

『新しい可伸展型ダイアフラム聴診器と聴診技術向上のための自己評価法』

高階経和*、村竹虎和**、藤木清志***

要 旨

【背景】本研究は新しい発想に基づくもので、シリコン膜を振動板とした「新しい可伸展型ダイアフラム聴診器」(New Extensible Diaphragm Stethoscope :NEDS)の開発を試みました。2016 年、高階ら*は既存のシングル・ヘッドのサスペンデッド型ダイアフラム聴診器 (Suspended Diaphragm Stethoscope (SDS)の性能を超える聴診器を開発しました¹⁾。その報告の中で、EDS は SDS よりも低周波域における心音(S3, S4)の聴診に優れている事を指摘しました。

今回は更にダイアフラムを改良することで EDS よりも性能を向上させることを試みました。そして EDS と NEDS を比較した際、何れが低周波域(60Hz 以下)において性能が優れているかの検討を、第 1 段階と第 2 段階に分けて行いました。

【方法と結果】第 1 段階では、今回は、膜面をシリコンに替えた NEDS と EDS との①周波数測定及び、②「音響スペクトラム解析」による比較研究を行いました。その結果、NEDS は EDS よりも 50Hz 以下の低周波域において優れていることが明らかとなりました。

第 2 段階では、特に聴診上重要な低周波域の心音 (S3、S4) の聴診技術向上のため、S3(左室への急流入音)と S4 (左房収縮音)を聴く新しい研修方法を開発しました。S3 および S4 の音量をウェブ上で徐々に下げていきます。その際、心音図を同時に目視することが出来る様にしたので、聴診器で S3, S4 が聴こえなくなった点が、どの時点か自分自身で確認することができます。

【結論】①NEDS は EDS よりも低周波域の聴診に優れていました。②またウェブ上で音量を徐々に減少させる「低周波域の S3、S4 聴き取る独自の聴診技術向上法」を開発しました。

* (公社) 臨床心臓病学教育研究会理事長 (大阪府大阪市)

** ケンツメディコ(株) 研究開発部長 (埼玉県本庄市)

*** (株) テレメディカ 代表取締役社長 (神奈川県横浜市)

本文

1816 年にラエネック(Rene T. Laënnec)が聴診器を発明して以来²⁾、様々な材質、形状の聴診器が使われてきました。約 35 年前から Littmann 型のサスペンデッド型聴診器(suspended diaphragm stethoscope : SDS) が広く普及してきました。しかし SDS が低周波域から高周波域までの心音や心雑音を明確に聴取できない点に関し、賛否の意見が聞かれる様になりました^{3),4),5),6),7),8)}。

本研究は全く新しい発想に基づくもので、シリコン膜を振動板として使った「新しい可伸展型ダイアフラム聴診器」NEDS と、2016 年に報告された可伸展型ダイアフラム聴診器(EDS) とを低周波域(60Hz 以下)において比較し、どちらが優れているかを検証し（第 1 段階）、低周波領域聴診技術習得に関する研修法開発（第 2 段階）を行いました。

【方法と結果】

第 1 段階

最初に「伸展型ダイアフラム聴診器」(extensible diaphragm stethoscope) EDS を開発しようと考えた理由は、文献では、従来のベル面や膜面聴診器では低周波域の心音(S3, S4)をカットせず、高周波域に亘って聴診できるものが無かったからです。或る医師は現在でもベル型が、低周波心音の聴診には必要であると考えています。また循環器専門医で「既に聴診器は不要だ」という極端な意見を主張した人がいます⁹⁾。果たしてそうでしょうか？ この問題を解決するために、高階*はシングル・チェストピースでも低周波域の心音・心雑音を聴く事が出来る聴診器を創ろうと試みました。その結果、2016 年に開発されたのが、EDS¹⁾です。

しかし、高階*は更に聴診器の性能を高めるために、ダイアフラムの改良を試みました。今回使用したチェストピース本体は、EDS と同じ仕様で、内径 50mm、厚さ 10mm のステンレス製チェストピースで、外側から 1mm 内側部分に 1mm の高さの 3 角形のリングを具備しています。外側のプラスチック・リングの幅は 2mm(外径=OD:54mm)です。そして振動板部分を引張性、温度や薬品に対する耐久性に優れたシリコン・ダイアフラム(silicone diaphragm : 内径=ID:50mm、厚さ=1.0mm) に変更しました。シリコン・ダイアフラムは外側のプラスチックカバーを時計軸方向に回転し締めるに従って、螺旋状の溝でダイアフラムに 2 方向の引張力が加わり、徐々に中央部分が円弧上に挙上します。これによりシリコン板の振動が増加した結果、音量・音質共に EDS より優れた聴診器となりました。Figure 1 はその構造を示します。

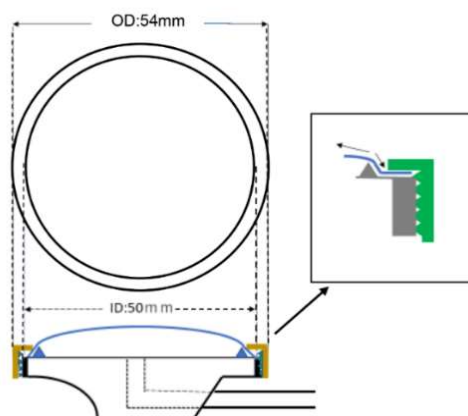


Figure 1. NEDS の構造を示す断面図

次に村竹**が行った周波数分析は、①シリコン膜(厚さ:1.0mm, ID:50mm)の膜面と、②現在使われている EDS を使い、其々のチェストピースに、200 g (点線)と 400g(実線)のウェイトを載せて周波数測定器(Frequency Response Analyzer)を 5 回のテストを行いました。このグラフはその平均値を表しています

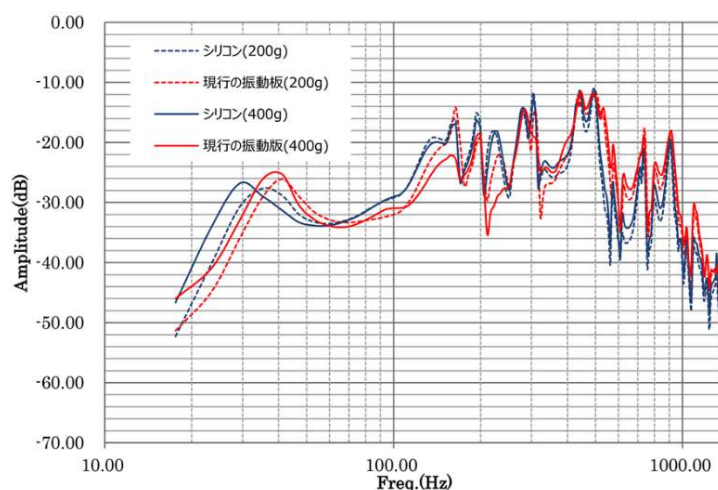


Figure 2. この NEDS を使用し、現行の EDS と比較し、低周波域(50Hz 以下)における心音 (S3, S4) の聴診周波数分析を村竹**が行ったところ、NEDS が EDS よりも 優れていることが分かりました

Figure 2. の曲線グラフで示されているのは、EDS(現行のもの:青色)と、NEDS(シリコン膜面:赤色)を具備した周波数測定器の上に置き、聴診に際し検者が手の圧を変えて聴診する様に、其々チェストピースの上に 200g と、400g のウェイトを載せることで、圧(重さ)を変えて周波数測定を行った結果、NEDS と EDS では低周波域(50Hz 以下)で明らかに差が見られました。他方 100Hz 以上では両者に差は見られませんでした。

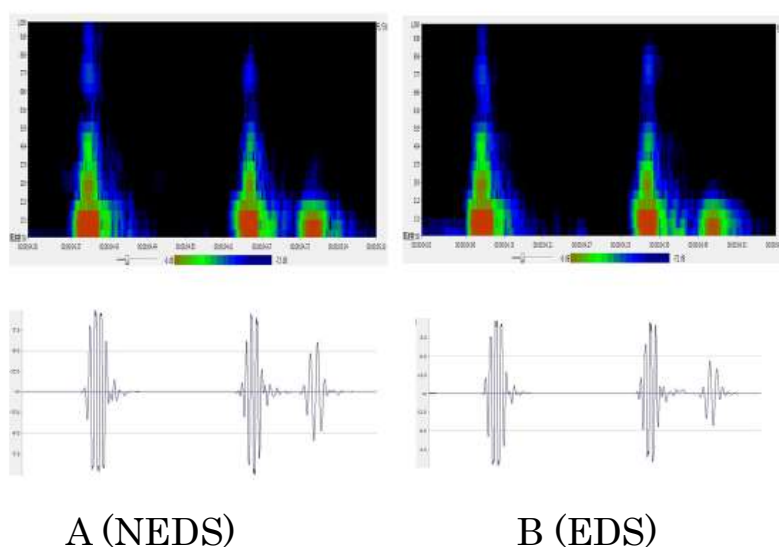
臨床現場で最も聴診器の性能について議論されるのは、心音や心雑音の音量と音質であり、その問題を解決するため、藤木***は「聴診識別訓練器及び聴診音識別訓練システム」(特許 No.6328223 : 2019) ¹⁰⁾を使用し、この訓練装置(“Kikuzo” : Telemedica, Japan)の振動板上に聴診器チェスピースをおき、高階*と共同開発した聴診訓練用ソフト「オースカレイド」(Auscultaide)から発信される心音を記録し、これを基準音としました。

聴診上、重要と考えられている低周波域の心音・S3(拡張早期に聴かれる急速流入音)と、S4(拡張後期に聴かれる左房収縮音)もこの方法で採取可能となりました。

聴診器の性能を評価できる新しい方法：

従来から行われてきた聴診器の音響特性試験とは、周波数特性を調べることであり「音質」(音色)や「音圧」(音量)を調べる試験は行われていませんでした。

2019年12月に高階*が循環器専門ナースに対して、NEDS と EDS とを無作為に "Kikuzo" で聴かせたところ、44名中42名(95.45%)が「NEDSはEDSより音量も大きく、響きと深みのある心音に聴こえる」というコメントをしました。聴診器の性能の優劣は100Hz以下の心音や心雑音を明瞭に聴く事が出来るかによって評価されます。既にFigure 2. においてそれが示されていますが、100Hz以上では従来の聴診器もEDSも殆ど差は見られないと村竹**は指摘しています。そこで別のパラメータとして、藤木***が音響スペクトル解析 (Sound Forge Pro12, Germany) を行いました。音響スペクトラム解析では、PCGにより記録されるS3, S4の2次元的な心音振幅周波数を、音質・音量(音圧)の両面からを可視化することができます。そこで低周波域においてNEDSを通して記録されたS3と、EDSで記録されたS3に違いがあるかどうかを知るため、予備テストを行いました。その結果が、PreTest-A & Bに示されています。



PreTest. 上段：スペクトラム解析です。AはNEDS、BはEDSによって記録されたS3を表しています。S1, S2には殆ど差は見られませんが、S3ではNEDSの方がEDSに比べて赤色部分の面積が大きいことが分かりました。緑色は少し弱く、下段：PCGでも同じ結果が示されています。

この結果を受けて、Figure 3では1例として、カセットテープに記録された健常者の18歳の女性の心音を音響スペクトラムで解析しました。NEDSが低周波域においてS2, S3前後にランブリング音(rumbling sound)を捉えていることが明らかとなりました。これは健康な若いスポーツ選手などに聴かれることがあります。

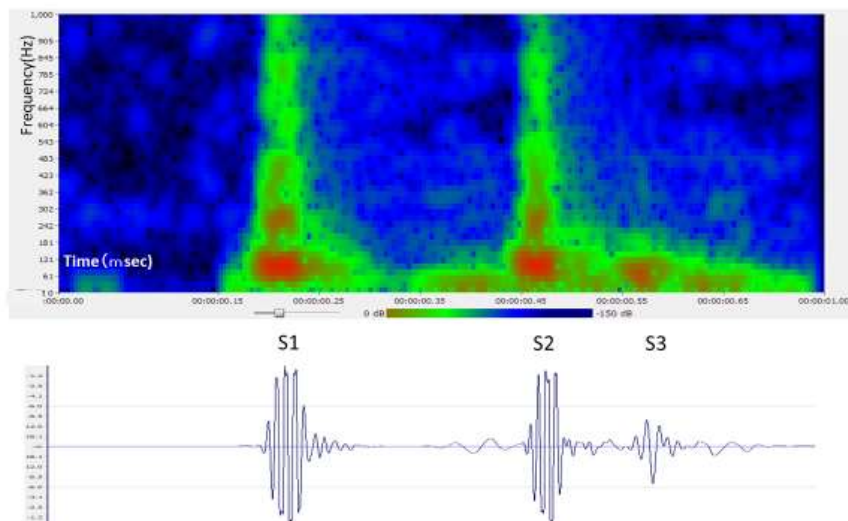


Figure 3 . The upper diagram shows an acoustic spectrum analysis(ASA) of S3 with PCG in lower diagram (of 18 y.o. healthy woman) .

Figure 3. 18歳健康者(女性)の心音をカセットテープに記録された NEDS の音響スペクトラム解析図と心音図¹¹⁾です。スペクトラム解析の縦軸は周波数、横軸は時間を表します。赤色部分が一番大きな音圧 (sound pressure) を表し、緑は音圧が弱く、青、黒は無音の状態を表しています。このスペクトラム解析図の赤色部分に注目すると、S1 は大きな周波数が 100Hz 以上に達しています。このようにスペクトラム解析図はこれまで心音図では表せなかった音質や響きを反映することができます。

もう 1 例の心音を取り上げてみました。それは S4 ギャロップを伴う心疾患で、心筋のコンプライアンス(compliance)が健康者の心筋に比べて低下 (心筋が硬くなっている) ため、拡張末期に左房が積極的に収縮しなければ、血液を左室に送り込むことが出来ないわけです。これはうっ血性心不全状態にある 55 歳の男性患者から記録された心音および心音図をもとに音響スペクトラム解析でみたものです。その結果、この患者は左室機能が低下しうっ血性心不全状態にある事を反映しています。

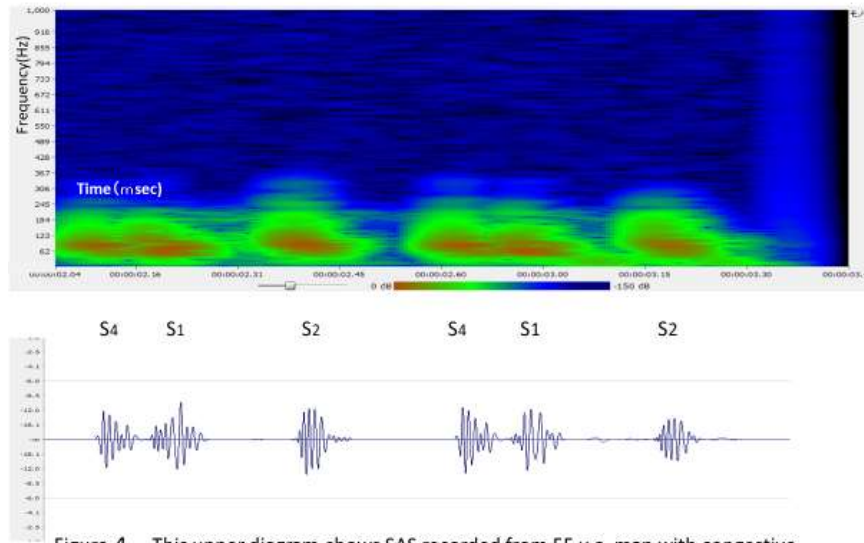


Figure 4. This upper diagram shows SAS recorded from 55 y.o. man with congestive heart failure and S4 gallop rhythm

Figure 4. これは 55 歳（男性）うっ血性心不全状態にある患者から記録された S4 ギャッロップ・リズムの音響スペクトラム解析図と心音図¹¹⁾です。上段は音響スペクトル解析図、下段に心音図を示しています。1 心拍目の S4, S1, S2 と 2 心拍目の S4, S1, S2 は、何れの周波数も 30Hz 以下であり、赤色部分や、緑色部分の広がりも S4, S1, S2 で殆ど変わりません。周波数は 30Hz 以下であり、赤色部分や、緑色部分の広がりも S4, S1, S2 で殆ど変わらないことは明らかに左室機能が低下し、心不全状態にある事を反映しています。

以上、Pretest と 2 つの症例結果から、この音響スペクトル解析による聴診器の性能評価法は、色調の変化などにより心音の特徴を詳細に知ることが出来、また PCG で表現されなかった音質(音色)や音量(音圧)の変化を知る方法だと考えられます。これによって聴診器の性能を評価できると共に、スペクトル解析のデータをデジタル化し、数値化することができるようになれば、心機能が正常に維持されているかどうかを容易に知ることができる医療機器としても応用できると考えられます。

第 2 段階

高階*は 1997 年、心臓病患者シミュレータ「イチロー」¹²⁾を開発し、現在このシミュレータは日本全国の大学医学部や、医科大学、看護大学を始め、世界各国の大学や、医療教育機関で医学教育に使われていますが、しかし研修希望者がこのシミュレータを任意に使用する事は困難です。そこで私*と藤木***はウェブ上で何時で

も聴診と触診が出来る「パーソナル・シミュレータ(Personal Simulator) 教育システムを開発しました。そこでこの教育システムについて紹介します。

最初に S3 音の聴診ですが、聴診訓練用ソフト「オースカレイド」(Auscultaide) から発信される心音を基準音としました。その基準音の音量を段階的に小さくすることで聴き取れる能力を自分で確認できるようにするのがこの教育システムです。S3 の音量は 150% から始まり 100%、70% と音量を徐々に下げ、最後は 10% まで聴く事が出来る様にしました。一般に聴覚は大きな心雑音の後に小さな音を聴くと、直後の音を識別するのは困難です。そのため、低周波域の心音(S3、S4)を 150% から 100%、70%、50%、40% と次第の音量を下げていくと「S3 が聴こなくなった」「S1、S2 はまだ聴こえる」というポイントを確認することができます。研修者はタブレット、或いはスマートホンの画面上で、イヤーホーンや、ヘッドホーンを通して臨場感ある心音を聴く事ができ、各心音を聴取できなくなった時点が何%であったかが自分で確認できます。この訓練を繰り返すことで、聴診能力が向上します。この訓練方法を示したのが、Figure 5 です。

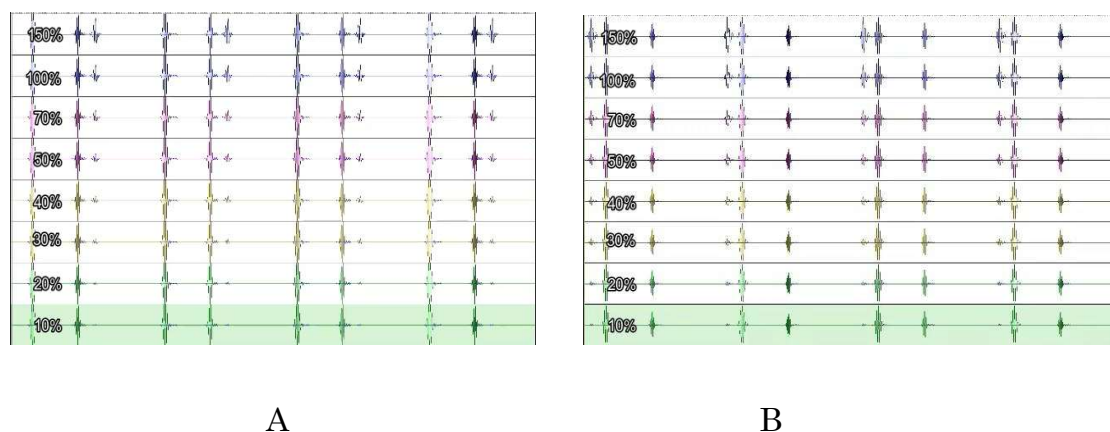


Figure 5. 音量を 150% から始め、最後は 10% まで音量を減少させ、それを心音図を見て確認することができる心音図動画です。A 図は S3 を、B 図は S4 を示しています。

このような聴診技術向上のための研修方法は今までにはありませんでした。冒頭にも述べましたが、新型コロナウイルスのパンデミックは、世界中の大学医学教育、或いは看護医学教育でこれまで行われてきた「蜜」を伴うシミュレータ実習、聴診実習を難しくしてしまいました。今後この聴診訓練システムは、心音・心雑音・肺音などの自己研修を何時どこでも可能にする方法として、医学教育に必要不可欠になるだろうと信じています。

【考 案】

過去 200 年間、聴診器は身体診察において重要な役割を果たしてきましたが、一方で診断上、検者側の能力により差が生じる点で不正確であることも指摘されてきました。最近の文献には聴診器の構造面や性能に関する研究は行われていません。電子聴診器の様に心音を電子的に増幅するのではなく、日常診療において使われている聴診器で、低周波域から高周波領域の心音心雑音を明瞭に聴取する事が出来たとすれば、それは理想的な聴診器だと言えます。電子聴診器では電子的な音量増幅により音質の変化やノイズ混入が、現在の技術では避けられないからです。

図 2 に示される様に S3 と S4 が聴かれるのは、低周波域（20Hz~60Hz）であり NEDS と EDS の周波数分析で顕著な差がある事を示し、更に S3、 S4 に対する音響スペクトラム解析で、NEDS は明らかに低周波域の聴診に優れていることが明らかになりました。

聴診器は単に医師のシンボルではなく、初診時の患者や、医師が患者に触れて診察することを期待している高齢患者に対して、医師と患者の信頼関係を築く上で不可欠な医療機器です¹³⁾。臨床診療において心音、呼吸音、腹音、そして胎児心音などの聴診所見は、NEDS によって把握することが容易になります。初心者にとっても、極めて価値ある聴診器になると期待されます。

この NEDS が EDS と同様、単に循環器や呼吸器の医療分野に留まらず各医学領域、獣医や、他の医用工学、音響工学などの科学分野においても、応用が期待される素晴らしい診断機器になると信じています。そして新たに開発された心音（S3, S4）の自己研修法は、心臓病患者シミュレータ¹²⁾と比較しても、個人のタブレット、或いはスマートホンからウェブにアクセスするだけで、何時、何処でも自己研修ができる優れたものであり、今後の医学教育にイノベーションをもたらすことを期待しています。

助成金：

共同研究開発に対する助成金はありません。

文 献：

1. Takashina, T., Shimizu, M., Muratake, T, and Mayuzumi, S. :New Stethoscope With Extensible Diaphragm. *Circ J*. 2016; **80**:2047-2049.
2. Edelman, ER. and Weber, BN.: Tenuous Tether. : *N Engl J Med*. 2015; **373**:2199-2201.
3. Richardson, TR. and Moody, JM Jr.: Bedside cardiac examination: constancy in the sea of changing. *Curr Probl Cardiol*. 2000; **25**:783-825.
4. Kelmenson, DA. et al.: Prototype electronic stethoscope vs. conventional stethoscope for auscultation of heart sounds. *J Med Eng Technol*. 2014; **38**:307-310.

5. Johnson, S.: Advantages and Disadvantages of a Stethoscope. “eHow” Web.at: <http://creationwiki.org/Stethoscope>. Accessed May 7, 2013.
6. Aguilar, C.: Electronic Stethoscopes-Advantages and Disadvantages. Ezine Articles. Web.at: [http://EzineArticles.com/expert/Carlos E Aguilar/1351954](http://EzineArticles.com/expert/Carlos_E_Aguilar/1351954). Accessed May 8, 2013.
7. Welsby, PD, and Parry, G., Smith, D.: The stethoscope: some preliminary investigation, *Postgrad Med J.* 2003; **79**: 695-698.
8. Grenier, MC., et al: Clinical comparison of acoustic and electronic stethoscopes and design of a new electronic stethoscope. *Am J Cardiol.* 1998; **81**:653-656.
9. Bernstein, L. : ”After 200 years, time to check the pulse of stethoscope” *The Washington Post*, January 8, 2016.
10. Harvey, W. P, and Canfield, D. C.: *Clinical Auscultation of The Cardio-Vascular System* 2nd ed.1997; Laënnec Publishing Inc. Tape No.5.
11. Fujiki, K.: *Auscultation Training Instrument and Auscultation Training System.* (Japan Patent: No.6328223 : 2018, April 27)
12. Takashina, T., Shimizu, M., Katayama, H.: A new cardiology patient simulator. *Cardiology* 1997,88:408-411.
13. Verghese, A. Improving communication with patients. *JAMA.* 2013; **310**: 2257-2258.

New Extensible Diaphragm Stethoscope and Self-Evaluation Method Improving Auscultation Skills

Tsunekazu Takashina, MD, PhD,*

Torakazu Muratake, BSc**

Fujiki Kiyosi, BSc, MBA. Pharm***

SUMMARY:

Background: This is a study of development of a new extensible diaphragm stethoscope (NEDS), that uses of one silicone membrane, instead of an extensible diaphragm stethoscope(EDS) previously reported¹⁾, is NEDS superior or not, in lower range (lower than 60Hz) of sound frequency.

Methods and Results: At the first stage of study, (A) sound frequency analysis of lower frequency sound (S3 and S4), and (B) acoustic spectrum analysis of S3 and S4 sounds (below 60Hz) was done, recorded by NEDS and EDS. As these results shown, NEDS is superior to capture the lower frequency heart sounds (S3 and S4) than EDS. At the second stage, authors emphasized that the most important thing of auscultation is capability to capture S3 and S4 in lower range of sound frequency. Two of the authors, developed a self-evaluation method of listening S3 and S4.

Conclusion: (1) NEDS is superior that EDS in the lower frequency (below 60Hz)
(2) A new self-evaluation method of auscultation was developed to capture lower frequency heart sounds such as S3 and S4,

Key Word: New Extensible Diaphragm Stethoscope: Self-evaluation method for auscultation

MAIN DOCUMENTS:

In 1816, a French physician, Rene T. Laënnec, invented the wooden stethoscope²⁾. After this, forms and materials of stethoscopes have been modified. Throughout years, product improvement continued.

In recent years, stethoscopes have gradually losing their significance as important diagnostic systems. And today, there is some controversy concerning the significance of the cardiac auscultation in various clinical settings^{3),4),5),6),7),8)}.

Even today, some of cardiologists and general physicians believe that the bell-shape stethoscope (BSS) is most suitable stethoscope for listening lower

frequency heart sound, such as S3 or S4. Also, some cardiologists claim that the stethoscope is no longer needed in clinical medicine⁹⁾. Furthermore, in order to solve this problem, Takashina* modified the diaphragm of EDS and made a new extensible diaphragm stethoscope (NEDS).

Methods and Results:

The first stage of study:

As authors reported previously¹⁾, a chest piece from stainless (50mm ID, 10mm in thickness) was made, with triangle shaped ring, 1mm inside from extended edge, on the chest piece. The silicone diaphragm (50 mm ID, 1.0mm in thickness) was placed on this extensive ring and covered by outside ring (54mm OD, shown in Figure 1.

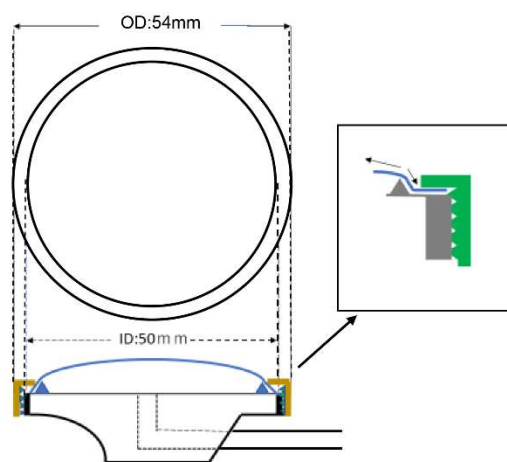
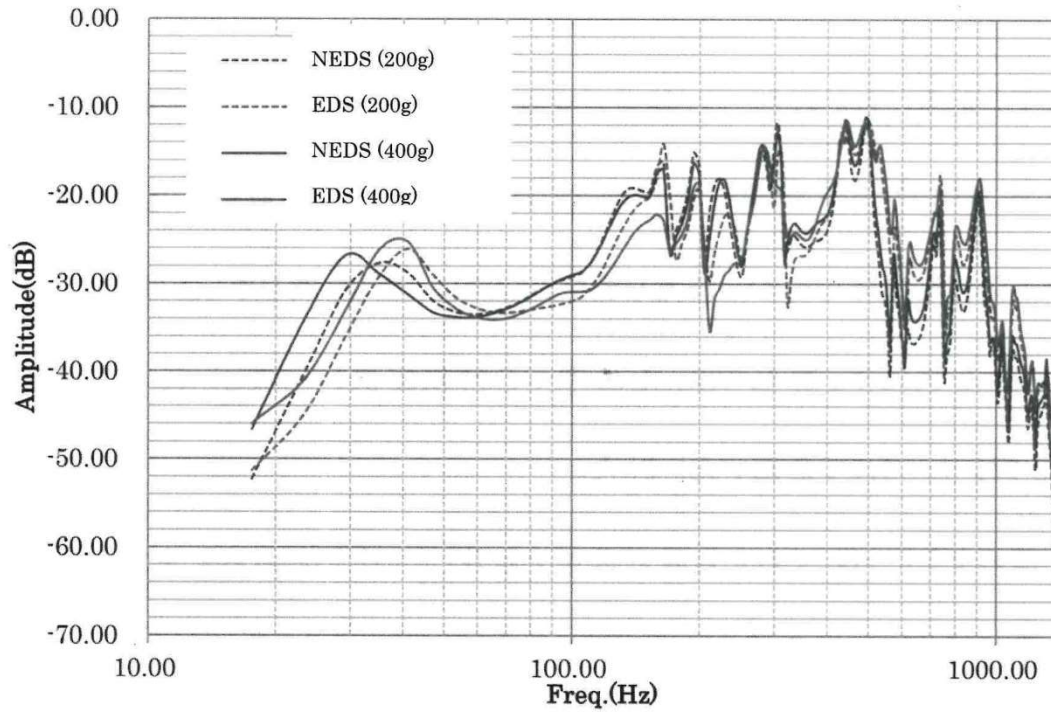


Figure 1. A partial cross section of NEDS. As shown in Figure 1, the silicone diaphragm's form fixed and the force was extended by tightening the lid with a spiral groove. By doing so, the whole portion of the diaphragm was lifted by 3mm (dome shaped), with 2 directional extension forces. Sound volume and clarity were further increased.

A sound frequency analysis of the silicone membrane (thickness: 1.0mm ID;50mm) (a) was performed by Muratake**, using Frequency Response Analyzer and (b) on each diaphragm of EDS and NEDS, 200g and 400g weight were added like a hand pressure. These results were shown in Figure 2. Dotted lines represent without weight. Analysis was repeated 5 times.

This result shows a difference of NEDS compared with EDS, in the lower frequency of heart sounds, such as S3 and S4 in Figure 2.



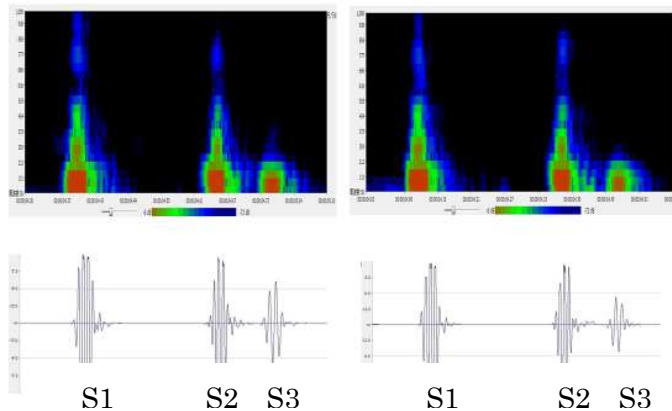
As shown in Figure 2, the capacity of NEDS and EDS are evaluated by capturing heart sounds below 100Hz. NEDS is superior than EDS by capturing Ss and S4 below frequency of 50Hz. As Muratake** pointed out, there was no big difference between NEDS and EDS above higher frequency of 100 Hz.

A New Method To Evaluate The Capacity Of a Stethoscope:

The conventional method to evaluate the capacity of stethoscope was only limited by sound frequency analysis, but not “sound quality” or “sound pressure” (volume).

A (NEDS)

B (EDS)



PreTest: A(NEDS) show a red portion is wider than B(EDS), reflecting sound S3 on PCG.

As a PreTest to evaluate the sound quality and pressure (volume) of S3 and between NEDS and EDS, Fujiki*** compared the result of S3 recorded by NEDS and EDS, which is shown in PreTest.

Fujiki** analyzed the recorded S3 and S4 from cassette tapes¹⁰⁾ through NEDS and EDS, by use of an acoustic spectrum analyzer (Sound Forge Pro12, Germany). The result was more than expected, the acoustic spectrum analysis showed NEDS was definitely superior than EDS, in the sound pressure

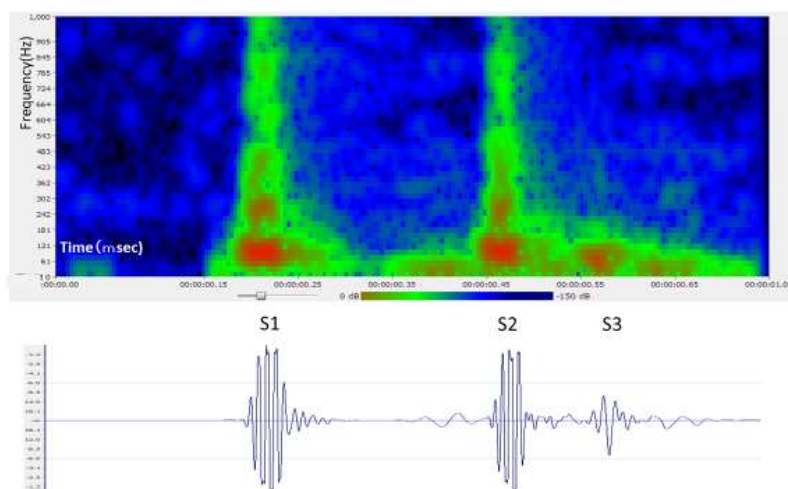


Figure 3 . The upper diagram shows an acoustic spectrum analysis(ASA) of S3 with PCG in lower diagram (of 18 y.o. healthy woman) .

as well as quality of S3 and S4 sounds. The results are shown in Figure 3 and Figure 4.

Figure 3. shows the acoustic spectrum analysis diagram. The vertical axis is sound frequency (Hz) and horizontal axis is time(mSec), and the lower diaphragm shows the tape recorded PCG of S1, S2, S3¹⁰, obtained from 18 y.o. healthy woman. The upper diagram shows red portion represents largest sound pressure and green portion is less pressure, and blue and black shows no sound audible through stethoscopes. This acoustic spectrum analysis diagram reflects LV function, which could not be shown by PCG. That is, the frequency of S1 reached above 100Hz, red portion reflects the sound pressure is quite high.

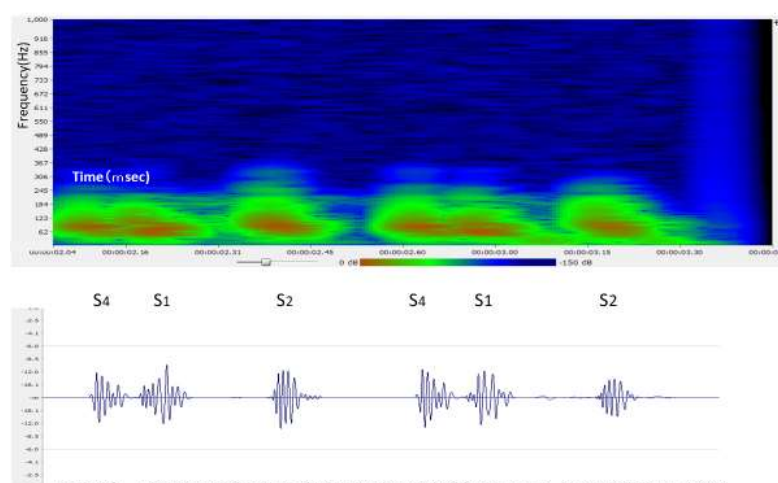


Figure 4. This upper diagram shows SAS recorded from 55 y.o. man with congestive heart failure and S4 gallop rhythm

Figure 4. showed acoustic spectrum analysis on 55 y.o. man in congestive heart failure, accompanied by S4 gallop rhythm.

This diagram shows the lower PCG reveals S4 gallop rhythm, and this the tape recorded PCG of S4, S1 and S2, obtained from 55 y.o. man in congestive heart failure. The upper diagram shows the first and second cardiac cycle of S4 gallop rhythm, which is revealed by the acoustic spectrum analysis. It is quite apparent that the frequency of S4, S1 and S2 is under 30Hz, with not much difference of red or green portion, reveals this patient was in poor LV cardiac function reflecting he was in the congestive heart failure.

Takashina* performed a double blind study on auscultation. He asked 44 cardiology training nurses listen S3 and S4, using NEDS and EDS alternatively, placed on the diaphragm of Kikuzo. Forty two out of 44 nurses (95.45%)

commented that NEDS is superior than EDS, from whole aspects of sound volume and quality.

In clinical venue, a frequently discussed matter is, which stethoscope is able to capture heart sounds more loudly, compared with the other. In order to solve this problem, Takashina* and Fujiki***, made a standard heart sounds, through “Auscultation Training System (“Kikuzo”; patented 2018 (No.63282223))¹¹⁾. By using this training system, we obtained basic heart sounds for auscultation training.

The Second Stage of Study:

Although authors focused on frequency and sound pressure differences of NEDS and EDS in the first stage, the second stage of study was focused on the significance how to improve the auscultation skill by a new self-learning device. Takashina* reported the cardiology patient simulator (Simulator “K”) in 1997¹¹⁾.

And now, the Simulator “K” is being widely used in many universities or educational institutions throughout the world. However, it is difficult to use the Simulator “K” personally, even they wish to use it. In the first stage of study, authors also claimed the significance of listening the lower frequency sounds (S3, and S4) for examiners. Takashina* and Fujiki***, developed a new self-learning device, as a “Personal Simulator”, to improve auscultation skills, on Web site. So that, you will able to use it at any time or anywhere.

Human auditory sense, it is difficult to distinguish a small sound, right after larger sound. As it was already mentioned in the text, authors have been looking for a new device, you can hear the lower frequency heart sound easily by oneself. And Takashina* and Fujiki*** developed a new self-training method listening S3 and S4 on Web site, at the same time, by watching phonocardiogram (PCG), until one is no longer capture S3 and S4, by gradual decrease (such as 150%, 100%, 70% to 10%) of heart sound volume.

Fujiki*** tested its efficacy of this device to confirm comments made by nurses when auscultation training course was done at JECCS center on Jan. 25th 2020. Some nurses commented, like “S3 is gone”, when they felt S3 no longer audible, which is shown on the diagram on Web-site, which is shown in Figure 5.

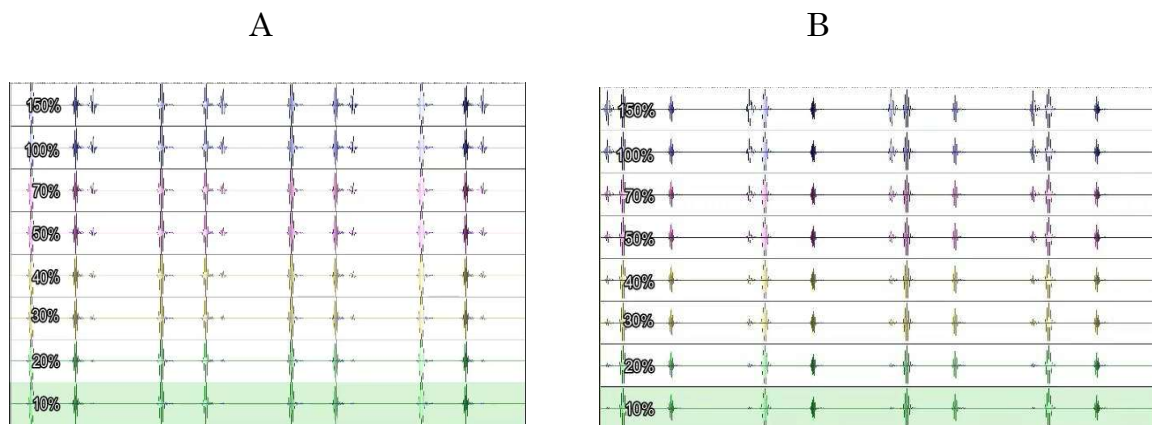


Figure 5. A self-learning training method of heart sounds (S3 and S4), in low frequency range. A shows S3 and B shows S4.

It is generally true that the human auditory sensor is difficult to recognize small sound, right after larger sound. However, one is able to recognize lower frequency sounds (S3 or S4), in certain level of sound volume. At the start point is 150% and gradually decreasing sound to 100%, 70% until 10%, as last point.

Some participants of the training course, commented, “S3 is gone” when they could not hear anymore, or “S1 and S2 are still audible. By repeating this training, participants are able to recognize, at what level of percent (%), they are no longer capture S3 or S4, by themselves.

Authors certainly believe that this self-learning method is an excellent method to improve auscultation skills, not only for beginners, but for experienced physicians, who are at the position of teaching auscultation to medical or nursing students at universities and medical colleges.

Discussions

In last 2 centuries, stethoscopes have provided many benefits for physical examination, however, there are also disadvantages and inaccuracies¹²⁾. In the past few decades, it has generally been considered that mechanical aspects of stethoscopes have already established. As we mentioned previously, if it would be possible to hear heart sounds from lower frequency (lower than 60Hz) to higher frequency (higher than 200Hz), not electronic stethoscopes, but by ordinary stethoscopes to improve communication between physicians and patients¹³⁾, it should be a quite promising instrument. We certainly believe that EDS can be applied to any other field of science, and acoustic engineering in the future. As we already seen in Figure 2,

NEDS showed a remarkable capacity to capture S3 and S4 (below 60Hz). The acoustic spectrum analysis is also supporting that capability.

In the second stage of our study, the new self-learning method on Web site, is an epoch- making device for beginners and also experienced physicians. We certainly believe that if this new self-learning method can be digitalized and shown with numerical values, it will bring a great change on bedside diagnosis and to something new in the future.

Disclosure

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement

The author is grateful to Prof. Terence J. O'Brien for his valuable advices regarding the text.

References:

1. Takashina, T., Shimizu, M., Muratake, T, and Mayuzumi, S. :New Stethoscope With Extensible Diaphragm. *Circ J*. 2016; **80**:2047-2049.
2. Edelman, ER. and Weber, BN.: Tenuous Tether. : N Engl J Med. 2015; **373**:2199-2201.
3. Richardson, TR. and Moody, JM Jr.: Bedside cardiac examination: constancy in the sea of changing. *Curr Probl Cardiol*. 2000; **25**:783-825.
4. Kelmenson, DA. et al.: Prototype electronic stethoscope vs. conventional stethoscope for auscultation of heart sounds. *J Med Eng Technol*. 2014; **38**:307-310.
5. Johnson, S.: Advantages and Disadvantages of a Stethoscope. "eHow" Web.at: <http://creationwiki.org/Stethoscope>. Accessed May 7, 2013.
6. Aguilar, C.: Electronic Stethoscopes-Advantages and Disadvantages. Ezine Articles. Web.at: [http://EzineArticles.com/expert/Carlos E Aguilar/1351954](http://EzineArticles.com/expert/Carlos_E_Aguilar/1351954). Accessed May 8, 2013.
6. Welsby, PD, and Parry, G., Smith, D.: The stethoscope: some preliminary investigation, *Postgrad Med J*. 2003; **79**: 695-698.
8. Grenier, MC., et al: Clinical comparison of acoustic and electronic stethoscopes and design of a new electronic stethoscope. *Am J Cardiol*. 1998; **81**:653-656.
9. Bernstein, L : "After 200 years, time to check the pulse of stethoscope" *The Washington Post*, January 8, 2016.
10. Harvey, W. P, and Canfield, D. C.: *Clinical Auscultation of The Cardio-*

Vascular System 2nd ed.1997; Laënnec Publishing Inc. Tape No.5.

11. Fujiki, K.: Auscultation Training Instrument and Auscultation Training System. (Japan Patent: No.6328223 : 2018, April 27)
12. Takashina, T., Shimizu, M., Katayama, H.: A new cardiology patient simulator. *Cardiology* 1997,88:408-411.
13. Verghese, A. Improving communication with patients. *JAMA*. 2013; **310**: 2257-2258.

(All rights reserved)