

【論文の和文概要】

A study on points of respiratory assist devices using in pre-hospital care

藤 本 賢 司

背 景

日本では、救急車の出動件数が増加するにつれ、救急隊員が病院前救護の現場で呼吸補助器具を使用するケースも増えてきている。傷病者が呼吸不全に陥った場合、救急隊員はBag Valve Mask (BVM)、Jackson Rees (JR)、BVM with Gas Supply Valve[®] (BVM+GSV)などの呼吸補助器具 (RAD) を選択することが多い。これは、病院前の救急現場でどのRADが最適かを示す研究がないためである。どのRADを選択するのは、現場の救急隊員の経験に基づいて選択される。本研究では、健康なボランティアを対象に、病院前救護の現場でBVM、JR、BVM+GSVを使用する際の注意点を明らかにした。

方 法

健康な成人20名にRADを装着し、自発呼吸を行いながら、バイタルサインとETCO₂の変化を観察した。BVM、JR、BVM+GSVの3種類のRADをKoo Face Mask[®] (フェイスマスク、大人用) に接続した (図 1a～c)。RADとフェイスマスクは、被験者の自発呼吸でしっかりと装着された。被験者には仰臥位で、RAD装着前、装着後5分までのPR、呼吸数 (RR)、平均血圧 (MBP)、SpO₂、ETCO₂を記録し、1分毎に測定した。分間換気量 (MV) は、RADを最初に装着してから1分後に測定した。病院前救護の現場では閉塞性肺疾患が多く見られるため、気道狭窄負荷モデルを作成し再現した。そこで、マスクとRADの間に気管挿管用チューブ (直径5×80mm) (図2) を呼吸抵抗として接続し、12%の換気を軽減した (表1)。残りの手順は、上記と同様に行った。被験者が器具を装着することによる疲労を最小限にするため、異なるRADを使用する間隔は15分以上に保たれた。

結 果

被験者は健康な男性20名 (年齢:22.8 ± 1.1歳、身長:172 ± 0.5cm、体重:68.1 ± 1.9kg、BMI: 23.0 ± 0.6kg/m²) であった。参加者の平均VCは4.8 ± 0.2L、TVは1.0 ± 0.1L、吸気容量 (IC) は2.9 ± 0.2Lであった。MVは、気道狭窄負荷の有無にかかわらず、3群間で有意差はなかった (表1)。気道狭窄負荷なしでの結果 (表2)、気道狭窄負荷による結果 (表3)

RAD装着後、ETCO₂の値は上昇した。JR群では他の群に比べ有意に高い値であった。

結 論

日本では、高齢化の進展に伴い、高齢者の救急要請が増加している。2020年には、急病による救急車

搬送の62.3%、救急出動の64.4%が高齢者である。高齢者の場合、心疾患や呼吸器疾患の悪化により呼吸不全を併発し、救急車の出動を要請するケースが少なくない。実際、「救急・救助の現況」によると、心疾患と呼吸器疾患で救急搬送された傷病者はそれぞれ238,282人と228,243人で、急病で救急車を呼んだ高齢者の20.5%を占めている¹⁾。

傷病者対応プロトコルは、消防庁が病院前救護現場で使用するために提供しているが²⁾、処置は現場の救急隊員により、重症度・緊急度基準や、各自治体の消防本部が定めた活動基準に基づいて、傷病者への処置を実施している。

呼吸困難への対応では、低流量酸素、高流量酸素、人工呼吸のいずれかを選択することが示されている。しかし、RADの選択基準については、ガイドラインに明記されていない。病院前救護の現場で、呼吸器疾患や心疾患に起因する呼吸不全の傷病者に対するRADの選択は、現在、救急隊の選択に任されている³⁾。呼吸器疾患や心疾患による呼吸不全が疑われる場合、救急隊員は3種類のRADのうち1種類を選択することが多い。BVM、JR、BVM+GSVの3種類である。これら3種類のRADの特徴や病院での使用上の注意点について病院前救護におけるメリット・デメリットを論じた報告はない。

本研究では、病院前救護の現場でRADを使用する際のバイタルサインと呼吸機能に焦点を当て検証した。各RADを装着した後にETCO₂が増加することが示された。各RADに接続されているマスクには、約250mLのデッドスペースが存在する。BVM群では、マスクに接続されたバルブに5mLあり、合計で約255mLのデッドスペースが存在する。JR群では、回路(Tピースとスネークチューブ)が100mLあり、マスクと合わせると350mLとなる。この各RADのデッドスペースが、器具装着後に観察されたETCO₂の有意な上昇の原因であると思われる。ETCO₂の増加は、JRデバイスの機械的デッドスペースが大きいため、他の2群よりJR群で顕著であった。さらに、BVM+GSV群では、GSVが被験者の吸気努力により気道回路に一定の陽圧が作用する。そのため、JR群よりも換気状態が良好であると推定される。これらの特性は、気道狭窄負荷後も同様であった。

本研究により、低酸素血症および換気障害を有する傷病者に使用されるRADの装着により、ETCO₂が有意に上昇することが明らかとなった。ETCO₂の上昇は特にJR群で顕著であり、病院前救護の現場でJRを選択するには注意が必要であることが示唆された。

本研究は、健康なボランティアにRAD装着と気道狭窄を行い、倫理的な観点からバイタルサインに大きな変化がないことを条件としたものである。そのような状況下、気道狭窄がない場合、ETCO₂が有意に上昇すると血圧も有意に上昇した。一方、気道狭窄がある場合は、ETCO₂が上昇しても血圧に有意な差は見られなかった。これは、後者の場合、ETCO₂の変化が前者の場合よりも小さいためと推測された。しかし、これらのバイタルサインの変動はいずれも統計学的に有意であったものの、その変動は正常範囲内であった。今回の研究は、いくつかの限界がある。本研究の被験者は健康な男性ボランティアであり、研究のデザイン上、高齢者を被験者とすることは不可能であったため、若い健康な被験者が選ばれた。したがって、これらの知見を確認するためには、より大きなサンプルサイズでの研究が必要であることに変わりはありません。また、我々の気道狭窄モデルは、実際の患者の状態を完全に反映しているわけではありません。

結論として、本研究により、これらのデバイスの使用はETCO₂を増加させることが明らかになった。

ETCO₂の増加は、特にJR群で顕著であり、病院前救護の現場で救急隊が呼吸不全の傷病者にJRを使用する際には注意が必要であることが示唆された。しかし、本研究の結果は、前述のような制約があるため、慎重に解釈されなければならない。

参考文献

1. 総務省消防庁救急救助の現況
2. 救急搬送における重症度・緊急度判断基準作成委員会、処置に関するプロトコール
3. 日本臨床救急医学雑誌、救急現場における自動式人工呼吸器の使用に関する実態調査

表 1. Characteristics of participants

Characteristics of subjects		
Age (in years)	22.8±1.1	
Weight	67.6±1.9 kg	
Height	172±0.1 cm	
BMI	23.0±0.6 kg/m ²	
Vital capacity	4.8±0.2 L	
Respiratory obstruction model	4.2±0.2 L	
Minute volume (MV) (Without loading)	BVM	4.8±0.5 L/min
	JR	5.4±0.5 L/min
	BVM+GSV	5.3±0.4 L/min
Minute volume (MV) (With loading)	BVM	4.1±0.4 L/min
	JR	4.7±0.5 L/min
	BVM+GSV	4.2±0.4 L/min

BVM, Bag Valve Mask; BVM+GSV, BVM with Gas Supply Valve®; JR, Jackson Reese

表 2. Vital signs and ETCO₂ without airway stenosis loading before and after the wearing of respiratory device

		Before	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
PR (/min)	BVM	69.3±2.6	69.3±2.8	69.8±2.7	68.1±2.6	69.6±2.6	70±2.8
	JR	71.4±2.9	70.9±2.9	71.5±2.7	71.7±3.0	72.9±3.2	72.2±3.1
	BVM+GSV	71.0±2.7	69.4±2.8	69.4±2.7	68.5±2.8	69.6±2.7	70.2±2.8
RR (/min)	BVM	11.9±1.0	7.4±0.4	7.2±0.7	7.4±0.6	7.2±0.7	7.7±0.8
	JR	13.4±1.0	7.1±0.6	6.5±0.5	6.1±0.5	6.3±0.5	6.8±0.6
	BVM+GSV	12.9±1.1	8.2±0.7	7.5±0.8	7.6±0.7	7.8±0.7	7.7±0.8
MBP (mmHg)	BVM	83.0±1.9	83.6±1.7	82.5±2.1	82.2±2.1	84.1±1.9	81.1±1.8
	JR	85.3±1.7	85.5±1.8	86.8±1.9	85.7±2.2	84.9±2.0	84.3±1.9
	BVM+GSV	82.4±1.9	82.9±1.5	82.2±1.6	82.3±1.7	82.1±1.8	81.3±1.8
SpO ₂ (%)	BVM	97.7±0.3	97.6±0.4	97.4±0.4	97.2±0.3	97.1±0.4	97.3±0.3
	JR	98.4±0.3	98.1±0.3	97.5±0.4	97.3±0.4	97.2±0.3	97.4±0.3
	BVM+GSV	98.0±0.3	98.1±0.3	97.9±0.4	97.7±0.4	97.7±0.3	97.7±0.3
ETCO ₂ (mmHg)	BVM	39.2±0.8	42.7±1.1 *	43.6±1.1 *	43.5±1.1 *	43.3±1.1 *	43.7±1.1 *
	JR	38.6±0.9	43.7±0.9 *	44.7±0.9 *	43.5±0.9 *	45.8±1.1 *	46.0±1.0 *
	BVM+GSV	38.5±0.8	42.7±1.0 *	43.0±1.0 *	43.0±1.0 *	43.0±1.1 *	42.9±1.0 *

*: Significant difference from before each respiratory assist device P<0.05. BVM, Bag Valve Mask; BVM+GSV, BVM with Gas Supply Valve®; ETCO₂, expiratory terminal carbon dioxide partial pressure; JR, Jackson Reese; MBP, mean blood pressure; PR, pulse rate; RR, respiratory rate; SpO₂, percutaneous oxygen saturation

表 3.Vital signs and ETCO₂ with airway stenosis loading before and after the wearing of respiratory device

		Before	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
PR (/min)	BVM	71.2±2.5	67.9±2.6	69.4±2.5	71.4±2.7	70.3±2.8	70.7±2.6
	JR	71.5±2.8	69.7±3.1	69.9±2.9	69.1±2.9	69.9±3.0	70.9±3.0
	BVM+GSV	69.1±2.7	69.0±3.0	70.4±2.9	70.5±2.9	71.2±2.8	70.9±3.1
RR (/min)	BVM	12.9±1.0	7.3±0.6	7.6±0.6	6.9±0.5	6.6±0.5	6.5±0.5
	JR	13.2±0.8	7.1±0.5	7.2±0.6	7.4±0.5	7.3±0.6	7.6±0.7
	BVM+GSV	13.8±1.0	8.5±0.7	7.5±0.5	8.3±0.7	8.2±0.7	7.8±0.7
MBP (mmHg)	BVM	81.9±1.9	82.1±1.6	82.7±1.8	81.7±1.9	81.9±2.2	82.0±2.3
	JR	81.5±2.2	80.6±1.6	81.1±1.0	80.2±1.8	81.5±1.7	81.8±1.6
	BVM+GSV	82.0±1.5	81.6±1.8	82.7±1.9	82.8±1.9	80.8±1.7	81.6±1.9
SpO ₂ (%)	BVM	97.9±0.3	97.4±0.3	97.0±0.4	96.9±0.3	96.9±0.3	97.0±0.3
	JR	97.6±0.3	97.6±0.4	97.2±0.4	96.8±0.3	96.9±0.4	96.6±0.4
	BVM+GSV	97.8±0.3	97.5±0.4	96.9±0.4	96.9±0.4	97.0±0.4	97.0±0.4
ETCO ₂ (mmHg)	BVM	38.4±0.7	43.2±1.0 *	43.1±0.9 *	43.9±0.9 *	43.6±0.9 *	44.0±1.0 *
	JR	38.8±0.9	43.4±0.9 *	44.0±0.9 *	44.9±0.9 *	47.5±1.8 *	46.2±0.8 *
	BVM+GSV	38.0±0.7	42.7±0.9 *	43.0±1.0 *	43.7±1.0 *	43.3±1.0 *	43.6±1.0 *

* : Significant difference from before each respiratory assist device P<0.05. BVM, Bag Valve Mask; BVM+GSV, BVM with Gas Supply Valve®; ETCO₂, expiratory terminal carbon dioxide partial pressure; JR, Jackson Reese; MBP, mean blood pressure; PR, pulse rate; RR, respiratory rate; SpO₂, percutaneous oxygen saturation

图 1

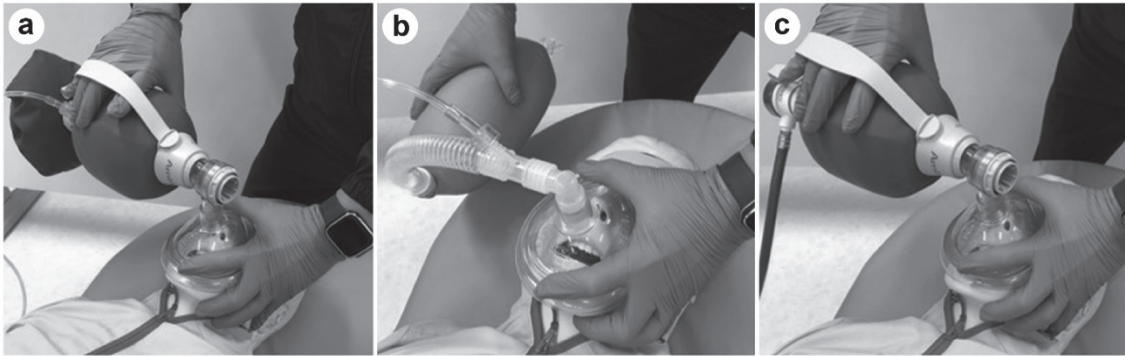


图 2

