

研究報告

膜型聴診器の感度レベルのばらつき

小林 督子*, 堀 容子*, 滝 益栄*, 角南 美帆*, 甲村 朋子*

The Sensitive Difference of the Stethoscopes

KOBAYASHI Tokuko, HORI Youko, TAKI Masue,
SUNAMI Miho, KOUMURA Tomoko

キーワード：聴診器、聴診、感度レベル、呼吸音

Key Words：Stethoscope, Auscultation, Sensitive Level, Breath Sound

Abstract

For acquiring educational effect in nursing elementary education, this study was conducted to clarify the difference of sensitivity between the flat film conditioned stethoscope and the convex film conditioned stethoscope. The convexity is convex against patients side.

The result suggested that the flat film conditioned one was more sensitive than the other.

The internal sound of the body till 1000Hz limit was important in clinical practice. Up to 1000Hz in frequency range the flat film conditioned stethoscope showed higher value of sensitivity (dB(A)) than the other.

For producing high level education in clinical practice, nursing teachers have to chose adequate stethoscopes and let hear the various distinctions of the body sound.

要旨

本研究は、聴診器の膜面の特徴と感度レベルの違いを調べることで、学生にとって適切な聴診器を選別することを目的に行った。聴診器の膜型が平坦であるものと患者に当てる側に向かって凸面になっている膜面を比較し調べた結果、平坦な膜面のほうが凸面よりも良く聞こえることが示された。

平坦な膜面は、臨床で重要な1,000Hzまでのどの周波数においても凸面より高いレベル感度 (dB(A)) を示した。

臨地実習において到達度の高い教育を提供するためには、看護基礎教育で適切な聴診器を選定し、体内音の様々な特徴を聞かせ認識させなければならない。

I. はじめに

3年生の看護学実習中に気づいたことがあった。学生が使用する聴診器は同じ種類なのによく聞こえる聴診器と聴きにくい聴診器がある。よく見ると、よく聞こえる聴診器は膜型の膜面が平らで、聴きにくい聴診器は膜面が患者に当てる側に向かって凸面になっていた。学生は1年次に個人の聴診器を購入するため、他者の聴診器を使用し聞き比べる機会を持たない。自己の聴診器の感度レベルを標準と認識し、技術演習・看護学実習を経て臨床に出て行く。感度レベルの悪い聴診器を購入した学生と良い聴診器を購入した学生とでは、3年間の学習到達点に違いが出てくることが予測される。このことを考えると、感度レベルの良い聴診器で学習できるように看護教員は適切な聴診器を選定しなければならないと考える。

学生は自分の聴診器の感度レベルがどれぐらいであるのか、とても興味を持っていた。実習終了時に、6人の学生から聴診器を借り比較実験することによって、患者に当て音を拾う部分(チェストピース)の膜面の形状の相違が感度レベルに影響しているのかどうかを検討することにした。

II. 方法

感度レベルの比較と膜面の形状・厚さの比較を行った。感度レベルの比較の方法は (1) 騒音計を用いた感度レベルdB (A) の測定と (2) シンクロスコープを用いた振幅の測定を行った。

経験的に明らかに感度レベルが良いと認められる聴診器3台(チェストピースの膜面が平ら)をAグループとし、明らかに悪いと認められた3台(チェストピースの膜面の患者に当てる側が凸面)をBグループとした。なおこの聴診器は、

ベル型と膜型のコンビネーション型であるが今回の実験では膜型に焦点を当て実験を行った。実験にあたっては、ベル型から膜型への切り替え操作を確実に行ったうえで実施した。

A. 聴診器で聴取する基本となる音作りとその音の聴診の工程

基本となる音を作るために、発振器から正弦波を発生させ、その出力をスピーカーに入れ音波を発生させた。使用したスピーカーは、聴診器の膜面の直径が4cmなので、これに近い口径5cmの小型のものとした。このスピーカーを木製の10cm四方の立方体密閉箱に入れた。さらに、人体に聴診器を当て聴診する状態を模すために、スピーカー発音部(コーン)の上部5mm厚のスポンジを置き、この上に測定したい聴診器のチェストピースを置いた。チェストピースを押さえる圧力を一定にするために、チェストピースの上に100gのおもりをのせ実験を行った。

B. 2種類の方法を用いた聴診器チューブ内の音の大きさの比較

1. 騒音計を用いた感度レベルdB (A) の比較

図1 (a) に示すように、聴診器のチェストピースに接続してあるチューブを外し、このチェストピースを別のチューブを介して騒音計の集音マイクロフォンに接続した。この方法で聴診器がとらえ測定者が聞かざる聴診音を、騒音計がとらえ音の大きさを測定することができる。

発振器から出発し、スピーカーから出たそれぞれの振動数の同じ大きさの音に対して、AグループとBグループの聴診器では、同じ大きさで聞こえるのか、それとも違うのか、騒音計(YEW製TYPE3604)を使って測定した。

2. シンクロスコープを用いた振幅の比較

図1 (b) に示すように、聴診器のチェストピースに接続してあるチューブをはずし、このチェストピースを別のチューブを介して小型マイクロホンに接続した。マイクロホンの信号は微弱であるので、この信号を増幅器で拡大しその出力をシンクログラフに入力した。この方法で聴診器がとらえ測定者が聞くはずの聴診音を、シンクログラフによって画面上に波形として図示させることができる。シンクログラフの画面に写った波形の振巾から音の大きさを比較することができる。

今回使用したシンクログラフ (菊水電子製 DSS6521) は2現象 (2つの信号を同時に表示)

であるため、1チャンネル目には発振器からの信号 (スピーカーに入力する音の信号) を、2チャンネル目には聴診器の膜面を経由してマイクロホンがとらえた信号を表示させた。発振器の発する信号の振動数は、呼吸音の典型である 150Hz とした。発振器の出力レベル、増幅器の増幅率、シンクログラフの増幅率等は一定に保った。

C. 膜面の形状と厚さの比較

膜面の形状・厚さの比較ではマイクロメーターを用いて精密測定して比較した。

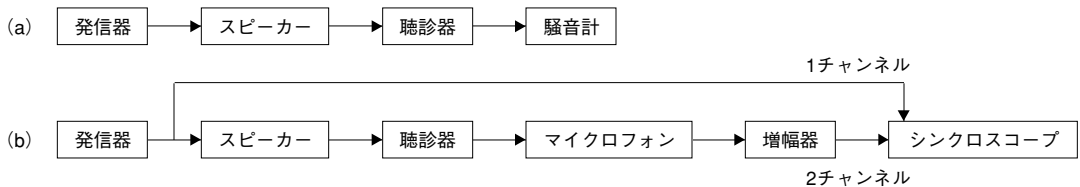
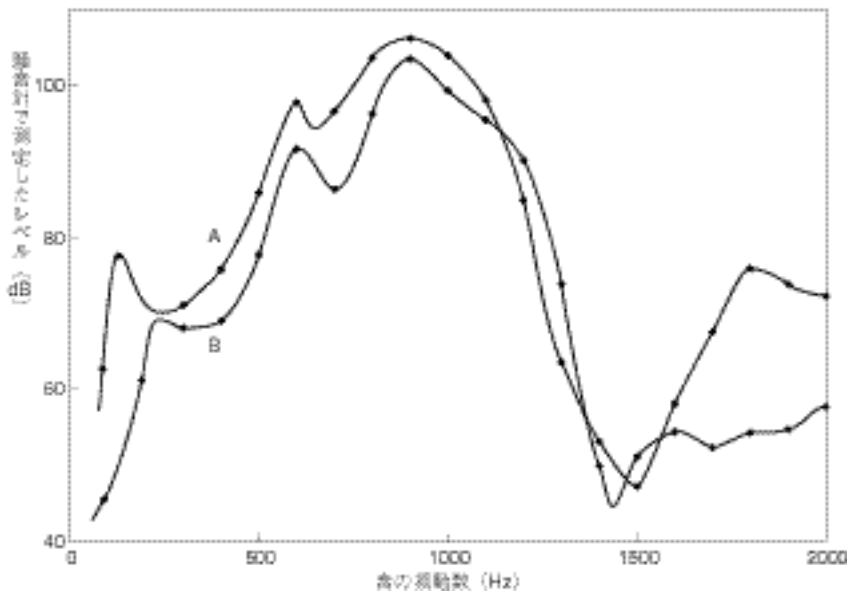


図1. 聴診器の性能測定のための2つの方法



聞こえやすい聴診器 (A) と、聞こえにくい聴診器 (B) の感度レベルを種々の振動数の音で比較した。感度レベルは、聴診器がひろった音を騒音計に導いて測定した。

図2. 聴診器の感度レベルの周波数特性

Ⅲ. 結果

A. 騒音計を用いた感度レベルの比較

予備実験の結果、A・Bグループの3台ずつの聴診器は、グループ間で同一の周波数特性を示していた。図2にその結果を示す。

図の横軸は振動数（単位Hz）で、振動数の小さい方が低周波音、振動数が大きいほうが高周波音である。縦軸は騒音計が示すレベル（単位dB(A)）である。ただし、騒音計が示す数値自体は、聴診器で聞く音の大きさのレベルを正確に示しているわけではないが（チューブの長さ等の検討が必要）、しかし、2種類の聴診器について同条件で実験しているので、音の大きさの相対的な比較は可能である。

測定結果から（図2）、振動数1000Hz以上の

音域においてBが上回っているところが若干あるものの、その他全域にわたってAの方がBよりもdB(A)が上回っていることが示された。

B. シンクロスコープを利用した感度レベルの比較

聴診器A・Bがとらえた音のシンクロスコープ画像を図3・図4に示す。A(図3)・B(図4)共に、1チャンネル目（上側に示された図形）の振幅は同じであるのにもかかわらず、2チャンネル目（下側に示された図形）の振幅はA(図3)が4.4目盛であるのに対して、B(図4)は2.4目盛であった。Aのほうが振巾が大きい事が示された。

C. 膜面の形状と厚さとの比較

1. 膜面の形状

聞こえやすいAグループの聴診器と聞こえにくい

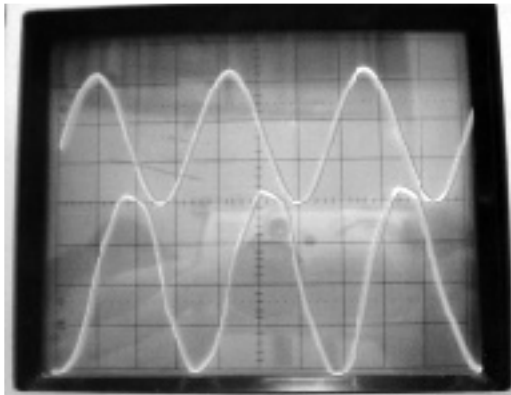


図3. 聞こえやすい聴診器 (A) の入力信号と出力信号

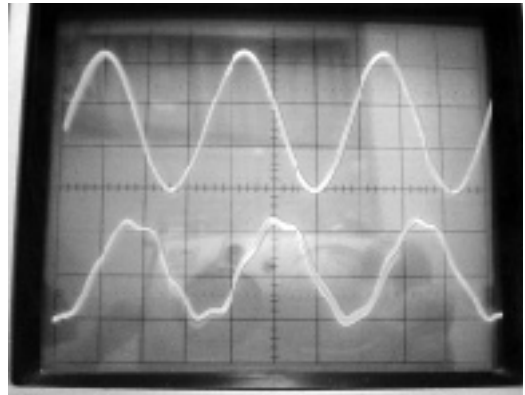
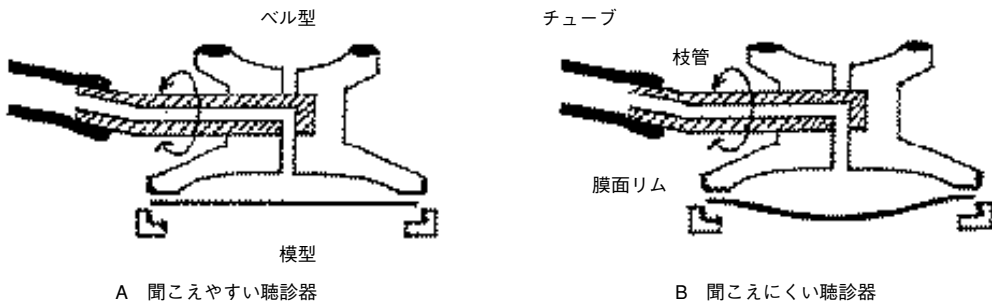


図4. 聞こえにくい聴診器 (B) の入力信号と出力信号



A 聞こえやすい聴診器

B 聞こえにくい聴診器

図5. 膜面の形状の比較（リムをゆるめ膜面を浮かせた状態で图示）

くいBグループの聴診器の膜面の形状を見比べてみた。図5のように、Aグループの膜面は平坦であったのに対し、Bグループの膜面は患者に当てる側に凸状に膨らんでいた。

Bグループの膜面の膨らみを測定した。平らな鉄板(厚さ0.84mm 2枚)を使い湾曲した膜面を2枚の間に挟んで全体の厚さをマイクロメーターを使い測定したところ2.30mmであった。膜面の厚さは中心部で0.28mmであった。よって、Bグループの湾曲による膨らみは $2.30\text{mm} - 0.84\text{mm} \times 2 - 0.28\text{mm} = 0.34\text{mm}$ であった。

2. 膜面の厚さ

マイクロメーターを用いて膜面の厚さを精密測定した結果を表1に示す。外見上からはA・Bグループとも同じ厚さに見えたが精密測定の結果、Aグループの膜面の方がBグループの膜面より0.07mm薄かったことが示された。

IV. 考察

A. 騒音計を用いた感度レベルの比較

聴診器を使って聴診する体内の振動数は、血圧測定時のコロトコフ音が30~100Hz(栃久保, 1990, p34)、心音および心雑音が10~500Hz(石川, 1995, p126)、呼吸音が50~1000Hz(原澤, 1990, p286~p287)、程度である。コロトコフ音ならびに心音は、筋肉の振動音ならびに血液の乱流などから起因する血管

壁の振動音であるので、高周波音は考えられず基本的に低周波音である。一方、呼吸音や肺音は、気管そのものや障害物の振動が空気振動を誘発した音の成分を含んでいるので、高周波成分を伴った波形となっている。

聴診器の実験とは別に呼吸音については、典型的な呼吸音を録音した教育教材CD(Diane, 1993, CD)を再生し、その電気信号をシンクロスコープに入力し、その波形と振動数を測定した。様々な呼吸音の中でも教育上重要な痰が詰まった場合等の音(単音性連続性ラ音)を調べた。それによると、この音の振動数は278Hzの低周波音であることが分かった。CDに録音された呼吸音(単音性連続性ラ音)を再生し、その電気信号をシンクロスコープに入力し、呼吸音の波形を図6に示した。

図より、波形のpeak to peak値(1波長) = 1.8目盛。掃引速度は、2msec/目盛である。これより、周期 $T = 1.8 \times 2 = 3.6\text{msec}$ 。振動数 $n = 1/T = 1/3.6\text{msec} = 278\text{Hz}$ 。よって、この呼吸音(単音性連続性ラ音)の振動数は278Hzであった。

こうした、聴診時に聞く様々な振動数の体内音に対して、聴診器の性能(周波数特性)が正確に応答しているかに注目し、発振器から様々な振動数(音の高さ)の正弦波を発生させる実験を行った。

まず、呼吸音でよく聞かれる周波数領域200Hz以下をみると、A・BのレベルdB(A)の

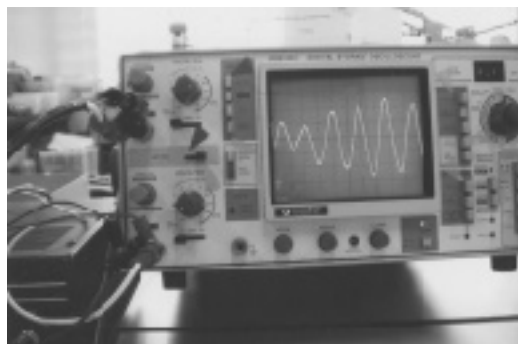


図6. 呼吸音(単音性連続性ラ音)の波形

表1. 膜面の厚さ

	Aグループ	Bグループ
1	0.20mm	0.28mm
2	0.20mm	0.27mm
3	0.20mm	0.26mm
平均	0.20mm	0.27mm

差は10～30dB(A) となっている。単位dB(A) で表される数値は対数化されている為、例えば10dB(A) 違えば音は10倍大きく聞こえ、20dB(A) 違えば音は100倍、30dB(A) 違えば音は1000倍大きく聞こえることになる。こう考えるとAの聴診器の方がBをはるかに上回って音を聴取できることが図2から読み取れる。

また、図2から分かるように、A・Bともに1000Hz近傍の音は大きめに拾いよく聞くことができ、1500Hz近傍の音には感度が悪く聞き取りにくくなっていることが分かる。これは、1000Hz付近の音波に対しては聴診器の膜面の固有振動数と一致するため共振現象をおこしており、逆に1500Hz付近の音波に対しては固有振動数とのズレが最も大きくなって共振現象をおこしにくくなっているためだと考えられる。ちなみに、呼吸音の周波数成分(原澤, 1990, p286)を見ると臨床的には1000Hzまでの音が特に問題で、それ以上の高周波音は特に問題にならないと考える。

よって、臨床的に問題となる周波数領域のほとんどの聴診音に対して、本来同じ大きさの音を、Aの方がBよりも大きく聞いていることになる。

B. シンクロスコープを利用した感度レベルの比較

感度レベルを比較する意味では、上のA.騒音計を利用した場合と同じ結果になるはずであるが、シンクロスコープを使うと波形が表示されるので、2つの波形の振幅の比較から感度レベルを視覚的に確かめることができる。図B・図4から、A・B共に同じ大きさの音を受け取ったのかかわらず、Aの聴診器の方が大きく音をとらえ聴診することが視覚的に示されたと考える。

C. 膜面の形状と厚さとの比較

1. 膜面の形状

膜面の材質そのものは同じようであるが、形状の違い(平坦であるか、縁が湾曲しているか)によって弾性率(ストレスに対する変形のしにくさ)が違ってきて、周波数特性が違っていることが予測される。

聴診器の膜面の振動は、円盤の横振動である。

円盤の厚さを t 、直径を D 、弾性率 E 、密度とすると、円盤の横振動の固有振動数 n は次の式であらわされる。

$$n = C \frac{t}{D^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

ここで C は、振動様式等で定まる比例定数である。

膜面が平坦なAグループの聴診器の膜面は、平らなので可動域の直径 D が大きく、変形しやすいので弾性率 E が小さく、柔らかい。よって固有振動数 n が小さく低周波音によく共振する。すなわち、低周波音が聞き取りやすいと考えられる。

一方、縁が湾曲して凸面のBグループの聴診器の膜面は、周辺部が湾曲していたので中心部の可動域の直径 D が小さく、ならびに湾曲により膜面は変形に対して丈夫になるので、弾性率 E が大きく(硬く)変形しにくい。よって固有振動数 n が大きくなり高周波音によく共振すると考えられる。すなわち、高周波音が聞き取りやすいと考えられる。

2. 膜面の厚さ

また、上の式(1)に照らして明らかのように、膜面の厚さ t も固有振動数 n に影響している。マイクロメーターを用いた膜面の厚さの測定結果からAグループの膜面の方がBグループの膜面より0.07mm薄かったことから、Aグループの方は膜面の厚さ t が薄いため柔らかいので、固有振動数 n が小さくなり低周波音に共振しやすくなっている。一方Bグループの方は、膜面が厚いため重く硬くなるので固有振動数 n が大きくなり、その結果低周波音に対しては共振しにくく感度レベルが低くなっていると考える。

V. まとめ

Aグループの聴診器はBグループの聴診器よりも、体内音を大きくとらえ伝えてくれることが分かった。心音・血圧測定時のコロトコフ音・呼吸音・肺音は、いずれも低周波音域に属するため、Aグループの聴診器の方が有効性を十分に発揮できる。Bグループの聴診器は、高周波音(1200～1400Hz)に対する応答性がAグル

ープより若干よく、イレウス等の聴診では優れているといえるかもしれないが、全体として体内音が聞き取りにくいのが実情である。看護基礎教育の場で基本的な学習には、とりあえず良く聞こえるAグループの聴診器を学生に提供するのが良いと思われる。

今回 使用したAグループ・Bグループの聴診器はカタログ上同一製品として記載されていた。ところが調査してみると、膜面の特性が異なる商品が混じって販売されていたことが明らかになった。これは同一製品内のばらつきの問題ではなく、膜面の特性の異なる2種類の製品が同一商品として販売されていたということである。製造メーカへの問い合わせや対応は当然ながら行っているがその経緯は別にしてここでは構造と性能の関係を科学的に解明することにとどめ記述した。

聴診器のカタログでは、かなり高価なものを除いて周波数特性の記載はあまりみあたらない。構造の違いにより性能が違うことを教員が知る

ことで、はじめて聴診器を使用する看護基礎教育を受ける学生に適するものを選別し効果的な学習を提供できるのではないかと考える。

謝辞

本研究の測定は愛知県立看護大学の看護物理学教室の器具を使わせていただき、その使用方法は佐藤和良教授のご指導をいただきました。深く感謝いたします。また、本研究のために聴診器を提供してくれた日本赤十字愛知短期大学の学生の方々に謝意をあらわします。

文献

- Diane M. Czlonka *et al.*, 伊賀六一他訳(1993). 呼吸音のアセスメント, へるす出版, (CD).
 原澤道美 (1990). 呼吸器疾患の臨床, 朝倉書店.
 石川恭三 (1995). 心臓病学, 医学書院.
 栃久保修 (1990). 血圧の測定法と臨床評価, メディカルトリビューン.