



投稿

症例報告

## APRVにて管理し得たRSウイルス肺炎による 小児ARDSの1例

児玉秀治<sup>\*1</sup>, 吉田正道<sup>\*1</sup>, 藤原篤司<sup>\*1</sup>, 荻野仁志<sup>\*2</sup>  
鈴木尚史<sup>\*2</sup>, 杉山謙二<sup>\*2</sup>, 富田正樹<sup>\*3</sup>, 山本章貴<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup>三重県立総合医療センター呼吸器内科 (〒510-8561三重県四日市市大字日永5450-132)

<sup>\*2</sup>同 小児科, <sup>\*3</sup>同 救急・集中治療科

### 要旨

Airway pressure release ventilation (APRV) 管理された小児acute respiratory distress syndrome (ARDS) の報告例は少ない。ARDS診療ガイドライン2021で小児は成人と異なりAPRVは推奨に至っていない。今回我々は、APRVで管理し得た小児ARDSを経験したため報告する。症例は6歳女児、Miller-Dieker症候群等で当院かかりつけ。気管切開され在宅人工呼吸器管理中に、RSウイルス肺炎で入院した。低酸素血症が進行し、第7病日にはpressure control (PC) - synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV) のpositive end-expiratory pressure (PEEP) : 15cmH<sub>2</sub>O条件下でもSpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>比 (S/F比) : 79だった。PEEP high (Phigh) : 45cmH<sub>2</sub>O, PEEP low (Plow) : 0cmH<sub>2</sub>O, Time high (Thigh) : 1.5sec, Time low (Tlow) : 0.5sec, Auto-Release : 75%のAPRVへ変更しS/F比 : 116まで上昇、治療も奏効し第56病日にinspiratory positive airway pressure (IPAP) : 17cmH<sub>2</sub>O, expiratory positive airway pressure (EPAP) : 8cmH<sub>2</sub>OのSpontaneous/Timedモード (S/Tモード) で自宅退院した。小児ARDSにおけるAPRVは、従来の呼吸管理に抵抗性のレスキューモードとして一考の余地がある。

**Keywords :** 呼吸管理, APRV, 小児, ARDS, RSウイルス肺炎/respiratory management, airway pressure release ventilation, pediatric, acute respiratory distress syndrome, RS virus pneumonia

### はじめに

APRVは、成人領域でARDSに対してしばしば用いられる換気様式である。小児ARDSに対するAPRVは、ARDS診療ガイドライン2021<sup>3)</sup>では弱い非推奨であり報告例も少ない。今回、我々はAPRVで管理し得たRSウイルス肺炎による小児ARDSの1例を経験したため報告する。

### 症例

患者 : 6歳, 女児。

主訴 : 発熱, 咳嗽・喀痰, 呼吸困難。

既往歴 : Miller-Dieker症候群, 心房中隔欠損症, 動脈管開存症, WEST症候群, 甲状腺機能低下症, 胃食道逆流症, 臍ヘルニア。

現病歴 : Miller-Dieker症候群のため当院小児科かかりつけ。気管切開され夜間のみ在宅人工呼吸器管理中だった。20XX年7月14日から咳嗽・喀痰が出現し、15日から発熱と呼吸困難が出現した。同日夜間に近医から当院救急外来に紹介受診された。精査されRSウイルス肺炎によ

表1 入院時検査所見

血算		生化学	
WBC	5,200cells/ $\mu$ L	TP	7.7g/dL
Neu	72.7%	Alb	4.9g/dL
Lymph	21.3%	AST	67IU/L
Mono	5.6%	ALT	56IU/L
Eos	0%	LDH	264IU/L
Baso	0.4%	CPK	66IU/L
Hb	13.4g/dL	Na	140mEq/L
Ht	41%	K	3.9mEq/L
Plt	$18.6 \times 10^4$ cells/ $\mu$ L	Cl	102mEq/L
静脈血ガス分析		BUN	10.7mg/dL
pH	7.383	Cre	0.18mg/dL
PCO <sub>2</sub>	49.3 Torr	PCT	0.063ng/mL
PO <sub>2</sub>	29.5 Torr	CRP	0.166mg/dL
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	28.7mmol/L	凝固	
BE	2.7mmol/L	PT	80%
Lac	2.13mmol/L		13.8sec
迅速検査		PT-INR	1.13
RSV 抗原	(+)	APTT	41sec
SARS-CoV-2 抗原	(-)	Fib	285mg/dL
		D-dimer	<0.5 $\mu$ g/mL

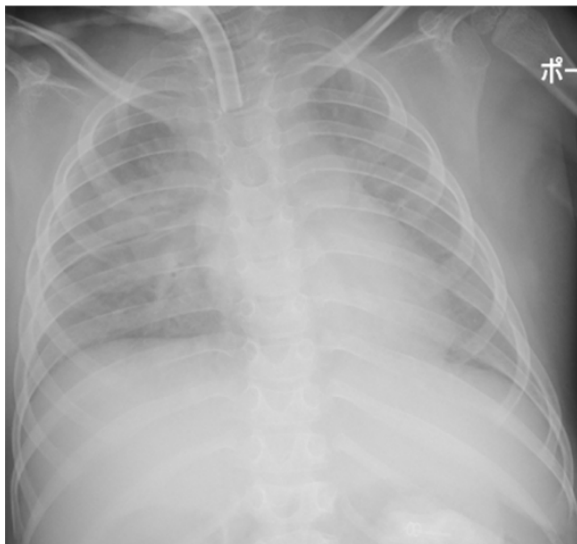


図1 入院時胸部X線写真  
両側全肺野ですりガラス様の透過性低下が認められる。

るARDSの診断で緊急入院となった。

入院時現症：身長 97.5cm, 体重 14.5kg, 体温 37.8°C, 呼吸数 28/分, 脈拍 130/分, 血圧 124/83 mmHg, 酸素飽和度 94% (気管切開下陽圧換気療法下)。

人工呼吸器設定：PC-SIMV, FiO<sub>2</sub> 0.40, peak inspiratory pressure (PIP) 18cmH<sub>2</sub>O, PEEP 8cmH<sub>2</sub>O, pressure support (PS) 10cmH<sub>2</sub>O, respiratory rate (RR) 25/分, inspiratory time (Ti) 0.80sec。

心音に異常なく呼吸音は両肺でcracklesおよびrhonchiを聴取した。腹部は平坦で柔らかく圧痛は認めない。四肢で浮腫は認めず末梢側では著明な冷感を認めた。

検査所見(表1)：血液検査ではCRPや白血球の上昇は認めなかった。末梢静脈血ガス分析(上腕より採取)で軽度のCO<sub>2</sub>貯留を認めたがpHから代償の範囲内だった。RSウイルス迅速検査で抗原が陽性だった。

画像所見：胸部単純X線写真(図1)では両側全肺野ですりガラス様の透過性低下が認められた。

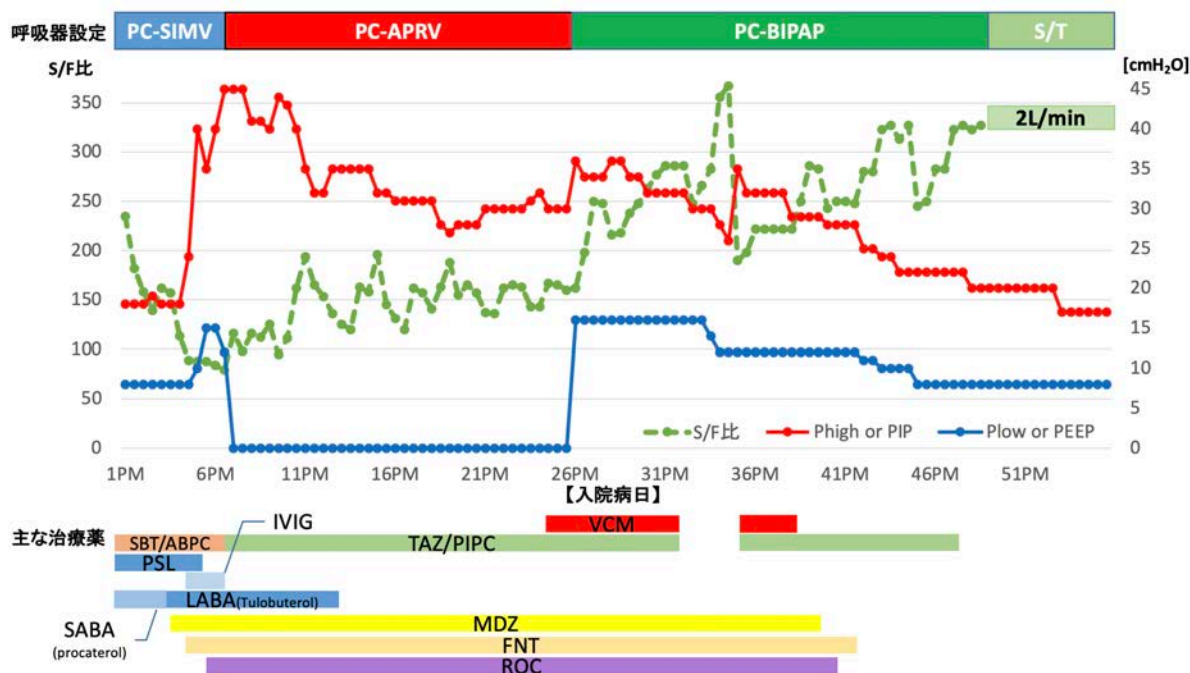


図2 経過表

Phigh (もしくはPIP), Plow (もしくはPEEP) とその時点でのS/F比の推移。また、呼吸器設定の使用期間や主な治療薬の投与期間。

SBT/ABPC: スルバクタム/アンピシリン, TAZ/PIPC: タゾバクタム/ピペラシリン, VCM: バンコマイシン, PSL: プレドニゾロン, IVIG: 免疫グロブリン療法, SABA: 短時間作用型 $\beta_2$ 刺激薬, LABA: 長時間作用型 $\beta_2$ 刺激薬, MDZ: ミダゾラム, FNT: フェンタニル, ROC: ロクロニウム。

**経過 (図2)**: RSウイルス肺炎による軽症から中等症のARDSと診断し入院同日から終日人工呼吸器管理, スルバクタム/アンピシリン (750mg q8hr) ・プロカテロール (0.3mL q4hr) ・プレドニゾロン (15mg q12hr) による薬物治療を開始した。しかし、呼吸状態は徐々に悪化し、入院初日に235だったS/F比は第5病日には88まで低下した。併存疾患に関連した痙攣によるSpO<sub>2</sub>低下も認められたため、同日よりミダゾラムによる持続鎮静も開始した。第7病日にはPEEP 15cmH<sub>2</sub>O下でS/F比 79と低下し、肺陰影の著明な悪化 (図3) も認めたため、主治医から呼吸サポートチームへの介入依頼があった。ご家族は体外式膜型人工肺を導入することまでは望まれず、気管切開下の人工呼吸器管理を治療上限とする方針とした。PC-

assist/control (FiO<sub>2</sub> 1.0, PIP 45cmH<sub>2</sub>O, PEEP 12cmH<sub>2</sub>O, RR 25/分, Ti 0.80sec) で SpO<sub>2</sub> 79%で1回換気量は146mL, PvCO<sub>2</sub> 66.3 Torrと管理不良の状態だった。PC-APRV (FiO<sub>2</sub> 0.80, Phigh 45cmH<sub>2</sub>O, Plow 0cmH<sub>2</sub>O, Thigh 1.5sec, Tlow 0.5sec, Auto-Release 75%) へ変更しSpO<sub>2</sub>は93%まで速やかに上昇 (S/F比 116), 1回換気量は180mLに, PvCO<sub>2</sub> も36.4 Torrとなり呼吸管理が改善した。また、入院時の喀痰検査 (Geckler分類 5群, Miller&Jones分類 P3) から *Pseudomonas aeruginosa* が検出され起炎菌と考えられ、第7病日より抗菌薬を感受性のある (MIC 4 $\mu$ g/mL) タゾバクタム/ピペラシリン (1.688g q8hr) に変更した。鎮静薬はミダゾラムに加えフェンタニルを用いており、筋弛緩薬としてロクロニウ



図3 第7病日胸部X線写真

両側全肺野で強い浸潤影と認め、透過性は著明に悪化している。

ムも併用していたが自発呼吸は温存されていた。第11病日の時点で $Phigh$ は $35\text{cmH}_2\text{O}$ まで低下させることができ、 $S/F$ 比は150を上回る程度まで上昇した。抗菌薬を変更してからCRPは改善(第8病日  $14.719\text{ mg/dL}$ →第18病日  $2.664\text{ mg/dL}$ )し、呼吸状態も改善傾向となった。呼吸状態を観察しながら $Phigh$ を緩徐に低下させていき、第21病日に $Phigh$   $30\text{cmH}_2\text{O}$ で $S/F$ 比157となった。一過性に $SpO_2$ の低下は認められたが、 $Phigh$   $30\text{cmH}_2\text{O}$ で $S/F$ 比150程度で安定したため、第26病日からPC-biphasic positive airway pressure ( $FiO_2$  0.60, IPAP  $36\text{cmH}_2\text{O}$ , EPAP  $16\text{cmH}_2\text{O}$ , PS  $20\text{cmH}_2\text{O}$ , RR 20/分,  $Ti$  1.0sec)に変更した。第25病日の時点で低下傾向だったCRPの再上昇(第21病日  $2.530\text{ mg/dL}$ →第25病日  $4.788\text{ mg/dL}$ )を認めたため、MRSAの関与を疑いバンコマイシン(150mg q6hr)の併用も開始した。第27病日には $S/F$ 比250へ上昇、第34病日にEPAP  $12\text{cmH}_2\text{O}$ まで低下させたが $S/F$ 比356へ上昇した。また、呼吸状態が安定した第25病日に胸部CT(図4)を撮影

し、両肺にびまん性に広がる浸潤影及びびすりガラス影を認めARDSに合致する画像だった。検査および呼吸状態は回復傾向であり第32病日に抗菌薬を終了したが、第35病日に再度人工呼吸器関連肺炎を発症し $S/F$ 比190へ低下したため、バンコマイシンおよびタゾバクタム/ピペラシリンによる抗菌薬治療を再開した。抗菌薬治療再開により肺炎は良好に制御され第38病日にバンコマイシン、第47病日にタゾバクタム/ピペラシリンを終了した。また、第41病日に胸部X線写真およびCT(図5)を再評価し陰影の著明な改善を確認、全身状態も回復傾向であったことから第43病日にすべての鎮静薬を終了した。分泌物貯留による呼吸状態の変動は認められたが、EPAP  $8\text{cmH}_2\text{O}$ でも $S/F$ 比 $>300$ まで上昇したため、第49病日より在宅用人工呼吸器のS/Tモード( $O_2$  1~2L/分, IPAP  $20\text{cmH}_2\text{O}$ , EPAP  $8\text{cmH}_2\text{O}$ , RR 20/分)に変更した。以後、状態は悪化することなく経過し、S/Tモード( $O_2$  1~2L/分, IPAP  $17\text{cmH}_2\text{O}$ , EPAP  $8\text{cmH}_2\text{O}$ , RR 20/分)での呼吸管理で第56病日に自宅退院した。

## 考察

APRVは、吸気時間呼気時間比(I:E比)を逆転させた間欠的強制換気であり、1987年にStockとDownsらによって考案された換気様式である<sup>1)2)</sup>。ARDS診療ガイドライン2021で自発呼吸温存の場合にAPRVを考慮してもよいと記載されており<sup>3)</sup>。実臨床では成人領域でARDSに対しAPRV管理とすることはしばしば経験される。

APRVの利点は下記のとおり報告されている<sup>4)</sup>。はじめに、換気血流不均等の改善、死腔の低減、



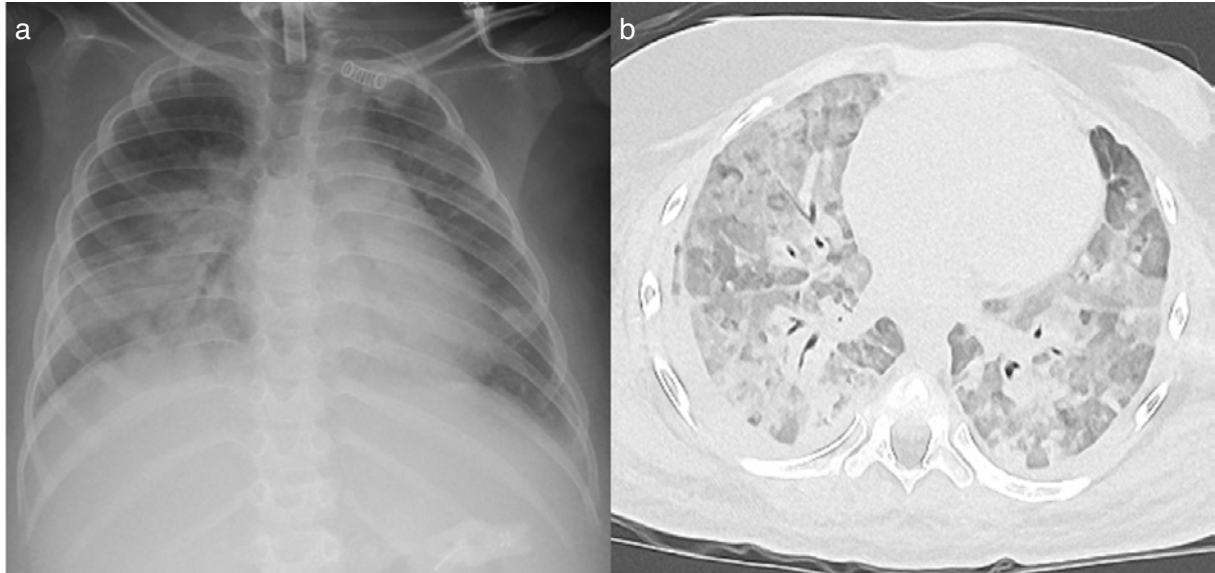


図4 第25病日胸部X線写真およびCT

- a. 胸部X線写真は図3と比較し透過性が改善している。  
b. 胸部CTでは両肺びまん性にモザイク様のすりガラス影や浸潤影が認められる。

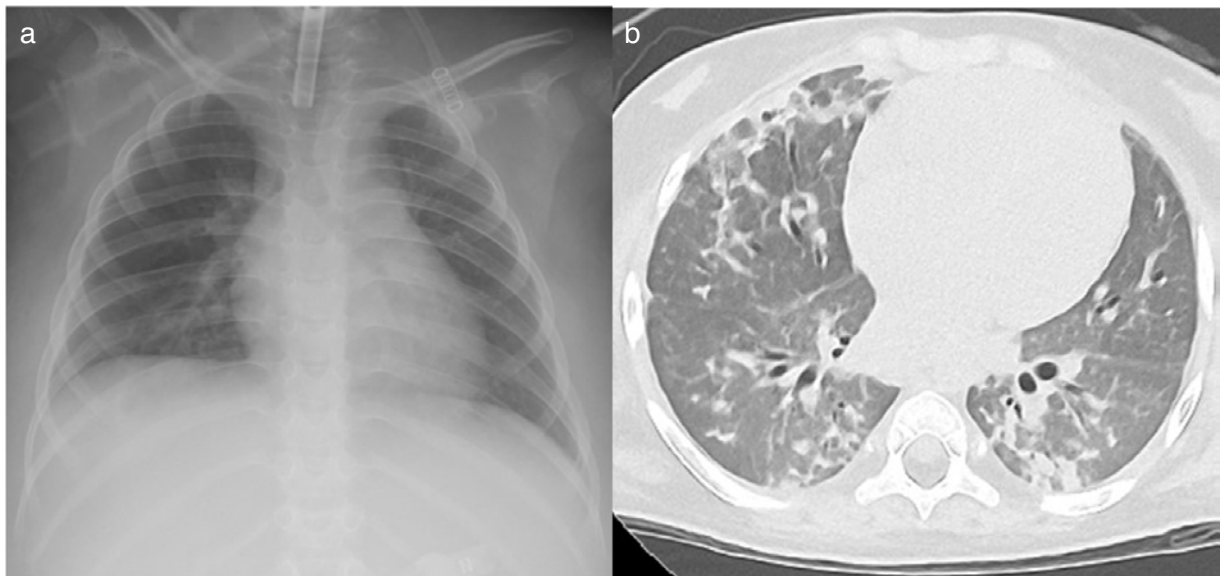


図5 第41病日胸部X線写真およびCT

- a. 胸部X線写真でも著明な透過性の改善が認められる。  
b. 両肺びまん性に認められた陰影は淡いすりガラス影へ改善し一部で索状影に変化している。

平均気道内圧の上昇から酸素化が改善する。次に、胸腔内圧と右心房圧が低下するため、静脈還流が増え心拍出量が増加する。Putensenらは、30人の外傷患者でAPRVとPCVを比較したところ、APRV群で昇圧剤と強心剤が有意に少なく、心係数と酸素供給量が有意に増加したと報告しており<sup>5)</sup>、APRVは血行動態への影響が少ないと考えられ

る。またAPRVでは、動物実験で呼吸筋・胃十二指腸・回腸・結腸への血流が改善し<sup>6)7)</sup>、ヒトでPCVと比較して尿量・糸球体濾過率が改善し<sup>8)</sup>、局所血流や臓器還流への影響も少ないと報告されている。さらに、従来の人工呼吸と比較して、筋弛緩薬を70%、鎮静薬を40%減少させることができ、このことから人工呼吸器の装着期間やICU入室期間

が短縮できる可能性がある<sup>4)</sup>。その一方で、自発呼吸努力により高い1回換気量や経肺圧が発生する可能性が指摘されている<sup>9)</sup>。

小児ARDSは原因や背景疾患が成人と異なるが、発症の機序としては同じである<sup>3)</sup>。しかし、小児ARDSに対してAPRVで管理した報告例は少ない。国内では、新生児の肺炎等による急性呼吸不全<sup>10)</sup>、RSウイルス肺炎<sup>10)11)</sup>、インフルエンザ肺炎<sup>12)</sup>によるARDSに用いた例が報告されている。国外においても限られており、レスキューモードとしての1例<sup>13)</sup>やケースシリーズ<sup>14)~16)</sup>が報告され、現時点でランダム化比較試験は1報のみ<sup>17)</sup>である。この比較試験は、APRVが従来のlow-tidal volume ventilationと非劣性であることを検証するために行われたが、予定登録数の半数に到達した時点でAPRV群の死亡率が高いこと(28日の全死亡率: APRV群 53.8%, 対照群 26.9%) が判明し試験が終了した。APRV群で酸素化の改善はみられたが、高い平均気道内圧による肺損傷、正常肺の過膨張による低酸素血症、自発呼吸数の増加や変動する1回換気量が致死率上昇に関与した可能性が指摘された<sup>17)</sup>。このことを踏まえ本邦のARDS診療ガイドライン2021では、小児ARDSに対するAPRVでの呼吸管理は弱い非推奨<sup>3)</sup>に至っている。

本症例は、高いPEEP (15cmH<sub>2</sub>O) を用いた従来のARDS管理では、酸素化を維持することが困難であった。この状況に対しAPRV管理を行うことで、平均気道内圧を上昇させ死腔の低減、換気血流不均等の改善により、酸素化が改善して極期を乗り切ることができたのではないかと推察された。また、肺損傷することなく救命し得た。しかし、APRVから変更した際にS/F比が明確に改善したことから、どこかの時点で

正常肺が高い気道内圧により過膨張となっていた可能性が考えられる。高い気道内圧は致死率上昇に関与し得る因子であることがランダム化比較試験で報告されている。このため症例選択や実施期間には注意を要するが、本症例や過去の報告例のように小児ARDSであってもAPRVが有効となり得る症例は存在する。従来の呼吸管理に抵抗性を示す症例に対して、できうる限り短い期間でのレスキューモードとして、APRVは一考の余地がある。

## 結語

RSウイルス肺炎による小児ARDSに対してAPRVでの呼吸管理が奏功した。従来の呼吸管理に抵抗性の小児ARDSにおいてAPRVはレスキューモードとして一考の余地がある。

謝辞: 稿を終えるにあたり、ご尽力賜りました三重県立総合医療センター救命救急センターのスタッフ一同に深謝いたします。

発表した学会名: 本論文の要旨は、第45回呼吸療法医学会学術集会(2023年、名古屋市)で発表した。

利益相反: 本論文について申告する利益相反はない。

## Abstract

A case of pediatric ARDS due to RS virus pneumonia managed with APRV

Shuji Kodama\*<sup>1</sup>, Masamichi Yoshida\*<sup>1</sup>  
Atsushi Fujiwara\*<sup>1</sup>, Hitoshi Ogino\*<sup>2</sup>  
Naofumi Suzuki\*<sup>2</sup>, Kenji Sugiyama\*<sup>3</sup>  
Masaki Tomita\*<sup>3</sup>, Akitaka Yamamoto\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup>Department of Respiratory medicine, \*<sup>2</sup>Department of Pediatrics, \*<sup>3</sup>Department of Emergency/Intensive care, Mie Prefectural General Medical Center, Mie

Only a few studies have reported pediatric acute respiratory distress syndrome (ARDS) managed with airway pressure release ventilation (APRV). Unlike in adults, the ARDS Clinical Practice Guideline 2021 does not recommend APRV in children. Herein, we report a case of a pediatric ARDS successfully managed with APRV. The patient was a 6-year-old girl who had been treated for Miller–Dieker syndrome and other conditions at our hospital. She was admitted due to pneumonia caused by respiratory syncytial virus, which occurred while receiving home mechanical ventilation with a tracheostomy. Hypoxemia progressed. On hospital day 7, despite being on pressure-controlled synchronized intermittent mandatory ventilation with a positive end-expiratory pressure of 15 cmH<sub>2</sub>O, the pulse oximetry saturation/fractional inspired oxygen (S/F) ratio decreased to 79. Following the switch to APRV mode (inspiratory pressure [P<sub>high</sub>]: 45 cmH<sub>2</sub>O, expiratory pressure [P<sub>low</sub>]: 0 cmH<sub>2</sub>O, inspiratory time [T<sub>high</sub>]: 1.5 sec, expiratory time [T<sub>low</sub>]: 0.5 sec, auto-release: 75%), the S/F ratio increased to 116, and the patient responded to treatment. On hospital day 56, she was placed on the spontaneous/timed mode (inspiratory positive airway pressure: 17 cmH<sub>2</sub>O and expiratory positive airway pressure: 8 cmH<sub>2</sub>O) and was eventually discharged home. APRV may be considered as a rescue mode for pediatric ARDS cases resistant to conventional mechanical ventilation.

## 文献

- 1) Downs JB, et al. Airway pressure release ventilation: a new concept in ventilator support. *Crit Care Med.* 1987; 15: 459-61.
- 2) Stock MC, et al. Airway pressure release ventilation. *Crit Care Med.* 1987; 15: 462-6.
- 3) ARDS診療ガイドライン2021作成委員会. ARDS診療ガイドライン2021. *日集中医誌* 2022; 29: 295-332.
- 4) Ehab GD. Airway pressure release ventilation. *Ann Thorac Med.* 2007; 2: 176-9.
- 5) Putensen C, et al. Long-term effect of spontaneous breathing during ventilator support in patients with acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001; 164: 43-9.
- 6) Hering R, et al. Effects of spontaneous breathing during airway pressure release ventilation on respiratory work and muscle blood flow in experimental lung injury. *Chest.* 2005; 128: 2991-8.
- 7) Hering R, et al. Effects of spontaneous breathing during airway pressure release ventilation on intestinal blood flow in experimental lung injury. *Anesthesiology.* 2003; 99: 1137-44.
- 8) Kaplan LJ, et al. Airway pressure release ventilation increases cardiac performance in patients with acute lung injury/adult respiratory distress syndrome. *Crit Care.* 2001; 5: 221-6.
- 9) Miller AG, et al. A narrative review of advanced ventilator modes in the pediatric intensive care unit. *Transl pediatr.* 2021; 10: 2700-19.
- 10) 渡部晋一. 呼吸管理の実際 APRV. *周産期医.* 2014; 44: 1589-91.
- 11) 岡田邦之, ほか. 両肺の分葉異常を合併し, RSウイルス感染を契機にARDSを呈したMMIHS (Megacystis-microcolon-intestinal hypoperistalsis syndrome) の1乳児例. *日小児呼吸器会誌.* 2009; 20: 150-61.
- 12) 第399回東京医科大学臨床懇話会 インフルエンザ肺炎入院小児例の検討～APRVにて救命しえた例を中心として. *東医大誌;* 68: 409-21.
- 13) Chandelia S, et al. Severe pediatric acute respiratory distress syndrome due to scrub typhus: successful ventilation with airway pressure release ventilation mode after becoming refractory to protective ventilation. *Indian J Crit Care Med.* 2017; 21: 326-8.
- 14) Demirkol D, et al. Airway pressure release ventilation: an alternative ventilation mode for pediatric acute hypoxemic respiratory failure. *Indian J Pediatr.* 2010; 77: 1322-5.
- 15) Krishnan J, et al. Airway pressure release ventilation: a pediatric case series. *Pediatr Pulmonol.* 2007; 42: 83-8.
- 16) Yener N, et al. Airway pressure release ventilation as a rescue therapy in pediatric acute respiratory distress syndrome. *Indian J Pediatr.* 2020; 87: 905-9.

- 17) Lalgudi Ganesan S, et al. Airway pressure release ventilation in pediatric acute respiratory distress syndrome. A randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018; 198: 1199-207.

受付日：2023年12月20日

掲載日：2024年2月26日

© Shuji Kodama, et al. 本論文はクリエイティブ・コモンズ・ライセンスに準拠し、CC-BY-SA (原作者のクレジット[氏名, 作品タイトルなど]を表示し、改変した場合には元の作品と同じCCライセンス[このライセンス]で公開することを主な条件に、営利目的での二次利用も許可されるCCライセンス) のライセンスとなります。詳しくはクリエイティブ・コモンズ・ジャパンのサイト (<https://creativecommons.jp/>) をご覧ください。