訳はL型が6名、LR型が4名、R型が4名であった。各類型の代表的な者1名の歩行軌跡を図5～7に示した。ここで、各類型の偏軌距離を比較するために、対象者の偏軌距離の平均と標準偏差を類型ごとにそれぞれ示した(図8)。なお、偏軌距離の分析において、白杖を持つ手の有意差が認められなかった( $F(1, 13) = 0.47, n.s.$ )ことから、一般的に視覚障害者が歩行する際に白杖を持つ「利き手」のみのデータを示した。偏軌距離はL型の場合、「遅い」が $227.94 \pm 132.60\text{cm}$ 、「通常」が $167.22 \pm 97.53\text{cm}$ 、「速い」が $142.28 \pm 56.00\text{cm}$ であった。LR型の場合、「遅い」が $73.08 \pm 36.74\text{cm}$ 、「通常」が $50.33 \pm 26.12\text{cm}$ 、「速い」が $54.67 \pm 30.52\text{cm}$ であった。R型の場合、「遅い」が $225.58 \pm 111.88\text{cm}$ 、「通常」が $163.83 \pm 93.04\text{cm}$ 、「速い」が $109.42 \pm 39.81\text{cm}$ であった。ここで、二要因の混合計画における分散分析(3類型×歩行速度)を行った結果、3類型に有意差が認められた( $F(2, 11) = 4.46, p < .05$ )。交互作用は有意でなかった。そこで、Bonferroni法を用いて多重比較を行った結果、3類型については、L型とLR型、LR型とR型の間に有意差が認められた( $p < .05$ )。一方、L型とR型の間には有意差が認められなかった。

## 5. 考察

### 5.1. 白杖歩行の偏軌の特徴

白杖を持たない歩行に関して、3種類の歩行速度(「遅い」・「通常」・「速い」)で計測を行った結果、「通常」は偏軌を最小に抑えられることが明らかにされている(Cohen and Sangi-Haghpeykar, 2011; Uematsu et al., 2011)。一方、白杖歩行に関しては、これまで歩行速度に焦点を当てた学術的な研究は見当たらない。本

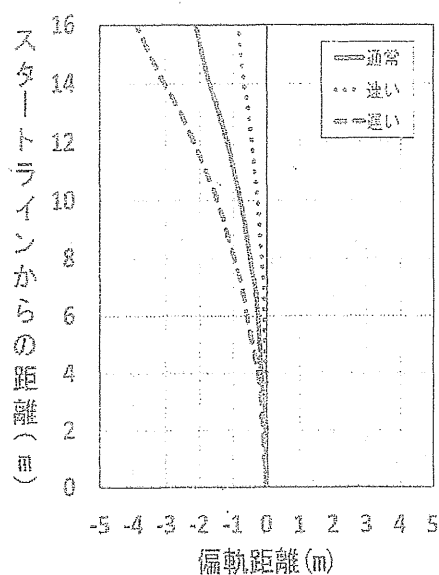


図5 L型の歩行軌跡

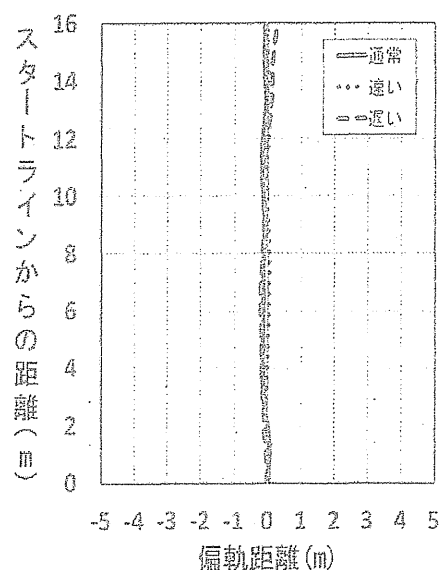


図6 LR型の歩行軌跡

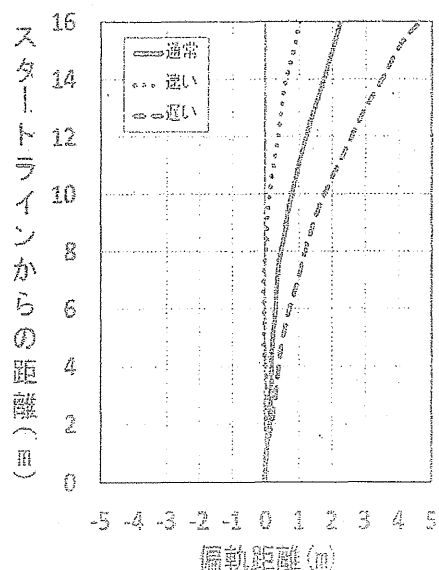


図7 R型の歩行軌跡

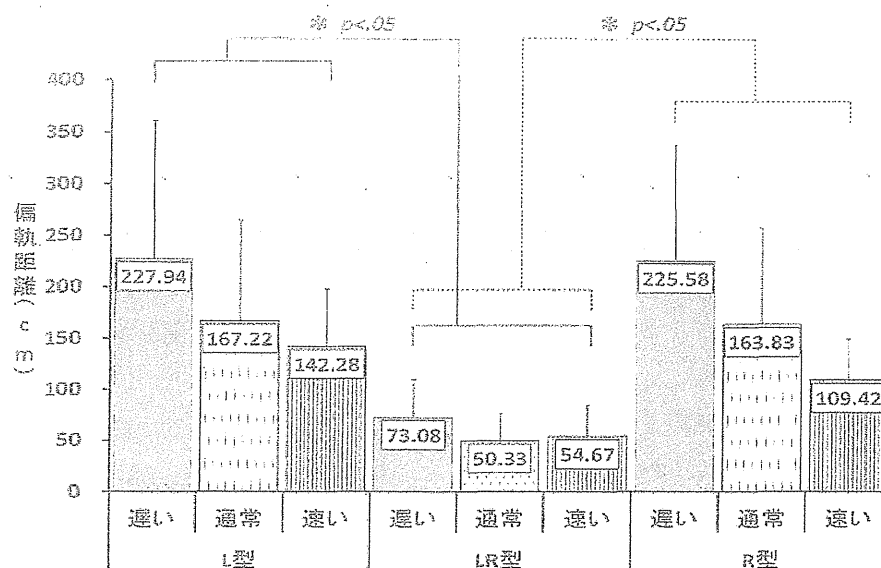


図8 3類型における偏軌距離の平均と標準偏差 (n = 14)

研究の結果、白杖を持つ手に関わらず、歩行速度「速い」は「遅い」と比較して有意に偏軌距離が小さく ( $p<.05$ )、先行研究と異なる結果となった。一方、「遅い」と「通常」および「通常」と「速い」の間に有意差は認められなかった。本研究の歩行速度は「通常」から0.8倍、1.2倍したものをそれぞれ「遅い」「速い」の歩行速度としており、このことから白杖歩行の場合は「通常」と感じる歩行速度から1.2倍した歩行速度で歩くことで、偏軌を小さくできることを示している。歩数においても、白杖を持つ手に関わらず、「速い」は「遅い」と比較して歩数が有意に少なく ( $p<.05$ )、「遅い」と「通常」および「通常」と「速い」の間に有意差は認められなかった。本研究の歩行路は中央部分に基準線を設けており、そこから左右にずれるごとに偏軌距離が大きくなる。つまり、基準線に沿って真っ直ぐに歩行した場合に実際の歩行距離は16mであり、歩行軌跡が左右にずれるごとに実際の歩行距離は長くなるようになっていた。このことから、歩数の分析結果は、「速い」の偏軌距離が「遅い」のそれと比較して有意に小さくなることに対応して、「速い」の歩数も「遅い」のそれと比較して有意に少なくなったことを示したものと考えられる。

白杖を持つ手については、この観点に注目した研究は現在まで行われておらず、先行研究でもこの観点からの報告はなされていない。その

理由として、視覚障害者が白杖歩行する際には白杖を操作しやすい利き手で持つことが一般的になっていることが挙げられる。しかし、本研究は白杖歩行における偏軌の特性を明らかにするための基礎的な研究であり、その特性についてより詳細に実証するためにあえて非利き手の条件でも実験を行った。その結果、偏軌距離について白杖を持つ手は有意でなかった。このことから、白杖を持つ手は偏軌に対して影響を与える要因ではないことが明らかとなった。しかし、対象者の内省報告には「利き手だと歩きやすい」「利き手の方が真っ直ぐ歩いている感覚がもてる」といった意見があった一方で、「非利き手だと歩きにくい」「非利き手だと白杖の振幅が分からない」といった意見があった。以上より、白杖を持つ手は偏軌に直接の影響はないが、対象者の内省報告にもあるように利き手の方が白杖を操作しやすいと感じている者が多く、非利き手の利点がないことから、これまで通り利き手に注目して研究していくことが望ましいと考える。一方、歩幅については、白杖を持つ手と歩行速度の交互作用が有意であり ( $F(2, 26) = 3.38, p<.05$ )、歩行速度における白杖を持つ手の単純主効果は「速い」の場合のみにみられた。つまり、歩行速度に注目すると、「利き手」の「速い」は「非利き手」の「速い」と比較して、歩幅が有意に大きいことが明らかとなった ( $p<.05$ )。この結果は偏軌距離と白杖を持つ手に

おける分析結果と異なるものであり、「遅い」および「通常」に関しては白杖を持つ手の単純主効果がみられなかったことから、歩幅と歩行速度、白杖を持つ手の関係について検討していく必要があると考える。

歩行速度については先述した通り、白杖を持つ手に関わらず、歩行速度「速い」は「遅い」と比較して有意に偏軌距離が小さくなる結果となった ( $p < .05$ )。この結果は、「通常」が偏軌を最小に抑えられるという結果を示した白杖を持たない歩行に関する研究 (Cohen and Sangi-Haghepykar, 2011; Uematsu et al., 2011) とは異なるものであったものの、白杖歩行の場合も偏軌と歩行速度に関係があることが示唆された。歩行速度は先行研究によってもその値が異なり、Cohen and Sangi-Haghepykar (2011) の歩行速度は「遅い」(60bpm)、「中間」(120bpm)、「速い」(176bpm) であり、Uematsu et al. (2011) の通常の頻度は  $106 \pm 10.7$  (歩/分) であった。本研究での歩行速度「通常」は  $104.57 \pm 6.86$  (歩/分) であり、Uematsu et al. (2011) の歩行速度とはほぼ同じ値であった。しかし、同じ歩行速度であっても、白杖を持つか持たないかによって偏軌の傾向が異なる結果を示すことは大変興味深い。この点について、視覚障害者の歩行は安全に、能率よく歩くことが求められることがその理由として考えられる。つまり、リズムカルな歩行運動において、バランスや姿勢の調整ができるようになることが必要であり (文部省, 1985)、対象者は歩行速度「速い」の場合に白杖をリズムよく振ることができ、バランスや姿勢の調整がうまくできたことで偏軌を小さくすることができたと推察できる。実際に内省報告でも「歩行速度が速い方が歩きやすい」「速い方が歩きやすくて足跡がイメージしやすい」といった意見があり、本研究の結果を支持していたものと考えられる。一方で「通常が歩きやすい」「通常と速い方が歩きやすい」という意見もあったが、「通常」は「遅い」「速い」のいずれの間にも有意差が認められなかった。また、対象者のほとんどが「遅いは難しい」という意見を報告しており、「遅い速さだと真っ直ぐ歩いているイメージがもちに

くい」「遅いと重心が揺れている感覚があった」といった意見を報告していた。以上より、視覚障害者の白杖歩行に関して、歩行速度が遅いとバランスや姿勢の調整がうまくいかず、意図した方向に歩行することが難しいが、歩行速度を速くすることで白杖をリズムカルに振ることができるだけでなく、バランスや姿勢の調整もうまくできるため偏軌を小さく抑えられることが示唆された。

また、本研究では白杖なし歩行条件について歩行速度「通常」で計測を行っていた。そこで、白杖歩行条件の場合に歩行速度「速い」は「遅い」と比較して偏軌距離が有意に小さかった ( $p < .05$ ) ことから、白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件 (利き手) の「速い」を比較した。その結果、白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件 (利き手) の「速い」の間に有意差は認められなかった ( $t(13) = 1.22, n.s.$ )。また、白杖なし歩行条件の「通常」と、白杖歩行条件 (利き手) の「遅い」および「通常」のそれぞれについても有意差は認められなかった (白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件 (利き手) の「遅い」、 $t(13) = 0.72, n.s.$ ; 白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件 (利き手) の「通常」、 $t(13) = 0.66, n.s.$ )。このことは、白杖の有無は偏軌に影響がないことを示唆している。したがって、視覚障害者の歩行において、白杖は偏軌を助長するものとはならないため、従来と同様に歩行補助具として活用していくべきである。しかし、本研究は歩行補助具の中でも白杖のみに焦点を当てており、盲導犬やその他の電子式歩行補助具等の検討は行っていない。今後、これらと偏軌の関係についても検討していく余地があるといえる。

## 5.2. 類型別に見た偏軌の特徴

本研究では、偏軌の方向について対象者に共通した一定の傾向は認められなかったことから、左側に偏軌した者をL型 (6名)、左右どちらにも偏軌した者をLR型 (4名)、右側に偏軌した者をR型 (4名) の3類型に分類した。そして、この3類型から対象者によって偏軌する方向に傾向があることが示唆された。このことが

ら、視覚障害者自身が偏軌する方向に気付くことで歩行中の手がかりにできるだけでなく、実際の歩行訓練では、視覚障害者の偏軌する方向に傾向があることを踏まえた上で、指導していく必要があると考えられた。また、偏軌距離に関して3類型ごとに比較した結果、LR型はL型とR型と比較して偏軌距離が有意に小さかった ( $p<.05$ )。このことから、LR型の者はL型およびR型の者よりも意図した方向に歩行することができていたと推察される。実際、内省報告には「重心が揺れている感覚がある」といった意見があり、身体の平衡をうまく調整することが意図した方向に歩行するための重要な要因であることが推察された。これまで、偏軌の原因の一つとして、姿勢の左右のアンバランスが挙げられていたが、この点について実証された研究は行われていなかった。本研究の結果はこのことを支持しているものであり、偏軌に平衡性が関連していることが示唆された。また、中田(1983)は、視覚障害者と晴眼者の直立姿勢保持能力を指標に測定した結果、視覚障害者は晴眼者と比較して平衡機能が低い水準にあることを報告しており、偏軌に関して視覚障害者を対象とした実験も行い、本研究の結果と比較検討していくことが求められる。一方で、柳原・三星(2005)は、視覚障害者の直進歩行と方向感覚に関連があることを指摘している。今後、視覚障害者の歩行に関して、偏軌と平衡性、空間認知の関連について検討していく必要があると考える。

### 5.3. 音要因への配慮

偏軌の研究をする際、耳からの反射音の情報に左右差が生じることで偏軌に影響を与える可能性がある。そのため実験の際に音要因の統制をする必要があり、田伏・植阪・野口(2014)によると、聴覚を遮断する、音要因の影響がない場所で実施する、逆方向に進ませる条件をカウンターバランスとして取り入れる等の方法が挙げられる。本研究では音要因への配慮として、聴覚遮断は行わなかった。その理由は、アイマスクによる視覚遮断とイヤホンによる聴覚遮断を行うことで、視覚障害者よりも盲ろう者に近

い歩行状況になることが考えられたためであり、より視覚障害者に近い歩行状況にするために進行方向を逆に進む条件をカウンターバランスとして取り入れることが適当と判断したためである。対象者の内省からは「音は気にならない」「音はそんなに頼りにならない」といった意見があっただけでなく、対象者の歩行軌跡も進行方向に関わらず、一定の方向に偏軌していくことが観察されたことから、本研究では課題遂行中の音響環境が偏軌に影響を及ぼした可能性は低いと考えられる。

## 文献

- 1) Cohen, H. S. & Sangi-haghepykar, H. (2011) Walking speed and vestibular disorders in a path integration task. *Gait Posture*, 33, 211-213.
- 2) Guth, D. (2008) Why does instruction reduce blind pedestrians' veering?. *Blindness and Brain Plasticity in Navigation and Object Perception*, 353-365.
- 3) 文部省 (1985) 歩行指導の手引. 慶應通信株式会社.
- 4) 中田英雄 (1983) 視覚障害者の直立姿勢保持能力. *姿勢研究*, 3 (1), 1-7.
- 5) 大倉元宏・村上琢磨・清水学・田内雅規 (1995) 視覚障害者の歩行特性と駅プラットホームからの転落事故. *人間工学*, 31 (1), 1-8.
- 6) 芝田裕一 (2000) 視覚障害者のリハビリテーションと生活訓練—指導者養成用テキスト—. 社団福祉法人日本ライトハウス養成部.
- 7) 田伏久士・植阪友里・野口忠則 (2014) 上半身の姿勢保持に関する意識づけが直進歩行に及ぼす影響. *視覚リハビリテーション研究*, 4 (1), 17-27.
- 8) Uematsu, A., Inoue, K., Hobara, H., Kobayashi, H., Iwamoto, Y., Hortobagyi, T., & Suzuki, S. (2011) Preferred step frequency minimizes veering during natural human walking. *Neuroscience Letters*, 505, 291-293.
- 9) 柳原崇男・三星昭宏 (2005) 方向感覚質問紙簡易版 (SDQ-S) を用いた視覚障害者の歩行能力測定に関する基礎的研究. *交通科学*, 36 (2), 93-100.



## Efficacy of Cardiopulmonary Rehabilitation With Adaptive Servo-Ventilation in Patients Undergoing Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting

Naonori Tashiro; Shinya Takahashi, MD, PhD; Taiichi Takasaki, MD, PhD;  
Keijiro Katayama, MD, PhD; Takahiro Taguchi, MD; Masazumi Watanabe, MD;  
Tatsuya Kurosaki, MD, PhD; Katsuhiko Imai, MD, PhD;  
Hiroaki Kimura, MD, PhD; Taijiro Sueda, MD, PhD

**Background:** Postoperative complications after cardiac surgery increase mortality. This study aimed to evaluate the efficacy of cardiopulmonary rehabilitation with adaptive servo-ventilation (ASV) in patients undergoing off-pump coronary artery bypass grafting (OPCAB).

**Methods and Results:** A total of 66 patients undergoing OPCAB were enrolled and divided into 2 groups according to the use of ASV (ASV group, 30 patients; non-ASV group, 36 patients). During the perioperative period, all patients undertook cardiopulmonary rehabilitation. ASV was used from postoperative day (POD) 1 to POD5. Hemodynamics showed a different pattern in the 2 groups. Blood pressure (BP) on POD6 in the ASV group was significantly lower than that in the non-ASV group (systolic BP,  $112.9 \pm 12.6$  vs.  $126.2 \pm 15.8$  mmHg,  $P=0.0006$ ; diastolic BP,  $62.3 \pm 9.1$  vs.  $67.6 \pm 9.3$  mmHg,  $P=0.0277$ ). The incidence of postoperative atrial fibrillation (POAF) was lower in the ASV group than in the non-ASV group (10% vs. 33%,  $P=0.0377$ ). The duration of oxygen inhalation in the ASV group was significantly shorter than that in the non-ASV group ( $5.1 \pm 2.2$  vs.  $7.6 \pm 6.0$  days,  $P=0.0238$ ). The duration of postoperative hospitalization was significantly shorter in the ASV group than in the non-ASV group ( $23.5 \pm 6.6$  vs.  $29.0 \pm 13.1$  days,  $P=0.0392$ ).

**Conclusions:** Cardiopulmonary rehabilitation with ASV after OPCAB reduces both POAF occurrence and the duration of hospitalization.

**Key Words:** Adaptive servo-ventilation; Cardiopulmonary rehabilitation; Off-pump coronary artery bypass grafting

Off-pump coronary artery bypass grafting (OPCAB) is an established technique to achieve multivessel coronary artery revascularization, which tends to reduce the adverse effects of cardiopulmonary bypass (CPB).<sup>1,2</sup> Although there are many conflicting reports, OPCAB has the potential to be associated with lower in-hospital mortality and complications, including stroke, acute renal failure, respiratory failure and infection, mediastinitis, cardiac failure, atrial fibrillation (AF), and bleeding-related events, compared with on-pump CPB.<sup>1-8</sup> However, these reports also indicated that the incidence of complications with OPCAB was approximately 10%, and that respiratory failure or infection occurred in 3.7–5.9% of patients, which is significant. Recently, Fukui et al reported from a single-center study that the incidence of pneumonia after OPCAB was 1.5%,<sup>9</sup> which although low, is nevertheless

evidence that pneumonia remains one of the most serious complications related to mortality.

### Editorial p????

Pre- and postoperative cardiopulmonary rehabilitation in patients undergoing coronary artery bypass grafting (CABG) has reduced pulmonary complications, the incidence of AF, and the length of in-hospital stay after surgery.<sup>10</sup> These results may be applied also to patients undergoing OPCAB, but further investigation is required to confirm this.

Pasquina et al conducted a systematic review, and reported that respiratory rehabilitation programs after cardiac surgery, which included respiratory physiotherapy, early mobilization, continuous positive airway pressure (CPAP), and incentive

Received October 3, 2014; revised manuscript received January 21, 2015; accepted February 2, 2015; released online March 13, 2015  
Time for primary review: 26 days

Department of Rehabilitation (N.T., H.K.), Department of Cardiovascular Surgery (S.T., T. Takasaki, K.K., T. Taguchi, M.W., T.K., K.I., T.S.), Hiroshima University Hospital, Hiroshima, Japan

Mailing address: Naonori Tashiro, Department of Rehabilitation, Hiroshima University Hospital, 1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima 734-8551, Japan. E-mail: [tashiro@hiroshima-u.ac.jp](mailto:tashiro@hiroshima-u.ac.jp)

ISSN-1346-9843 doi:10.1253/circj.CJ-14-1078

All rights are reserved to the Japanese Circulation Society. For permissions, please e-mail: [cj@j-circ.or.jp](mailto:cj@j-circ.or.jp)

spirometry for promoting expectoration, were not effective in preventing respiratory complications.<sup>11</sup> However, there have been several recent reports that respiratory rehabilitation with noninvasive positive pressure ventilation (NPPV) improved oxygenation and ventilation, reduced the work of breathing by inflating the alveoli, and increased cardiac output (CO) in the postoperative period by reducing left ventricular afterload.<sup>12–14</sup>

Adaptive servo-ventilation (ASV), a novel NPPV therapy, was developed for Cheyne-Stokes respiration-central sleep apnea syndrome in patients with congestive heart failure (HF). This therapy synchronizes the flow pattern of the ventilator with the patient's own calculated respiratory flow pattern, and improves patient tolerability in comparison with other NPPV techniques.<sup>15</sup> Recent studies showed that ASV improves the short-term prognosis in HF patients regardless of sleep-disordered breathing,<sup>16</sup> and that cardiac function in both daytime and nighttime short-duration ASV users significantly improves.<sup>17</sup> In addition, heart rate (HR) and blood pressure (BP) were significantly decreased, and CO significantly increased, within 30 min of the initiation of ASV in patients with chronic HF.<sup>18,19</sup> These results suggest that ASV has the potential to improve cardiac and respiratory conditions in acute and chronic HF.

Therefore, we hypothesized that ASV would improve postoperative cardiac and respiratory conditions. The present study aimed to evaluate the efficacy of cardiopulmonary rehabilitation with ASV in patients undergoing off-pump CABG.

## Methods

### Subjects

From April 2010 to December 2013, isolated OPCAB was performed in 85 patients. To evaluate the usual rehabilitation programs, exclusion criteria were as follows: prior cardiac surgery; congestive HF; moderate-to-severe valvular disease requiring surgical intervention; prior implantation of a permanent pacemaker, implantable cardioverter defibrillator (ICD) or ICD with cardiac resynchronization therapy; history of chronic or paroxysmal AF; use of class I or III antiarrhythmic drugs; and refusal to participate in the rehabilitation program. After 19 patients had been excluded, 66 patients were enrolled in the study. All underwent cardiac rehabilitation during the perioperative period in the Department of Rehabilitation. All analyses were based on a retrospective review of medical records. The study was approved by the Ethics Committee of Hiroshima University. Informed consent for permission to use medical records for the purpose of research was given by all patients before the operation. All patients except one who refused to ASV were randomly assigned to 2 groups according to the use of ASV. All 30 patients of the ASV group completed the rehabilitation program through the perioperative period without any drop outs.

### Study Protocol and Assessment of Hemodynamics

This study had 2 protocols: (1) comparison of just before and after ASV attachment to investigate the acute effect of ASV; and (2) comparison of the ASV and non-ASV groups to investigate the efficacy of using ASV. Preoperative characteristics (comorbidities, medications, echocardiographic findings, and laboratory data), operative data, and postoperative results were collected from medical records and compared between groups. For the assessment of hemodynamics, BP and HR at rest were averaged on each day from postoperative day (POD) 1 to POD10. However, BP and HR before and after ASV were measured separately to assess the acute effect of ASV.

### Surgical Procedure and Postoperative Care

All preoperative cardiac medications, including  $\beta$ -blockers, calcium antagonists, angiotensin receptor blockers, and angiotensin-converting enzyme inhibitors, were continued until the day before surgery. The patients underwent OPCAB, which was performed using a standard surgical technique. General anesthesia was induced and maintained with remifentanyl, propofol and rocuronium. Patients routinely received intravenous nitroglycerine ( $0.25$ – $0.5 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) for the dilation of coronary arteries and the prevention of internal thoracic artery spasm. A median sternotomy was performed and all grafting materials, including the left internal thoracic artery, right internal thoracic artery, gastro-epiploic artery and saphenous vein, were harvested. Heparin ( $100 \text{ IU/kg}$ ) was given, and the activated clotting time was maintained  $>300$ s. The distal anastomoses of grafts were performed using an Octopus II stabilizer (Medtronic, Inc, Minneapolis, MN, USA). Three deep pericardial retraction sutures were placed at the posterior fibrous pericardium, close to the left inferior pulmonary vein and inferior vena cava. The center between the left inferior pulmonary vein and the inferior vena cava was used as a lever to manipulate and rotate the heart into a vertical and lateral position along the stabilizer. Intracoronary shunts were used routinely for the left anterior descending artery and for all other patent arteries. Visualization was aided with a humidified carbon dioxide blower (Toyobo Co, Ltd, Osaka, Japan). The distal anastomoses were performed with a 7-0 or 8-0 polypropylene running suture. The proximal anastomoses were performed with a 6-0 polypropylene running suture using the Enclose II (Novare Surgical Systems, Inc, Cupertino, CA, USA) proximal suture device or partial aortic clamping. Protamine was used to reverse heparin anticoagulation. All patients were transferred to the intensive care unit under the care of anesthesiologists, and recovered from anesthesia on either the day of the operation or POD1.

For the prevention of arterial spasm, a continuous intravenous infusion of nitroglycerin ( $0.2$ – $0.4 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) with/without diltiazem ( $0.5$ – $1.0 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) was used intraoperatively, and during the first 24 h after the operation. Anesthetic techniques and medications for the intraoperative and postoperative periods were similar in all patients. Low-dose aspirin was given to all patients following the procedure, and warfarin was used in addition to low-dose aspirin for patients with saphenous vein grafts. If necessary, inotropic drugs were used during the stay in the intensive care unit. During the study period, a cardiologist confirmed the diagnosis of AF and initiated prompt treatment using  $\beta$ -blockers, calcium antagonists, antiarrhythmic drugs and/or defibrillation. Oral cardiovascular agents, including  $\beta$ -blockers, long-acting calcium antagonists, angiotensin-converting enzyme inhibitors, and angiotensin-II receptor antagonists, were restarted on POD3 in patients who had received these agents preoperatively. Echocardiography was performed approximately 2 weeks after the operation.

### Rehabilitation Program

A rehabilitation program was started  $\geq 1$  day preoperatively until discharge for all the study patients. The preoperative program included practice of breathing techniques and instruction in the use of the ASV system. In the early postoperative period (POD1–5), the rehabilitation program consisted of conventional perioperative exercises, including mobilization and respiratory training with or without ASV. On POD5, all patients were examined in their wards to determine if they could walk 100 m. On the following POD ( $\geq \text{POD6}$ ), the rehabilitation program con-

Table 1. Characteristics of Patients Undergoing OPCAB and Cardiopulmonary Rehabilitation With ASV

|  | Total<br>(n=66) | ASV group<br>(n=30) | Non-ASV group<br>(n=36) | P value |
|--|-----------------|---------------------|-------------------------|---------|
| Age (years)  | 69.4±9.8        | 71.0±8.4            | 68.1±10.7               | 0.2247  |
| Sex, male (%)                                      | 50 (76)         | 22 (73)             | 28 (78)                 | 0.7760  |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )                           | 24.0±3.7        | 23.9±3.6            | 24.1±3.8                | 0.7925  |
| Hypertension (%)                                   | 53 (80)         | 23 (77)             | 30 (83)                 | 0.5467  |
| Hyperlipidemia (%)                                 | 43 (65)         | 23 (77)             | 20 (56)                 | 0.1188  |
| Diabetes mellitus (%)                              | 36 (55)         | 19 (63)             | 17 (47)                 | 0.2218  |
| Renal insufficiency (creatinine<br>>1.5 mg/dl) (%) | 5 (76)          | 1 (3)               | 4 (11)                  | 0.3663  |
| Hemodialysis (%)                                   | 3 (5)           | 0                   | 3 (8)                   | 0.2448  |
| Cerebrovascular disease (%)                        | 14 (21)         | 5 (17)              | 9 (25)                  | 0.5484  |
| COPD (%)   | 6 (9)           | 4 (13)              | 2 (6)                   | 0.3989  |
| Smoking (%)  | 39 (59)         | 20 (67)             | 19 (53)                 | 0.3180  |
| Preoperative medications                           |                 |                     |                         |         |
| β-blocker (%)                                      | 32 (48)         | 14 (47)             | 18 (50)                 | 0.8097  |
| ACEI/ARB (%)                                       | 35 (53)         | 12 (40)             | 23 (64)                 | 0.0825  |
| Ca channel antagonist (%)                          | 30 (45)         | 15 (50)             | 15 (42)                 | 0.6232  |
| Statin (%)   | 44 (67)         | 23 (77)             | 21 (58)                 | 0.1893  |
| Coronary lesions                                   |                 |                     |                         |         |
| Isolated left main trunk (%)                       | 1 (2)           | 0                   | 1 (3)                   |         |
| 1-vessel disease (%)                               | 4 (6)           | 2 (7)               | 2 (6)                   |         |
| 2-vessel disease (%)                               | 17 (26)         | 8 (27)              | 9 (25)                  |         |
| 3-vessel disease (%)                               | 44 (67)         | 20 (67)             | 24 (67)                 | 0.8292  |
| Echocardiographic data                             |                 |                     |                         |         |
| LA dimension (mm)                                  | 37.7±5.6        | 38.9±5.2            | 36.8±5.8                | 0.1520  |
| LVDd (mm)  | 48.5±5.5        | 48.4±4.8            | 48.6±6.1                | 0.8611  |
| LVDs (mm)  | 34.2±7.2        | 33.3±6.5            | 34.9±7.7                | 0.3693  |
| LA volume (ml)                                     | 58.0±16.7       | 58.1±13.4           | 58.0±19.3               | 0.9700  |
| LAVI (ml/m <sup>2</sup> )                          | 34.7±11.6       | 36.3±8.7            | 33.3±13.4               | 0.3081  |
| LV ejection fraction (%)                           | 56.5±10.7       | 58.1±9.4            | 55.2±11.6               | 0.2891  |
| LVEDV (ml)   | 96.9±33.9       | 94.2±30.3           | 99.4±37.3               | 0.5774  |
| LVESV (ml)   | 45.2±27.5       | 42.3±25.2           | 47.9±29.8               | 0.4691  |
| PA-TDI duration (ms)                               | 134.5±18.6      | 135.1±17.3          | 134.0±19.8              | 0.8090  |
| MR   |                 |                     |                         |         |
| None   |                 | 8 (28)              | 9 (25)                  |         |
| Trivial  |                 | 7 (24)              | 13 (36)                 |         |
| Mild   |                 | 14 (48)             | 14 (39)                 | 0.5718  |

Data are shown as the number of patients or mean±standard deviation. ACEI, angiotensin-converting enzyme inhibitor; ARB, angiotensin-II receptor antagonist; ASV, adaptive servo-ventilation; BMI, body mass index; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; IVS, interventricular septum; LA, left atrial; LAVI, LA volume index; LV, left ventricular; LVDd, LV end-diastolic dimension; LVDs, LV end-systolic dimension; LVEDV, LV end-diastolic volume; LVESV, LV end-systolic volume; OPCAB, off-pump coronary artery bypass grafting; PW, posterior wall.

sisted of aerobic exercise using a treadmill or ergometer and muscle strength exercises. Oxygen administration was stopped when oxygen saturation was constant at >94% in room air. ASV was performed using an AutoSet CS® (ResMed, Sydney, NSW, Australia/Teijin Co, Tokyo, Japan) with the following pressure settings: end-expiratory pressure, 4 cmH<sub>2</sub>O; minimum pressure support, 3 cmH<sub>2</sub>O; and maximum pressure support, 10 cmH<sub>2</sub>O. After weaning from the ventilator, patients in the ASV group undertook conventional cardiopulmonary rehabilitation for 40 min, and then were attached to the ASV system for ≥30 min/day for 5 days after surgery. ASV was continued for a longer period if the patient wanted it or the physician judged it necessary. Patients were divided into 2 groups: a rehabilitation program using ASV (ASV group, n=30), and a rehabilitation program without ASV (non-ASV group, n=36).

### Statistical Analysis

Data are presented as the mean±standard deviation. Continuous variables were compared between groups using Student's t-test. Categorical variables were compared using a Chi-square test or Fisher's exact test. Perioperative hemodynamic data were analyzed by repeated-measures analysis of variance with Fisher's PLSD post hoc comparisons. All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics version 21.0 software (IBM, USA). All P values <0.05 were considered significant.

### Results

#### Preoperative Characteristics and Echocardiographic Data

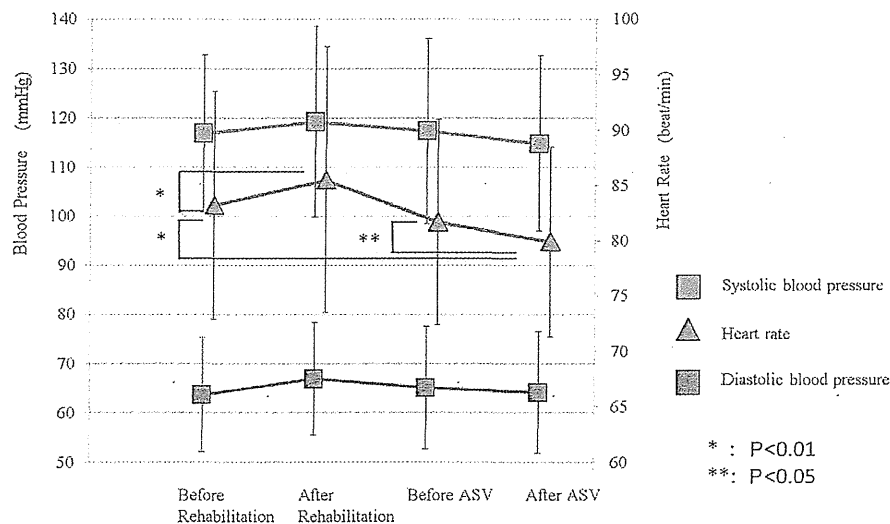
The preoperative clinical characteristics of the patients are shown in Table 1. There were 50 male and 16 female patients with



**Table 2. Intraoperative Factors of Patients Undergoing OPCAB and Cardiopulmonary Rehabilitation With ASV**

|                                  | Total<br>(n=66) | ASV group<br>(n=30) | Non-ASV group<br>(n=36) | P value |
|----------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|---------|
| Operation time (min)             | 308.2±79.9      | 289±70              | 324±85                  | 0.0711  |
| Loss of blood (ml)               | 1,347±743       | 1,344±773           | 1,348±728               | 0.9822  |
| Distal anastomosis (n)           | 3.1±1.0         | 3.1±0.9             | 3.2±1.1                 | 0.6056  |
| <b>Intraoperative medication</b> |                 |                     |                         |         |
| Dopamine (%)                     | 61 (92)         | 28 (93)             | 33 (92)                 | 0.9999  |
| Dobutamine (%)                   | 8 (12)          | 2 (7)               | 6 (17)                  | 0.2753  |
| Diltiazem (%)                    | 56 (85)         | 26 (87)             | 30 (83)                 | 0.7454  |
| Millisilol (%)                   | 66 (100)        | 30 (100)            | 36 (100)                |         |
| Carperitide (%)                  | 8 (12)          | 5 (17)              | 3 (8)                   | 0.4525  |
| Nicardipine (%)                  | 29 (44)         | 7 (23)              | 22 (61)                 | 0.0028  |
| Landiolol (%)                    | 24 (36)         | 14 (47)             | 10 (28)                 | 0.1305  |

Abbreviations as in Table 1.

**Figure 1.** Time course of hemodynamics during cardiac rehabilitation with adaptive servo-ventilation (ASV). Heart rate significantly decreased after >30 min after rehabilitation with ASV, however, no significant differences were observed for blood pressure.

ages ranging from 34 to 89 years (mean age, 69.4±9.8 years). All patients had several coronary risk factors, including hypertension, hyperlipidemia, diabetes mellitus, and a past or current history of smoking. There were no significant differences between the groups with respect to preoperative characteristics and medications; 44 patients (67%) had 3-vessel disease, and there was no significant difference between the groups in this regard. No significant differences in the preoperative echocardiography data were found between groups, including the incidence of mitral valve regurgitation.

#### Intraoperative Factors

The perioperative factors are shown in Table 2. There were no significant differences between the groups in operative time, loss of blood or the number of distal anastomoses. Intraoperative medications, except for nicardipine (a calcium-channel blocker used to control hypertension during the operation),

did not differ between the groups. Nicardipine was used more frequently in the non-ASV group than in the ASV group (P=0.0028).

#### Perioperative Hemodynamic Changes and Postoperative Results

Figure 1 shows changes in hemodynamics during rehabilitation with ASV. ASV was attached to the patient when hemodynamics were restored to the same level as before rehabilitation. The acute effect of ASV was investigated in the ASV group. HR was significantly decreased after >30 min of rehabilitation with ASV; however, no significant differences were observed for BP (HR, 81.7±9.3 vs. 79.9±8.6 beats/min, P=0.0376; systolic BP, 117.3±18.8 vs. 114.8±17.8 mmHg, P=0.2734; diastolic BP, 65.1±12.4 vs. 64.2±12.3 mmHg, P=0.5284).

Perioperative hemodynamics and postoperative results are shown in Table 3. BP changed similarly from before the oper-

ation to POD3. However, on the day after the ASV protocol was completed (POD6), BP in the ASV group was significantly decreased compared with POD3 (systolic BP,  $112.9 \pm 12.6$  vs.  $127.7 \pm 14.2$  mmHg,  $P=0.0036$ ), and significantly lower than that in the non-ASV group (systolic BP,  $112.9 \pm 12.6$  vs.  $126.2 \pm 15.8$  mmHg,  $P=0.0006$ ; diastolic BP,  $62.3 \pm 9.1$  vs.  $67.6 \pm 9.3$  mmHg,  $P=0.0277$ ). On POD10, BP in the non-ASV group tended to decrease, and BP was similar in both groups (Figure 2A). The time course of changes in HR was similar in both groups. In all patients, HR significantly increased after the operation compared with baseline ( $85.7 \pm 9.5$  vs.  $68.5 \pm 9.9$  beats/min,  $P<0.0001$ ), remained elevated from POD1 to POD6, and had decreased slightly by POD10 (POD6,  $84.6 \pm 11.4$  vs. POD10,  $81.0 \pm 10.7$  beats/min,  $P=0.0071$ ) (Figure 2B).

Preoperative pulmonary capillary wedge pressure (PCWP) was  $9.2 \pm 3.3$  mmHg in all cases and there was no significant difference between the groups. The cardiac index (CI) from POD1 through POD2 increased in both groups (ASV group,  $2.2 \pm 0.3$  vs.  $2.4 \pm 0.4$  L·min<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>,  $P=0.0037$ ; non-ASV group,  $2.3 \pm 0.3$  vs.  $2.5 \pm 0.4$  L·min<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>,  $P=0.0007$ ), and there was no significant difference between the groups.

Body weight (BW) increased in both groups by POD3. However, in the ASV group BW was significantly lower on POD6

than on POD3 ( $62.0 \pm 8.4$  vs.  $60.9 \pm 8.4$  kg,  $P=0.0045$ ). The reduction of BW from preoperatively to POD6 was significantly greater in the ASV group than in the non-ASV group (change of BW,  $-0.6 \pm 2.4$  vs.  $0.7 \pm 2.6$  kg,  $P=0.0450$ ). The white blood cell count showed similar changes in both groups. It had normalized by POD6, at which time it was significantly lower than on POD3 (ASV group,  $13,596 \pm 3,556$  vs.  $8,457 \pm 2,819/\mu\text{l}$ ,  $P<0.0001$ ; non-ASV group,  $11,742 \pm 3,301$  vs.  $7,907 \pm 1,940/\mu\text{l}$ ,  $P<0.0001$ ). There were no significant differences between the groups in hemoglobin concentration during the postoperative time course. C-reactive protein (CRP) concentration reached its peak value on POD3, and gradually decreased to POD6 and POD10. Moreover, the CRP values on POD6 and POD10 were significantly lower in the ASV group than in the non-ASV group (POD6:  $3.2 \pm 3.6$  vs.  $5.6 \pm 3.1$  mg/dl,  $P=0.0061$ ; POD10:  $1.9 \pm 1.3$  vs.  $2.8 \pm 1.5$  mg/dl,  $P=0.0105$ ).

Postoperative echocardiographic findings showed no significant differences between groups. The duration of oxygen inhalation was significantly shorter in the ASV group than in the non-ASV group ( $5.1 \pm 2.2$  vs.  $7.6 \pm 6.0$  days,  $P=0.0238$ ). The number of patients who accomplished the 100-m walk on POD5 was greater in the ASV group (21/30) than in the non-ASV group (12/36,  $P=0.0061$ ).

Table 3. Perioperative Factors of Patients Undergoing OPCAB and Cardiopulmonary Rehabilitation With ASV

|   | Total<br>(n=66) | ASV group<br>(n=30) | Non-ASV group<br>(n=36) | P value |
|---|-----------------|---------------------|-------------------------|---------|
| <b>SBP (mmHg)</b>                             |                 |                     |                         |         |
| Preoperative                                  | 125.3±13.4      | 123.5±12.1          | 126.3±14.1              | 0.4195  |
| POD1  | 118.3±17.7      | 120.1±13.9          | 116.2±20.4              | 0.3976  |
| POD3  | 125.5±16.2      | 127.7±14.2          | 123.8±17.7              | 0.3275  |
| POD6  | 120.0±15.5      | 112.9±12.6          | 126.2±15.8              | 0.0006  |
| POD10   | 117.0±12.4      | 114.7±9.4           | 119.0±14.3              | 0.1690  |
| <b>DBP (mmHg)</b>                             |                 |                     |                         |         |
| Preoperative                                  | 64.8±9.0        | 62.9±8.1            | 66.2±9.9                | 0.1668  |
| POD1  | 63.9±11.0       | 65.4±11.8           | 62.2±10.7               | 0.2808  |
| POD3  | 65.7±10.9       | 66.5±10.2           | 65.1±11.5               | 0.6015  |
| POD6  | 65.0±9.3        | 62.3±9.1            | 67.6±9.3                | 0.0277  |
| POD10   | 61.8±7.5        | 60.6±6.5            | 62.7±8.1                | 0.2672  |
| <b>HR (beats/min)</b>                         |                 |                     |                         |         |
| Preoperative                                  | 68.5±9.9        | 63.4±8.0            | 72.0±9.6                | 0.0005  |
| POD1  | 85.7±9.5        | 82.8±7.6            | 88.1±10.4               | 0.0270  |
| POD3  | 84.9±14.6       | 82.8±11.3           | 86.6±16.9               | 0.2922  |
| POD6  | 84.6±11.4       | 81.8±11.4           | 86.8±10.9               | 0.0803  |
| POD10   | 81.0±10.7       | 79.9±11.5           | 81.9±10.0               | 0.4421  |
| <b>PCWP (mmHg)</b>                            |                 |                     |                         |         |
| Preoperative                                  | 9.2±3.3         | 9.0±3.8             | 9.4±3.0                 | 0.7191  |
| <b>CI (L·min<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>)</b> |                 |                     |                         |         |
| POD1  | 2.3±0.3         | 2.2±0.3             | 2.3±0.3                 | 0.2261  |
| POD2  | 2.5±0.4         | 2.4±0.4             | 2.5±0.4                 | 0.1470  |
| <b>Body weight (kg)</b>                       |                 |                     |                         |         |
| Preoperative                                  | 61.5±12.1       | 60.4±10.3           | 62.4±13.5               | 0.5213  |
| POD3  | 64.0±11.1       | 62.0±8.4            | 66.1±13.4               | 0.2114  |
| Δ (preope-POD3)                               | 1.2±2.2         | 0.6±2.0             | 1.8±2.3                 | 0.0590  |
| POD6  | 62.6±11.7       | 60.9±8.4            | 65.5±12.7               | 0.0622  |
| Δ (preope-POD6)                               | 0.1±2.5         | -0.6±2.4            | 0.7±2.6                 | 0.0450  |
| POD10   | 60.6±12.1       | 58.1±10.6           | 62.8±13.1               | 0.1214  |
| Δ (preope-POD10)                              | -0.5±4.9        | -0.3±6.6            | -0.6±2.6                | 0.8173  |

(Table 3 continued the next page.)

|                                      | Total<br>(n=66) | ASV group<br>(n=30) | Non-ASV group<br>(n=36) | P value |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|---------|
| <b>WBC (/μl)</b>                     |                 |                     |                         |         |
| POD1                                 | 13,378±3,621    | 14,281±3,808        | 12,624±3,378            | 0.0658  |
| POD3                                 | 12,585±3,518    | 13,596±3,556        | 11,742±3,301            | 0.0320  |
| POD6                                 | 8,157±2,376     | 8,457±2,819         | 7,907±1,940             | 0.3534  |
| POD10                                | 7,810±2,196     | 7,941±2,369         | 7,701±2,069             | 0.6620  |
| <b>Hb (g/dl)</b>                     |                 |                     |                         |         |
| POD1                                 | 10.5±1.4        | 10.5±1.3            | 10.6±1.4                | 0.9414  |
| POD3                                 | 10.4±1.3        | 10.3±1.1            | 10.5±1.4                | 0.3905  |
| POD6                                 | 11.3±1.5        | 11.3±1.3            | 11.3±1.6                | 0.9282  |
| POD10                                | 11.2±1.3        | 11.1±1.2            | 11.2±1.5                | 0.7854  |
| <b>CRP (mg/dl)</b>                   |                 |                     |                         |         |
| POD1                                 | 6.4±3.9         | 4.9±2.8             | 7.7±4.3                 | 0.0046  |
| POD3                                 | 14.7±8.8        | 10.2±5.5            | 18.5±9.3                | <0.0001 |
| POD6                                 | 4.5±3.5         | 3.2±3.6             | 5.6±3.1                 | 0.0061  |
| POD10                                | 2.4±1.4         | 1.9±1.3             | 2.8±1.5                 | 0.0105  |
| <b>Echocardiographic data</b>        |                 |                     |                         |         |
| LA dimension (mm)                    | 35.7±5.4        | 36.7±5.2            | 35.0±5.6                | 0.2014  |
| LVDd (mm)                            | 46.3±5.6        | 45.3±5.2            | 47.1±5.8                | 0.2042  |
| LVDs (mm)                            | 33.6±6.7        | 33.0±6.5            | 34.1±7.0                | 0.5057  |
| LAV (ml)                             | 53.2±13.0       | 53.5±11.5           | 52.9±14.5               | 0.8819  |
| LV ejection fraction (%)             | 55.8±10.1       | 55.3±9.9            | 56.2±10.4               | 0.7388  |
| LVEDV (ml)                           | 85.5±27.2       | 81.6±25.4           | 88.8±28.7               | 0.3420  |
| LVESV (ml)                           | 40.0±21.6       | 38.1±21.9           | 41.5±21.6               | 0.5794  |
| Re-intubation (%)                    | 1 (2)           | 0                   | 1 (3)                   | >0.9999 |
| POAF (%)                             | 15 (23)         | 3 (10)              | 12 (33)                 | 0.0377  |
| Duration of oxygen inhalation (days) | 6.5±4.8         | 5.1±2.2             | 7.6±6.0                 | 0.0238  |
| 100-m ambulation on POD5 (%)         | 33 (50)         | 21 (70)             | 12 (33)                 | 0.0061  |
| Postoperative hospital stay (days)   | 26.5±11.0       | 23.5±6.6            | 29.0±13.1               | 0.0392  |

CI, cardiac index; DBP, diastolic blood pressure; Hb, hemoglobin; HR, heart rate; LAV, LA volume; POAF, postoperative atrial fibrillation; PCWP, pulmonary capillary wedge pressure; POD, postoperative day; SBP, systolic blood pressure; WBC, white blood cell. Other abbreviations as in Table 1.

All patients except one were discharged from hospital without any respiratory complications. One patient in the non-ASV group required re-intubation, which was performed uneventfully. On POD2, she was extubated uneventfully with good circulatory and respiratory function. However, she developed delirium and sudden respiratory distress at night. We considered that volume overload had worsened her respiratory function, and decided to re-intubate. Her subsequent clinical course was uneventful.

The overall incidence of POAF was 23% (15/66). The incidence of POAF was lower in the ASV group than in the non-ASV group (10% vs. 33%,  $P=0.0377$ ). The duration of postoperative hospitalization was significantly shorter in the ASV group than in the non-ASV group (23.5±6.6 vs. 29.0±13.1 days,  $P=0.0392$ ). All patients were discharged without any serious complications. There were no operative deaths at 30 days in either group.

### Discussion

This study demonstrated the efficacy of cardiopulmonary rehabilitation with ASV in patients undergoing OPCAB. ASV decreased the incidence of POAF and shortened the duration of postoperative hospital stay. The results indicated that this novel rehabilitation program, with an exercise load and respiratory assist to reduce the breathing workload, facilitated the

progression of cardiopulmonary rehabilitation and enhanced its effect.

The mode of NPPV frequently used after cardiac surgery is classified as CPAP and bilevel positive airway pressure (BiPAP). CPAP delivers a static airway pressure maintained throughout both the inspiratory and expiratory cycles. BiPAP delivers CPAP coupled with support pressure during the inspiratory cycle.<sup>20,21</sup> In patients undergoing CABG, postoperative lung capacity oxygenation and atelectasis in patients under BiPAP improved more than in those under CPAP.<sup>12,13</sup> ASV is a novel ventilation mode of BiPAP, which automatically controls the inspiratory rise time, the I:E ratio respiratory rate, and minute ventilation through an algorithm that adjusts these parameters based on samples obtained from the patient's prior breathing pattern. This self-learning type of algorithm provides a synchronized and stable respiratory pattern with smooth positive pressure. These features may account for the high tolerability of ASV in the present study.

Postoperative pulmonary complications, including atelectasis, pneumonia and re-intubation, are associated with increased rates of morbidity and mortality.<sup>8</sup> Because thoracic drainage tubes are usually inserted when the internal thoracic arteries are used, and pleural effusion with or without atelectasis occurs in most cases, atelectasis was not evaluated in the present study. However, Jaaly et al reported that using BiPAP after CABG significantly reduced the incidence of atelectasis to 3%

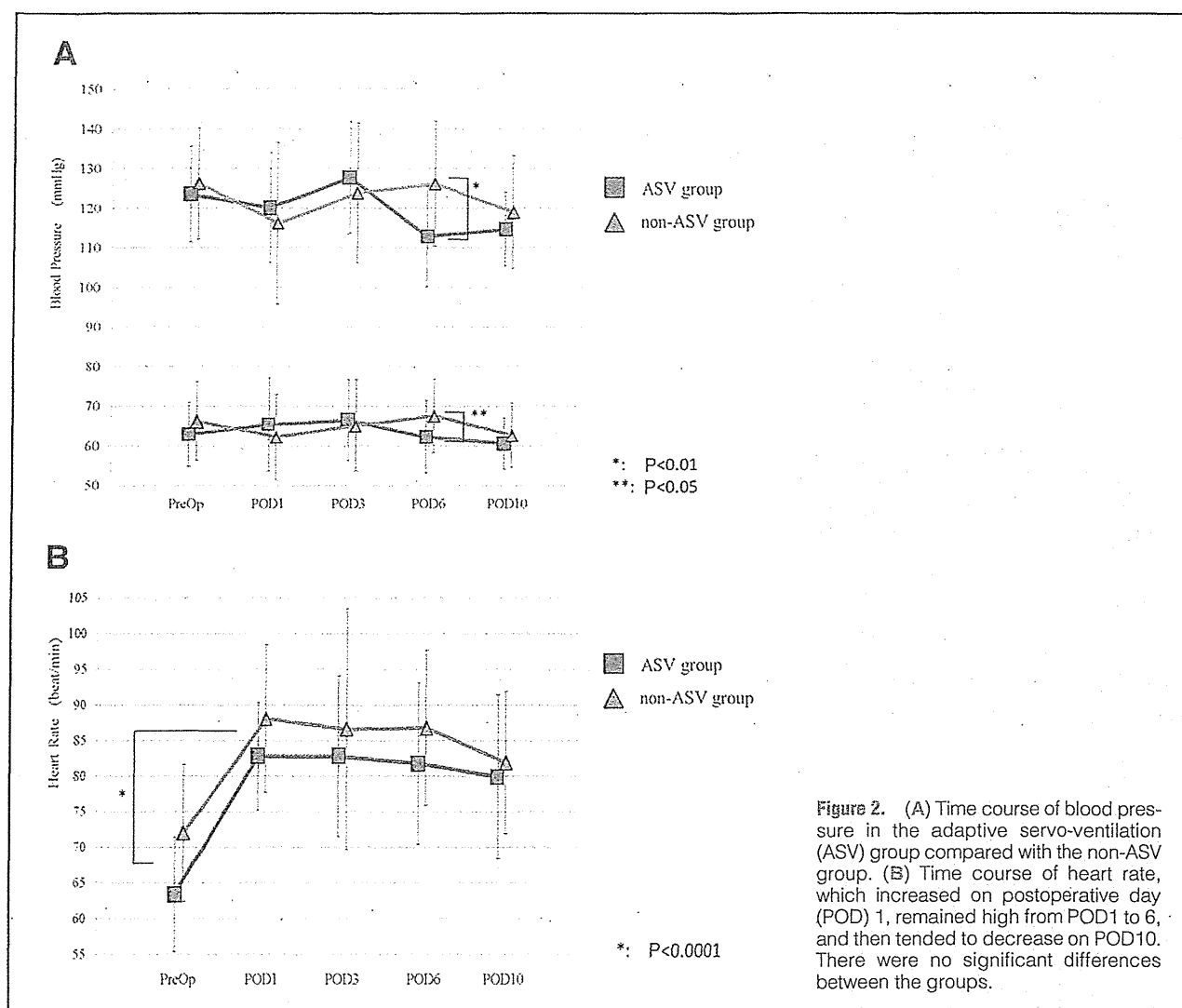


Figure 2. (A) Time course of blood pressure in the adaptive servo-ventilation (ASV) group compared with the non-ASV group. (B) Time course of heart rate, which increased on postoperative day (POD) 1, remained high from POD1 to 6, and then tended to decrease on POD10. There were no significant differences between the groups.

compared with an incidence of 24% with conventional respiratory care.<sup>22</sup>

It is well known that POAF is influenced by multiple risk factors.<sup>23,24</sup> The preoperative factors include age, hypertension and diabetes mellitus; the intraoperative factors include operative stress and atrial ischemia; and the postoperative factors include volume overload, increased cardiac afterload, and inflammation. These changes may affect the atrial structural substrate for POAF, and cause atrial extrasystoles and/or autonomic nerve imbalance, triggering electrophysiological disorders including atrial flutter and fibrillation.

There is good evidence that respiratory support improves the cardiac conditions that can lead to POAF. Extravascular lung water is related to cardiac volume load, and is increased after extubation of CABG patients.<sup>25</sup> Increased extravascular lung water was prevented when BiPAP was used after extubation of CABG patients.<sup>26</sup> CPAP reduces transmural pressure of the left ventricle, resulting in decreased cardiac afterload.<sup>27</sup> The use of ASV for 30 min reduces peripheral vascular resistance and increased arterial compliance.<sup>19</sup> Short-term application of CPAP of 10 cmH<sub>2</sub>O for 10 min reduced cardiac norepinephrine spillover and inhibited cardiac sympathetic nervous activ-

ity.<sup>28</sup> Short-term application of ASV for 30 min reduced cardiac sympathetic neuron activity.<sup>29</sup> In the present study, ASV was used from POD1 to POD5, the time period during which POAF frequently occurs. An important finding was that the incidence of POAF was decreased to 10% in the ASV group compared with 33% in the group without ASV use.

BP may decrease after the application of ASV. Haruki et al<sup>19</sup> reported that the short-term application of ASV for 30 min decreased HR, BP and CO. However, at the end of the follow-up period, BP was not decreased compared with baseline, and CO had significantly increased in conjunction with a reduction of systemic vascular resistance. Hieda et al reported that application of ASV for 20 min immediately reduced HR and respiratory rate, and decreased pulmonary vascular resistance and systemic vascular resistance, which were associated with sympathetic nerve activity.<sup>30</sup> In the present study, the protocol to investigate the acute effect of ASV revealed that HR was significantly decreased 30 min after rehabilitation with ASV; however, HR during the postoperative time course was similar between the ASV and non-ASV groups, which suggests that ASV may reduce cardiac sympathetic nerve activity by stimulating pulmonary stretch receptors because of the lung infla-

tion, but changes in HR were affected by surgical stress and other factors that overwhelmed the effect of ASV.<sup>31</sup> The time course of BP changes was compared between the ASV and non-ASV groups. No significant differences were observed at POD3 compared with baseline, but systolic and diastolic BPs at POD6 were significantly lower in the ASV group than in the non-ASV group. At POD10, BP was at the same level in both groups, which may reflect the fact that increased sympathetic nerve activity after surgery normalized earlier in the ASV group than in the non-ASV group. Further investigation is required to determine the mechanisms underlying the hemodynamic effects of ASV.

Vargas et al reported that postoperative lung function on POD1 was reduced to one-third of that before the operation, but restored to 50% on POD5.<sup>32</sup> Increased vascular permeability after surgery increases the amount of extravascular lung water after extubation.<sup>25</sup> Extracellular fluid returns from the extravascular space to blood vessels in the refilling stage, and pulmonary edema and AF often occur, especially in patients with hypopnea. In this stage, respiration often shows a shallow, rapid and unstable pattern,<sup>33</sup> which can undermine cardiopulmonary rehabilitation during the first 5 PODs. Hoffmann et al reported that the short-term application of NPPV for 45 min improved CO and mixed venous oxygen saturation, and increased urine volume.<sup>34</sup> Borghi-Silva et al reported that isolated cardiopulmonary rehabilitation did not restore respiratory function by POD5, but that cardiopulmonary rehabilitation with positive end-expiratory pressure improved respiratory function other than vital capacity.<sup>35</sup>

Several studies have reported that the application of NPPV or ASV increases the CI.<sup>18,19,34</sup> Yamada et al<sup>18</sup> reported that in HF patients with a higher PCWP value, ASV increased the stroke volume index. However, the patients with lower PCWP values did not respond to ASV. The cut-off value of PCWP in that study was 12 mmHg. In the present study, the PCWP values were low. The CI in the ASV group increased after surgery, but was not significantly different from that in the non-ASV group. In this sense, the effect of ASV may have been less.

Oxygen therapy was withdrawn earlier in the ASV group. Hoffman et al reported that urine volume was increased by the application of NPPV,<sup>34</sup> which may be related to withdrawal of oxygen therapy. Similarly, although there was no statistical correlation, BW in the ASV group decreased significantly earlier than in the non-ASV group, which might have been related to the improvement of oxygenation.

In the present study, the number of patients who achieved the 100-m walk on POD5 was greater in the ASV group than in the non-ASV group, which may be related to prolonged hospital stay in the non-ASV group. In the Guidelines for Rehabilitation in Patients with Cardiovascular Disease in Japan, accomplishing the 100-m walking exercise is used as an indication of achieving independent walking during the postoperative recovery period. The accomplishment of this exercise suggests that our cardiopulmonary rehabilitation program with ASV was effective in controlling hemodynamics and sympathetic nerve activity, and promoted earlier improvement of respiratory function after CABG.

### Study Limitations

First, the number of patients was small. Second, there were few circulatory data for the early postoperative period using ASV, because the Swan-Ganz catheter was removed on POD2, and wound dressings covering the median incision and drainage tubes made it difficult for echocardiographic examination. However, a significant reduction in the incidence of POAF

and the duration of hospital stay was demonstrated. We plan to extend the study in the future with a prospective evaluation of ASV.

### Conclusions

Cardiopulmonary rehabilitation with ASV after OPCAB had beneficial hemodynamic effects and reduced the incidence of arrhythmia. This might result in earlier accomplishment of a 100-m walk, and a shorter duration of postoperative hospital stay. We believe that our rehabilitation program is efficacious and plan to apply it to another cardiothoracic pathology.

### Acknowledgments

We gratefully acknowledge the advice from Professor Yasuki Kihara of the Department of Cardiovascular Medicine, Hiroshima University Hospital. We also thank members of the Heart Failure Center of Hiroshima University Hospital.

### Disclosures

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare in this study. Name of grant: None.

### References

1. Cleveland JC Jr, Shroyer AL, Chen AY, Peterson E, Grover FL. Off-pump coronary artery bypass grafting decreases risk-adjusted mortality and morbidity. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 1282–1288.
2. Plomondon ME, Cleveland JC Jr, Ludwig ST, Grunwald GK, Kiefe CI, Grover FL, et al. Off-pump coronary artery bypass is associated with improved risk-adjusted outcomes. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 114–119.
3. Hannan EL, Wu C, Smith CR, Higgins RS, Carlson RE, Culliford AT, et al. Off-pump versus on-pump coronary artery bypass graft surgery: Differences in short-term outcomes and in long-term mortality and need for subsequent revascularization. *Circulation* 2007; 116: 1145–1152.
4. Lamy A, Devereaux PJ, Prabhakaran D, Taggart DP, Hu S, Paolasso E, et al. Off-pump or on-pump coronary-artery bypass grafting at 30 days. *N Engl J Med* 2012; 366: 1489–1497.
5. Lamy A, Devereaux PJ, Prabhakaran D, Taggart DP, Hu S, Paolasso E, et al. Effects of off-pump and on-pump coronary-artery bypass grafting at 1 year. *N Engl J Med* 2013; 368: 1179–1188.
6. Mathew JP, Parks R, Savino JS, Friedman AS, Koch C, Mangano DT, et al. Atrial fibrillation following coronary artery bypass graft surgery: Predictors, outcomes, and resource utilization: MultiCenter Study of Perioperative Ischemia Research Group. *JAMA* 1996; 276: 300–306.
7. Chertow GM, Levy EM, Hammermeister KE, Grover F, Daley J. Independent association between acute renal failure and mortality following cardiac surgery. *Am J Med* 1998; 104: 343–348.
8. Huizebos EH, Helder PJ, Favié NJ, De Bie RA, Brutel de la Riviere A, Van Meeteren NL. Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: A randomized clinical trial. *JAMA* 2006; 296: 1851–1857.
9. Fukui T, Manabe S, Shimokawa T, Takanashi S. Incidence and outcomes of pneumonia after isolated off-pump coronary artery bypass grafting. *Heart Surg Forum* 2009; 12: E194–E198.
10. Herdy AH, Marcchi PL, Vila A, Tavares C, Collaço J, Niebauer J, et al. Pre- and postoperative cardiopulmonary rehabilitation in hospitalized patients undergoing coronary artery bypass surgery: A randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 2008; 87: 714–719.
11. Pasquina P, Tramèr MR, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: Systematic review. *BMJ* 2003; 327: 1379–1381.
12. Matte P, Jacquet L, Van Dyck M, Goenen M. Effects of conventional physiotherapy, continuous positive pressure and non-invasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000; 44: 75–81.
13. Pasquina P, Merlani P, Granier JM, Ricou B. Continuous positive airway pressure versus noninvasive pressure support ventilation to treat atelectasis after cardiac surgery. *Anesth Analg* 2004; 99: 1001–1008.
14. Jaber S, Michelet P, Chanques G. Role of non-invasive ventilation (NIV) in the perioperative period. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2010; 24: 253–265.

15. Theerakittikul T, Ricaurte B, Aboussouan LS. Noninvasive positive pressure ventilation for stable outpatients: CPAP and beyond. *Cleve Clin J Med* 2010; **77**: 705–714.
16. Koyama T, Watanabe H, Igarashi G, Terada S, Makabe S, Ito H. Short-term prognosis of adaptive servo-ventilation therapy in patients with heart failure. *Circ J* 2011; **75**: 710–712.
17. Koyama T, Watanabe H, Igarashi G, Tamura Y, Ikeda K, Terada S, et al. Effect of short-duration adaptive servo-ventilation therapy on cardiac function in patients with heart failure. *Circ J* 2012; **76**: 2606–2613.
18. Yamada S, Sakakibara M, Yokota T, Kamiya K, Asakawa N, Iwano H, et al. Acute hemodynamic effects of adaptive servo-ventilation in patients with heart failure. *Circ J* 2013; **77**: 1214–1220.
19. Haruki N, Takeuchi M, Kaku K, Yoshitani H, Kuwaki H, Tamura M, et al. Comparison of acute and chronic impact of adaptive servo-ventilation on left chamber geometry and function in patients with chronic heart failure. *Eur J Heart Fail* 2011; **13**: 1140–1146.
20. Chiumello D, Chevillard G, Gregoretti C. Non-invasive ventilation in postoperative patients: A systematic review. *Intens Care Med* 2011; **37**: 918–929.
21. Ferreira LL, Souza NM, Vitor AF, Bernardo AF, Valenti VE, Vanderlei LC. Noninvasive mechanical ventilation in the postoperative cardiac surgery period: Update of the literature. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2012; **27**: 446–452.
22. Al Jaaly E, Fiorentino F, Reeves BC, Ind PW, Angelini GD, Kemp S, et al. Effect of adding postoperative noninvasive ventilation to usual care to prevent pulmonary complications in patients undergoing coronary artery bypass grafting: A randomized controlled trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013; **146**: 912–918.
23. Takahashi S, Fujiwara M, Watadani K, Taguchi T, Katayama K, Takasaki T, et al. Preoperative tissue Doppler imaging-derived atrial conduction time can predict postoperative atrial fibrillation in patients undergoing aortic valve replacement for aortic valve stenosis. *Circ J* 2014; **78**: 2173–2181.
24. Fujiwara M, Nakano Y, Hidaka T, Oda N, Uchimura Y, Sairaku A, et al. Prediction of atrial fibrillation after off-pump coronary artery bypass grafting using preoperative total atrial conduction time determined on tissue Doppler imaging. *Circ J* 2014; **78**: 345–352.
25. Schmidt H, Rohr D, Bauer H, Böhler H, Motsch J, Martin E. Changes in intrathoracic fluid volumes during weaning from mechanical ventilation in patients after coronary artery bypass grafting. *J Crit Care* 1997; **12**: 22–27.
26. Gust R, Gottschalk A, Schmidt H, Böttiger BW, Böhler H, Martin E. Effects of continuous (CPAP) and bi-level positive airway pressure (BiPAP) on extravascular lung water after extubation of the trachea in patients following coronary artery bypass grafting. *Intens Care Med* 1996; **22**: 1345–1350.
27. Naughton MT, Rahman MA, Hara K, Floras JS, Bradley TD. Effect of continuous positive airway pressure on intrathoracic and left ventricular transmural pressures in patients with congestive heart failure. *Circulation* 1995; **91**: 1725–1731.
28. Kaye DM, Mansfield D, Aggarwal A, Naughton MT, Esler MD. Acute effects of continuous positive airway pressure on cardiac sympathetic tone in congestive heart failure. *Circulation* 2001; **103**: 2336–2338.
29. Harada D, Joho S, Oda Y, Hirai T, Asanoi H, Inoue H. Short term effect of adaptive servo-ventilation on muscle sympathetic nerve activity in patients with heart failure. *Auton Neurosci* 2011; **161**: 95–102.
30. Hieda M, Murata Y, Yanase M, Seguchi O, Sato T, Sunami H, et al. Acute effects of adaptive servo-ventilation on hemodynamics in advanced chronic heart failure patients. *Eur Heart J* 2013; **34**(Suppl 1): 630.
31. Seals DR, Suwarno NO, Dempsey JA. Influence of lung volume on sympathetic nerve discharge in normal humans. *Circ Res* 1990; **67**: 130–141.
32. Vargas FS, Terra-Filho M, Hueb W, Teixeira LR, Cukier A, Light RW. Pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Respir Med* 1997; **91**: 629–633.
33. Tomoyasu M. Fluid and nutritional management after pneumoresection. *Kyobu Geka* 2008; **61**(Suppl 8): 679–682.
34. Hoffmann B, Jepsen M, Hachenberg T, Huth C, Welte T. Cardiopulmonary effects of non-invasive positive pressure ventilation (NPPV): A controlled, prospective study. *Thorac Cardiovasc Surg* 2003; **51**: 142–146.
35. Borghi-Silva A, Mendes RG, Costa Fde S, Di Lorenzo VA, Oliveira CR, Luzzi S. The influences of positive end expiratory pressure (PEEP) associated with physiotherapy intervention in phase I cardiac rehabilitation. *Clinics (São Paulo)* 2005; **60**: 465–472.

## 弱視者における視覚補助具の使用について

落 石 美菜子 氏 間 和 仁

## 弱視者における視覚補助具の使用について

広島大学教育学部

落 石 美 菜 子

広島大学大学院教育学研究科

氏 間 和 仁

### 要約

著者らは視覚補助具活用の改善案や困難解消の手立てを提案することを目的として、弱視者の日常生活における視覚補助具使用の様子を観察した。研究協力者は5名であり、1人あたり2回ずつ全10回の観察・記録を行った。視覚補助具の具体的な活用場面から、見えにくさを補う共通の項目がみられた。先行研究ではあまり記述がみられなかった視覚支援法として、視覚以外の感覚の活用、他者への質問・依頼、電子機器の視覚補助具としての活用等がみられた。弱視当事者・指導者は見えにくさを補う一つの方法や道具に依存せず、ニーズを主体とした視覚支援法を選択する必要があると考えられた。また、視覚特性や個人の好み、最新の情報を取り入れることも重要であると考えられた。

キーワード：弱視者、視覚補助具、視覚支援法、ロービジョン

### 1. はじめに

文部科学省（2009）は、「視覚補助具、あるいは拡大機能を有する情報機器等を活用するなどして、弱視生徒が自らの力で効率的に文字処理等できるような力を育てることが重要」であると示している。しかしながら、視覚補助具使用の実態がより具体的に示された研究はあまりみられない。

花井・中野・吉野・澤海・新井・大島・草野・山本（2010）は、「手持ちルーペ」と「拡大読書器」が、青木・永井・中野・相羽・奈良（2012）は、「弱視レンズ」と「CCTV（Closed circuit television）」が、最も頻繁に使用されている拡大補助具であることを指摘した。しかし、教育の場での支援方法を考える上では、他の視覚補助具まで含めて、個人の視覚特性やタスクとの関係で活用状況を研究する必要があると考えられる。

また、花井ら（2010）、青木ら（2012）、

青木・相羽・奈良・永井・中野（2013）の研究はアンケート調査であることから、多くの人を対象とできる反面、一定の質問項目の情報しか得られない、追跡調査が難しいといった点で限界があった。奈良・相羽・中野・青木・永井（2013）は半構造化面接法を実施したが、対象が成人弱視者のみであること、活用についての情報が当事者の主観に留まる回想に基づくため現在の状況とは食い違いが見られるという側面があった。

研究の対象者はこれまで成人が中心となることが多かったが、学齢期の視覚補助具活用については、現役の、学齢期にある弱視者も対象とすることが望ましいと考えられる。これは電子機器や新商品等の出現、「障害のある児童及び生徒のための教科用特定図書等の普及に関する法律（施行2008年）」等の影響により、視覚補助具の選択肢の広がりがみられると考えるからである。



Table 1 研究協力者

| 名前   | 性別 | 年齢 | 視覚特性   | 眼疾患                   | 視野                                      |
|------|----|----|--|-----------------------|---|
| 社会人A | 男  | 43 | 右眼0.3, 左眼0.01, 両眼0.3<br>眼球振盪有り<br>先天赤緑色覚異常                         | 両眼：先天性白内障,<br>術後無水晶体眼 | 両眼：日用視野図有り<br>(Fig. 1)                  |
| 高校生B | 男  | 16 | 右眼0.15, 左眼0.15, 両眼1.0<br>羞明・眼球振盪・夜盲有り<br>黒・白・赤・青の識別可能,<br>薄い色の識別困難 | 両眼：網膜色素変性             | 視野10°以内損失率95%<br>両眼：日用視野図有り<br>(Fig. 2) |
| 社会人C | 女  | 43 | 右眼・左眼・両眼それぞれ0.1<br>羞明・眼球振盪有り                                       | 両眼：先天性無虹彩症,<br>黄斑低形成  | 両眼：日用視野図有り<br>(Fig. 3)                  |
| 高校生D | 女  | 17 | 右眼0.1, 左眼手動弁<br>羞明・眼球振盪有り  | 両眼：先天性緑内障,<br>先天性無虹彩症 | 右眼：日用視野図有り<br>(Fig. 4)<br>左眼：測定不能       |
| 小学生E | 男  | 9  | 両眼0.3<br>羞明・眼球振盪有り   | 両眼：先天性無虹彩症,<br>無黄斑症   | 両眼：日用視野図有り<br>(Fig. 5)                  |

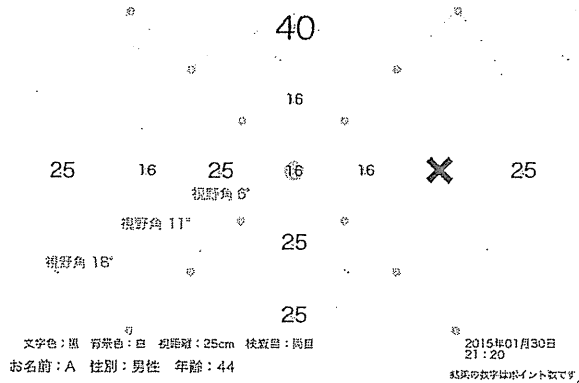


Fig. 1 社会人Aの日用視野図

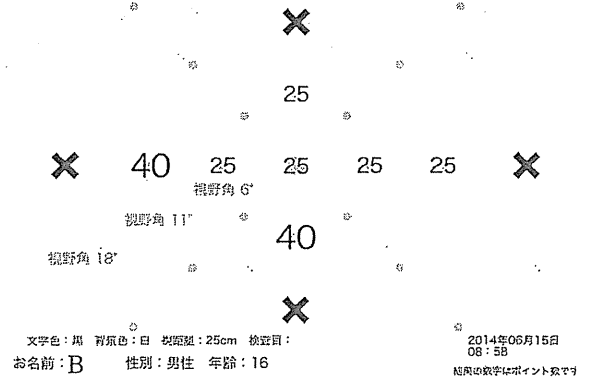


Fig. 2 高校生Bの日用視野図

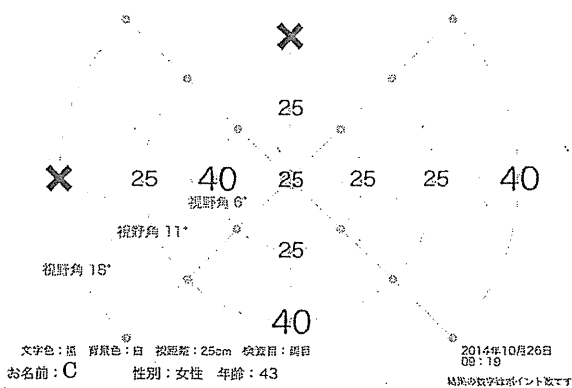


Fig. 3 社会人Cの日用視野図

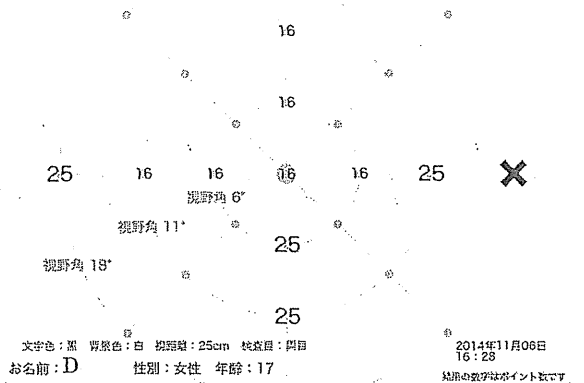


Fig. 4 高校生Dの日用視野図

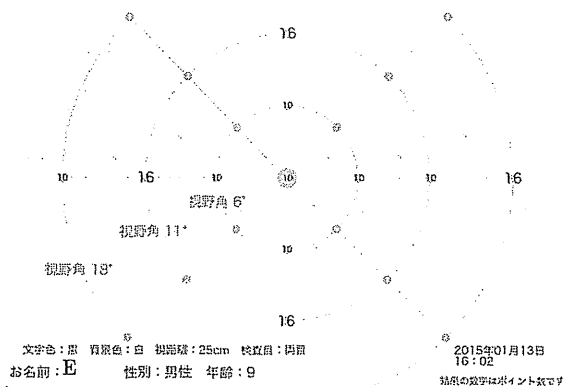


Fig. 5 小学生Eの日用視野図

上記に述べたことを踏まえ、本研究では、日常の実態を深く捉えることができる、不明確な点があれば追跡調査ができる、対象者の日常生活の中で複数の活動を関連づけて分析できる、といった利点から、観察法を選択した。幅広い年齢層の弱視者を対象として、日常生活における視覚補助具活用の様子を観察・記録したデータに基づいた分析を行うことで、視覚補助具活用の改善案や困難解消の手立てを具体的に提案し、今後の弱視者の生活の質の向上や、指導者の指導方針、目標の設定に生かしていくことが本研究の目的である。

## 2. 方法

本研究は平成26年度広島大学大学院教育学研究科倫理審査委員会の承認を受けて実施された。

### (1) 研究協力者

研究協力者の調査当時の情報を Table 1 に示す。多様な条件下での活動を調査するため、性別年齢等ができる限り多岐にわたるよう、抽出した。研究協力者はいずれも身体障害者手帳を所持する弱視者であり、インフォームドコンセントを実施し、書面にて調査への参加を表明した者であった。

### (2) 実施状況

本研究は2014年6月から2015年1月にかけて行われた。帯同観察は、A、Cが勤務先、Bが自宅、Dが高等学校、Eが小学校において、1人あたり2回実施された。観察時間は、

Aは約8時間/日×2日間、Bは約4時間半/日×2日間、Cは約6時間半/日×2日間、Dは約7時間/日×2日間、Eは約6時間半/日×2日間であった（それぞれ約1時間の休憩時間を含む）。

### (3) 調査方法

本研究は、帯同観察・記録、観察後の質問（後日実施）、考察による3つの方法で実施された。

調査依頼は協力者（協力者が未成年の場合は保護者も含む）に、依頼書を渡し、承諾書にサインを得た。

#### ①帯同観察・記録

調査者が帯同し、主に視覚補助具使用の様子を観察した。観察に伴い、使用している視覚補助具、使用場面、使用方法、見えにくさを補う行為等を専用の記録用紙に1分毎に記録し、必要に応じて写真または動画撮影を行った。

#### ②観察後の質問

帯同観察、観察記録、考察の後、視覚補助具使用等の意図を確認するため、研究協力者に対して質問を行った。質問形式は研究協力者の事情に対応した上で、対面による口頭質問、電話による口頭質問、メールによる質問を行った。

## 3. 結果・考察

### (1) 個人結果

それぞれの結果について以下に示す (Table 2～6)。

#### ①社会人A

社会人Aは勤務先の大学にて観察を行った。単眼鏡といった伝統的な視覚補助具の他に、パソコン、モニター、iPad、iPhoneといった電子機器も、拡大機能等を視覚補助具として活用していた。このことから、視覚補助具を始めとする視覚支援法の選択肢は、個人によって異なってくると考えられる。

#### ②高校生B

高校生Bは自宅学習の様子を観察した。文字サイズに合わせて視覚補助具を使い分ける

Table 2 社会人Aの結果

| 視覚補助具・ツール | 主な使用場面   |
|-----------|--|
| 眼鏡        | 常用。遠視・乱視矯正。  |
| 眼鏡式拡大鏡    | 長時間のパソコン操作時や資料注視時に使用。<br>あまり親密ではない他者の前では装用しない様子がみられた。    |
| 単眼鏡       | 学生の指導を行う際パソコン画面やスクリーンの注視時に使用。<br>約1～4mの視距離で用いる様子がみられた。   |
| 拡大鏡       | 学生の指導を行う際、ポスターの注視時に単眼鏡と併用。                               |
| パソコン      | タッチタイピング、ショートカットキーを利用して操作時間の短縮を意識していた。拡大機能使用。            |
| 液晶ディスプレイ  | 書類作成時、学生指導時に使用。自身のパソコン画面や学生が操作しているパソコン画面を投影している様子がみられた。  |
| 拡大読書器     | 書類注視時、書類記入時に使用。  |
| スキャナ      | 書類のPDF化に使用。  |
| iPhone    | スケジュール管理、ライト機能使用等の場面で使用。                                 |
| iPad      | スケジュール管理、文書閲覧、学生指導等の場面で使用。<br>ピンチアウト、3本指ズームで拡大する様子がみられた。 |

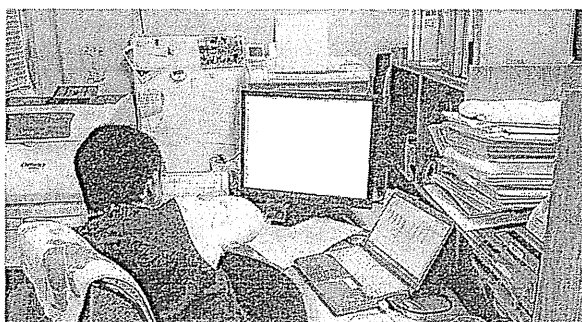


Fig. 6 社会人Aがパソコン・液晶ディスプレイ・iPadを使用する様子

様子や、視覚補助具や資料を定位置に配置することで、探索時間の短縮を行う様子がみられた。

### ③社会人C

社会人Cは勤務先の飲食店で観察を行った。視覚補助具で見えにくさを解消することよりも、近接視や他者との会話から、視覚だけでは得られない情報を補うことが多かった。これは文字情報を読み取る場面の多い学生や、デスクワークを主とする社会人とは異なり、調理や清掃といった生活的活動の中では、手触りで素材を判断するなど視覚以外の感覚の活用も重要であるためと考えられる。また、椅子の下にはクモの巣が張っていることがよくあるので、手を椅子の下に入れて確認する必要があるといった具合にある程度の予測や

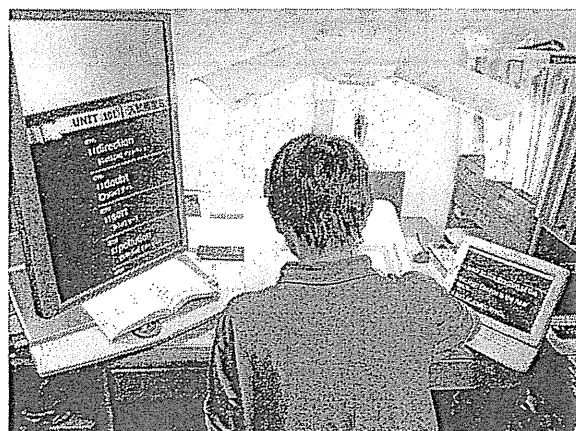


Fig. 7 高校生Bが書見台・拡大読書器・iPadを使用する様子

見通しを立てる際、経験則や習慣が大いに役立っている様子が見受けられた。

### ④高校生D

高校生Dは高等学校において観察を行った。視覚補助具の使用と筆記を短時間に何度も繰り返す様子、複数の視覚補助具から必要なものを瞬時に選択して使用する様子がみられた。学齢期の弱視者が晴眼者とパフォーマンスを合わせるためには、指導者側の配慮も必要であるが、従来の機器から最新の機器に至るまで、自身に適した視覚支援法を理解しておくことも重要であると考えられる。

### ⑤小学生E

小学生Eは近接視で見えにくさを補うこと

Table 3 高校生Bの結果

| 視覚補助具・ツール | 主な使用場面   |
|-----------|--|
| 遮光眼鏡      | 常用。  |
| 書見台       | 学習時常用。高校では角度調整機能のない簡易の物を使用。  |
| 拡大鏡       | 教科書、テキスト、プリント注視時に使用。<br>左手に保持したまま必要に応じてレンズを出し入れする様子がみられた。          |
| 拡大読書器     | 小さな文字・図、長文注視時に使用。<br>固視点に合わせてXYテーブルを操作し、行送り、行替えを行う様子がみられた。         |
| 拡大コピー     | 定期テストで使用。通常 A4版を A3版に拡大し、問題文の直後に解答できるような形式にする形で、高校からの配慮を受けていた。     |
| iPad      | PDF 化された教科書を閲覧する際に使用。<br>ピンチアウトによる拡大、白黒反転機能の利用がみられた。               |
| 電子辞書      | 拡大機能、バックライト機能を利用。  |
| パソコン      | 学習塾教材の自宅学習時に使用。拡大機能を利用しているものの、教材の動画視聴時には主に近接視で見えにくさを改善している様子がみられた。 |

Table 4 社会人Cの結果

| 視覚補助具・ツール | 主な使用場面                                 |
|-----------|--|
| 眼鏡        | 遠視・乱視矯正。遮光機能。室内における近接視の際は外すことが多かった。    |
| iPad      | SNS 閲覧・編集や写真撮影時に使用。ピンチアウトで拡大する様子がみられた。 |



Fig. 8 社会人Cが、埃がないか触察して確認する様子

が多かった。これについて、視距離を短縮することで見えにくさを解消できている可能性が高いが、「より見える」経験をしていない可能性も捨てきれない。指導者が何らかの視覚補助具で普段の教材を注視する機会を作ること、見えやすさを探る上で有効な方法であると考え。

## (2) 共通項目

研究協力者2名以上にみられた視行動・見えにくさを補う行動を共通項目として、3つのカテゴリーに分けて示した (Table 7)。○は該当項目であり、△は教室等の環境がそ

の項目に該当していたことを示している。

「網膜像拡大」の項目に関して、拡大コピーは学生であれば指導者に印刷をしてもらえることが多いが、大学生、社会人になれば配慮を受けられない場もあると考えられる。弱視者においては、自身で資料の拡大コピーを行う、拡大鏡を活用する等の、対応力をつけていくことが望ましいと考える。

「コントラスト増強」の項目に関して、高校生Bは長時間屋外にいると眼が痛くなることがあると話していた。弱視児生の指導者は、本人の羞明の程度を理解した上で、屋外での活動の時間を調節する等の配慮を行うことが必要である。

「その他」の項目においては、先行研究において、視覚支援法として取り上げられていなかったものが多くみられた。研究協力者A、B、Cは、視認しきれない情報を得るために他者へ依頼すること、質問することに対してあまり抵抗がない様子がみられた。他者に質問・依頼して情報を得ることは、弱視者・晴眼者に関わらず、生きていく上で必須のことである。弱視児生の指導を行う上では、その