

●呼吸管理の工夫●

Masimo Rainbow Acoustic Respiration Rate™ の無呼吸の検出と分類における有用性の検討

小林由佳・大場一英・工藤 淳・大久美紀
柳本彩子・須東光江・齋藤浩二・星 邦彦

キーワード：RRa モニター，呼吸数，無呼吸，睡眠時無呼吸症候群

要 旨

Masimo Rainbow Acoustic Respiration Rate™ (マシモジャパン、日本) 装置は、呼気中と吸気中に発生する乱流が生み出す上気道の音響信号を検出することで、一回換気量の変化を波形として表し、非侵襲的に呼吸数を連続的に測定することができる。当院 ICU に入室した呼吸異常のリスクが高い非挿管患者 28 名にこの機器を装着し、22 名において無呼吸を記録した。インピーダンスや目視法による呼吸数との比較により、22 例の無呼吸を、中枢性無呼吸 16 例、閉塞性無呼吸 4 例、混合性無呼吸 2 例に分類することができた。中枢性無呼吸でも、閉塞性無呼吸でも、上気道の気流がなくなるため、この機器によるモニタリングが、無呼吸の早期発見や無呼吸の判別に有用であると考えられた。看護師の視点においても、非挿管患者の無呼吸を早期発見し、無呼吸を判別することにより呼吸管理において安全性や看護ケアの向上が期待できる。

I. はじめに

当院 ICU では、全身麻酔後や睡眠時無呼吸による気道閉塞、長期気管挿管後の気道浮腫、周術期に使用する薬物や中枢神経系の病変による中枢性の呼吸抑制など、慎重に呼吸を監視する必要のある症例が少なくない。このような周術期に見られる換気障害のメカニズムを速やかに鑑別することは迅速な対応を促すうえで重要となる。呼吸不全に関連した有害事象発生前の臨床的な指標としては呼吸数の変動と呼吸困難の訴えなどがある¹⁾。そのため看護師の役割としてはリスクのある患者に呼吸状態を表すモニタリング機器を装着し、異常を早期に発見し対応することが重要である。当院 ICU では、インピーダンスニューモグラフィ (以下、インピーダンス) と目視法を併用して呼吸数の観察を行っているが、今回新たな呼吸監視デバイスとして、Masimo Rainbow Acoustic Respiration Rate™

装置 (マシモジャパン、日本。以下、RRa モニター) を導入した。RRa モニターは患者の輪状軟骨下部に装着したプローブで呼気中と吸気中に発生する乱流が生み出す上気道の音響信号を検出する。それに基づき気流の変化を波形として表し、非侵襲的かつ連続的に呼吸数を測定、モニタリングするデバイスであり²⁾、RRa モニターによる連続的な呼吸数測定を行うことでさらなる安全性の向上を期待できると考えられる。今回、我々の施設でこれまでに用いてきたインピーダンス法と目視法による呼吸数測定を RRa モニターと組み合わせるかを検討した。

II. 対象・方法

1. 対象

平成 26 年 5 月～12 月に当院 ICU に入室した非挿管患者 446 名のうち、麻薬の使用による呼吸抑制や上気道閉塞、睡眠時無呼吸症候群 (sleep apnea syndrome : SAS) など呼吸状態に異常を呈するか、またはその可

東北大学病院 集中治療部

[受付日：2016 年 2 月 1 日 採択日：2017 年 2 月 9 日]



Fig.1 SpO₂, respiratory rate and respiration waveform displayed on the RRa monitor

能性のある患者 28 名を対象とした。

2. 方法

呼吸状態を慎重に観察する必要のある上記対象患者に対し、従来用いているインピーダンスの連続測定、目視法に加え、RRa モニターによる呼吸数の計測を行った。RRa モニターは、カプノグラフィによる呼吸モニタリングと同等の精度での測定が可能で、体動や低灌流時も安定したモニタリングが可能とされている³⁾。インピーダンスは、心電図電極と共用し測定した。インピーダンスの装置機器型式は、BSM-9101（日本光電工業、日本）である。目視法は、1 時間に 1 回の看護師により計測を行った。RRa モニターとインピーダンスによる記録は、表示時刻が同一のポイントで比較しているが、時刻設定の最小単位が分であるため、1 分未満の時刻のずれの可能性がある。RRa モニターにおいて連続した呼吸数や SpO₂ を機器本体のログから Microsoft® Excel® を用いて記録し (Fig.1)、RRa モニターにて無呼吸を記録した時間をインピーダンスと目視法による呼吸数と比較し、無呼吸について分類、分析した。無呼吸とは、10 秒以上の呼吸停止と定義した。中枢性無呼吸とは、呼吸中枢の異常により、呼吸筋への刺激が消失するため、気流、胸郭の動きともに停止するもので、RRa モニターでもインピーダンスでも呼吸が停止しているものと定義した。閉塞性無呼吸とは、上気道が閉塞し、気流が停止するが、胸郭の動きはある。ゆえに、RRa モニターで無呼吸と判定される一方で、インピーダンスでは呼吸が停止していないものと定義した。混合性無呼吸とは、閉塞性無呼吸と中枢性無呼吸の混合型と定義した (Table 1)。この定義に基づき、無呼吸を分類した。また、患者の経過、看護ケアなど必要な情報を看護記録から収集し、RRa モニターの有用性や看護ケアについて検討をした。

本研究は、東北大学病院看護部の倫理審査委員会の

Table 1 Definition of apnea types

| | RRa monitor | Impedance |
|-------------------|--|------------------------|
| Central apnea | No breathing detection | No breathing detection |
| Obstructive apnea | No breathing detection | Breathing detection |
| Mixed apnea | Central apnea and obstructive apnea mixed type | |

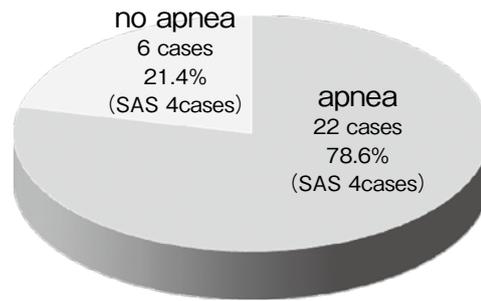


Fig.2 Presence/absence of apnea based on checking with the RRa monitor

承認を取得し、ならびに患者の同意を書面にて得たうえで実施した。

Ⅲ. 結 果

1. 結果 1：装着内訳

RRa モニターを装着した 28 例の内訳は、SAS が 8 例、目視法による無呼吸が 11 例、麻酔からの半覚醒による浅表性呼吸が 4 例、チェーンストークス呼吸が 2 例、術操作による気道浮腫疑いが 2 例、高度肥満が 1 例であった。

2. 結果 2：無呼吸分類

対象 28 例中、22 例で RRa モニターにおいて無呼吸が確認され、そのうち 4 例は SAS を合併していた (Fig.2)。RRa モニターにおいて無呼吸を記録した時間をインピーダンスの波形と比較し、22 例の無呼吸を中枢性無呼吸、閉塞性無呼吸、混合性無呼吸の 3 つに分類した。中枢性無呼吸は 16 例 (このうち SAS が 2 例)、閉塞性無呼吸は 4 例 (このうち SAS が 1 例)、混合性無呼吸は 2 例 (このうち SAS が 1 例) と分類された。

3. 結果 3：症例提示

RRa モニターを利用して看護介入を行った具体的な症例を提示する。

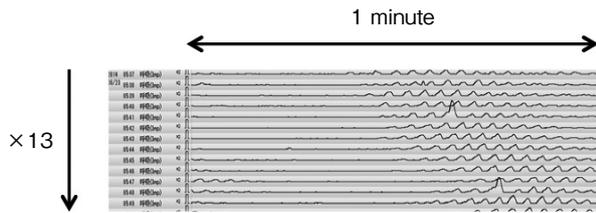


Fig.3 Impedance waveform in patients judged as having central apnea

The impedance waveform of Case 1 (13 minutes). The flat part of the waveform represents apnea. In this case, both impedance and RRa monitor detected apnea.

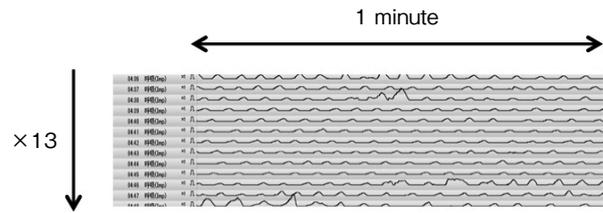


Fig.4 Impedance waveform in patients judged as having obstructive apnea

The impedance waveform of Case 2 (13 minutes). In this case, RRa detected apnea, however impedance did not.

症例 1: 60 代男性、弓部大動脈瘤に対し弓部大動脈置換術施行後、ICU に入室した。夜間、目視法にて無呼吸あり、RRa モニターを装着した。RRa モニターでも無呼吸を記録したため同時刻のインピーダンスと比較したところ、インピーダンスの波形 (Fig.3) でも呼吸が検出されておらず、中枢性無呼吸と考えられた。看護ケアとしては、疼痛対策として使用していたフェンタニルクエン酸塩注射液の持続静注速度を下げることで呼吸抑制の改善を試みた。RRa モニターで持続的に呼吸状態を観察していると、フェンタニルクエン酸塩注射液の減量後には RRa モニターにおいて無呼吸を記録した回数が減少した。

症例 2: 40 代女性、左副腎腫瘍に対し腹腔鏡下副腎摘除術施行後、ICU に入室した。SAS を指摘されていたため RRa モニターを装着した。インピーダンス (Fig.4) や目視法では無呼吸はなかったが RRa モニターの表示では無呼吸を認め、閉塞性無呼吸と考えられた。看護ケアとして夜間帯に持続気道陽圧 (continuous positive airway pressure : CPAP) を装着し、RRa モニターにより持続的に呼吸状態を観察した。CPAP 装着中は RRa モニターにおいて無呼吸をほぼ記録しなかったが、起床後に CPAP を外した後は無呼吸を記録した。

Ⅳ. 考 察

中枢性無呼吸の原因は、呼吸を調整する呼吸中枢の障害が原因で起こる。ICU では、術後患者が多いこともあり、術中の麻薬の使用による呼吸抑制の影響も大きいと考えられる。また、脳血管障害の後遺症や慢性心不全患者にも合併する病態⁴⁾と言われており、既往歴にこのような病態がある患者でも中枢性無呼吸となるリスクが上昇する。看護ケアとしては、RRa モニタ

ーを装着し呼吸数を連続的にモニタリングすることで、無呼吸の早期発見に繋がる可能性がある。目視法やインピーダンスでも中枢性無呼吸を発見することはできるが、目視法は断続的であり、インピーダンスでは、心電図電極と共用し測定しているため、心拍や体動などの影響も大きく受けることが欠点である。そのため RRa モニターの装着が、患者の病態を理解し、中枢性無呼吸の原因やケアを検討する手段の 1 つになると考えられる。

閉塞性無呼吸の原因としては、術操作や気管挿管による気道浮腫、扁桃肥大や末端肥大症などの疾患、顎顔面の構造上気道が狭い場合や肥満、睡眠中の上気道軟部組織の緩みなどが挙げられる⁵⁾。閉塞性無呼吸の場合、胸壁の動きがあっても実際に換気が行われていない場合があり、目視法やインピーダンスでは無呼吸を感知しづらい^{6,7)}と言われている。このような場合、RRa モニターの装着により無呼吸を早期に発見することができると考えられる。閉塞性無呼吸の治療としては、CPAP 療法、口腔内装置、外科療法の 3 つの代表的な方法がある。このうち、患者にとって侵襲が少ないことや治療効果の科学的検証がなされていることから CPAP 療法が第一選択⁸⁾と言われている。ICU では SAS を合併した患者も多く入室するので、CPAP を装着し閉塞性無呼吸を予防することも大切な看護ケアとなる。RRa モニターの装着が、閉塞性無呼吸の原因やケアをアセスメントする手段の 1 つとなると考えられる。

中枢性・閉塞性無呼吸ともに上気道の気流が停止するので、非挿管患者の無呼吸の早期発見や連続的な呼吸状態のモニタリングに RRa モニターの装着が有効であると考えられる。また、インピーダンスと比較する

ことにより、無呼吸を分類することができる。無呼吸の分類を把握することにより、分類に応じた無呼吸の原因や対策など、アセスメント力や看護ケアの向上に繋がる。

SAS は、閉塞性睡眠時無呼吸、中枢性睡眠時無呼吸、混合型睡眠時無呼吸に分類することができる。ゆえに、SAS 患者においても同様のことが言える。

呼吸モニタリングの必要性として、厚生労働省の「生命維持装置である人工呼吸器に関する医療事故防止対策について」医薬第 248 号では人工呼吸器を使用する際はパルスオキシメータやカプノメータを併用することが患者に対する安全対策となると定められている⁹⁾。また日本呼吸療法医学会の人工呼吸安全使用のための指針第 2 版¹⁰⁾では呼吸数、パルスオキシメータの連続的モニタリングができることと記載がある。現在、人工呼吸中の安全管理に対してある程度の基準はあるが、術後の気道系に問題を抱える非挿管患者に対しての指針は定まっているわけではない。しかしながら ICU では抜管後でも上気道の問題を抱え、時に無呼吸症候群を併発し、また大量の麻薬が投与され呼吸抑制が起こりうる患者が多く入室する現状がある。そのため非挿管患者であっても呼吸数やパルスオキシメータなど呼吸状態を示すモニタリング機器を装着し異常を早期に見つけ出すことが、呼吸の状態変化が起こりうる術後患者を看護するうえで大切である。

RRa モニターは患者の呼吸数を正確に測定し、呼吸の異常を警報アラームで知らせてくれる。またインピーダンスや SpO₂ の低下よりも上気道閉塞や無呼吸を早く検出することができるため、非挿管患者の呼吸の異常の早期発見、またその予防に繋げることができると考える。ゆえに RRa モニターを装着することで、患者の呼吸管理において安全性や看護ケアの向上が期待できると考えられる。カプノメータは近年では人工呼吸中のみならず、非挿管患者の自発呼吸のモニタリングとして鎮静下の患者や術後患者でしばしば用いられるようになっている。RRa モニターと同様に非侵襲的なモニタリングと考えられ、呼吸を適切にサンプリングできれば精度の高い呼吸数のモニタリングと言える。

しかし、RRa モニターとカプノメータを比較した研究はなく、周術期におけるそれぞれの長所や欠点、問題は今後検討する価値があると考えられる。

V. 結 論

ICU に入室する非挿管患者へ RRa モニターを装着することにより無呼吸の検出を正確かつ鋭敏にとらえることができた。さらに、インピーダンス法による呼吸数測定と組み合わせることで、無呼吸のメカニズムを鑑別することもでき、看護師視点における患者の呼吸管理の向上と安全性が示唆された。

今後、非挿管患者の呼吸状態のモニタリングの 1 つとして活用されることが期待できる。

本論文の要旨は第 37 回日本呼吸療法医学会学術集会（2015 年、京都）において発表した。

本稿の全ての著者には規定された COI はない。

参 考 文 献

- 1) Considine J : The role of nurses in preventing adverse events related to respiratory dysfunction : literature review. *J Adv Nurs*. 2005 ; 49 : 624-33.
- 2) <http://www.Masimo.co.jp/about-Masimo-japan/white-paper/rra.htm> (2015 年 2 月 1 日アクセス)
- 3) www.Masimo.co.jp/2012Radical-7/index.htm (2015 年 2 月 1 日アクセス)
- 4) 村田 朗 : 睡眠時無呼吸症候群の診断と治療. *日医大医学誌*. 2007 ; 3 : 96-101.
- 5) 小池茂文, 田中春仁, 馬場 芳ほか: 睡眠時無呼吸症候群. 臨牀透析. 東京, 日本メディカルセンター, 2008, pp9.
- 6) Brouillette RT, Morrow AS, Weese-Mayer DE, et al : Comparison of respiratory inductive plethysmography and thoracic impedance for apnea monitoring. *J Pediatr*. 1987 ; 111 : 377-83.
- 7) Warburton D, Stark AR, Taesch HW. : Apnea monitor failure in infants with upper airway obstruction. *Paediatrics*. 1977 ; 60 : 742-4.
- 8) 高橋 進, 櫻井 滋 : 睡眠時無呼吸症候群. 呼吸器ケア. 大阪, メディカ出版, 2012, pp60-5.
- 9) <http://www.bakubaku.org/h130327kourou-tuuchi-kokyuu-kijkobousi.pdf> (2016 年 3 月 1 日アクセス)
- 10) 日本呼吸療法医学会人工呼吸安全対策委員会 : 人工呼吸安全使用のための指針 (第 2 版). *人工呼吸*. 2011 ; 28 : 210-25.

The usefulness of Masimo Rainbow Acoustic Respiration Rate™ in detecting and classifying apnea

Yuka KOBAYASHI, Kazuhide OHBA, Jun KUDO, Miki OHISA,
Ayako YAGIMOTO, Mitsue SUTO, Koji SAITO, Kunihiko HOSHI

Department of Intensive Care Medicine Tohoku University Hospital

Corresponding author : Yuka KOBAYASHI

Department of Tohoku University Hospital
1-1 Seiryu-machi, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8574, Japan

Key words : Respiration Rate, Apnea, Sleep apnea syndrome

Abstract

Masimo Rainbow Acoustic Respiration Rate™ is a device that enables continuous and non-invasive measurement of the respiratory rate through detecting the upper airway sound signals (produced by turbulence arising during expiration and inspiration) and depicting changes in the tidal volume as a waveform. A total of 28 non-intubated patients with a high risk for abnormal respiration admitted to our intensive-care unit (ICU) were connected to this device. Apnea was recorded with this device in 22 of these patients. By comparing the impedance-based respiratory rate measurement with the visually determined respiratory rate, the apnea detected in the 22 patients could be divided into central apnea (16 cases), obstructive apnea (4 cases) and mixed apnea (2 cases). Because air flow through the upper airway ceases in both patients with central apnea and obstructive apnea, monitoring with this device seems to be useful for early detection and classification of apnea. Also from the viewpoint of nurses, this device is expected to improve the safety of respiratory management and the quality of nursing care through allowing early detection and classification of apnea in non-intubated patients.

Received February 1, 2016

Accepted February 9, 2017