

神経調節補助換気（Neurally Adjusted Ventilatory Assist : NAVA）の功罪を示唆する超低出生体重児4例

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 浜松医科大学小児科学雑誌編集部 公開日: 2023-03-07 キーワード (Ja): 神経調節補助換気, 非侵襲的人工換気, 慢性肺疾患, 超低出生体重児 キーワード (En): 作成者: 瀬川, 祐貴, 山本, 拓也, 藤田, 智香, 上野, 大蔵, 大石, 彰, 飯嶋, 重雄 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10271/00004279

症例報告

神経調節補助換気 (Neurally Adjusted Ventilatory Assist : NAVA) の功罪
を示唆する超低出生体重児 4 例

Pros and cons of neurally adjusted ventilation assist (NAVA) in extremely low
birth weight infants: four case reports

浜松医科大学小児科¹⁾, 浜松医科大学地域周産期医療学講座²⁾
瀬川 祐貴¹⁾, 山本 拓也¹⁾, 藤田 智香¹⁾, 上野 大蔵²⁾, 大石 彰¹⁾, 飯嶋 重雄²⁾
Department of Pediatrics, Hamamatsu University School of Medicine¹⁾
Department of Regional Neonatal-Perinatal Medicine, Hamamatsu University School of Medicine²⁾
Yuki SEGAWA¹⁾, Takuya YAMAMOTO¹⁾, Tomoka FUJITA¹⁾, Daizo UENO²⁾,
Akira OHISHI¹⁾, Shigeo IJIMA²⁾

キーワード: 神経調節補助換気, 非侵襲的人工換気, 慢性肺疾患, 超低出生体重児

〈概要〉

横隔膜電気的活動 (electrical activity of the diaphragm : Edi) を利用した神経調節補助換気 (neurally adjusted ventilatory assist : NAVA) は, 同調性が改善された新しい呼吸器モードである。従来の呼吸器モードと比較して慢性肺疾患の進行予防に期待が高まっている。今回, 当院で経験した NAVA の功罪に関して示唆に富む超低出生体重児 4 例を報告する。1 症例目では, NAVA の使用により呼吸器条件の緩和が進み, 抜管後も NIV-NAVA を使用したことで呼吸状態の安定を保つことができた。2 症例目では, 抜管後の呼吸状態の増悪時に非侵襲的神経調節補助換気 (noninvasive-NAVA : NIV-NAVA) を使用したことで再挿管を回避することができた。3 症例目では, 抜管後の努力呼吸が予想されたため NIV-NAVA の使

用により呼吸状態の増悪を予防することができた。4 症例目では, Edi カテーテル留置に伴う胃壁損傷のため胃出血を来した。NAVA および NIV-NAVA は超低出生体重児の呼吸管理に有用と考えられるが, Edi カテーテル留置に伴う消化管損傷などの合併症に注意を払う必要がある。

〈緒言〉

超低出生体重児は, 肺が構造的にも機能的にも未熟であり人工呼吸器管理を要することが多い¹⁾。さらに, 超低出生体重児は呼吸数が多く一回換気量も少ないため自発呼吸に同調させることが難しく人工呼吸器によるサポートが過剰になりやすい。そのため人工呼吸器管理は圧損傷や容量損傷, 高濃度酸素投与による肺損傷を引き起こし, 慢性肺疾患 (chronic lung disease : CLD) の発症および重症化の要因の一つである²⁾。過去に様々な呼吸器モードが開発されてきたが, いまだ CLD は超低出生体重児の主な合併症であり, 生命予後や成長発達予後に大きく関わる。

神経調節補助換気 (neurally adjusted ventilatory assist : NAVA) は、従来の人工呼吸器で用いられているフロートリガーや圧トリガーでは問題となる非同同期を改善することを目的に開発された³⁾。横隔膜電気的活動 (electrical activity of the diaphragm : Edi) をトリガーすることで呼吸のタイミング、吸気圧、吸気時間を患者が制御し同調性の改善が期待される新しい呼吸器モードである⁴⁾。九つの電極が内蔵された胃管を兼ねた Edi カテーテルを経鼻もしくは経口的に胃内に挿入し、電極が横隔膜レベルに位置することで Edi を得ることができる⁵⁾。超低出生体重児においても NAVA を使用することで同調性が改善したとの報告⁶⁾ や、従来の呼吸器モードと比較して低い吸気圧や酸素濃度で管理できたとの報告^{7)~10)} がある。しかし、コクランレビューでは人工呼吸器管理の期間、慢性肺疾患の割合に有意な差は無かったと結論されており¹¹⁾、今後更なる臨床研究が必要とされている。

当院では、2019年度より超低出生体重児に対して NAVA および非侵襲的神経調節補助換気 (noninvasive-NAVA : NIV-NAVA) による人工呼吸器管理を導入するようになった。今回、NAVA 使用の功罪について示唆に富む 4 症例について文献的考察を加えて報告する。

〈症例〉

症例 1 : 在胎 25 週 5 日、出生体重 808 g の男児

【母体情報】

39 歳、G3P2、既往歴：子宮腺筋症、子宮筋腫
今回、自然妊娠。子宮腺筋症および子宮筋腫のため当院へ紹介された。妊娠 25 週 3 日に前期破水があり切迫早産のため入院管理となった。2 回ベタメタゾンリン酸エステルナトリウムが投与された。妊娠 25 週 5 日に羊水過少が進行したため緊急帝王切開術となった。臨床的絨毛膜羊膜炎は無かった。

【出生時記録】

羊水混濁は無かった。第一啼泣無く、筋緊張低下していた。生後 3 分に気管挿管した。Apgar score は 1 点 (1 分値)、7 点 (5 分値) であった。早産・超低出生体重児のため NICU に入院した。

【入院後経過】 (図 1)

同調式間欠的強制換気 (synchronized intermittent mandatory ventilation : SIMV) で人工呼吸器管理を開始した。吸入酸素濃度 (fraction on inspiratory oxygen : FiO_2) が 0.4 と酸素需要があり、胸部レントゲン検査で網状顆粒状陰影を認めたため呼吸窮迫症候群 (respiratory distress syndrome : RDS) と診断し人工肺サーファクタント (surfactant : STA) を気管内投与した。その後は FiO_2 0.21 に下げられ呼吸器条件を緩和することができたが、日齢 9 (修正 27 週 0 日) に FiO_2 0.4~0.5 を要するようになり酸素化が増悪した。高頻度振動換気 (high frequency oscillatory ventilation : HFO) に変更し平均気道内圧 (mean airway pressure : MAP) 13 cmH_2O 、振動数 12 Hz、振幅 25 cmH_2O の設定で呼吸器管理を開始した。酸素需要が続いたため、日齢 11 (修正 27 週 2 日) にヒドロコルチゾンコハク酸エステルナトリウム (hydrocortisone : HDC) を 3 mg/kg/日 から開始し FiO_2 0.25~0.3 で管理することができた。HFO の呼吸器条件も MAP 11 cmH_2O 、振幅 14 cmH_2O まで緩和することができ、日齢 15 (修正 27 週 6 日) に SIMV に変更した。同時にカフェインを再開した。しかし最大吸気圧が 18~20 cmH_2O 程度要し呼吸器条件の緩和が進まず、日齢 16 (修正 28 週 0 日) に呼吸器条件の更なる緩和および抜管に向けて、NAVA に変更し NAVA level 2 $cmH_2O/\mu V$ 、PEEP 6 cmH_2O の設定で呼吸器管理を開始した。NAVA に変更した直後より FiO_2 はさらに 0.21 まで下げることができ、また最大吸気圧は 14 cmH_2O 程度とより低い最大吸気圧で管理することができた。段階的に NAVA level を 0.5 $cmH_2O/\mu V$ まで下げ、日齢 20 (修正 28 週

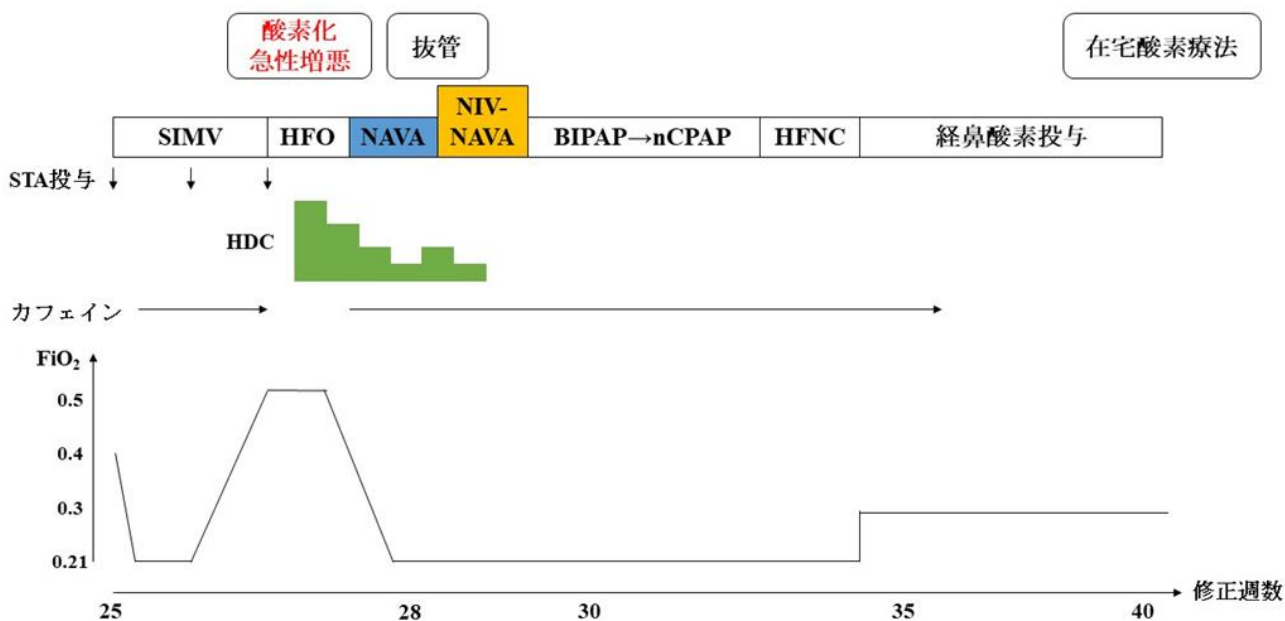


図1 症例1の入院後経過

NAVAにより呼吸器条件の緩和が進み、抜管後もNIV-NAVAを使用した症例。

SIMV: synchronized intermittent mandatory ventilation, HFO: high frequency oscillatory ventilation, NAVA: neurally adjusted ventilatory assist, NIV-NAVA: noninvasive-NAVA, BIPAP: biphasic positive airway pressure, n-CPAP: nasal continuous positive airway pressure, HFNC: high flow nasal cannula, STA: surfactant, HDC: hydrocortisone, FiO₂: fraction on inspiratory oxygen.

4日)に抜管した。抜管後はNIV-NAVAによる呼吸器管理を開始した。設定はNAVA level 2 cmH₂O/μV、呼気終末陽圧 (positive end expiratory pressure: PEEP) 6 cmH₂Oで開始し、徐々にNAVA levelを0.5 cmH₂O/μVまで下げることができた。日齢27(修正29週4日)頃から無呼吸発作が目立つようになったが、NIV-NAVAによるバックアップ換気に対応できていた。NIV-NAVAから離脱できる呼吸状態であったため、無呼吸発作の予防を目的に積極的に二相性陽圧換気 (biphasic positive airway pressure: BIPAP)に変更した。段階的に呼吸サポートを緩和し、日齢64(修正34週6日)に全ての呼吸サポートから離脱できたが、慢性肺疾患に伴う低酸素血症および胃食道逆流症に伴う哺乳時のdesaturationが目立ったため在宅酸素療法を導入した。日齢123(修正43週2日)に自宅退院した。

症例2: 在胎25週3日、出生体重890gの男児

【母体情報】

37歳, G2P0, 既往歴: 特記事項なし
今回、自然妊娠。妊娠20週4日に胎胞膨隆が認められたため当院へ母体搬送され入院管理となった。妊娠25週3日に陣痛発来し臨床的絨毛膜羊膜炎が疑われた。同日、破水のリスクがあったため全身麻酔下での緊急帝王切開術となった。

【出生時記録】

羊水混濁は無かった。第一啼泣無く、筋緊張低下していた。生後5分に気管挿管した。酸素需要があり臨床的にRDSと診断しSTAを気管内投与した。Apgar scoreは1点(1分値), 2点(5分値), 7点(10分値)であった。早産・超低出生体重児のためNICUに入院した。

【入院後経過】(図2)

補助/調節換気 (assist/control ventilation: A/C) で人工呼吸器管理を開始し、A/C+換気量保証 (volume guarantee: VG) で維持した。日齢17(修正27週6

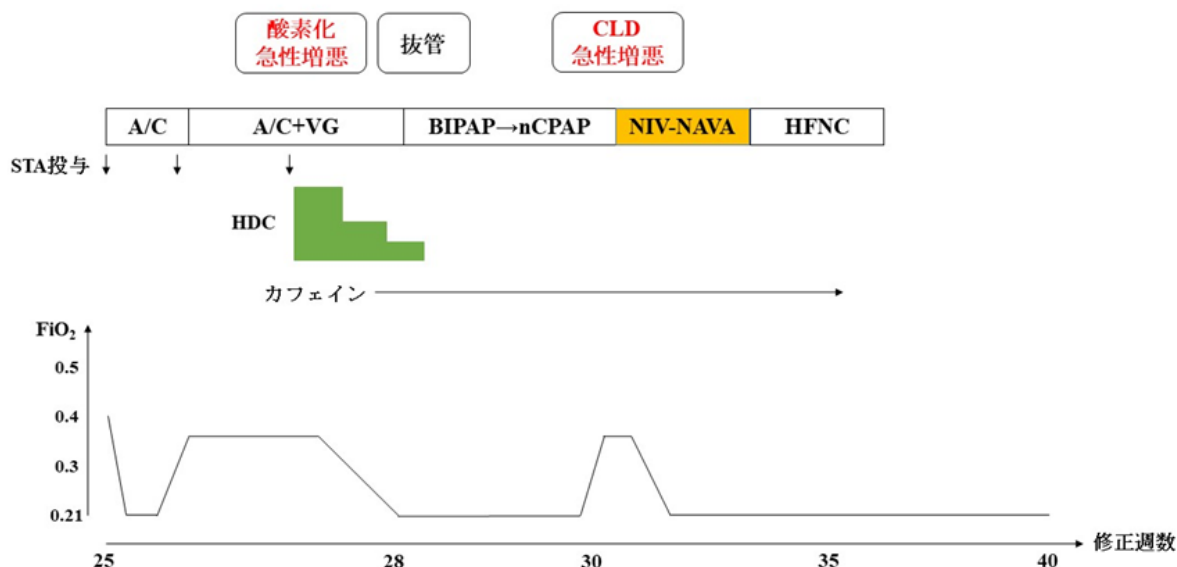


図2 症例2の入院後経過

抜管後にCLDが急性増悪し、NIV-NAVA使用によりで再挿管を免れることができた症例。

CLD: chronic lung disease, A/C: assist/control ventilation, VG: volume guarantee, BIPAP: biphasic positive airway pressure, n-CPAP: nasal continuous positive airway pressure, NIV-NAVA: noninvasive-neurally adjusted ventilatory assist, HFNC: high flow nasal cannula, STA: surfactant, HDC: hydrocortisone, FiO₂: fraction on inspiratory oxygen.

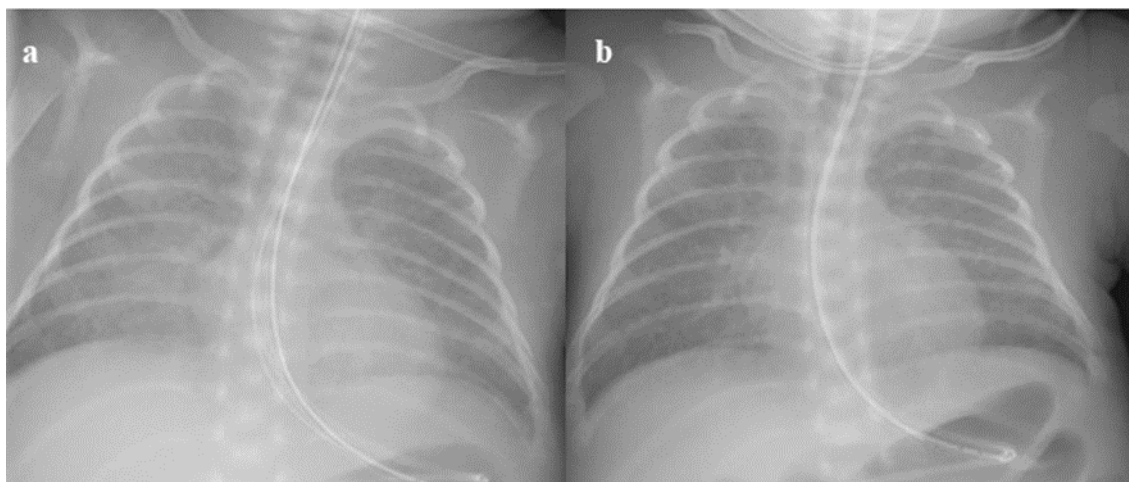


図3 症例2のNIV-NAVA開始前後の胸部レントゲン検査所見の比較

a) 日齢38 (修正30週6日) . NIV-NAVA 開始直前. 右肺野の透過性低下を認めた.

b) 日齢39 (修正31週0日) . NIV-NAVA 開始後. 右肺野の透過性が改善した.

NIV-NAVA: noninvasive-neurally adjusted ventilatory assist.

日に酸素化増悪および換気不良, さらにレントゲン検査で全肺野透過性低下が認められた. HDC を 2 mg/kg/日から開始し, 酸素化および換気状態は改善した. 呼吸器条件を緩和することができ, 日齢23 (修正28週5日) に抜管した. 抜管後はBIPAPに変更した. 一旦は経鼻的持続陽圧呼吸 (nasal continuous positive airway pressure : n-CPAP) に変更できたが, 日

齢38 (修正30週6日) にFiO₂ 0.35~0.4 と酸素化の増悪および陥没呼吸が出現し, 胸部レントゲン検査で透過性低下が認められた. 感染所見は無く CLD の急性増悪と考えた. BIPAP に変更するも改善しなかったため, NIV-NAVA に変更した. 設定はNAVA level 2 cmH₂O/μV, PEEP 7 cmH₂O とした. 開始直後より, 陥没呼吸は消失し FiO₂ 0.21~0.25 と酸素化も著明に

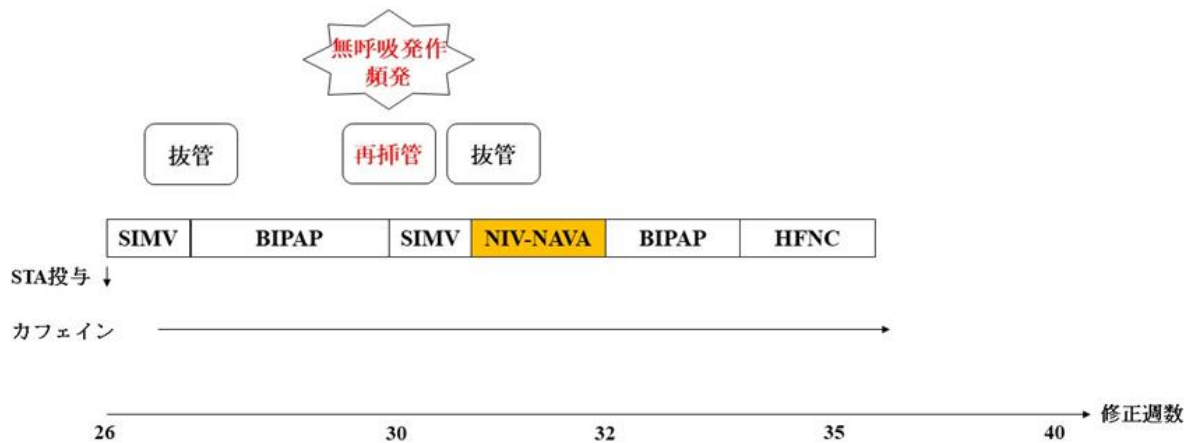


図4 症例3の入院後経過

抜管後に陥没呼吸の出現が予想されたため、抜管直後からNIV-NAVAを使用した症例。

SIMV: synchronized intermittent mandatory ventilation, BIPAP: biphasic positive airway pressure, NIV-NAVA : noninvasive-neurally adjusted ventilatory assist, HFNC: high flow nasal cannula, STA: surfactant.

改善し再挿管を回避することができた。さらに、胸部レントゲン検査所見においても肺野透過性が改善した(図3)。NAVA levelを徐々に $0.5 \text{ cmH}_2\text{O}/\mu\text{V}$ まで下げることができ、日齢54(修正33週1日)に高流量鼻カニューラ(high flow nasal cannula: HFNC)に変更した。日齢75(修正36週1日)にHFNCから離脱でき、日齢112(修正40週3日)に自宅退院した。

症例3: 在胎26週6日、出生体重778gの男児

【母体情報】

34歳, G2P1, 既往歴: 成人Still病, 気管支喘息, 金属アレルギー

今回, 自然妊娠。妊娠26週5日に血圧 $180/101 \text{ mmHg}$ と著明に高値で尿蛋白も陽性であり, 妊娠高血圧腎症の診断で入院管理となった。妊娠26週6日にさらに血圧が上昇したため緊急帝王切開術となった。脊椎麻酔が困難であったため全身麻酔となった。

【出生時記録】

羊水混濁は無かった。第一啼泣無く, 筋緊張低下していた。生後6分に気管挿管した。Apgar scoreは1点(1分値), 7点(5分値)であった。酸素需要があったため臨床的にRDSと診断しSTAを気管内投与し

た。早産・超低出生体重児のためNICUに入院した。

【入院後経過】(図4)

SIMVで人工呼吸器管理を開始した。呼吸器条件の緩和が進み, 日齢4(修正27週3日)に抜管した。抜管直後は陥没呼吸が目立っていたが, BIPAPでの呼吸器管理を開始した後は次第に改善した。日齢25(修正30週3日)に未熟児網膜症の精査のための眼底診察を施行した後に, 無呼吸発作が頻回に生じたため再挿管しSIMVで人工呼吸器管理を開始した。すぐに呼吸器条件を緩和でき無呼吸発作が改善したため, 日齢30(修正31週1日)に抜管した。日齢27(修正30週5日)に気管チューブの入れ替えを行った際にn-CPAP下で陥没呼吸が目立ち, 抜管後の陥没呼吸の出現が予想されたため, 抜管後はNIV-NAVA(NAVA level $2 \text{ cmH}_2\text{O}/\mu\text{V}$, PEEP $6 \text{ cmH}_2\text{O}$)に変更した。陥没呼吸は認められず, 段階的にNAVA levelを $0.5 \text{ cmH}_2\text{O}/\mu\text{V}$ まで下げることができた。無呼吸発作予防を目的として, 日齢40(修正32週4日)にBIPAPに変更した。日齢51(修正34週1日)にHFNCへ変更し, 日齢61(修正35週4日)にHFNCから離脱できた。日齢135(修正47週0日)に自宅退院した。

症例4：在胎23週6日，出生体重717gの男児

【母体情報】

37歳，G1P0，既往歴：子宮筋腫

今回，凍結胚移植により妊娠．妊娠20週2日に胎胞膨隆あり，頸管縫縮術が施行された．妊娠22週1日より子宮収縮が出現し，妊娠23週6日に陣痛発来したため経膈分娩となった．

【出生時記録】

羊水混濁は無かった．第一啼泣無く，筋緊張低下していた．生後5分に気管挿管した．酸素需要があり臨床的にRDSと診断しSTAを気管内投与した．Apgar scoreは1点（1分値），8点（5分値）であった．早産・超低出生体重児のためNICUに入院した．

【入院後経過】

SIMVで人工呼吸器管理を開始した．急性期以降はA/C+VGで維持した．日齢25（修正27週3日）に酸素化が増悪したため，デキサメタゾンリン酸エステルナトリウム（dexamethasone：DEX）を0.3mg/kg/日から投与し酸素化の改善が得られた．DEXを漸減し，日齢32（修正28週3日）に終了した．日齢37（修正29週1日）に呼吸器条件の更なる緩和を進めるためにNAVAへの変更を検討した．Ediカテーテルの挿入長は，Ediを検知した電極位置がピンク色（ハイライト）で示されるEdiカテーテル位置確認画面において決定した．電極位置のハイライトが4段階の深さの内，2～3段目になる深さが適切とされているため，そのようにEdiカテーテルの挿入長を決定した．留置後の胸腹部レントゲン検査所見では，Ediカテーテルの先端位置は深めであったが胃壁に接触はしていなかった．留置後約12時間経って胃内から暗赤色の血性内容物が約1.5ml引け，再度施行した胸腹部レントゲン検査でEdiカテーテルの先端が胃壁に突き当たっている所見（図5）を確認した．Ediカテーテルによる胃粘膜損傷と考え直ちにEdiカテーテルを抜去した．抜去後，暗赤色の血性内容物は消失

した．NAVAでの呼吸器管理を行うことができず，A/C+VGでの呼吸器管理を継続した．日齢80（修正35週2日）に抜管し，BIPAPに変更した．最終的に酸素需要が残存したため在宅酸素療法を導入し，日齢127（修正42週0日）に自宅退院した．

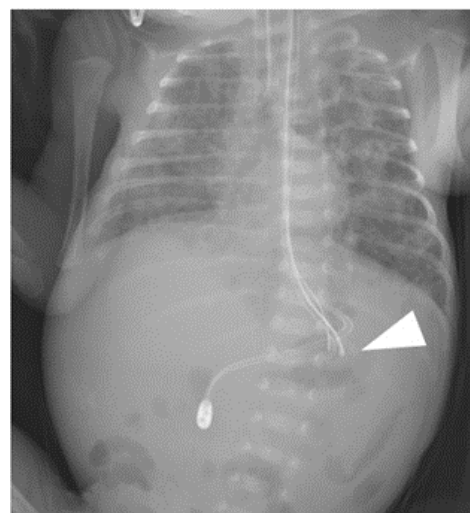


図5 症例4におけるEdiカテーテルを留置した際の胸腹部レントゲン検査所見

日齢37（修正29週1日）．Ediカテーテルが胃壁に突き当たっている（矢印）．

Edi: electrical activity of the diaphragm.

〈考案〉

我々の施設では，超低出生体重児の人工呼吸器管理は入院時よりSIMVもしくはA/Cで開始し，急性期を過ぎてからはA/C+VGで維持し，酸素化の急性増悪時はHFOを使用することが多い．また抜管時は，SIMVからBIPAPに変更している．その中で，必要酸素濃度を減量できなかつたり，思うように呼吸器条件を緩和できなかつたりすることをしばしば経験する．進行したCLDにおいてNAVAとA/Cの有用性を比較検討した研究¹²⁾では，A/Cと比較しNAVAの方が必要酸素濃度や最大吸気圧，平均気道内圧が低く，肺コンプライアンスが高かったと報告されている．このようなNAVAの高い同調性に基づく有用性に期待し，2019年度より当院においても，CLDが進行した超低出生体重児に対してNAVAおよびNIV-

表1. NAVAおよびNIV-NAVAの使用状況

	症例1	症例2	症例3	症例4
在胎週数	25週5日	25週3日	26週6日	23週6日
出生体重	808 g	890 g	778 g	717 g
主な使用モード	NAVA/NIV-NAVA	NIV-NAVA	NIV-NAVA	NAVA
NAVA又はNIV-NAVAの使用理由	呼吸器条件の緩和	抜管後の陥没呼吸	抜管後の陥没呼吸	呼吸器条件の緩和
使用時の日齢 (修正週数)	日齢16 (修正28週0日)	日齢38 (修正30週6日)	日齢30 (修正31週1日)	日齢37 (修正29週1日)
開始時のNAVA level(cmH ₂ O/ μ V)	2	2	2	-
終了時のNAVA level(cmH ₂ O/ μ V)	0.5	0.5	0.5	-
開始時のPEEP(cmH ₂ O)	6	7	6	-

NAVA: neurally adjusted ventilatory assist, NIV-NAVA: noninvasive-NAVA, PEEP: positive end expiratory pressure.

NAVA を使用する頻度が増えている。

はじめに, 4 症例における NAVA および NIV-NAVA の使用状況の一覧を提示する (表 1)。症例 1 では, NAVA および NIV-NAVA は人工呼吸器条件の緩和および抜管後の呼吸状態の安定化に有用であった。NAVA 開始前より HDC の全身投与を併用し, 酸素需要の改善および HFO の呼吸器条件の緩和をでき SIMV に変更できたが, それ以上の呼吸器条件の緩和は進まなかった。そのため NAVA に変更したことで FiO₂ はさらに 0.21 まで低下し, より低い最大吸気圧で管理することができた。今回の経過より, HDC の全身投与によって酸素需要の改善や HFO の呼吸器条件の緩和が得られたものの, それ以上の酸素需要の改善や人工呼吸器条件の緩和は見込めず抜管にまでは至らなかったと考えられた。さらに, 抜管後も NIV-NAVA を使用することで呼吸状態の安定を得ることができた。Shetty ら¹³⁾ は, 従来型と比較し NAVA と NIV-NAVA の併用は人工呼吸器管理の期間は有意に短く, 抜管失敗率も有意に低かったと報告している。その一方で Narchi ら¹⁴⁾ は, 従来の人工呼吸器管理と比較した NAVA の有用性を明記しているものの, まだエビデンスの確立に乏しく更なる臨床研究が必要であるとしている。

症例 2 および 3 においては, 陥没呼吸に対する NIV-NAVA の有効性を臨床的に観察できた。NIV-NAVA は, 非侵襲的人工換気 (noninvasive ventilation : NIV) の気道開通性および機能的残気量保持力に付加して,

NAVA の同調性を併せ持った人工換気法である¹⁵⁾。症例 2 では, n-CPAP 管理下において CLD 増悪に伴う著明な陥没呼吸が出現したため NIV-NAVA を使用した。NIV-NAVA が無ければ再挿管せざるを得ない呼吸状態であったが, NIV-NAVA 開始直後より陥没呼吸は消失し呼吸努力は改善したため再挿管を回避することができた。Lee ら¹⁶⁾ の報告にあるように, NIV-NAVA は患者の自発呼吸と同調しながら横隔膜の仕事量を減らすことで呼吸状態の改善に繋がったと考えられた。またステロイドの全身投与を考慮する呼吸状態であったが NIV-NAVA に変更したのみで著明に呼吸状態が改善したため, 従来の呼吸器モードと比較して NAVA はステロイドの全身投与を回避できたり投与量を抑えたりすることができる可能性がある。Lee ら¹⁷⁾ の後方視的検討では, 従来型と比較して NAVA を使用した場合は DEX の投与量が少なかったと報告されている。さらに, NIV-NAVA 使用前後で比較した胸部レントゲン検査所見では肺野透過性の改善が確認できた。NIV-NAVA による同調性の改善および呼吸努力に合った吸気圧による呼吸補助によって, 肺野透過性の改善にも寄与したと考えられた。症例 3 では, 抜管後に陥没呼吸の出現が想定されたため NIV-NAVA を使用した。抜管後の陥没呼吸は認められず, その後は BIPAP に繋ぐことができた。超低出生体重児の抜管後の呼吸補助として NIV-NAVA の有効性は報告されており, Stein ら¹⁸⁾ は NIV-NAVA によって再挿管を回避できる可能性に言

及している。Leeら¹⁹⁾も、抜管後にNIV-NAVAを使用することで抜管後72時間以内の再挿管率が有意に低かったと報告している。患者の自発呼吸のタイミングや呼吸努力に応じた呼吸サポートにより呼吸努力が軽減し、さらにバックアップ機能により無呼吸発作が予防されることで、再挿管を回避できる可能性があると考えられる。超低出生体重児の抜管後の呼吸努力の改善や無呼吸発作の予防のために、呼吸補助としてNIV-NAVAを選択肢の一つに挙げても良いと考えられた。

症例4では、Ediカテーテル留置に伴う胃粘膜損傷を来した。本文中において述べたように、Ediカテーテル位置確認画面において電極位置が4段階の深さの内、2~3段目になるようにEdiカテーテルの深さを調節した。しかしその結果、深く留置されてしまい胃粘膜損傷に繋がったと考えられた。留置後の胸腹部レントゲン検査でEdiカテーテル位置が深かったことを認識していたため、電極位置は適切な位置とされる2~3段目に固執せず3~4段目になることを許容し留置するべきであった。早産児においてもEdiカテーテルを適切な位置に留置でき合併症は認められなかったとの報告²⁰⁾もあるが、対象症例が在胎26週から33週の早産児であるため、より週数が浅く体重が小さい児においてはEdiカテーテル留置に伴う合併症が起こる可能性がある。また、本邦より出生体重373gの児においてEdiカテーテル留置による胃穿孔例の報告例²¹⁾があり、出生体重が小さくなればなるほどEdiカテーテルによる消化管損傷に注意しながら慎重に留置するべきである。なお、Ediカテーテル留置に伴う有害事象は、文献検索をする限り上記症例と自験例以外に報告されていない。

今回、NAVAもしくはNIV-NAVAを使用した4症例の内、3症例において有効な呼吸器管理を行うことができた。当院での使用経験はまだ少なく、さらに症

例数を積み重ねエビデンスを蓄積していく必要がある。

〈結論〉

NAVAおよびNIV-NAVAはEdiを利用した新しい呼吸器モードであり、呼吸サポートのタイミングや吸気圧、吸気時間を患者自身が制御することで優れた同調性が得られる。

今回、超低出生体重児に対してNAVAおよびNIV-NAVAを使用し功罪の示唆に富む4例を報告した。NAVAおよびNIV-NAVAは超低出生体重児における呼吸器管理として有用であると考えられるものの、Ediカテーテル留置に伴う合併症に注意する必要がある。

〈引用文献〉

- 1) van Kaam AH. Principles of lung-protective ventilation. In: Keszler M, Gautham S, eds. Goldsmith's Assisted Ventilation of the Neonate: An Evidence-Based Approach to Newborn Respiratory Care. 7th ed. Philadelphia: Elsevier, 2022:241-248.
- 2) Steinhorn RH, Davis JM. Bronchopulmonary dysplasia. In: Boardman JP, Groves AM, Ramasethu J, eds. Avery & MacDonald's Neonatology. Pathophysiology and Management of the Newborn. 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2021:386-399.
- 3) 高橋 大二郎, Sinderby C, 中村 友彦, 他. Neurally adjusted ventilation assist (NAVA). 人工呼吸. 2012;29:220-231.
- 4) Sinderby C, Navalesi P, Beck J, et al. Neural control of mechanical ventilation in respiratory failure. Nat Med. 1999;5:1433-1436.
- 5) 小田 新. NAVA: neurally adjusted ventilatory assist. 周産期医学. 2019;49:449-453.
- 6) Beck J, Reilly M, Grasselli G, et al. Patient-ventilator interaction during neurally adjusted ventilatory assist

- in low birth weight infants. *Pediatr Res.* 2009;65:663–668.
- 7) Stein H, Howard D. Neurally Adjusted Ventilatory Assist in Neonates Weighing <1500 Grams: A Retrospective Analysis. *J Pediatr.* 2012;160:786–789.
- 8) Lee J, Kim HS, Sohn JA, et al. Randomized crossover study of neurally adjusted ventilatory assist in preterm infants. *J Pediatr.* 2012;161:808–813.
- 9) Kallio M, Koskela U, Peltoniemi O, et al. Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) in preterm newborn infants with respiratory distress syndrome—a randomized controlled trial. *Eur J Pediatr.* 2016;175:1175–1183.
- 10) Rosterman JL, Palotto EK, Truog WE, et al. The impact of neurally adjusted ventilatory assist mode on respiratory severity score and energy expenditure in infants: a randomized crossover trial. *J Perinatol.* 2018;38:59–63.
- 11) Rossor TE, Hunt KA, Shetty S, et al. Neurally adjusted ventilatory assist compared to other forms of triggered ventilation for neonatal respiratory support. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;10
- 12) Shetty S, Hunt K, Peacock J, et al. Crossover study of assist control ventilation and neurally adjusted ventilatory assist. *Eur J Pediatr.* 2017;176:509–513.
- 13) Shetty S, Evans K, Cornuau P, et al. Neurally adjusted ventilator assist in very prematurely born infants with evolving/established bronchopulmonary dysplasia. *AJP Rep.* 2021;11:e127–e131.
- 14) Narchi H, Chedid F. Neurally adjusted ventilator assist in very low birth weight infants: Current status. *World J Methodol.* 2015;5:62–67.
- 15) 高橋 大二郎, 後藤 仰子, 後藤 啓. NIV-NAVA を使用した超低出生体重児への呼吸サポート. *人工呼吸.* 2017;34:179–185.
- 16) Lee J, Kim HS, Jung YH, et al. Non-invasive neurally adjusted ventilatory assist in preterm infants: a randomized phase II crossover trial. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2015;100:F507–F513.
- 17) Lee J, Kim HS, Jung YH, et al. Neurally adjusted ventilatory assist for infants under prolonged ventilation. *Pediatr Int.* 2017;50:540–544.
- 18) Stein H, Beck J, Dunn M. Non-invasive ventilation with neurally adjusted ventilatory assist in newborns. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2016;21:154–161.
- 19) Lee BK, Shin SH, Jung YH, et al. Comparison of NIV-NAVA and NCPAP in facilitating extubation for very preterm infants. *BMC Pediatr.* 2019;19:298.
- 20) Stein H, Hall R, Davis K, et al. Electrical activity of the diaphragm (Edi) values and Edi catheter placement in non-ventilated preterm neonates. *J Perinatol.* 2013;33:707–711.
- 21) Risa A, Hiroshi M, Masahito S, et al. Edi catheter-related gastric perforation in a 373g infant. *Pediatr Int.* 2021;63:734–736.