

日本小児科学会小児救急委員会重篤小児患者搬送小委員会報告

重篤小児患者の施設間搬送に関する多施設共同レジストリ
—搬送熟練者と非熟練者における搬送の質の比較調査—

日本小児科学会小児救急委員会重篤小児患者搬送小委員会

野澤 正寛 賀来 典之 清水 直樹 中林 洋介 鮎沢 衛
松裏 裕行 平本 龍吾 楠原 浩一 濱崎 考史 竹島 泰弘

要 旨

重篤小児患者の生命転帰の改善には小児集中治療室 (PICU) に地域の患者を集約化することが有効である。集約のためには PICU への搬送が必要であり、すなわち搬送は重篤小児患者の生命転帰に関わる重要な要素となる。しかしながら、重篤小児患者の搬送に関連する有害事象の発生に言及した報告は少ない。そこで、日本小児科学会小児救急委員会では、搬送熟練者と非熟練者による搬送の質に差があるか、多施設前方視的研究として調査した。調査には、2020年8月1日から2021年7月31日までに日本集中治療医学会小児集中治療委員会の日本小児集中治療連絡協議会構成施設のうち、協力が得られた22の施設に転院搬送された16歳未満の患者920例が登録された。搬送担当者を搬送熟練群と非熟練群の2群にわけ、人工呼吸管理患者における合併症の発生頻度や転帰などを比較検討した。また、搬送中の薬剤の使用、EtCO₂モニターの使用、人工鼻の使用についても比較した。さらに、人工呼吸管理導入の時期についても比較した。評価項目ごとに欠損値を除外して比較した。人工呼吸管理患者における全てのチューブの位置異常の発生率は非熟練者群で高かった (非熟練者群 24.0% vs 熟練者群 8.7%, $p < 0.05$)。さらに、食道挿管・片肺挿管・計画外抜管も非熟練者群で高かった (非熟練者群 6.4% vs 熟練者群 0%, $p < 0.05$)。また、搬送中の鎮痛・鎮静薬の使用 (非熟練者群 58.0% vs 熟練者群 77.8%, $p < 0.05$)、筋弛緩薬の使用 (非熟練者群 17.0% vs 熟練者群 57.9%, $p < 0.05$)、EtCO₂モニターの使用 (非熟練者群 9.0% vs 熟練者群 79.5%, $p < 0.05$)、人工鼻・加温加湿器の使用 (非熟練者群 46.1% vs 熟練者群 83.3%, $p < 0.05$) は熟練者群で高かった。熟練者群は非熟練者群よりも人工呼吸管理の開始が搬送前に施行されており (オッズ比 3.17 : 95%CI : 1.80~5.60, $p < 0.05$)、搬送後に初めて気管挿管される症例は少なかった (オッズ比 0.29 : 95%CI : 0.16~0.52, $p < 0.05$)。そして、PICU 退室時と発症前の Pediatric Cerebral Performance Category のスコア差は熟練者群の方が低かった (非熟練者群 1.3 vs 熟練者群 0.7, $p < 0.05$)。以上の結果により少なくとも人工呼吸管理が必要な患者については、搬送熟練者が搬送の担い手となった方が気道合併症や神経学的転帰が良いことが本調査によって示された。本調査の結果は人工呼吸管理を必要とする重篤な小児患者の搬送の担い手を考える上で重要であると考えられる。

はじめに

重篤小児患者の生命転帰の改善には小児集中治療室 (PICU) に地域の患者を集約化することが有効であるとされている^{1)~3)}。しかしながら、本邦では重篤小児患者は、まず地域の二次医療機関や PICU を有しない三次医療機関に受診することが多く、はじめから PICU のある施設に受診することは少ない。したがって、これらの施設から PICU への搬送は重篤小児患者の生命転帰に関わる重要な要素となる。しかしながら、重篤小児患者の搬送に関連する有害事象の発生に言及した報告は少ない。海外の先行研究では重篤小児患者の搬

送は有害事象の発生リスクが高く、熟練者と非熟練者によってその発生頻度に差が出ることを報告している⁴⁾⁵⁾。本邦においては小原ら⁶⁾や齋藤ら⁷⁾が熟練者による搬送で有害事象発生率が低いことを報告しているが、単一施設による検討にとどまっている。今後、本邦において PICU へ重篤小児患者の集約を推し進める上で施設間搬送システムの整備は不可欠である。そこで小児救急委員会では、搬送熟練者と非熟練者による搬送関連有害事象の発生に差があるかを多施設前方視的研究として調査した。本調査は本邦の重篤小児患者集約化のための重要な要素となる搬送システムの構築の上で、搬送の担い手を議論するための調査として重

表1 酸素投与方法と F_iO_2 , SpO_2 と PaO_2 の換算

	酸素投与方法 - F_iO_2 換算		SpO_2 - PaO_2 換算			
	酸素流量 (L/分)	F_iO_2	$SpO_2\%$	PaO_2 mmHg	$SpO_2\%$	PaO_2 mmHg
鼻カニューラ	1	24	60	31	80	44
	2	28	61	32	81	45
	3	32	62	32	82	46
	4	26	63	33	83	47
	5	40	64	33	84	49
	6	44	65	34	85	50
簡易酸素マスク			66	34	86	51
	5	40	67	35	87	53
			68	35	88	55
	6	50	69	36	89	57
			70	37	90	59
	7 ≤	60	71	37	91	61
リザーバー付き酸素マスク			72	38	92	64
			73	39	93	67
	6	60	74	39	94	71
	7	70	75	40	95	76
	8	80	76	41	96	82
	9	90	77	42	97	91
	10	99	78	42	98	104
			79	43	99	132

要であり、その結果をここに報告する。

目 的

重篤小児患者の搬送における質を小児搬送の非熟練者と熟練者で比較する。

対 象

以下の選択基準を満たす症例を対象とした。

- 2020年8月1日から2021年7月31日までに日本集中治療医学会小児集中治療委員会の日本小児集中治療連絡協議会構成施設のうち、協力が得られた施設に転院搬送された患者。
- 16歳未満の患者。

調査協力施設

本調査は以下の22施設の協力を得て行った。

宮城県立こども病院、福島県立医科大学、筑波大学附属病院、埼玉県立小児医療センター、埼玉医科大学総合医療センター、千葉県立こども病院、松戸市立総合医療センター、東京女子医大八千代医療センター、国立成育医療研究センター、東京慈恵会医科大学附属病院、北里大学病院、神奈川県立こども医療センター、静岡県立こども病院、あいち小児保健医療総合センター、京都府立医科大学附属病院、大阪母子医療センター、大阪市立総合医療センター、高槻病院、兵庫県

立こども病院、兵庫県立尼崎総合医療センター、九州大学病院、熊本赤十字病院。

方 法

2020年8月1日から2021年7月31日までに各協力施設に転院搬送された全ての症例に対して、各施設が患者情報登録シートを記載し研究事務局（日本小児科学会事務局）に郵送する形でデータを収集した。

以下の評価項目について搬送担当者が非熟練者の群と熟練者の群の2群を比較した。

熟練者は1. 搬送先の小児集中治療室で勤務している医師、2. 依頼元の小児集中治療室で勤務している医師、3. 小児搬送チームを有する施設の搬送担当医師、4. 過去に小児集中治療室や小児搬送チームで1年以上の勤務経験がある医師と定義し、非熟練者はそれ以外の医師と定義した。

評価1：登録された全ての症例に対して以下を比較した。

- 患者背景（年齢、性別、予測死亡率、疾患領域別症例数）

予測死亡率の計算はPediatric Index of Mortality (PIM) 3⁸⁾を用いて行った。PIM3の計算にあたって使用する F_iO_2 と PaO_2 のデータが欠損していた場合には、表1に基づいて数値を変換して揃えた。PIM3の計算に使用するデータは非熟練者群ではPICUに到着後

のデータを使用し、熟練者群では熟練者が患者に接触した時に最も近い時点でのデータを使用した。

2. 搬送中の心停止と徐脈の発生

3. 転帰 (PICU 滞在日数, 入院日数, Δ Functional Status Scale (FSS)⁹, Δ Pediatric Cerebral Performance Category (PCPC))¹⁰

FSS は精神, 感覚, 運動, コミュニケーション, 食事, 呼吸の 5 項目について正常から重症まで 5 段階のスコアを合計したものである。最良値が 6 点であり, 最悪値が 30 点となる。PCPC は脳機能について正常, 軽度の障害, 中等度の障害, 重度の障害, 昏睡または植物状態, 死亡の 6 段階を 1 点から 6 点までに点数化 (1 が正常) したスコアである。 Δ FSS と Δ PCPC は PICU 退室時のスコア - 発症前のスコアと定義した。

4. 血液ガスデータ (Δ PCO₂, Δ Lactate)

Δ PCO₂ と Δ Lactate は PICU 到着時のデータ - 依頼元病院出発前のデータと定義した。 Δ PCO₂ に使用するデータは PaCO₂ = PvCO₂ - 4.41 mmHg と近似し, Δ Lactate に使用するデータは動脈血 Lactate = 静脈血 Lactate - 0.25 mmol/L と近似した¹¹。Lactate の単位は mmol/L = 0.11101 mg/dL として計算し mmol/L に統一した。

評価 2: 最終的に人工呼吸管理が施行された症例に対して以下を比較した。

1. 患者背景 (年齢, 性別, Pediatric Index of Mortality (PIM) 3 を用いた予測死亡率, 気管切開患者数)

2. 人工呼吸管理の開始時期

搬送前, 搬送中, 搬送後のどの時期に初めて人工呼吸管理が開始されたかを比較した。

3. 転帰 (PICU 滞在日数, 入院日数, Δ FSS, Δ PCPC)

評価 3: 人工呼吸管理下に搬送された症例に対して以下を比較した。

1. 患者背景 (年齢, 男児, Pediatric Index of Mortality (PIM) 3 を用いた予測死亡率, 気管切開患者数)

2. 気道に関する有害事象 (全ての有害事象, 気管チューブの位置異常, その他の異常)

気管チューブの位置異常は食道挿管・片肺挿管・計画外抜管・先端が両側鎖骨中線より口側・先端が気管分枝部直上 (5 mm 未満) と定義した。そのうち, 食道挿管・片肺挿管・計画外抜管は重大な異常としてさらに比較した。その他の異常には, 痰や血液によるチューブの閉塞, チューブの屈曲, 脱気されていない気胸を定義した。

3. 搬送中の薬剤の使用 (昇圧薬, 鎮痛・鎮静薬, 筋弛緩薬)

4. EtCO₂ モニターの使用

5. 人工鼻 (人工呼吸回路接続用) もしくは加温加湿器の使用

6. 血液ガスデータ (Δ PCO₂, Δ Lactate: 定義は評価 1 と同様)

評価 1 について, データ欠損のために非熟練者と熟練者の症例数が異なる場合には, 2 群間の予測死亡率も評価項目ごとに比較した。評価 2 と 3 については予測死亡率に加えて, 気管切開患者数も評価項目ごとに比較した。評価 2.2 の人工呼吸管理の開始時期と, 評価 3.2 の気道に関する有害事象について, 2 群間の予測死亡率や気管切開患者数に有意差があった場合には, 有意差のあった項目を説明変数に加えロジスティック回帰分析を行った。

比率の比較は Fisher の正確比検定を用いて行った。また平均値の比較は t 検定を用いて行った。統計学的解析の有意水準は 0.05 とした。使用ソフトウェアは R version 4.2.1 (The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022) を用いた。

本調査は日本小児科学会倫理委員会の承認を得て行った<受付番号: 30>。

結 果

評価 1: 登録された全ての症例

対象期間中に 920 例が登録され, そのうち搬送者が不明であった 3 例を除く 917 例を解析した。非熟練者群 540 例に対し, 熟練者群は 377 例あった。

1. 患者背景 (表 2)

年齢, 男児比率, 予測死亡率に有意差はなかった。

全ての疾患領域の症例数についても 2 群間に優位差はなかった。

2. 搬送中の心停止例・徐脈発生例 (表 3)

心停止例はデータ欠損の 6 例を除く 911 例を対象とした (非熟練者 535 例/熟練者 376 例) が, 2 群間に差はなかった。徐脈発生例は 8 例を除く 909 例を対象としたが, 2 群間に差を認めなかった。

3. 転帰 (表 3)

PICU 滞在日数と入院日数については, 22 例のデータ欠損を除く 895 例 (非熟練者 524 例/熟練者 371 例) を比較した。 Δ FSS と Δ PCPC は 5 例のデータ欠損を除く 912 例 (非熟練者 537 例/熟練者 375 例) を比較した。全ての評価項目で 2 群間に差を認めなかった。

4. 血液ガスデータ (表 3)

584 例のデータ欠損を除く 333 例 (非熟練者 188 例/熟練者 145 例) を比較した。 Δ PCO₂ と Δ Lactate はともに 2 群間の差を認めなかった。

評価 2: 最終的に人工呼吸管理が施行された症例 (表 4)

非熟練者群 175 例と熟練者群 201 例の合計 376 例が登録された。

1. 患者背景

表2 登録された全ての症例における患者背景の2群間比較

			非熟練者	熟練者	p 値
患者背景 (n=917)			(n=540)	(n=377)	
年齢	, 歳	Mean (SD)	3.2 (4.3)	2.7 (3.7)	0.06
男児	, 人	n (%)	321 (59.4)	201 (53.3)	0.07
予測死亡率	, %	Meas (SD)	9.3 (19.1)	10.1 (20.5)	0.55
疾患領域					
外因系		, n (%)	56 (10.4)	36 (9.5)	0.74
心血管		, n (%)	89 (16.5)	51 (13.5)	0.23
神経		, n (%)	131 (24.3)	82 (21.8)	0.38
呼吸器		, n (%)	127 (23.5)	109 (28.9)	0.08
腎臓		, n (%)	4 (0.7)	4 (1.1)	0.72
消化器		, n (%)	34 (6.3)	31 (8.2)	0.30
その他					
心停止		, n (%)	20 (3.7)	17 (4.5)	0.61
敗血症		, n (%)	13 (2.4)	11 (2.9)	0.68
電解質異常・内分泌		, n (%)	25 (4.6)	16 (4.2)	0.87
血液・悪性腫瘍		, n (%)	23 (4.3)	10 (2.7)	0.21
その他		, n (%)	18 (3.3)	10 (2.7)	0.70

表3 登録された全ての症例における2群間比較

			非熟練者	熟練者	p 値
搬送中の心停止 (n=911 ※6 例欠損除外)			(n=536)	(n=376)	
		n (%)	2 (0.4)	2 (0.5)	1
予測死亡率	, %	Meas (SD)	9.2 (19.0)	10.1 (20.6)	0.50
搬送中の徐脈 (n=909 ※8 例欠損除外)			(n=533)	(n=376)	
		n (%)	6 (1.1)	3 (0.8)	0.74
予測死亡率	, %	Meas (SD)	8.9 (18.4)	10.1 (20.6)	0.35
転帰					
PICU 滞在日数			(n=524)	(n=371)	
	, 日	Mean (SD)	10.8 (13.2)	9.2 (13.1)	0.08
	, 日	Mean (SD)	23.3 (28.8)	27.3 (34.3)	0.07
予測死亡率	, %	Meas (SD)	10.1 (20.7)	9.4 (19.3)	0.61
転帰					
ΔFSS			(n=537)	(n=375)	
		Mean (SD)	1.9 (5.4)	2.3 (5.7)	0.32
ΔPCPC			(n=537)	(n=375)	
		Mean (SD)	0.6 (2.2)	0.5 (1.2)	0.36
予測死亡率	, %	Meas (SD)	9.1 (18.7)	10.0 (20.6)	0.40
血液ガス (n=333 ※584 例欠損除外)					
ΔPCO ₂			(n=188)	(n=145)	
	, mmHg	Mean (SD)	-6.3 (18.8)	-5.1 (22.4)	0.63
ΔLac			(n=188)	(n=145)	
	, mmol/L	Mean (SD)	-0.7 (3.1)	-1.3 (3.8)	0.16
予測死亡率	, %	Meas (SD)	10.6 (22.4)	12.3 (22.9)	0.50

年齢, 男児比率, 予想死亡率に2群間の差は認めなかった。気管切開患者は非熟練者群の9.7%に対し, 熟練者群は17.9%であり, 熟練者群の方が多かった。

2. 人工呼吸管理の開始時期 (搬送前, 搬送中, 搬送後)

搬送前の人工呼吸管理の開始は, 非熟練者群の71.4%に対し, 熟練者群では89.6%であり, 熟練者群の方が多かった。一方で, 搬送後の人工呼吸管理の開始については, 非熟練者群の36.6%に対し, 熟練者群で

は13.4%と非熟練者群の方が多かった。搬送中の人工呼吸管理開始率には2群間の差は認めなかった。

評価3の2群間には気管切開症例数に差があったため, 気管切開患者数を説明変数に加えロジスティック回帰分析を行った (表5)。熟練者群においては搬送前の人工呼吸管理開始のオッズ比が3.17 (95%CI: 1.80~5.60) と有意に高かった。一方で, 搬送後に人工呼吸管理が開始されるオッズ比は0.29 (95%CI: 0.17~0.48) と有意に低かった。

表4 最終的に人工呼吸管理が行われた症例における2群間比較

			非熟練者	熟練者	p 値
患者背景 (n=376)			(n=175)	(n=201)	
年齢	, 歳	Mean (SD)	3.0 (4.2)	2.8 (3.7)	0.59
男児	, 人	n (%)	93 (53.1)	102 (50.7)	0.68
予測死亡率	, %	Mean (SD)	18.9 (27.1)	16.3 (26.0)	0.35
気管切開	, 人	n (%)	17 (9.7)	36 (17.9)	0.03
人工呼吸管理開始の時期 (n=376)			(n=175)	(n=201)	
搬送前	, 例	n (%)	125 (71.4)	180 (89.6)	<0.01
搬送中	, 例	n (%)	1 (0.6)	2 (1.0)	1
搬送後	, 例	n (%)	64 (36.6)	27 (13.4)	<0.01
転帰 (n=376)			(n=175)	(n=201)	
PICU 滞在日数	, 日	Mean (SD)	14.0 (17.1)	18.7 (71.2)	0.40
入院日数	, 日	Mean (SD)	42.8 (109.2)	31.3 (75.0)	0.23
転帰 (n=372 ※4例欠損除外)			(n=173)	(n=198)	
ΔFSS		Mean (SD)	4.6 (8.4)	3.5 (7.0)	0.22
ΔPCPC		Mean (SD)	1.3 (2.9)	0.7 (1.4)	0.02
予測死亡率	, %	Mean (SD)	18.5 (26.5)	16.3 (26.1)	0.42
気管切開	, 人	n (%)	17 (9.8)	36 (18.1)	0.03

表5 人工呼吸管理開始時期における熟練者群のオッズ比

	オッズ比	95%CI 下限値	95%CI 上限値	p 値
人工呼吸管理開始の時期				
搬送前	3.17	1.80	5.60	<0.01
搬送中	1.93	0.17	21.5	0.59
搬送後	0.29	0.17	0.48	<0.01

説明変数を搬送者群と気管切開患者に設定し解析

3. 転帰

PICU 滞在日数と入院日数には2群間の差を認めなかった。

ΔFSSとΔPCPCは4例のデータ欠損を除く372例(非熟練者173例/熟練者198例)で検討した。

ΔFSSに2群間の差は認めなかったが、ΔPCPCでは非熟練者群が1.3であったことに対し、熟練者群では0.7と熟練者群の方がPICU退室時と発症前のスコアの差が少なかった。

評価3:人工呼吸管理下に搬送された症例(表6)

人工呼吸管理下に搬送された症例は308例あり、非熟練者群126例と熟練者群182例が登録された。

1. 患者背景

年齢、男児比率、予想死亡率、気管切開患者数に2群間の差は認めなかった。

2. 気道に関する有害事象

10例のデータ欠損症例を除く298例を対象とした(非熟練者群125例/熟練者群173例)。全ての有害事象の発生率は非熟練者群の25.6%に対し、熟練者群は10.4%と非熟練者群で高かった。チューブの位置異常

の発生率についても非熟練者群の24.0%に対し、熟練者群は8.7%と非熟練者群で高かった。特に食道挿管・片肺挿管・計画外抜管といった重大な異常は非熟練者群が6.4%発生していたのに対し、熟練者群では発生していなかった。気管チューブの閉塞や屈曲、脱気されていない気胸といったその他の異常では2群間に差は認めなかった。

3. 搬送中の薬剤の使用

15例のデータ欠損症例を除く283例を対象とした(非熟練者群112例/熟練者群171例)。昇圧薬の使用率については2群間に差を認めなかった。一方で鎮痛・鎮静薬の使用率については非熟練者群の55.8%に対し、熟練者群では77.8%と熟練者群で高かった。さらに筋弛緩薬の使用率は、非熟練者群の17.0%に対し、熟練者群では57.9%と熟練者群で高かった。

4. EtCO₂ モニターの使用率

53例のデータ欠損症例を除く245例(非熟練者群89例/熟練者群156例)を比較した。非熟練者群の9.0%に対し、熟練者群では79.5%と非熟練者群で低かった。

5. 人工鼻・加温加湿器の使用率

表6 人工呼吸管理下に搬送された症例における2群間比較

			非熟練者	熟練者	p 値
患者背景 (n=308)			(n=126)	(n=182)	
年齢	, 歳	Mean (SD)	3.1 (4.1)	2.9 (3.8)	0.67
男児	, 人	n (%)	65 (51.6)	96 (52.7)	0.91
予測死亡率	, %	Mean (SD)	21.3 (29.2)	16.9 (26.9)	0.17
気切	, 人	n (%)	17 (13.5)	36 (19.8)	0.17
気道に関する有害事象 (n=298 ※10 例欠損除外)			(n=125)	(n=173)	
全ての有害事象	, 例	n (%)	32 (25.6)	18 (10.4)	<0.01
チューブ位置異常	, 例	n (%)	30 (24.0)	15 (8.7)	<0.01
重大な異常 (食道挿管・片肺挿管・計画外抜管)	, 例	n (%)	8 (6.4)	0	<0.01
その他の異常 (つまり・曲がり・脱気されていない気胸)	, 例	n (%)	3 (2.4)	4 (2.3)	1
予測死亡率	, %	Mean (SD)	21.5 (29.2)	16.4 (26.1)	0.11
気切	, 人	n (%)	16 (12.8)	32 (18.5)	0.21
薬剤の使用 (n=283 ※15 例欠損除外)			(n=112)	(n=171)	
昇圧薬	, 例	n (%)	23 (20.5)	37 (21.6)	0.88
鎮痛・鎮静薬	, 例	n (%)	65 (58.0)	133 (77.8)	<0.01
筋弛緩薬	, 例	n (%)	19 (17.0)	99 (57.9)	<0.01
予測死亡率	, %	Mean (SD)	20.8 (29.2)	15.9 (25.5)	0.13
気切	, 人	n (%)	16 (14.3)	32 (18.7)	0.42
EtCO ₂ モニターの使用 (n=245 ※63 例欠損除外)			(n=89)	(n=156)	
	, 例	n (%)	8 (9.0)	124 (79.5)	<0.01
予測死亡率	, %	Mean (SD)	21.9 (30.5)	14.7 (24.1)	0.04
気切	, 人	n (%)	13 (14.6)	28 (17.9)	0.56
人工鼻・加温加湿器の使用 (n=239 ※69 例欠損除外)			(n=89)	(n=150)	
	, 例	n (%)	41 (46.1)	125 (83.3)	<0.01
予測死亡率	, %	Mean (SD)	21.8 (30.2)	16.3 (25.7)	0.13
気切	, 人	n (%)	14 (15.7)	28 (18.7)	0.60
ΔPCO ₂ (n=170 ※138 例欠損除外)			(n=73)	(n=97)	
			-13.8 (28.2)	-6.8 (27.3)	0.11
予測死亡率	, %	Mean (SD)	24.9 (33.6)	18.2 (27.9)	0.16
気切	, 人	n (%)	7 (9.6)	13 (13.4)	0.48
ΔLactate (n=134 ※174 例欠損除外)			(n=55)	(n=79)	
			-1.2 (7.6)	-1.9 (6.5)	0.60
予測死亡率	, %	Mean (SD)	26.0 (35.2)	18.6 (28.4)	0.18
気切	, 人	n (%)	6 (10.9)	6 (7.6)	0.55

63 例のデータ欠損症例を除く 239 例（非熟練者 89 例/熟練者 150 例）を比較した。非熟練者群の 46.1% に対し、熟練者群では 83.3% と非熟練者群で低かった。

6. 血液ガスデータ

ΔPCO₂ については 138 例のデータ欠損を除く 170 例（非熟練者群 73 例/熟練者群 97 例）を比較したが、2 群間に差はなかった。ΔLactate は 174 例のデータ欠損を除く 134 例（非熟練者群 55 例/熟練者群 79 例）を比較したが、同様に 2 群間の差を認めなかった。

考 察

本調査は本邦で初めての重篤小児患者の搬送に関する

多施設前向き調査である。本調査では、人工呼吸管理症例においては非熟練者群と熟練者群に安全性や転帰の観点で搬送の質の差が出ることがわかった。人工呼吸管理症例の搬送における安全性といえ、気管チューブに関する有害事象の有無が重要である。この有害事象の発生率は非熟練者群の方が熟練者群よりも高いことがわかった。特に、チューブの位置異常は非熟練者群では熟練者群の約 3 倍の有害事象が発生していた。さらに、食道挿管や片肺挿管、計画外抜管といった重大な異常は非熟練者群のみで発生していた。このことは、人工呼吸管理症例を安全に搬送するための搬送者を決定する上で極めて重大な結果と考える。

人工呼吸管理症例の搬送において、8割の熟練者群がEtCO₂モニターや人工鼻や加温・加湿器を使用していた。このことは、熟練者群がいかに搬送中の気道トラブルに注意を払っているかを示している。

JRC救急蘇生ガイドライン2020¹²⁾やAmerican Academy of Pediatricsが発行している新生児/小児の搬送ガイドライン¹³⁾ではEtCO₂モニターは搬送中の気道トラブルを早期に同定し、換気の適正化(過換気や低換気の防止)、心拍出量を想定ツールとして推奨されている。そして、その有効性を報告する論文もいくつか存在^{14)~16)}する。本調査では搬送中の再挿管率に2群間の差は認めなかったが、実際に非熟練者群の搬送中の計画外抜管と食道挿管は6例発生している(熟練者群では発生していない)。これらの症例について2例はEtCO₂モニターが使用されておらず、4例は使用不明であった。EtCO₂モニターの使用があれば、計画外抜管を認識できたはずである。人工鼻や加温・加湿器を装着しなかったことによる合併症については特に言及できる結果はなかった。

一方でEtCO₂モニターで搬送中の計画外抜管を認識できたとしても、医療資源も人的資源も空間も限られた中で、十分に気管挿管のためのポジショニングを取れない重篤な小児患者の再挿管を行うことは、病院内で行うよりも難易度は高い。また、人工気道症例の搬送中は適切な患者やデバイスの固定や患者の不動化が行われる必要があり、そのためには鎮痛・鎮静薬、筋弛緩薬の適切な使用も重要である。本調査では、熟練者群は非熟練者群よりも鎮痛・鎮静薬と筋弛緩薬を使用しており、患児をできるだけ不動化しようとこれらの薬剤を使用して搬送に臨んでいるものと考えられた。また、鎮痛・鎮静薬や筋弛緩薬が呼吸や循環に与える影響、計画外の気道トラブル時のリスクなどを考慮すると、これらの薬剤に精通し、さらに気道確保の手技に熟練している必要がある。

熟練者群と非熟練者群の違いは人工呼吸管理の開始を行う時期にも存在し、熟練者群の方が搬送前に人工呼吸管理を開始していたことがわかった。さらに、搬送後に初めて気管挿管をされる症例は熟練者群において少なく、熟練者群は人工呼吸管理開始が必要とされる症例については、依頼元病院を出発する前に導入してから搬送していることになる。

最終的に人工呼吸管理が必要な患者はできるだけ早期に導入したほうが、気道、呼吸、循環、中枢神経の全てにおいて転帰は良好であることが予想される。しかしながら、前述のように人工呼吸管理症例を安全に搬送するためには、EtCO₂モニターや人工鼻・加温加湿器、鎮痛・鎮静薬、筋弛緩薬などの使用や、気道確保手技に熟練している必要がある。したがって、非熟

練者群がこのような患者搬送の必要性に直面する場面においては、人工呼吸管理を開始せずに搬送する場合と、人工呼吸管理を開始して搬送する場合のどちらが安全なのかを考えて搬送に臨む必要がある。

これまで、本邦において小児科医一人あたりが経験する小児心停止例は非常に少なく、心肺蘇生の質の担保が困難であるといった報告¹⁷⁾や、小児医療専門施設を持たない地域の死亡率が高く治療経験による地域格差を指摘するような報告¹⁸⁾はあるが、本調査は、熟練者群と非熟練者群の薬剤使用や気道確保の熟練度を比較したものではないため、今後の調査が必要である。

転帰については、全ての登録症例においても、人工呼吸管理症例に限定してもPICU滞在日数や入院日数に差はなかったが、人工呼吸管理症例に限っては熟練者群の方が、神経学的転帰の指標であるPCPCのPICU退室時と発症前のスコア差が少なかった。本調査では2群間に有意差があった安全な気道管理や鎮痛・鎮静薬、筋弛緩薬の使用、さらには搬送前の人工呼吸管理の開始がPCPCの2群間差と直接因果関係があるのかは不明であるが、少なくとも神経学的転帰に差があったというのは特筆すべき結果であると考えられる。

本調査にはいくつかの制限事項がある。まず、本調査は前向き調査ではあったが、項目によっては欠損値が多く、項目ごとに欠損値のある症例を除いて比較を行ったことがあげられる。そして、予測死亡率としてのPIM3の計算やPCO₂、Lactateの計算に近似式を用いており、正確性に欠けること。さらにはPIM3の計算に使用するデータはPICUのスタッフが初めて患者に接触した時のものとされているため、熟練者群では搬送前のデータを用い、非熟練者群では搬送後のデータを用いたことによって、搬送による状態悪化のバイアスが発生していることがあげられる。結果として熟練者群の予測死亡率を非熟練者群よりも低く見積もっている可能性があった。さらに挿入されていた気管チューブ径が細かい場合には人工鼻や加温加湿器の有無による有害事象(完全閉塞や部分閉塞による低酸素・低換気・高圧換気需要など)の発生に差があった可能性がある。しかし、本調査ではチューブサイズについての欠損値が多いことや、これらの有害事象の検出が不可能であったことから、検討が十分にできなかった。また今回は主に気道や呼吸についての調査が中心となっており、循環管理については、その必要性和効果について十分に検討できていない。

本調査は重篤小児患者の搬送の質を搬送熟練者と非熟練者と比較した、本邦で初めての多施設前向き調査である。少なくとも人工呼吸管理が必要な患者については、搬送の熟練者が搬送の担い手となった方が気道

合併症は少なく、神経学的転帰が良いことが本調査によって示された。今回の調査は調査への協力を得ることができたPICU 22施設に搬送された患者を対象とした。一方で本邦ではPICUに搬送されない症例もまだ多く潜んでいることが予想される。今後は本邦の重篤小児患者の管理場所や搬送の実態を調査し、子どもたちが享受できる小児集中治療の地域格差を明らかにする必要があるだろう。そして、その是正のために効率的かつ安全性の高い小児搬送医療の提供体制を構築する必要がある。その上で本調査は人工呼吸管理を必要とする重篤な小児患者の搬送の担い手について小児科医に広く発信し、熟練した搬送者による搬送が保険診療上も評価されるための重要な結果を示したと考える。これまで、本邦では集中治療を行う施設への患者と医療者の集約を論じてこられた。今後は、PICUのような施設での治療を必要とする子どもをより確実かつ安全に搬送するために、PICUを持たない地方自治体においても、少なくとも搬送を担う熟練者を搬送拠点施設などに集約し、域内で必要な重篤小児患者が発生した施設へ搬送チームを緊急派遣し、域内外の重篤な小児患者を管理できる施設へ搬送するようなシステムの構築を後押しするような施策を望む。

結 語

人工呼吸管理を要する重篤な小児患者の搬送では、搬送熟練群の方が非熟練者群に比べ気道合併症が少なかった。また熟練者群による搬送では非熟練者群に比べ神経学的転帰も良好であった。また、搬送中の鎮静・鎮痛薬、筋弛緩薬、EtCO₂モニター、人工鼻や加温・加湿器の使用率も高かった。搬送後の人工呼吸管理開始率は搬送熟練者群の方が低かった。

謝辞 本調査に際し、1年間に亘り症例登録にご協力いただいた下記の先生方に心から感謝申し上げます(敬称略)。

宮城県立こども病院(小泉沢)、福島県立医科大学(渡部真裕)、筑波大学附属病院(榎本有希)、埼玉県立小児医療センター(新津健裕)、埼玉医科大学総合医療センター(長田浩平)、千葉県立こども病院(杉村洋子)、松戸市立総合医療センター(岡田広)、東京女子医大八千代医療センター(安川久美)、国立成育医療研究センター(植松悟子)、東京慈恵会医科大学附属病院(飯島正紀)、北里大学病院(安藤寿)、神奈川県立こども医療センター(庄野健太)、静岡県立こども病院(田邊雄大)、あいち小児保健医療総合センター(池山貴也)、京都府立医科大学附属病院(山崎正記)、大阪母子医療センター(谷口昌志)、大阪市立総合医療センター(大塚康義)、高槻病院(大西聡)、兵庫県立こども病院(黒澤寛史)、兵庫県立尼崎総合医療センター(楠本耕平)、

熊本赤十字病院(平井克樹)。

文 献

- 1) Pearson G, Shann F, Barry P, et al. Should paediatric intensive care be centralized? Trent versus Victoria. *Lancet* 1997 ; 349 : 1213-1217.
- 2) Tilford JM, Simpson PM, Green JW, et al. Volume-outcome relationships in pediatric intensive care units. *Pediatrics* 2000 ; 106 : 289-294.
- 3) 武井健吉, 清水直樹, 松本 尚, 他. 小児重症患者の救命には小児集中治療施設への患者集約が必要である. *日本救急医学会雑誌* 2008 ; 19 : 201-207.
- 4) Gijis DV, Annemieke CN, Fred HM, et al. Comparison of interhospital pediatric intensive care transport accompanied by a referring specialist or a specialist retrieval team. *Intensive Care Med* 2004 ; 30 : 302-308.
- 5) Ramnarayan P, Thiru K, Parslow RC, et al. Effect of specialist retrieval teams on outcomes in children admitted to paediatric intensive care units in England and Wales : a retrospective cohort study. *Lancet* 2010 ; 376 : 698-704.
- 6) 小原崇一郎, 清水直樹, 砂川玄志郎, 他. 小児救急医療体制における緊急搬送システムの重要性について. *日児誌* 2006 ; 110 : 1274-1284.
- 7) 齋藤 康, 渡部真裕, 柳沼和史, 他. 地方圏における重篤小児患者の施設間搬送の実態と課題. *日児誌* 2022 ; 126 : 64-70.
- 8) Straney L, Clements A, Parslow RC, et al. ANZICS Paediatric Study Group and the Paediatric Intensive Care Audit Network. Paediatric index of mortality 3 : an updated model for predicting mortality in pediatric intensive care. *Pediatr Crit Care Med* 2016 ; 14 : 673-681.
- 9) Pollack MM, Holubkov R, Glass P, et al. Functional Status Scale : new pediatric outcome measure. *Pediatrics* 2009 ; 124 : e18-e28.
- 10) Fiser DH. Assessing the outcome of pediatric intensive care. *J Pediatr* 1992 ; 121 : 68-74.
- 11) Bloom BM, Grundlingh J, Bestwick JP, et al. The role of venous blood gas in the emergency department : a systematic review and meta-analysis. *Eur J Emerg Med* 2014 ; 21 : 81-88.
- 12) 日本蘇生協議会. JRC 蘇生ガイドライン 2020. 東京 : 医学書院, 2021 : 61-62.
- 13) Insoft RM, Schwartz HP. Sedation on Transport Medicine American Academy of Pediatrics. CHAPTER 6 Equipment and Medications. In : *Guidelines for Air and Ground Transport of Neonatal and Pediatric Patients 4th Edition*. 81-90.
- 14) Vos GD, Nissen AC, Nieman FHM, et al. Comparison of interhospital pediatric intensive care transport accompanied by a referring specialist or a specialist retrieval team. *Intensive Care Med* 2004 ; 30 : 302-308.
- 15) Ramnarayan P, Thiru K, Parslow RC, et al. Effect of specialist retrieval teams on outcomes in children admitted to paediatric intensive care units in England and Wales : a retrospective cohort

- study. Lancet 2010 ; 376 : 698-704.
- 16) Sumant O, Mohanbabu K, Nitin M, et al. Transport-related adverse events in critically-ill children ; The role of a dedicated transport team. Indian Pediatr 2017 ; 54 : 942-945.
- 17) 藤村正哲, 楠田 聡, 渡辺 博, 他. 幼児死亡小
票調査からみた医療提供体制の課題. 日児誌
2010 ; 114 : 454-462.
- 18) 田中哲郎, 石井博子. 死亡率よりみた小児医療の
地域格差の検討. 日本小児救急医学会雑誌
2012 ; 11 : 83-91.
-