

小児 rapid response system の効果と課題

芳賀 大樹 篠原 真史 六車 崇 細川 透

要旨 当院は病床数490床, pediatric intensive care unit (PICU) 20床, 年間入院数 約7,000人と国内最大規模の小児専門施設である。当院では, 2011年2月から rapid response system (RRS) を導入し, 運用を開始した。RRS 導入の効果および課題を検証するため, RRS 導入前2年間, RRS 導入後2年間において RRS に関連する項目を比較検討した。RRS コール件数は平均74件/月, 117件/1,000入院であった。転帰の比較では, 病棟死亡数(導入前1.7例 vs. 導入後2.1例/1,000入院; $p=0.42$), 院内予測外心停止(0.4件 vs. 0.5件/1,000入院; $p=0.94$), 蘇生コード(0.7件 vs. 0.9件/1,000入院; $p=0.61$)といずれも改善を認めなかった。一方, PICU死亡数(23.4例 vs. 12.6例/1,000入院; $p<0.01$)は有意に改善したが, 院内急変から予測外PICU入室症例の死亡数(70.9例 vs. 41.4例/1,000入院; $p=0.42$)では, 改善傾向が認められたが, 有意差は得られなかった。また院内急変のPICU入室例のRRS コール率は40.7%と低く, コールされなかったケースでは, 主科のみにコールされたものが最も多く, 病棟間でのコール率のばらつきが認められた。さらに「痙攣」, 「意識レベル低下」, 「上気道狭窄」がRRS 起動基準に適合しにくい臨床徴候であった。以上のように本研究では, RRS 運用はまだ不十分であり, RRS 導入の効果は限定的であった。小児RRSのさらなる転帰改善に向け, RRS 遵守の徹底, コール率の改善, 基準の見直し, 改定後の評価が今後の課題である。

(日救急医学会誌. 2014; 25: 814-20)

キーワード: 緊急医療対策チーム, 集中治療, 心停止, 小児集中治療室, 院内急変対応チーム

はじめに

院内心停止は, 生存退院率24-27%と予後不良である^{1,2)}。院内心停止の蘇生率はここ十数年で改善を認めておらず³⁾, 心停止に至る前の介入が重要となる。rapid response system (RRS) は, 患者急変を予見し, 蘇生事象に至る前に早期に介入することで, 患者予後を改善するために導入されてきた。1995年 Leeらの報告⁴⁾を皮切りに, RRSが有効なシステム

であるとする多くの報告が発表され, オーストラリア/ニュージーランド, アメリカ, カナダをはじめ, 世界各国でRRSの導入が進んでいる。小児を対象としたRRSは, 2005年 オーストラリアのRoyal Children's Hospitalから世界初の報告⁵⁾がなされ, さらにアメリカ, カナダにて院内死亡率の低下や心停止の発生率の減少, PICU退室後の再入院患者における死亡率の低下といった小児におけるRRSの有効性を示す報告⁶⁻⁹⁾が発表されている。また2010年には Chanら¹⁰⁾が18の論文に関するメタアナリシスを行い, RRSは成人, 小児においてICU外での心停止数を減少させ, 小児においてはさらに院内死亡率を有意に改善させたと報告している。しかしながら, 本邦ではRRSの導入は欧米諸国に遅れをとっており,

Effects of and issues after implementation of a pediatric rapid response system

国立成育医療研究センター病院集中治療科

著者連絡先: 〒157-8535 東京都世田谷区大蔵2-10-1

原稿受理日: 2014年1月8日 (14-003)

国内でのRRSの実態報告はまだ少ない¹¹⁾。とくに小児病院における報告はこれまでに一報告¹²⁾のみで、小児RRSの運用、基準についての検証はまだ不十分である。

当院ではRRS導入前、患者が予期せぬ心肺停止状態に陥った際に発動される全館放送の蘇生コードシステムのみが存在した。しかし、患者が心肺停止状態に至ってからの介入では後手の対応となり、医療安全対策として不十分であったため、院内急変症例の転帰改善を目指し、2011年2月からRRSを導入し、運用を開始した。本研究の目的は、RRS導入後2年経過した時点での現況を調査し、RRS導入の効果と運用・基準における課題を明らかにすることである。

対象と方法

RRS導入前の2009年2月から2011年1月、導入後の2011年2月から2013年1月までに当施設へ入院した患者（成人病棟を除く）を対象とした。

1. 当院におけるRRSの概要

当院は、全病床数490床、小児集中治療室（pediatric intensive care unit: PICU）20床、年間病棟入院患者数約7,000人の国内最大級の小児専門施設である。2011年2月からRRSを導入し、運用を開始した。RRSと並行して、蘇生コードシステムも継続する2-tier systemをとっている。

RRSの対象は小児病棟に入院中の患者であり、起動者は看護師、RRS担当は総合診療部医師2名である。患者が急変し、RRS基準に適合すれば、看護師からRRS担当医へコールがなされ、迅速に対応を行う。必要に応じて、主科、PICU、救急診療科と連携し、治療、対応にあたる。その際、新規に発症した急性呼吸不全/循環不全/神経学的異常を認め、継続した診療を必要とする場合は必ずPICU入室し管理を行う体制としている。また急性期人工呼吸管理、循環作動薬の使用、観血的モニタリングの実施、急性血液浄化療法の実施もPICU入室の上行っている。

RRS対応中に蘇生事象に至った場合は、蘇生コードを発動し、全館対応をする。RRSの実績、運用状況については、月ごとに集計を行い、医療安全委員会へ報告を行っている。RRSの看護教育に関しては、入職時および定期研修として繰り返しRRSの概念、運用、基準について教育を行っている。

2. RRS起動基準（Table 1）

Royal Children's Hospitalの基準⁵⁾を一部改変し使用。

3. 検討内容

RRS導入の効果、予測外ICU入室の検討（a. RRSコールの有無と転帰の比較、b. RRS起動基準に適合しにくい臨床徴候の分析）を行った。

4. 検討方法

診療録の後方視的検討を行った。結果は中央値と四分位範囲（interquartile range: IQR）もしくは平均±標準偏差（standard deviation: SD）で示した。群間比較はFisher's exact test, Chi-square test, またはMann-Whitney U testで行った。p<0.05を統計学的な有意水準とした。

結 果

期間内の一般病棟入院患者数はRRS導入前 15,813例、導入後 15,230例、PICU入院数は2,097例、2,145例であった。一般病棟からPICUへ緊急入室した患者数はそれぞれ127例、145例で、年齢、男女比に差はなかった。RRSコール件数は平均74件/月、117件/1,000入院であった。

1. RRS導入の効果

RRS導入の効果を検討するため導入前後の転帰の比較を行った。1,000入院中それぞれ病棟死亡数1.7例、2.1例（p=0.42）、PICU死亡数23.4例、12.6例（p<0.01）、院内予測外心停止0.4件、0.5件（p=0.94）、蘇生コード0.7件、0.9件（p=0.61）であった。院内

Table 1. Criteria for activation of medical emergency team.

Age	HR, beats per min	Systolic BP, mm Hg	Respiratory rate, breaths per min	Saturation, %
0-3 months	<80 or >180	<50	>60	<90*
4-12 months		<60	>50	
1-4 years	<60 or >160	<70	>40	
5-12 years	<40 or >140	<80	>30	
>13 years	<40 or >130	<90		

Any one or more of:

1. Nurse worried about clinical state.

2. A child fulfills any of these criteria.

* Saturation <60% in cyanotic disease.

Table 2. RRS outcome measures.

	Pre-RRS	Post-RRS	p
	n (per 1,000 admissions)	n (per 1,000 admissions)	
Total hospital deaths	27 (1.7)	32 (2.1)	0.42
Total PICU deaths	49 (23.4)	27 (12.6)	<0.01
Cardiopulmonary arrests	7 (0.4)	8 (0.5)	0.94
Total code Blue events	11 (0.7)	13 (0.9)	0.61
PICU deaths after urgent PICU admission	9 (70.9)	6 (41.4)	0.42

RRS: rapid response system, PICU: pediatric intensive care unit

急変からの予測外PICU入室症例を対象とすると、1,000入院中、死亡数 70.9 例、41.4 例 ($p=0.42$) であった (Table 2)。

またRRS導入後を1年ずつ前期、後期に分けて比較を行った。RRSコール件数はそれぞれ70件、79件/月、111件、122件/1,000入院であった。1,000入院中それぞれ病棟死亡数1.3例、2.9例 ($p<0.05$)、PICU死亡数20.6例、4.7例 ($p<0.01$)、院内予測外心停止0.4件、0.7件 ($p=0.75$)、蘇生コード0.8件、0.9件 ($p=0.81$) であった。院内急変からの予測外PICU入室症例を対象とすると、1,000入院中、死亡数 67.6 例、14.1 例 ($p=0.23$) であった。

2. 予測外PICU入室の検討

a. RRS コールの有無と転帰の比較

一般病棟内での急変後にPICU予測外入室をした症例は、RRS導入後の2年間で145例であった。入室契機としては、呼吸障害40.0%、循環障害28.3%、

Table 3. Diagnosis for unplanned PICU admission.

Diagnosis	No. (%)
Respiratory disorder	58 (40.0)
Circulatory disorder	41 (28.3)
Neurological disorder	32 (22.1)
Cardiac arrest	8 (5.5)
Other	6 (4.1)

PICU: pediatric intensive care unit

神経障害22.1%、心肺停止5.5%、その他4.1%であった (Table 3)。

続いて予測外PICU入室例のうち、「RRSコールがあって、その結果としてPICUへ入室した症例」と「RRSコールなく、状態悪化後に主治医判断や蘇生コードなどからPICUへ入室した症例」をそれぞれRRSコールあり群、コールなし群と分類して比較検討を行った。RRSコールあり群は59例、コールなし群は86例で病棟急変による予測外PICU入室例のRRSコール率は40.7%であった。コールの有無による転

Table 4. Patient characteristics of unplanned PICU admission with Call (Call+) vs. without Call (Call-).

	Call +	Call -	p
Number of patients	59	86	
Age, median (IQR)	2.3 (1.0-8.8)	3.5 (1.0-7.8)	0.62
Male : Female	33 : 26 : 00	30 : 56 : 00	0.01
Probability of death [†] (%), average $\pm$ SD	3.6 $\pm$ 0.4	9.6 $\pm$ 20	0.18
Number of death (%)	0 (0)	6 (7.7)	0.1

Data expressed as mean $\pm$ SD (standard deviation), median and IQR (interquartile range), an appropriate. PICU: pediatric intensive care unit,

[†] Probability of death calculated as pediatric index of mortality 2.

Table 5. Reasons for unplanned PICU admission without fulfilling MET criteria(n=35).

	No. (%)
Convulsion	16 (45.7)
Fall in level of consciousness	4 (11.4)
Upper airway narrowing	3 (0.9)
Other	12 (34.2)

PICU: pediatric intensive care unit, MET: medical emergency team

帰の比較では、コールあり群、なし群でそれぞれ、平均予測致死率 (pediatric index of mortality2: PIM2¹³⁾により計算) 3.6%, 9.6% (p=0.18), 実死亡率 0%, 7.7% (p=0.10) であった (Table 4)。RRS コールなし群では33.7%が主治医コールされており、11.6%が蘇生コード発令、53.5%がコールなしであった。病棟毎の予測外PICU入室症例におけるRRS コールありの割合は0-75%であり、ばらつきを認めた。

b. RRS 起動基準に適合しにくい臨床徴候について

一般病棟から院内急変でPICUへ緊急入室した症例のうち、PICU入室前24時間以内にRRS 起動基準に適合するバイタルサインを呈したかどうかを検討したところ、RRS 起動基準に適合しなかった症例は35例 (24.1%) であった。その35例の入室契機は、痙攣 (n=16)、意識レベル低下 (n=4)、上気道狭窄 (n=3) が多く認められた (Table 5)。

考 察

1. RRS 導入の効果

本研究にてRRS 導入後、院内予測外心停止、病棟

死亡、蘇生コードは、いずれも差を認めず、一般病棟における転帰改善を示せなかった。一方でPICU内での死亡は減少を認めた。PICU入室全症例の予測致死率 (PIM2より算出) は、RRS 導入前3.3%、RRS 導入後3.5%であり導入前後での予測致死率 (つまりPICU入室時の重症度) に差は認められなかった。同等の予測致死率であるにもかかわらず、PICU内死亡が減少していることは、経時的なPICU管理、治療技術、システムの向上・進歩が関与している可能性を考える。さらに院内全体の死亡率は減少せず、PICU死亡のみが減少したことは、PICU以外での病棟死亡の増加を示すものである。当院では予測外心停止に至った症例で、DNAR (do not attempt resuscitation) でない症例は全例PICUへ入室するため、一般病棟における死亡は、DNAR症例となる。よって、一般病棟の死亡率が変化しなかったことは、DNAR症例の増加も一因であると考えられる。

一般病棟において、RRS 導入の効果が不十分であった理由として、バイタルサインの見逃しや基準に適合してもRRS コールしない、主治医のみにコールするなどスタッフのRRS 遵守の不徹底が挙げられる。他の研究においても、RRS 導入効果の障壁については、RRS 起動、急変認識の問題、従来システムの固執などが挙げられている^{14,15)}。また小児において、一般病棟における予測外心停止や死亡はそもそも稀少であり、転帰改善を示しにくいとされる¹⁶⁾。今後改善にむけては、RRS 遵守改善のためにスタッフの教育、研修回数を増やし、RRS のコール率、効果に関して常にフィードバックを行う。また当院に

における現在のRRS担当は医師のみで構成されているが、看護師その他コメディカルも参加することで、外部からの働きかけのみではなく、自発的な意識改善を促す。またバイタルサインの見逃しに関しては、Critical Care Outreach (CCO) Team¹⁷⁾と同様にRRS担当チームが定期的な見回りを行い、能動的に異常の早期発見に努めることが効果的である可能性がある。

さらにRRS導入後を前期、後期に分けて検討も行ったが、院内予測外心停止、蘇生コードに差は無く、後期に病棟死亡が増加し、PICU死亡が減少したという結果であり、前期、後期において、明らかな転帰改善を示せなかった。これは期間中システムの具体的な改善を講じていなかったことが一因と考えられる。能動的な改善を続けていかないと、システムを漫然と続けるだけでは転帰改善に結びつかないことを認識することが必要である。

またRRS導入における早期の効果判定は過小評価につながる可能性を指摘する報告もあり¹⁸⁾、実際の効果判定には、引き続き長期的な評価が必要と考えられる。

2. 予測外PICU入室の検討

a. RRS コールの有無と転帰の比較

院内急変のPICU入室例のRRSコール率は40.7%と低値であった。他の報告では、ICUへ緊急入室した症例のRRSコール率は86.5%と高く⁹⁾、コール率の改善の余地があると考えられた。またRRSコールされなかったことが、転帰悪化と関連するとする報告もある¹⁹⁾。RRSコールされなかった内訳としては、RRS担当者ではなく主治医にコールされているものが最多であった。主治医-患者関係がRRSコールの障壁となるとする報告²⁰⁾、看護師は主治医、従来システムに対する固執があるとする報告¹⁷⁾もある。コール率の改善には、RRSに対する信頼が不可欠と考えられ、繰り返しRRSについて教育、啓発を行うこと、off the job trainingを含めたRRS担当チームの診療能力の向上を計ること、また院内急変に遭遇した看護師（起動

者）が、RRSや主治医へどのようにコールするかについての明確なプロトコル作成が必要であると考ええる。

続いて病棟間でコール率のばらつきを認めた理由としては、病棟毎、診療科毎にRRSに対する理解、習得度が異なること、重症度やコール頻度の違いによるものと考えられた。病棟間のコール率格差の是正に向けて、RRSコールの現況が把握しやすいように月毎、病棟毎RRSコール率の集計結果を院内掲示することも計画している。

b. RRS 起動基準に適合しにくい臨床徴候について

小児RRS起動基準に関して、現時点で信頼性の高いRRS起動基準は定められていない。当院の基準はRoyal Children's Hospitalの基準を参考に改定運用している。本研究では、院内急変のPICU入室例でRRS起動基準に適合しない症例では、痙攣、意識レベル低下、上気道狭窄が多かった。上気道狭窄は、呼吸数がほとんど増加せず、診断には身体所見が重要とされる。また多くの施設にて、痙攣がコール基準に含まれており、それらはバイタルサインの異常のみでは、認知されにくいとされる。起動者の主観的なコール基準が重要とする報告もある²¹⁾。痙攣、意識レベル低下、呼吸努力を伴う上気道狭窄という症状そのものを基準に含める必要があると考えられた。

今後、さらなる課題の抽出およびシステムの改善のためには、症例の蓄積および他施設を含めた共同研究が必要であり、小児病院だけでなく一般病院の小児病棟でも使用可能とするシステムの構築が検討課題である。

結 語

小児専門施設におけるRRS導入の現況につき報告した。本研究で以下の3点が明らかになった。①RRS導入後、院内予測外心停止、病棟死亡、蘇生コードは減少せず、PICU死亡は減少した。②予測外PICU入室を要した院内急変症例のうち40.7%でしかRRSコールがなされていなかった。③RRS起動基準に適合しない症例では、痙攣、意識レベル低下、上気道

狭窄が多くみられた。当院における現在の小児RRS導入効果は限定的であった。転帰改善にむけ、RRS遵守率の改善、基準の改定、チーム編成/運用の見直しが今後の課題である。

本稿の全ての著者には規定された利益相反はない。

文 献

- 1) Young KD, Seidel JS: Pediatric cardiopulmonary resuscitation: a collective review. *Ann Emerg Med.* 1999; 33: 195-205.
- 2) Nadkarni VM, Larkin GL, Peberdy MA, et al: First documented rhythm and clinical outcomes from in-hospital cardiac arrest among children and infants. *JAMA.* 2006; 295: 50-7.
- 3) Peberdy MA, Kaye W, Ornato JP, et al: Cardiopulmonary resuscitation of adults in the hospital: a report of 14720 cardiac arrests from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Resuscitation.* 2003; 58: 297-308.
- 4) Lee A, Bishop G, Hillman KM, et al: The medical emergency team. *Anaesthe Intensive Care.* 1995; 23: 183-6.
- 5) Tibballs J, Kinney S, Duke T, et al: Reduction of paediatric inpatient cardiac arrest and death with a medical emergency team: preliminary results. *Arch Dis Child.* 2005; 90: 1148-52.
- 6) Tibballs J, Kinney S: Reduction of hospital mortality and of preventable cardiac arrest and death on introduction of a paediatric medical emergency team. *Pediatr Crit Care Med.* 2009; 10: 306-12.
- 7) Sharek PJ, Parast LM, Leong K, et al: Effect of a rapid response team on hospital-wide mortality and code rates outside the ICU in a Children's Hospital. *JAMA.* 2007; 298: 2267-74.
- 8) Brilli RJ, Gibson R, Luria JW, et al: Implementation of a medical emergency team in a large pediatric teaching hospital prevents respiratory and cardiopulmonary arrests outside the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2007; 8: 236-46.
- 9) Kotsakis A, Lobos AT, Parshuram C, et al: Implementation of a multicenter rapid response system in pediatric academic hospitals is effective. *Pediatrics.* 2011; 128: 72-8.
- 10) Chan P, Jain R, Nallmothu B, et al: Rapid response teams: a systematic review and Meta-analysis. *Arch Intern Med.* 2010; 170: 18-26.
- 11) 篠崎正博: 集中治療とMET (Medical Emergency Team)/RRT (Rapid Response System). *ICUとCCU.* 2010; 34: 425.
- 12) 川崎達也, 関根裕司, 塩崎麻那子, 他: 小児専門病院におけるrapid response system導入の効果. *日集中医誌.* 2013; 20: 601-7.
- 13) Slater A, Shann F, Pearson G: PIM2: a revised version of the paediatric index of mortality. *Intensive Care Med.* 2003; 29: 278-85.
- 14) Bagshaw SM, Mondor EE, Scouten C, et al: A survey of nurses' beliefs about the medical emergency team system in a canadian tertiary hospital. *Am J Crit Care.* 2010; 19: 74-83.
- 15) Azzopardi P, Kinney S, Moulden A, et al: Attitudes and barriers to a medical emergency team system at a tertiary paediatric hospital. *Resuscitation.* 2011; 82: 167-74.
- 16) Bonafide CP, Localio AR, Roberts KE, et al: Impact of rapid response system implementation on critical deterioration events in children. *JAMA Pediatr.* 2014; 168: 25-33.
- 17) Ball C, Kirkby M, Williams S: Effect of the critical care outreach team on patient survival to discharge from hospital and readmission to critical care: non-randomised population based study. *BMJ.* 2003; 327: 1014.
- 18) Calzavacca P, Licari E, Tee A, et al: The impact of Rapid Response System on delayed emergency team activation patient characteristics and outcomes--a follow-up study. *Resuscitation.* 2010; 81: 31-5.
- 19) Trinkle RM, Flabouris A: Documenting rapid response system afferent limb failure and associated patient outcomes. *Resuscitation.* 2011; 82: 810-4.
- 20) Devita MA, Bellomo R, Hillman K, et al: Findings of the first consensus conference on medical emergency teams. *Crit Care Med.* 2006; 34: 2463-78.
- 21) Santiano N, Young L, Hillman K, et al: Analysis of medical emergency team calls comparing subjective to "objective" call criteria. *Resuscitation.* 2009; 80: 44-9.

ABSTRACT

Effects of and issues after implementation of a pediatric rapid response system

Taiki Haga, Mafumi Shinohara, Takashi Muguruma, Toru Hosokawa

Department of Intensive Care Medicine, National Center for Child Health and Development

Our hospital is one of the largest pediatric facilities in Japan, with 490 beds, 20 beds in the pediatric intensive care unit (PICU), and approximately 7000 annual inpatients. Our hospital has used the rapid response system (RRS) since its introduction in February 2011. To investigate the benefits and challenges of the RRS, we compared RRS-related items during the 2-year period before with the 2-year period after the introduction of the RRS. The RRS was used for a mean of 74 times per month and 117 times per 1,000 hospitalizations. No improvement was observed in the number of inpatient deaths (before vs. after introduction: 1.7 vs. 2.0/1,000 hospitalizations; $p = 0.42$), unexpected in-hospital cardiac arrests (0.4 vs. 0.5/1000 hospitalizations; $p = 0.94$), or code blue calls (0.7 vs. 0.9/1,000 hospitalizations; $p = 0.61$). However, a significant improvement was observed in the number of PICU deaths (23.4 vs. 12.6/1000 hospitalizations; $p < 0.01$). In addition, a tendency, although nonsignificant, toward improvement was observed in the number of deaths in patients unexpectedly admitted to the PICU owing to in-hospital acute deterioration (70.9 vs. 41.4/1,000 hospitalizations; $p = 0.42$). RRS use varied between the wards. The RRS use rate for PICU cases with in-hospital acute deterioration was low (40.7%); for the other cases, only the primary department was called. Furthermore, the clinical characteristics of cases in which the RRS was difficult to apply included convulsions, decreased consciousness level, and upper airway stenosis. This study showed an insufficient utilization of the RRS, which limited the effect of its introduction. To improve pediatric outcomes with RRS use, compliance with RRS criteria, improvement in the use rate, criteria review, and post-revision evaluations are required.

(JJAAM. 2014; 25: 814-20)

Keywords: medical emergency team, critical care, cardiac arrest, pediatric intensive care unit, rapid response team

Received on January 8, 2014 (14-003)