

聴診器を用いた観察行為に影響を及ぼす音の調査及び防音装置付電子式聴診器の性能調査の結果について

Survey of Noises in an Ambulance and Performance Test for an Anti-noise Electronic Stethoscope

染谷 茂美*
 島津 幸廣*
 正木 豊**
 河田 正***

概要

聴診器を用いた傷病者の観察では、サイレン音やエンジン音が障害となることが多い。そこで、これらの音の実態調査を行うとともに、この欠点を解消するための方策として防音装置付電子式聴診器を試作し、性能調査を行った。

本調査の主な結果は次のとおりである。

- 1 救急車両内は、エンジン音や、暖房音など、聴診器を用いた観察に影響を及ぼす要因が多数存在する。
- 2 救急出場時の車内では、聴診器による血圧測定時に聴取する心音やコロトコフ音が、非常に聞き取り難い。
- 3 電子式聴診器は、心音、コロトコフ音など600Hz以下の音をとらえ、それより高い音を遮断する。
- 4 防音装置付電子式聴診器は、従来型聴診器に比して聴きやすさや音量の感覚面で圧倒的に優れている。

Noises from the siren and the engine disturb the paramedic's observation when he stethoscopes an injured or sick person in the running ambulance.

In order to solve the problem, the survey was conducted at first to clarify the disturbance by the noises. Then the anti-noise electronic stethoscope was devised as a trial to decrease the disturbance and the performance test was made thereafter.

The findings were as follows.

- 1 The noises from the siren, the engine and the heater in the ambulance adversely affected the paramedic's observation when he used a stethoscope.
- 2 It was very difficult for the paramedic to listen to the heart sounds and the Korotkoff sounds when he used the existing stethoscope in the running ambulance.
- 3 The electronic stethoscope could catch the noises of 600 Hz or less which included the heart sounds and the Korotkoff sounds, but it shut off the higher noises.
- 4 The anti-noise electronic stethoscope was far superior to the existing model in the audibility and the sensible volume.

1 はじめに

当庁では、救急処置の拡大に伴い、平成3年9月から傷病者の観察用として聴診器が用いられている。このことにより、活動のうえで大きな成果をあげている反面、サイレン音やエンジン音などが影響して、聴診器を用いた観察（以下「聴診」という。）が難しいときがあるとの声も現場からあがっていた。

これを踏まえ、適正な傷病者観察に資するための研究・開発の視点から、第一段階として高規格救急車（以

下「高規格車」という。）内のサイレン音等の障害音（以下「障害音」という。）の実態について調査した結果、「障害音のある環境下でも容易かつ適正な聴診が可能な聴診器の開発」の必要性が示唆された。

第二段階として、第一段階で示唆されたことにもとづき、防音装置付電子式聴診器を試作し、実用に適する性能を有しているか調査した。

以上の調査により、障害音のある環境下でも有効な聴診が可能な、高性能聴診器の実用化に向けて有効なデータが得られたので、その結果について報告する。

2 調査結果

- (1) 聴診器を用いた観察行為に影響を及ぼす音の調査結果

*第一研究室 **第四研修室 ***本所消防署

まず、現場の実情を把握するため、高規格車の騒音について次の調査を行った。

- ・高規格車内の各種音について
- ・高規格車内での血圧測定について

ア 調査実施日、対象救急隊等

- (ア) 平成6年2月8日 杉並消防署永福救急隊
トヨタ製高規格車（以下「トヨタ車」という。）
ガソリンエンジン搭載写真1参照
- (イ) 平成6年2月9日 西新井消防署上沼田救急隊
日産製高規格車（以下「日産車」という。）
ディーゼルエンジン搭載写真2参照
- (ウ) 平成6年2月18日 玉川消防署玉川救急隊
ベンツ製高規格車（以下「ベンツ車」という。）
ディーゼルエンジン搭載写真3参照

イ 調査場所

前アの各消防署所の出場区域

ウ 調査方法

(ア) 普通運転時の調査

騒音計やビデオカメラなどを高規格車内に設定し、一般道路での普通運転時に、車内の各種騒音を測定

するとともに、その状況をビデオカメラで記録撮影した。

調査状況及び測定器の設定状況は、写真4、5のとおりである。



写真3 ベンツ車



写真1 トヨタ車



写真2 日産車



写真4 調査状況

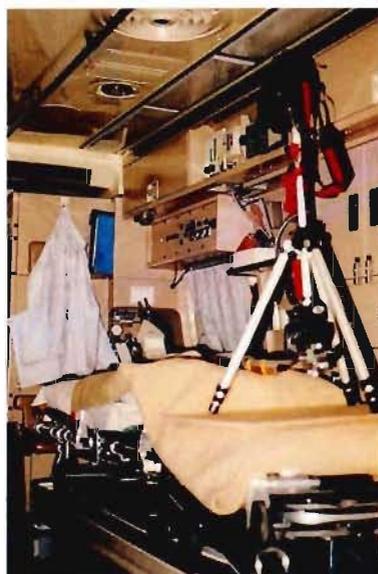


写真5 測定器の設定状況

(イ) 救急出場時の調査

前(ア)と同様の調査準備を行い、出場指令が発せられると同時に救急隊員とともに高規格車に乗車し、騒音の測定を開始した。また、救急現場に到着するまでの間に、救急隊員は測定員の血圧測定を行った。

エ 結果及び考察

(ア) 普通運転時の音圧

一般道路走行時の高規格車内の聴取音圧の状況は表1のとおりである。

表1 普通運転時の音圧

騒音内容		トヨタ車	日産車	ベンツ
停車中	アイドリング	約45dB	約54dB	約54dB
	アイドリング 暖房・ 換気運転*	約59dB	約62dB	約69dB
走行中	時速40km	約58dB	約63dB	約65dB
	時速40km、 暖房・ 換気運転*	約61dB	約64dB	
	時速20km、 暖房・ 換気運転*	約64dB	約65dB	
加速時	**	約65dB	約75dB	約70dB

* 暖房・換気運転のレベルは、最大とした。

** 各高規格車の加速時のエンジン回転数は一様ではなかった。

a エンジン音について

アイドリング中の音圧は、トヨタ車が約45dB、日産及びベンツ車が約54dBであった。また、時速40km走行時（暖房や換気運転は停止している。）の音圧は、トヨタ車が約58dB、日産約63dB及びベンツ車が約65dBであった。トヨタ車が他の高規格車に比べ音圧が小さいのは、エンジンの燃焼方式の相違によるもので、ガソリンエンジン車に比べると、ディーゼルエンジン車の音圧は大きい。

b 暖房及び換気運転音について

暖房及び換気運転の音圧についてみると、表2のとおりである。（日産車）

表2 暖房及び換気運転の音圧（日産車）

暖房装置		換気装置	
運転強度	騒音値	運転強度	騒音値
強	約62dB	強	約62dB
普	約54dB	普	約57dB
弱	約43dB	弱	約55dB

暖房運転の音圧は、弱レベルで約43dB、強レベルで約62dBであった。

換気運転の音圧は、弱レベルで約55dB、強レベルで約62dBであった。

暖房運転強度の「強」と「弱」とでは、20dBに近い音圧差がみられた。

また、走行中の暖房や換気運転音圧は表1のとおりであり、時速40kmで走行時、トヨタ車が約61dB、日産車が約64dBであった。

以上の結果から、暖房及び換気運転音圧は、運転強度によってかなり大きな差が生じるといえ、暖房及び換気運転レベルを抑えることにより相当の音圧減衰が期待できる。

(イ) 救急出場運転時の騒音

救急現場へ向かう高規格車内の聴取音圧の状況は表3のとおりである。

表3 救急出場時の音圧

騒音内容	トヨタ車	日産車	ベンツ車
時速40km/h走行時 電子サイレン	約76dB	約76dB	約76dB
減速時 電子サイレン モーターサイレン*	約78dB	約82dB	
減速時 電子サイレン 拡声音		約83dB	約80dB

* トヨタ車のモーターサイレンのレベルは最大ではない。電子サイレンのレベルは最大にして測定した。最小レベルの場合、3dBほど減衰する。

救急出場走行時における主な聴取音は、電子サイレン音やモーターサイレン音、拡声音などである。

a 電子サイレン音について

表1で示したとおり、時速40kmの普通運転時の車内音圧は、トヨタ車が58dB、日産が約63dB及びベンツ車が約65dBとなっているが、同速度で電子サイレンを鳴動させると、各高規格車とも約76dBへと増幅した。また、音量レベルは、最小にすると、3dBほど減衰した。

電子サイレンは、鳴動時間や音圧からみて聴診に最も影響を及ぼしているといえる。

b モーターサイレン音について

交差点や人込みなどに近付くと車両は安全のため減速し、電子サイレンとともに、モーターサイレンも鳴動させている状況がみられた。このときの音圧は、トヨタ車が約78dB、日産車が約82dBであった。これは、音量レベルの違いによるものであった。

モーターサイレンの音圧は、電子サイレンの音圧より若干大きかった。また、モーター回転数により音圧は、約4dB増減がみられた。したがってモーターサイレンは、回転数を調節することにより音圧を若干減衰することが可能である。

c 拡声音について

拡声器の音圧は、モーターサイレンの音圧に比べ瞬間的ではあるが若干大きかった。

拡声機は、モーターサイレンと同様に交差点などで一時的に使用しており、使用時間は短い。しかし、音圧は相当大きくなるので、言葉を選びタイミング良く使用することで、発生音を減少させることができる。

d 走行中の振動による音について

路面の悪さなどにより機器が接触する「ガタガタ」音は、相当大きな音圧となっており、聴診を難しくさせている。

したがって、ストレッチャーなどの機器の固定を改善すれば、接触音の減少も期待できる。

- (v) 測定員等が被験者となり、血圧測定を行った結果、救急隊員は「神経を集中させればなんとか測定できるが、収縮期血圧の開始点や拡張期血圧はとらえ難かった。また、傷病者のコロトコフ音が小さい場合は測定が難しいだろう。」と述べていた。

サイレン音の中で聴診できたのは、聴診器の耳チップが外耳道をふさぎ遮音したためと考えられる。

(2) 防音装置付電子式聴診器の性能調査結果

前(1)の結果からわかるように、救急車両内には、聴診に影響を及ぼす多数の要因が存在している。適正な傷病者観察を行うためには、このような環境下にあっても、有効に聴診できる資器材の開発が急務である。このことから、防音装置付電子式聴診器を試作し、実用化に向けての性能調査を行った。

ア 調査概要

出場中の救急車内で防音装置付電子式聴診器（以下「防音電子式聴診器」という。）、防音装置を取り除いた電子式聴診器、従来型聴診器の3種を比較しそれぞれの性能を明らかにした。

イ 使用聴診器

(ア) 防音電子式聴診器

電子式聴診器と、防音装置（イアマフ）（以下「防音装置」という。）を一体として使用する。

(イ) 電子式聴診器

前(ア)の防音装置は使用せず、電子式聴診器のみを使用する。

(ウ) 従来型聴診器

従来から一般に使用されている聴診器を使用する。

ウ 電子式聴診器及び防音装置の概要

(ア) 電子式聴診器の主な構成部品と外観

主な構成部品は、集音用に作られた集音マイク内蔵チェストピース、集音した音を増幅するとともに雑音を除去する本体、音を聴取するイヤホンである。外観は写真6のとおりである。

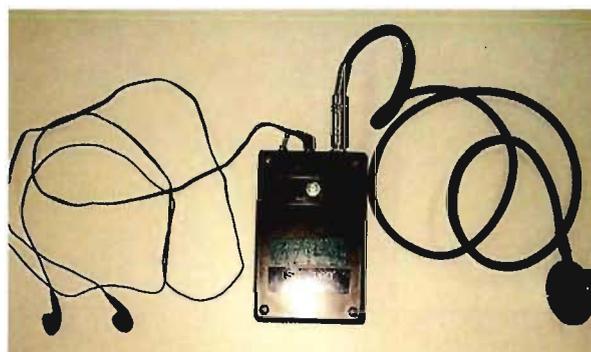


写真6 電子式聴診器の外観

(イ) 電子式聴診器の機能

a 集音

チェストピースに内蔵されたマイクロホンにより集音される。これには、呼吸音、心音及び血圧測定時に聴取するコロトコフ音（以下「呼吸音等」という。）をとらえ易く、電子サイレンなどのような音は遮るフィルターが取り付けられている。

b 音の増幅

前(ア)のマイクで集められた音は、本体部の音量調節ボタンにより、適当な音量に増幅調節できる。

(ウ) 防音装置の構成と外観

防音装置は、耳当て部分はプラスチックでできており、内側にはスポンジや脱脂綿で防音措置がされている市販の防音保護具を用いている。

外観は写真7のとおりである。



写真7 防音装置の外観

エ 調査内容

- (ア) 防音装置の遮音効果について
- (イ) 電子式聴診器の集音特性について
- (ウ) サイレン音等の鳴る環境下での防音電子式聴診器、電子式聴診器及び従来型聴診器（以下「各種聴診器」という。）の聞こえ方の相違について

オ 実施期間

- (ア) 前エ(ア)及び(イ)の調査
平成7年2月3日及び13日
- (イ) 前(ウ)の調査
平成7年2月20日から24日及び27日

カ 実施場所

前エ(ア)及び(イ)は、第四研究室医学実験室、前エ(ウ)は杉並消防署永福出張所及び玉川消防署本署で実施した。

キ 実施方法

- (ア) 防音装置の遮音効果について
防音装置の遮音効果の測定は、次の2種類の音源からの出力を、防音装置で覆った騒音計のセンサーから騒音計本体、周波数分析器へと、入力して行った。
a カセットレコーダーから電子サイレン音等の再生音（カセットレコーダーのボリュームで騒音計の音圧が80dB程度となるようにした。）を出力した。
b 雑音発生装置で、白色雑音及び純音を出力した。
- (イ) 電子式聴診器の集音特性について
集音特性の測定は、前述の雑音発生器の出力音を電子式聴診器で集音し、その出力を周波数分析器へ入力して行った。なお、前(ア)で使用した実験室の概要並びにカセットレコーダ、雑音発生器及び騒音計の配置状況は図1のとおりである。また、発泡スチロール製人形への騒音計センサー及び防音装置の取り付け状況は、写真8、9のとおりである。

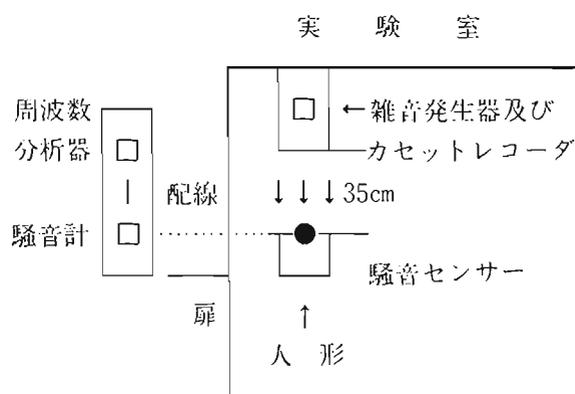


図1 実験室及び機器の配置状況

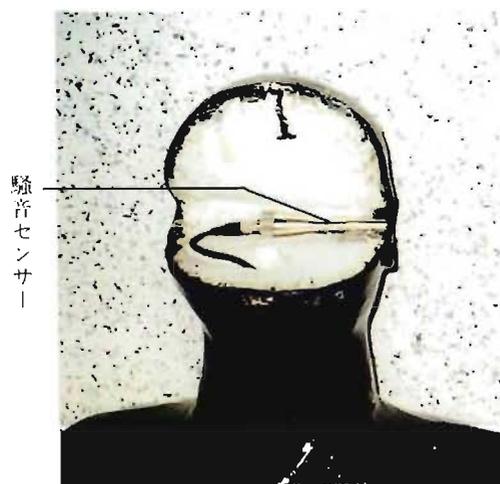


写真8 騒音センサーの取付け状況



写真9 防音装置の取付け状況

- (ウ) 各種聴診器の聞こえ方の相違について
 - a 測定者
各部で指定された救急救命士6名
 - b 測定内容
研究員を被験者として呼吸音等の聞こえ方について各聴診器を比較した。

c 測定場所

車庫内に待機している救急車及び出場中の救急車内。

d 測定環境

(a) 待機中の測定

車内に設置したカセットレコーダから、救急救命士の耳元で80dBとなるように録音した電子音等を出し、呼吸音等を測定した。その測定状況は、写真10のとおりである。

(b) 救急出場中の測定

署所から救急現場までの救急車内で、前述と同様の測定を行った。



写真10 待機中の測定状況

ク 測定結果と考察

(ア) 防音装置の遮音効果について

防音装置で遮音した場合と、しない場合の遮音効果は、図2のとおりである。

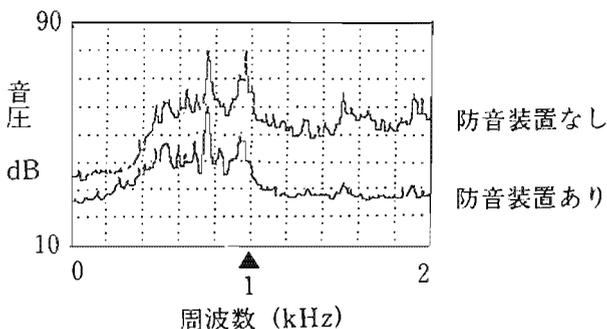


図2 防音具による遮音効果

電子サイレン音は、周波数800Hz及び1000Hz近くの箇所に現れており、防音装置の使用により20から30dB減衰している状況がみられる。

防音装置は、電子サイレン音を顕著に減衰させており、遮音効果は高いといえる。

a 防音装置の特定音域遮音状況

電子サイレン音に近い周波数800Hzの純音（単一の周波数）で出力した時の防音装置の遮音状況等は図3、4のとおりである。前(ア)と同様、電子サイレン音以外の純音でも800Hzの音に対し防音装置は高い遮音効果が認められる。

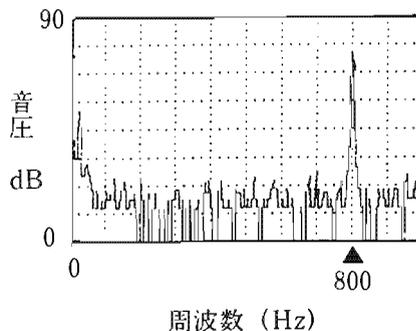


図3 雑音の状況(800Hz前後)

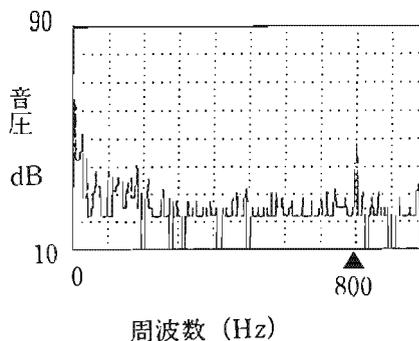


図4 防音の状況(800Hz前後)

b 防音装置の遮音特性

雑音発生器で周波数0から2000Hzまでの白色雑音（全ての周波数の音を均一に含んでいる。）を50から60dBの音圧で出力時の防音装置による遮音状況等は、図5、6のとおりである。

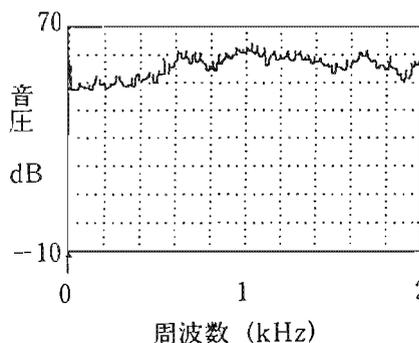


図5 雑音の状況(0~2000Hz)

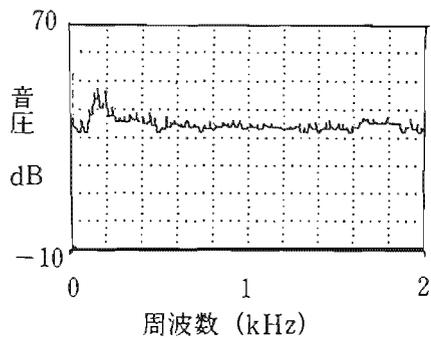


図6 防音の状況(0~2000Hz)

防音装置の使用により白色雑音は、200Hz近くでは45dB程度、その他の音域では35dB程度まで減衰している。

このように、防音装置は、純音、白色雑音にかかわらず高音に対して高い遮音性能を有する特性がみられる。

(イ) 電子式聴診器の集音特性について

雑音発生器により、周波数0から2000Hzまでの白色雑音を出力した場合、電子式聴診器の集音状況は図7のとおりである。

200Hzから音圧は徐々に降下し始め、1200Hzで底を突き、その状況は2000Hzまで続いている。このように、電子式聴診器は、600Hz以上の音はほぼ遮音している。

したがって、400Hz以下といわれている心音及びコロトコフ音はとらえ、800から1000Hzの電子サイレン音などは遮音する特性を示している。

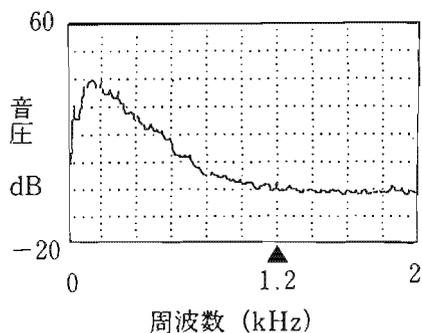


図7 電子式聴診器の集音

(ウ) 各種聴診器の聞こえ方の相違について

a 待機中の救急車内における聞こえ方について

待機中の救急車内で、各種聴診器を用いて、呼吸音等の聞こえ易さや音量について点数評価した。

「聞こえにくい」や「聞こえない」を0点、「非常によく聞こえる」や「非常に大きな音で聞こえる」を100点とし、聴診した救急救命士に感じたところを

点数表示させた。

表4、5、6、7は、6名の測定者の点数を平均して示したものである。

表4 待機中の聞こえ易さ及び音量(呼吸音)

	聞こえ易さ	音量	合計
防音電子式聴診器	80点	78点	158点
電子式聴診器	69点	69点	138点
従来型聴診器	35点	37点	72点

表5 待機中の聞こえ易さ及び音量(心音)

	聞こえ易さ	音量	合計
防音電子式聴診器	78点	81点	159点
電子式聴診器	68点	74点	142点
従来型聴診器	44点	41点	85点

表6 待機中の聞こえ易さ及び音量

(コロトコフ音)

	聞こえ易さ	音量	合計
防音電子式聴診器	81点	79点	160点
電子式聴診器	66点	68点	134点
従来型聴診器	51点	43点	94点

表7 待機中の聞こえ易さ及び音量の総合計

(呼吸音+心音+コロトコフ音)

	聞こえ易さ及び音量の総合計
防音電子式聴診器	477点
電子式聴診器	414点
従来型聴診器	251点

総合計で見ると、防音電子式聴診器が最も高く477点、次いで電子式聴診器が414点、従来型聴診器251点となっている。

待機中における実験では、防音電子式聴診器が従来型聴診器に比べ圧倒的に優れた結果となっている。

b 出場中の各種聴診器の聞こえ方の相違について
前アと動揺の聞こえ方についての平均点数は表8、9、10、11のとおりである。

表8 出場中の聞こえ易さ及び音量（呼吸音）

	聞こえ易さ	音 量	合 計
防音電子式聴診器	96点	96点	192点
電子式聴診器	86点	86点	172点
従来型聴診器	55点	68点	123点

表9 出場中の聞こえ易さ及び音量（心音）

	聞こえ易さ	音 量	合 計
防音電子式聴診器	55点	55点	110点
電子式聴診器	38点	34点	72点
従来型聴診器	17点	12点	29点

表10 出場中の聞こえ易さ及び音量
（コロトコフ音）

	聞こえ易さ	音 量	合 計
防音電子式聴診器	72点	75点	147点
電子式聴診器	52点	54点	106点
従来型聴診器	29点	27点	56点

表11 出場中の聞こえ易さ及び音量の総合計
（呼吸音+心音+コロトコフ音）

	聞こえ易さ及び音量の総合計点
防音電子式聴診器	449点
電子式聴診器	350点
従来型聴診器	208点

総合計でみると、防音電子式聴診器が最も高く449点、次いで電子式聴診器が350点、従来型聴診器208点となっており、待機中と同様に防音電子式聴診器は、従来型聴診器に比べ圧倒的に高い評価となっている。

また、待機中における評価に比べ、走行中は車両の振動が加わったため、全体的に聞こえ方は悪くなっており若干低い評価となっている。

ケ 防音電子式聴診器等に対する意見、要望

- ・ イアホンが耳にフィットしない。
- ・ イアホンコードが絡んで邪魔になる。

- ・ 車両の振動が激しくなったとき、電子式聴診器は、心音等以外の低音雑音も拾っている。
- ・ 耳当て部分を従来型聴診器の耳当て部分のように換えられないか。
- ・ イアホンをヘッドホンタイプに換えられないか。
- ・ 周波数に切替えができれば、必要により高音も集音し増幅できる。
- ・ 音がクリアーに聞こえるので、是非開発してほしい。
- ・ 従来型聴診器に防音装置を付けられないか。

3 まとめ

(1) 聴診器を用いた観察行為に影響を及ぼす音の調査結果

ア 聴診に支障となる主な音は、次のとおりである。

（ア） エンジンの音圧は、燃焼方式の違いにより大きな違いがみられた。しかし、音圧の大きいディーゼルエンジン車でも、約65dB（時速40km走行時、ベンツ車）程度にとどまっていた。

（イ） 電子サイレン音は、各高規格車とも約76dBの音圧に達していることや使用時間からみて、聴診障害の主たる音であった。このサイレン音は、音量レベルを最小にすると3dBほど減衰する。

（ウ） モーターサイレンの音圧は、約82dBに達しているが、音量レベルを抑えることにより約4dB程度減衰できる。また、拡声機も、使用の回数を必要最小限度にとどめることにより障害音を減少できる。

（エ） 暖房運転は、レベルを「強」にすると音圧が約62dBに達するが、運転レベルを「弱」まで抑えると20dB近くまで減衰する。また、換気運転も暖房と同様、「強」運転時、約62dBに達するので、状況をみて一時運転を弱めるなどすれば障害音を減少できる。

イ 救急出場時の血圧測定では、収縮期血圧の開始音や拡張期血圧音が聞き取り難い結果となっていた。また、傷病者の血圧音が微弱である場合も測定が難しいと考えられる。したがって、障害音の除去のために現時点でできる対応としては、サイレンの音量を抑制する、暖房や換気運転を抑制することなどが考えられるが十分ではない。

(2) 防音装置付電子式聴診器の性能調査結果

ア 防音装置は、200Hzを超える高音を遮る特徴がある。

イ 電子式聴診器は、心音、コロトコフ音など600Hz以下の音をとらえ、それより高い音を遮音する。

ウ 防音電子式聴診器は、従来型聴診器に比して呼吸音等の聞き易さや音量の感覚面で圧倒的に優れている。

エ 電子式聴診器には、イヤホンのフィット感に欠ける、イヤホンコードが絡むなど今後改善すべき点が見られる。

(3) 防音電子式聴診器の改善と研究課題

防音電子式聴診器は、サイレンや走行騒音下で活動する救急救命士の専用資器材として高い発展性を有しており、今後より使い易く、機能的に改善させ適正な傷病者観察に資することが求められる。具体的には、次のようなものがあげられる。

ア 音量の増幅などをする本体部の小型化及び軽量化による使い易さの向上

イ 集音マイクの取付け位置の変更による雑音の減少

ウ イヤホンを防音装置内に取り付けることによる使い易さの向上

エ 増幅音の拡大と音量ボタンの取付けによる聞き取り易さの向上

オ 周波数選択装置の取付けによる、聴取可能音域の拡大