

◎原 著◎

ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える
人工呼吸器からの騒音についての検討吉岡 淳¹⁾・石山智之¹⁾・斎藤大樹¹⁾・中根正樹²⁾・川前金幸³⁾

キーワード：ヘルメット型インターフェイス，人工呼吸器，騒音の大きさ，換気音

要 旨

本研究の目的は、ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える人工呼吸器からの騒音について調査することである。対象の人工呼吸器は5機種。ヘルメット型インターフェイス内、外の騒音は、顔型人形の左右の耳に置いた小型マイクロフォンと騒音計を用いて測定し、同時に人工呼吸回路を流れる最大吸気流量を測定した。また、各種バクテリアフィルターによる防音効果を比較した。結果、ヘルメット型インターフェイス内、外の騒音は機種によって異なり、ヘルメット内は外より静かだった。そして、バクテリアフィルターに防音効果を認めた。騒音の大きさと人工呼吸回路を流れるガス流量は相関しておらず、騒音レベルの大きい機種、小さい機種の内部構造には吸気弁のタイプや吸気ガスモジュールの形状、振動源の被覆の有無、内部空洞処理による密閉度の違いといった特徴があった。結論として、ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える人工呼吸器からの騒音は、人工呼吸器の内部から発生する換気音に関係していることが示唆された。

I. 緒 言

近年、慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease : COPD) や、心原性の呼吸不全などに対して、非侵襲的陽圧換気 (noninvasive positive pressure ventilation : NPPV) が普及し¹⁾、新しいインターフェイスマスクとしてヘルメット型インターフェイスが検討されている^{2,3)}。しかし、頭から首まで全体を覆うヘルメット型インターフェイスはヘルメット内の騒音が患者の不快感に繋がることもあり、ヘルメット内の騒音を問題視する報告もある⁴⁾。また、ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える騒音の大きさ (以下、騒音レベル) は各人工呼吸器の性能や構造で異なるものと考えられるが、機種毎の騒音評価に関する報告は見られない。本研究では、ヘルメット型

インターフェイス装着患者に与える人工呼吸器からの騒音レベルについて検討した。

II. 対象と方法

1. 対 象

対象の人工呼吸器は、PB840 (Puritan-Bennett、アメリカ)、e360 (Newport-Medical、アメリカ)、V60 (Philips-Respironics、アメリカ)、C2 (Hamilton Medical、スイス)、Servo i (MAQUET、スウェーデン) の5機種とした。自発呼吸肺シミュレーター LUNGOO (エア・ウォーター防災、日本)、顔型人形、ヘルメット型インターフェイス Castar R NEXT NIV、size M (Starmed、イタリア) を使用した。また、防音効果を検証するために、ステリVENT 防塵除去フィルター DAR (Mallinckrot、イタリア)、クリアガード IS1844000 (INTERSURGICAL、イギリス)、プリージングフィルター PORTEX (Smiths Medical、アメリカ)、呼吸回路除菌用フィルター BB50TES (日本ポール、日本)、HM113 ガード Pneu-Moist (東機貿、日本)

1) 山形大学医学部附属病院 臨床工学部

2) 同 高度集中治療センター

3) 山形大学医学部 麻酔科学講座

[受付日：2018年1月29日 採択日：2018年9月3日]

の各バクテリアフィルターを使用した。ヘルメット型インターフェイス内側の騒音測定には小型エレクトレットコンデンサーマイクロホン ECM-88B (SONY、日本)、外側の騒音測定にはオクターブ分析器機能を持つ普通騒音計 NA-27A (RION、日本) を使用した。

2. 測定方法 (Fig.1)

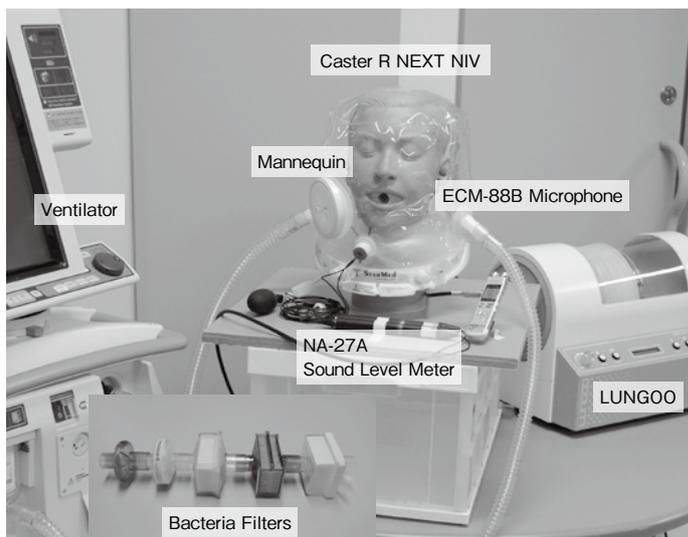
顔型人形の左耳 (人工呼吸回路の吸気側) と右耳 (呼気側) に ECM-88B を取り付け、顔型人形から 40cm 離れた場所に NA-27A を配置した。LUNGOO の設定を Pmus (呼吸筋発生圧) : 5cmH₂O (一回換気量 500mL 相当)、R (気道抵抗) : 5cmH₂O/L/分、C (コンプライアンス) : 60mL/cmH₂O、F (呼吸回数) : 12/分とし、健常肺を模擬した。LUNGOO を口腔 (鼻腔は閉鎖) から連結している顔型人形の背面ホースに接続して、Caster R NEXT NIV を人形に被せた。各人工呼吸器は NA-27A から 40cm 離れた場所に、排気口から出る呼気ガスが NA-27A に当たらない向きで設置した。人工呼吸回路は同一の成人用人工呼吸回路 DAR (Mallinckrot、イタリア) を使用した。また、自動給水式ディスポーザブルチャンバ MR290 (Fisher & Paykel Healthcare、アメリカ) に蒸留水を入れ、加温加湿器 MR850 (Fisher & Paykel Healthcare、アメリカ) を挿管モードで使用した。LUNGOO で自発呼吸を起こし各人工呼吸器は自

発呼吸モード (continuous positive airway pressure : CPAP) で換気させ、吸気時の立ち上がり速度は各メーカー推奨の初期設定値を使用した。NPPV 専用器である V60 以外の汎用型人工呼吸器はオプションの NPPV モードを選択した。呼気終末陽圧 (positive end-expiratory pressure : PEEP) を 5cmH₂O と一定にして、プレッシャーサポート (pressure support : PS) を 0、5、10、15cmH₂O に変化させた。各設定の条件下で 5 分間、ヘルメット型インターフェイス内の吸気側と呼気側の騒音を ECM-88B を用いてステレオ録音した。一方、ヘルメット型インターフェイス外側の騒音は NA-27A のオクターブ分析器機能「区間内平均値測定モード」を利用して 5 分間、録音した。また、同時に人工呼吸回路に流れる最大吸気流量を、LUNGOO PC 付属ソフトウェア「LUNGOO 操作 PC」を用いて PC 画面上の流量波形から測定した。

次に、人工呼吸器の吸気接続口に各種バクテリアフィルターを接続して、PEEP 5cmH₂O、PS 10cmH₂O におけるヘルメット型インターフェイス内、外側の騒音測定を同様に行った。

3. 騒音レベルの解析

ECM-88B でステレオ録音したヘルメット型インターフェイス内側の騒音は、サウンド編集ソフト SoundEngine



Ventilators :
PB840, Servo-i, e360, Hamilton-C2, V60
Mode :
PSV (0, 5, 10, 15cmH₂O) with PEEP
5cmH₂O
LUNGOO :
Pmus 5cmH₂O, Compliance 80mL/cmH₂O,
Resistance 5cmH₂O/L/min, Respiration rate
12/min, Inspiration-time 1.2seconds
Bacteria Filters :
DAR
Clear-Guard
PORTEX
BB50TES
Pneu-Moist
Measurements :
NA-27A Sound Level Meter
ECM-88B Microphone

Fig.1 Measuring method

(1) Objects and Setting

A mannequin head, a LUNGOO, a helmet-type interface Caster R, filters and mechanical ventilators were connected.

(2) Noise Measurements

Inside Helmet : Noise was recorded using a NA-27A and was analyzed by a Sound Engine software.

Outside Helmet : Noise was recorded and analyzed by a ECM-88B.

Table 1 Comparison of noise exposure from the mechanical ventilators during non-invasive ventilation with the interface-helmet (dB)

Pressure Support ; PS (cmH ₂ O)	PB840		V60			Servo i			C2			e360			
	Inside		Outside		Outside	Inside		Outside		Inside		Outside			
	Left	Right	Left	Right		Left	Right	Left	Right	Left	Right				
0	22.2 ±1.0	17.2 ±0.5	62.2 ±0.5	-	-	49.2 ±0.5	5.4 ±0	4.8 ±0	52.4 ±1.0	-	-	51.2 ±0.5	-	-	52.4 ±0
5	24.0 ±0	18.4 ±0.5	63.2 ±0.5	8.6 ±0	7.8 ±0	50.6 ±0	8.8 ±1.1	7.0 ±0.5	55.0 ±0.5	-	-	53.4 ±0	-	-	54.4 ±0
10	32.0 ±0.5	25.6 ±1.0	65.8 ±0	18.6 ±0	17.4 ±0.5	53.4 ±1.0	12.9 ±1.2	11.8 ±0	56.2 ±0.5	14.8 ±0.5	11.0 ±1.0	55.0 ±1.0	7.2 ±1.2	5.8 ±1.0	55.8 ±0
15	33.4 ±0.5	28.8 ±0	68.2 ±0.5	21.2 ±1.5	18.6 ±0.5	55.6 ±0	21.0 ±0	17.8 ±0.5	59.2 ±1.5	16.6 ±0.5	12.2 ±0.5	57.0 ±0.5	12.6 ±0	12.8 ±0	59.4 ±1.0

(mean ± standard deviation, SD)

- : Hyphenation points mean it was impossible to measure by measurement device due to the low noise level.

PB840, e360, and servo i : The inspiratory port of the Caster R and the expiratory port of the Caster R were connected with the branches of the respiration circuit.

C2 : The inspiratory port of the Caster R was connected with the branches of the respiration circuit (Y connector). The expiratory port of the Caster R was closed by a cap.

V60 : The inspiratory port of the Caster R was connected with the branches of the respiration circuit . The expiratory port of the Caster R was closed by a cap with hole on its center (semi-closed).

を使用してパーソナルコンピューターにて解析した。SoundEngine でヘルメット型インターフェイス内の吸気側（顔型人形の左耳）と呼気側（右耳）の2つの音源を波形と数値に変換し、5分間の平均を算出した。

NA-27A に保存したヘルメット型インターフェイス外側の騒音は、NA-27A に内蔵されているオクターブ分析器機能を用いて解析した。測定した騒音はあらかじめ設定した測定時間（5分間）が経過すると自動演算され平均騒音レベルとして液晶画面に表示されるため、その値を読み取った。ヘルメット型インターフェイス内側、外側の騒音測定はそれぞれ5回行い、結果は mean ± SD、または中央値（四分位範囲）で示し、多群間の比較は、Kruskal-Wallis 検定、2群間の比較は Mann-Whitney test で行い、P<0.05 をもって有意差ありとした。

4. 騒音測定における環境配慮

本研究は周辺からの騒音を伴わないよう山形大学医学部附属病院臨床工学部内の静かな環境下で実施した。他の医療機器の動作音や人の出入りなどに配慮し、人工呼吸器が作動していない場合の外部騒音レベルは数値で表せないほど小さく、測定ヘルメット型インターフェイス内側、外側の騒音測定には対象となる人工呼吸器以外の騒音を測定しないようにした。

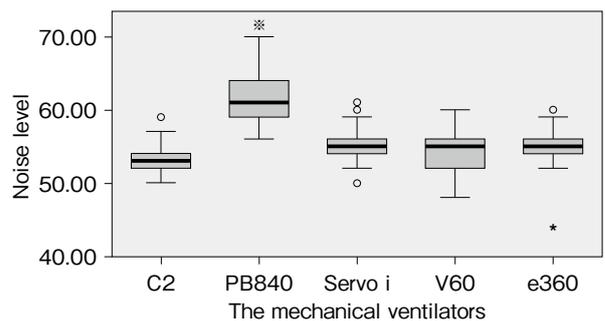


Fig.2 Comparison of outside noise level and the mechanical ventilators

※ PB840 vs all p<0.01

Ⅲ. 結 果

1. ヘルメット型インターフェイス内側と外側における騒音レベル

Table 1 に、各人工呼吸器における PS を変化させた時のヘルメット型インターフェイス内の吸気側および呼気側と、ヘルメット型インターフェイス外側の騒音レベルを示す。どの機種もヘルメット型インターフェイス内側の騒音は、吸気側に高い値を示した。PS を増加させるとヘルメット型インターフェイス内側の騒音は大きくなった。また、どの機種もヘルメット型インターフェイスの外側は内側より騒音が大きかった。

Fig.2 にヘルメット型インターフェイス外側と機種別の比較を示す。ヘルメット型インターフェイス外側

の騒音はPB840のみ他の機種に比べて有意差をもって大きかった。

2. 人工呼吸回路を流れる最大吸気流量

各人工呼吸器におけるPSを変化させた時の人工呼吸回路を流れる最大吸気流量を Fig.3 に示す。どの人工呼吸器においてもPSを高く設定すれば人工呼吸回路を流れる最大吸気流量は増加した。先に明らかにしたヘルメット型インターフェイス内側の騒音レベルと最大吸気流量を比較すると、騒音レベルがPB840>V60>Servo i>C2>e360 に対して、最大吸気流量はPB840>e360>Servo i>C2>V60 となり、最大吸気流量とヘルメット型インターフェイス内部の騒音レベルに関連性はみられなかった。

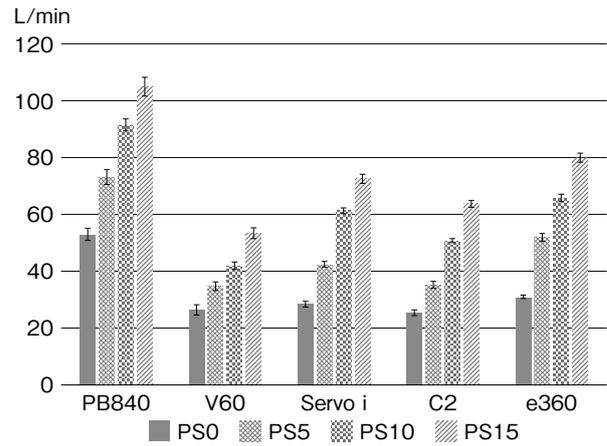


Fig.3 The peak inspiratory flow flowing through the respiration circuit

We evaluated the peak-inspiratory flow through the respiratory circuit and assessed noise exposure from the mechanical ventilators during NPPV with the Caster R (PS : 0, 5, 10, 15cmH₂O).

Table 2 Comparison of noise exposure from the mechanical ventilators during non-invasive ventilation with the interface-helmet equipped with bacteria filters (dB)

PB840							
	Non-Filter	DAR	Clear-Guard	PORTEX	BB50TES	Pneu-Moist	p-value
Inside : Left	32 (31-32.75)	19 (19-19.75)	17 (17-17)	20 (18-20)	16 (15-17.5)	16 (6-16.75)	<0.01
Inside : Right	26 (25-26)	16 (15-16)	13 (12-13)	13 (12-13)	11 (11-11.75)	11 (10-11)	<0.01
Outside	65 (65-66.5)	61 (59-61)	59 (59-59.75)	60 (60-60.75)	57 (56-57)	58 (57-58.75)	<0.01
V60							
	Non-Filter	DAR	Clear-Guard	PORTEX	BB50TES	Pneu-Moist	p-value
Inside : Left	18 (18-18.75)	19 (19-19.75)	20 (19-20)	21 (20-21.75)	22 (22-22)	21 (20-21.75)	0.02
Inside : Right	17 (17-17.75)	17 (16-17.75)	17 (17-17.75)	18 (17-18)	18 (16-18)	17 (16-17)	0.581
Outside	54 (53-54)	55 (55-55.75)	58 (57-58.75)	55 (54-55.75)	57 (57-57.75)	53 (53-54.5)	<0.01
Servo i							
	Non-Filter	DAR	Clear-Guard	PORTEX	BB50TES	Pneu-Moist	p-value
Inside : Left	13 (12-13)	11 (11-11)	11 (11-11)	6 (5-6)	5 (5-5.75)	-	<0.01
Inside : Right	12 (11-12)	9 (9-9)	9 (19-19.75)	4 (4-4)	4 (3-4)	-	<0.01
Outside	56 (56-56.75)	54 (53-54.75)	54 (53-54.75)	54 (53-54.75)	54 (53-54.75)	53 (53-54.5)	0.332
C2							
	Non-Filter	DAR	Clear-Guard	PORTEX	BB50TES	Pneu-Moist	p-value
Inside : Left	15 (14-15)	15 (14-15)	14 (13-14.75)	13 (12-13)	14 (13-14.75)	12 (12-12)	0.077
Inside : Right	11 (10-11.75)	11 (11-11)	11 (10-11)	10 (9-10.75)	11 (10-11.75)	10 (9-10)	0.367
Outside	55 (54-55.75)	52 (52-52.75)	52 (51-52.75)	52 (52-52.75)	52 (51-52.75)	51 (50-51.75)	0.029
e360							
	Non-Filter	DAR	Clear-Guard	PORTEX	BB50TES	Pneu-Moist	p-value
Inside : Left	7 (7-7)	6 (5-6.75)	5 (4-5.75)	5 (5-5.75)	-	-	0.217
Inside : Right	6 (5-6)	4 (4-4)	4 (4-4)	4 (3-4)	-	-	<0.01
Outside	56 (55-56)	55 (54-55)	56 (55-56.75)	55 (55-55.75)	55 (54-55)	54 (53-54)	0.054

Median ratio (IQR), p-value was calculated using Kruskal-Wallis test.

- : Hyphenation points mean it was impossible to measure by measurement device due to the low noise level.

Bacteria filters had a soundproof effect except for the V60 (NPPV special-purpose mechanical ventilator).

Table 3 Comparison of noise exposure from the PB840 during non-invasive ventilation with the interface-helmet, with or without bacteria filters (dB)

Filter		Median ratio (IQR)	p-value
DAR	Inside : Left	19 (19-19.75)	-
	Inside : Right	16 (15-16)	-
	Outside	61 (59-61)	-
Clear-Guard	Inside : Left	17 (17-17)	0.018
	Inside : Right	13 (12-13)	-
	Outside	59 (59-59.75)	-
PORTEX	Inside : Left	20 (18-20)	-
	Inside : Right	13 (12-13)	-
	Outside	60 (60-60.75)	-
BB50TES	Inside : Left	16 (15-17.5)	<0.01
	Inside : Right	11 (11-11.75)	<0.01
	Outside	57 (56-57)	<0.01
Pneu-Moist	Inside : Left	16 (16-16.75)	<0.01
	Inside : Right	11 (10-11)	<0.01
	Outside	58 (57-58.75)	0.015

3. バクテリアフィルターによる防音効果と最大吸気流量の変化

各種バクテリアフィルターを付けた時の各人工呼吸器における PS 10cmH₂O 条件下でのヘルメット型インターフェイス内側、外側の騒音レベルを **Table 2** に示す。PB840 においては、ヘルメット型インターフェイス内側、外側の騒音レベルともに各種バクテリアフィルター間で騒音に有意差を認めた。PB840 における各種バクテリアフィルター有り無しの 2 群比較を **Table 3** に示す。Pneu-Moist、BB50TES のみバクテリアフィルター無しと比較して優位に騒音を低減させた。他のバクテリアフィルターに関しても V60 以外の人工呼吸器のヘルメット型インターフェイス内側の騒音に対してある程度の防音効果が得られた。ヘルメット型インターフェイス外側の騒音レベルに関しては機種間の影響が大きい結果となった。

Fig. 4 に PS 10cmH₂O 時の各種バクテリアフィルター有り無しの各人工呼吸器における最大吸気流量の関係を示す。バクテリアフィルターを付けると人工呼吸回路を流れる最大吸気流量は低下した。しかし、PB840 のみ、バクテリアフィルターを付けると最大吸気流量が増加する結果となった。

IV. 考 察

本研究では、ヘルメット型インターフェイス装着患

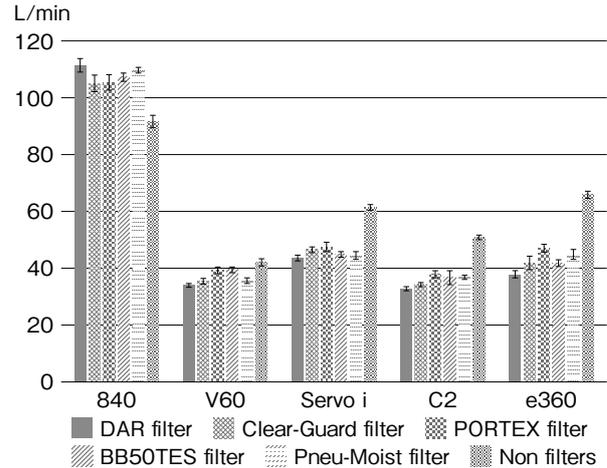


Fig. 4 The peak inspiratory flow passing through bacteria filters

We evaluated the peak-inspiratory flow through the respiratory circuit and assessed noise exposure from mechanical ventilators during NPPV with the Caster R, with or without bacteria filters (PS : 10cmH₂O).

者に与える人工呼吸器からの騒音について検討した結果、騒音レベルは人工呼吸器毎に異なり、ヘルメットの内側は外側より静かだったことから、ヘルメット型インターフェイスを装着している患者のほうが静かな環境下にあることが示唆された。また、バクテリアフィルターを使用することで V60 を除いてはヘルメット型インターフェイス内側の騒音に対してある程度の防音効果が得られた。そして、ヘルメット型インターフェイス内部で聞こえる騒音レベルと人工呼吸回路を流れる最大吸気流量に関連性は見られなかった。

ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える騒音には人工呼吸回路およびヘルメットを通るガスの流れる風音が影響しているものと考え、最大吸気流量を測定した。しかし、最大吸気流量は多くてもヘルメット型インターフェイス内側の騒音が小さい機種があった。また、その反対に最大吸気流量は少なくともヘルメット型インターフェイス内部の騒音が大きい機種があった。この結果より、我々はヘルメットを通る吸気流量はヘルメット型インターフェイス装着患者に与える主な騒音因子でないものと判断した。そこで、ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える騒音因子として、①周囲からの環境音、②人工呼吸器内部から回路内へ伝わる換気音の 2 つが考えられた。

周囲からの環境音としては、医師や看護師の話声、人工呼吸器のアラーム音など多くの医療機器を使用す

る集中治療領域では、患者に対する環境音に注意が向けられている⁵⁾。また、世界保健機構（WHO）ガイドラインには、病室における騒音レベルは30dB以内、突発的な音で40dB以内との制限が明記されている⁶⁾。さらに、集中治療領域においては「As low as possible」と明確な数値で記載されていないが、できるだけ静かに保つことが望まれている。しかし実際は、Cordovaらの報告⁷⁾にもあるように、WHOや国立職業保安・健康協会（NIOSH）、環境保護局（EPA）からの勧告より人工呼吸器などを使用する集中治療領域での騒音レベルは60dBをはるかに超える大きな騒音が発生している。そこで今回、測定したヘルメット型インターフェイス外側の騒音レベルをみると、49.9dBから大きい機種で66.6dBの騒音レベルであった（騒音レベルの目安⁶⁾ 0～20dBが呼吸音・ささやき声、20～40dBが静かな住宅内・公園、40～60dBが通常の会話・都会の住宅地、60～80dBが街頭騒音・幹線道路の交差点）。しかし各Tableが示すようにヘルメット型インターフェイスの外側で50dB以上の騒音が発生しているにもかかわらず、ヘルメット型インターフェイス内側の騒音はそれよりも低く、PS値やバクテリアフィルターの装着によっては騒音レベルが小さすぎて測定できない場合もあった。これより、環境音もまた最大吸気流量と同様に、ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える主な騒音因子ではないものと考えられた。

そして我々は、人工呼吸器本体から発生する「換気音」がヘルメット型インターフェイス装着患者に与える主な騒音因子であるものと結論づけた。換気音が増幅、低減する要因には人工呼吸器間で異なる、①吸気弁のタイプ、②吸気ガスモジュールの形状、③人工呼吸器内部の密閉度の3つが考えられた。

今回対象の人工呼吸器には、タービン式またはピストン式の吸気弁が使用されている。最も騒音の高いPB840には5機種で唯一のピストン方式となるP-SOL（電磁弁）が用いられていた。P-SOLとはジェット気流を生み出すことができる高性能の吸気弁で、患者の吸気努力に素早く応答してガスを瞬時に送気することができる。しかし今回の騒音レベルに関しては、このジェット気流によって発生する乱流が、騒音として反映されてしまったものと考えられた。また、バクテリアフィルターを付けた際に、PB840のみ最大吸気流量が増加していた。これも抵抗が負荷した際に自動で抵抗

に打ち勝つ分の流量を補助するP-SOLの働きが原因であると考えられた。

次に吸気ガスモジュールをみると、騒音の小さかった機種と大きかった機種とに形状の違いがあった。騒音が小さかったe360、C2の吸気ガスモジュール回路は、真直ぐで、太く、短い形状をしていた。逆に騒音の大きかったPB840、V60、Servo iの吸気ガスモジュール回路は、曲がっている、細い、長い形状をしていた。前者のように単純な筒状の回路形状は、吸気ガスモジュールを通るガス流量に流量抵抗が生じないため、騒音を抑えられるものと考えられた。

人工呼吸器内部の密閉度をみると、騒音が小さかったC2は部品毎に形成された発砲スチロールで内部の空洞が隙間なく充填されており、密閉度が高められていた。密閉度が高いと、人工呼吸器内部の音の反響を抑えることができる。加えて、内部コンプレッサーであるブロワーは、アルミニウムで覆われ、ブロワーから発生する振動と音が低減できるような対策がされていた。一方の騒音が高かったV60はブロワーを搭載しているが、ブロワーがむき出しになっており、人工呼吸器の内部には多くの空洞があった。e360、PB840、Servo iに関してはブロワー非搭載の機種であり、人工呼吸器内部の空洞は同程度だった。以上より、機種毎における吸気弁のタイプや人工呼吸回路を流れるガス流量に抵抗を与えない吸気ガスモジュールの形状、加えて振動源の被覆、人工呼吸器の内部空洞処理による密閉度を高めるといった騒音対策などを講じている人工呼吸器は、人工呼吸器内部から発生する換気音が低減されることでヘルメット型インターフェイス内側の騒音低下に繋がるものと考えられた。

最後に、ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える騒音を抑えることは重要である。高い騒音は、患者へ強い睡眠遮断とストレスを与えてしまう。新生児に対応したヘルメット型インターフェイスもある中で、周囲の騒音は発育を妨げる要因となり、さらには心血管に影響を及ぼすことが報告されている⁸⁾。直接の因果関係は不明だが、初期の脳成熟の発育に騒音が影響するなどとも言われている⁹⁾。今回の研究から、ヘルメット型インターフェイス内側の騒音対策にはバクテリアフィルターを用いることが有効であることが示唆され、V60以外の人工呼吸器にその防音効果を認めた。バクテリアフィルターはウイルス除去性能や大

きさが各社で異なるため、各種フィルターの性能評価が行われている^{10,11)}が、防音効果を研究した報告はない。今回対象としたバクテリアフィルターの仕様を比較すると、DAR (容量:92mL、抵抗:2cmH₂O、特性:疎水性、除去効率:99.9999%、原材料:グラスファイバー、タイプ:機械的)、クリアガード (容量:50mL、抵抗:2.3cmH₂O、特性:定義なし、除去効率:99.99%、原材料:ポリプロピレン、タイプ:静電的)、PORTEX (容量:32mL、抵抗:3cmH₂O、特性:疎水性、除去効率:99.9%、原材料:ポリプロピレン、タイプ:静電的)、BB50TES (容量:90mL、抵抗:1cmH₂O、特性:疎水性、除去効率:99.999%、原材料:グラスファイバー、タイプ:機械的)、Pneu-Moist (容量:124mL、抵抗:1.6cmH₂O、特性:親水性、除去効率:99.9999%、原材料:スチレンブタジエン、タイプ:機械的)であった。高い防音効果を認めたPneu-Moistは、他のフィルターと比べると容量が大きく、親水性の特徴を持っていた。容量が大きいことでフィルター内部に多くのフィルター膜となる材料を使用でき、フィルター表面に付着した水が玉のような水滴にならずに、薄く広がり水の膜を形成する親水性の特性が騒音の抑制効果に繋がったものと考えられた。一方、V60にはフィルターによる防音効果を認めなかったが、今回対象とした人工呼吸器で唯一のNPPV専用器である以外、原因の究明には至らなかった。今後は、フィルター以外のデバイスで防音効果を確かめることを検討している。

最終的には、騒音対策を講じている人工呼吸器を選択して、容量が大きく親水性のバクテリアフィルターを使用することで、ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える騒音を最も抑えることができることが示唆された。

V. 結 語

本研究により、ヘルメット型インターフェイス装着患者に与える各人工呼吸器からの騒音レベルを把握することができた。そして、騒音レベルは人工呼吸器内部から発生する換気音が関係していることが示唆され、

騒音レベルの大きい機種、小さい機種の内部構造には吸気弁のタイプや吸気ガスモジュールの形状、振動源の被覆の有無、内部空洞処理による密閉度の違いといった特徴があった。また、人工呼吸器によってはバクテリアフィルターにヘルメット型インターフェイス内側の騒音に対して防音効果が見られた。ヘルメット型インターフェイス装着患者の騒音環境については、ヘルメット型インターフェイス内外の騒音レベルを測定したことで、ヘルメット型インターフェイスの内側は外側より静かであることが確認できた。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

参 考 文 献

- 1) 石原英樹: COPD・気管支喘息に対するNPPV療法. 人工呼吸. 2009; 26: 20-7.
- 2) 小田真也, 篠崎克洋, 高岡誠司ほか: 非侵襲的陽圧換気における新しいインターフェイス“ヘルメット”の使用経験—吸気同調性の検討—. 人工呼吸. 2009; 26: 75-9.
- 3) 鳥谷部陽一郎, 入江 仁, 太田正文ほか: ヘルメット型マスク (CaSter R) の使用経験. 人工呼吸. 2009; 26: 84-5.
- 4) Bellani G, Patroniti N, Greco M, et al: The use of helmets to deliver non-invasive continuous positive airway pressure in hypoxemic acute respiratory failure. *Minerva Anestesiol.* 2008; 74: 651-6.
- 5) 松本紀子, 横尾京子, 山内寛美ほか: NICUにおける話し声と騒音レベル. *日本新生児看護学会誌.* 1998; 5: 13-8.
- 6) http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1 (2018年1月29日アクセス)
- 7) Cordova AC, Logishetty K, Fauerbach J, et al: Noise levels in a burn intensive care unit. *Burns.* 2013; 39: 44-8.
- 8) Wachman EM, Lahav A: The effects of noise on preterm infants in the NICU. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2011; 96: 305-9.
- 9) Elser HE, Holditch-Davis D, Levy J, et al: The effects of environmental noise and infant position on cerebral oxygenation. *Adv Neonatal Care.* 2012; 12: S18-27.
- 10) 松田真太郎, 塚本 功, 村杉 浩ほか: 人工呼吸回路フィルターの性能評価および選定. *日本臨床工学技士学会誌.* 2009; 36: 259.
- 11) 藤堂 敦, 柴矢法行, 斎藤 務ほか: 各種バクテリアフィルターの比較. *日本手術医学会.* 2003; 24: 318-9.

Noise exposure from the mechanical ventilators during noninvasive positive pressure ventilation with an interface-helmet

Jun YOSHIOKA¹⁾, Satoshi ISHIYAMA¹⁾, Daiki SAITOH¹⁾, Masaki NAKANE²⁾, Kaneyuki KAWAMAE³⁾

¹⁾ Department of Clinical Engineering Services, Yamagata University Hospital

²⁾ Department of Emergency & Critical Care Medicine, Yamagata University Faculty of Medicine

³⁾ Department of Anesthesiology, Yamagata University Faculty of Medicine

Corresponding author : Jun YOSHIOKA

Clinical Engineering Services, Yamagata University Hospital
2-2-2 Iidanishi, Yamagata, 990-9585, Japan

Key words : interface-helmet, mechanical ventilators, noise intensity, ventilation noise

Abstract

The purpose of this study was to assess noise exposure from the mechanical ventilators during noninvasive positive pressure ventilation (NPPV) with the interface-helmet. The subjects were 5 models mechanical ventilators. The noise intensity inside and outside the interface-helmet were assessed by placing lavalier microphones near the ears and using a sound-level meter. We evaluated the peak inspiratory flow through the respiratory circuit by a breathing simulator LUNGOO. In addition, we compared soundproof effect in various bacteria filters. The noise intensity inside and outside the helmet were different every model, and the noise exposure inside the helmet was less compared with the outside environment. Bacteria-filters had a soundproof effect depending on the model of a mechanical ventilator. There was no correlation between the noise intensity and peak inspiratory flow. A big model and a small model of the noise intensity has different features of the internal structure, such as the inspiratory valve, the gas module, the aluminum coated, the cavity. In conclusion, it is suggested that noise exposure from the mechanical ventilators during NPPV with the interface-helmet has a direct relation to the ventilation noise within the mechanical ventilators.

Received January 29, 2018

Accepted September 3, 2018