

音響学的指標を用いた聞診の客観化に関する研究

†関 真亮¹⁾， 篠原 昭二²⁾， 丹沢 章八¹⁾

¹⁾ 明治鍼灸大学大学院 鍼灸症候学 ²⁾ 明治鍼灸大学 東洋医学基礎教室

要旨：東洋医学における診察法（四診）の一つである聞診の中でも，声診は聴覚的に患者の音声を診察するものである。音声は心身の状態を推量する際に重要な情報源であるにもかかわらず，声診は体系化が困難とされてきた。そこで，日常臨床における声診の意義を明らかにするために，音響学的に分析した音声情報と心身の状態との関連性について検討を行った。その結果，東洋医学的に心身の状態を把握するために用いた調査表の点数と音声の基本周波数との間に相関が一部の項目において認められた。また，心身共に影響を及ぼすと考えられる大きな外科的手術侵襲を生体に与えた場合，手術後の音声スペクトルに著明な変化が認められた。以上の結果から，音声は心身の状態と密接に関連していることが音響学的に確認され，声診の客観化に音響分析が有用であることが示唆された。

I. はじめに

東洋医学の診察法には望診・聞診・問診・切診の四診があり，四診は診察者の五感を通して病人に現れる種々の現象を診察する方法である。中でも聞診は望診に次ぐ重要な診察法として位置づけられている。聞診は聴覚と嗅覚の二つの感覚に依存するもので，そのうち聴覚を用いて人の音声を診察することを声診という¹⁾。

聞診は他の診察法に比べ，臨床的意義ならびに具体的な方法については，あまり明確に伝承されておらず，そのため現状では臨床的に広く用いられているとは言い難い。篠原らが行った調査では鍼灸臨床家の40～50%は日常の臨床でいわゆる聞診を行うとしているが，その内容では「一般的な医学常識程度の範疇にあり，東洋医学的な診断情報を得るために行われていることは極めて少ない。」と報告している²⁾。この調査結果は，個人の体調や心理状態を推量する際の情報源として音声は重要であることを指摘しているにもかかわらず，声診は「聖技」と呼ばれるほど診察法としての体系化が極めて困難であったことも一因として示している。

しかし，東洋医学の診察により弁証を行うためには四診合参が必要であり，聞診（主として声診）

が四診法の中で第二位という重要な位置であることから，その有用性について明らかにするとともに，診察法としての体系化を行う必要がある。声診では，人の声を五音に分類し，五行学説から東洋医学の五蔵と対応させている³⁾。『難経』（六十一難）に「聞而知之者聞其五音以別其病」⁴⁾とあり，聞診では五音による病の鑑別が可能であるとしている。五音とは「角徵宮商羽」という中国古典の音階を基にした音の高さの表現である^{5,6)}。音響学的には，音階は音の高さと考えられ，物理的指標として基本周波数で表すことが可能である。したがって，本研究で検討する音声分析の指標も，音階という概念に基づき，基本周波数に着目することにした。

一方，人が通常話す時の声の高さは個体で決まっており，声の基本周波数を測定することで定量化することが可能である⁷⁾。従来，臨床検査法として，声の高さを聴覚的に判定する方法が伝統的に行われてきたが，正確な測定と記載のために物理的指標である基本周波数を実験で用いることにした。また，声の高さの検査には「声域」と「話声位」の二つが主に行われる。声域は個人の発声する最低音から最高音までを表し，話声位は日常会話における声の高さのことである。本研究では，会話や問診時の音声は臨床において重要

平成12年8月4日受付，平成12年9月18日受理

Key Words：聞診 auscultation, 音声 voice, 基本周波数 fundamental frequency, 音声スペクトル speech spectrum, 外科手術 surgical operation

†連絡先：〒629-0392 京都府船井郡日吉町 明治鍼灸大学 東洋医学基礎教室

視されることから、話声位について検討を行うこととした。

近年の科学技術の進歩により、音声の音響学的解析は簡便、かつ個人識別が可能なところまで発展してきている^{8,9)}。これまで解明が困難であった声診の内容についても、様々な科学的アプローチが可能となり、音声に含まれる健康や疾病に関する情報を明らかにしうる可能性も考えられる。現代医学の領域では、嗄声に代表される病的音声（反回神経麻痺や声帯ポリープなどの発声障害に伴う音声）や、それらの疾患を聴覚的に評価するだけでなく、音響分析によって客観的に評価診断することも積極的に行われるようになってきた^{10,11)}。

そこで今回、音声分析装置を用いることで、音声と東洋医学的に把握した体調との関連について音響学的な検討を行い、日常臨床における声診の意義を明らかにすることを目的として研究を行った。

なお、研究の進め方として第一に、成人男女の基本周波数の正常な分布について調査し、過去に報告されたものとの比較検討を行った。また、『素問』（陰陽応象大論）によれば、五行「木火土金水」のそれぞれに五蔵「肝心脾肺腎」、五音「角徵宮商羽」が配当されるとしている³⁾。そこで次に、音声と五蔵との関連性を知るために、五蔵の状態を把握するために考案された調査票を用い、その調査結果と基本周波数との関連性について検討を行った。第二に、体調の個人内変動が音声にどのように反映されるかを検討する必要があると考え、外科手術に注目した。外科手術は人為的侵襲を生体に与えるものであり、その前後には体調に大きな変化が起きるものと考えられる。研究2では、個人における体調の変化が音声にどのような影響を及ぼすかを明らかにするため、外科手術適用患者を対象として、手術前後における音声の音響学的指標について比較検討を行った。

II. 方 法

1. 研究1：五蔵の状態と音声との関連性の検討

1) 対象：本学学生のうちより、研究について説明を受け、口頭での同意が得られた健常成人ボランティアを対象とした。対象は男性13名、女性13名、年齢は18～27才（平均年齢は男性19±0.6

歳、女性19±2.2歳）で、特別な音声訓練は受けておらず、測定時に嗄声などの音声異常が認められる者は除外した。

2) 研究期間：1998年6月から1999年5月までとした。

3) 音声標本：「あ」「い」「う」「え」「お」の日本語5母音とした。日本音声言語医学会の規定に準拠して、自然な高さ、大きさで、できるだけ安定した持続的な発声をしてもらった。発声時間は約2秒前後とした¹²⁾。

4) 録音環境：験者と被験者のみの室内において、環境音を排除するため空調等を切って録音を行った。

5) 録音方法：録音機器にはDATレコーダー（ソニー社製 TCD-D10）を使用した。DATは音声信号をA/D変換によりデジタル化して録音、保存を行う装置で、量子化は16bit、周波数特性は20Hz～22000Hz（±1dB）の仕様である。マイクロホンは録音機付属のコンデンサー型で、指向角90°に設定して録音を行った。口唇からマイクまでの距離は日本音声言語医学会の規定に基

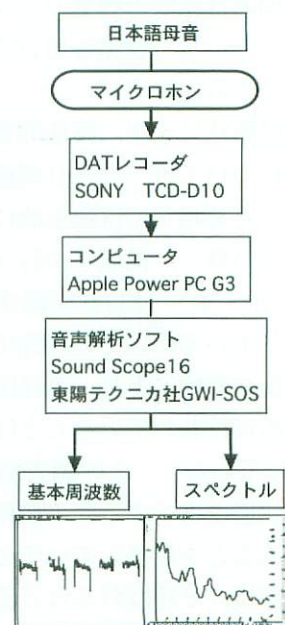


図1：声診解析システムのフローチャート

図は本研究における解析システムを示す。被験者により発声された日本語母音をマイクロホンにより入力し、デジタルオーディオテープレコーダにデジタル化して録音した。DATに録音された音声を抵抗の無いコードを通して、コンピュータにサンプリングレート22.05kHzとして入力した。その後、解析ソフトを用いて、音声の解析を行った。解析指標は音声の高さの物理的指標である基本周波数と音色を反映する音声スペクトルに注目し、コンピュータディスプレイ上で検討を行った。数値化が可能であった指標について、統計処理を行った。

づき約 20 とし、呼気の影響を防ぐために風防を使用した¹²⁾。

6) 音声解析 (図 1)

①解析装置：ハードウェアはアップル社製 Power Macintosh G3. 音声解析用ソフトウェアとして東陽テクニカ社製 GWI-SOS 「Sound Scope16」を使用した。

②解析方法：DATに録音された音声を抵抗の無いコードを通して、コンピュータにサンプリングレート 22.05kHzとして入力し、保存した。その後、解析ソフトを用いて、音声の基本周波数について解析を行った。基本周波数の算出は、極大値検出法 Peak Picking method による基本周期の逆数とした。また、解析区間は発声の開始と停止部分では波形が急激に変化するため、この過渡区

間を任意に取り除いた。解析区間の決定は、コンピュータディスプレイ上で目視により手動で行った。

③統計処理：統計ソフトには Stat View 5.0 (SAS Institute 社) を用いた。

基本周波数の平均値と標準偏差について統計処理を行った。

7) 五蔵の状態の把握

①五蔵状態の点数評価：東洋医学的健康状態調査票「五行スコア」を用いた (図 2)。「五行スコア」は明治鍼灸大学東洋医学基礎教室で作成したもので、被験者の身体状況を各五行毎に点数化しうるように考案された問診票である。問診項目はAからEの五つのカテゴリーに分類され、更に1つのカテゴリーは 10 項目の設問で構成されている。

氏名：_____ 年齢：_____ 性別：_____ 平成 年 月 日	
次の質問を読んで、(強い・ある・少し・ない)でお答え下さい	
(A)	6a. 手足や全身がだるい
1. めまい(回転性)がする	6b. 眼瞼が重い
2. おなかの両わきがはる	7. お腹が痛い
3. 口が苦い	8a. 消化不良を起こしている
4. イライラしたり、怒りっぽい	8b. 軟便である
5a. 手足の筋(スジや筋肉)が痛む	9. げっぷやしゃっくり、吐き気、 胸やけをする
5b. 手足がひきつれたりケイレンする	10. 歯を磨くと出血したり、内出血が起こる
5c. 手足が痺れる	(D)
6a. 目が疲れやすい(又は現在疲れている)	1a. 呼吸がゼイゼイしたり、呼吸がしにくい
6b. まぶたがひきつれたりケイレンしたりする	1b. 息を吐き出しにくい
7. 涙が出やすかったり、目がかわいたりする	2. たんがよくからんだり、粘ったりする
8. 爪の形や色がふつうとちがう	3. 喉が痛かったり、はれてる
9a. 胸の圧迫感がある	4. 咳やくしゃみがでる
9b. 喉がつかえる感じがある	5. 鼻がつまったり、鼻水がやすい
10. 緊張や興奮するとトイレが近くなったり 調子が悪くなりやすい	6. 鼻炎がある
(B)	7. 喘息がでる
1. ドキドキ(動悸)しやすい	8. 産毛が濃い
2. 息切れしやすい	9. 皮膚に異常がある
3. 急に不安になったり、 精神的に動揺しやすい	10. 声に力がない
4. 胸がつまるような感じになりやすい	(E)
5. 心臓部に違和感(重い、だるいなど)がある	1a. 年齢のわりにふけている
6. 腕の内側が痛んだり、だるい	1b. 髪の毛が抜けたり、艶がない
7. 物忘れしやすい	2. 尿の量や回数が多い、又は少ない
8. 舌があれたり痛い	3. 物覚えがわるい
9. 手足が冷えやすく暖まりにく	4. 耳鳴がする
10. 夢をみやすい	5. 足腰がだるい
(C)	6. 長く立つと腰が痛くなったり、疲れやすい
1a. 食後におなかのはる	7a. 尿線に勢いがなかったり、出がわるい
1b. 食後にお腹が気持ち悪い	7b. 小便が切れにくい
2. 腸がグルグルなる	7c. 余瀝がある
3. 食欲がない	8a. 精力が減退している
4. 下痢している	8b. インポテンツになりやすい
5a. 痔や脱肛がある	9. 足がむくみやすい
5b. 胃下垂などの内臓下垂がある	10. 音や声が聞き取りにくい

図 2：五行スコア

図は本研究で五蔵の状態を把握するために用いた東洋医学的身体状況調査票「五行スコア」である。五行スコアは明治鍼灸大学東洋医学基礎教室が作成したもので、被験者の身体状況を各五行毎に点数化しうるよう考案された問診票である。問診項目はABCDEの五つのカテゴリーに分類され、更に1つのカテゴリーは10項目の設問で構成されている。このABCDEは各々木火土金水に相当する。一つの設問に対し、「強い・ある・少し・ない」の回答を行うものとし、点数は強いから順に「1.5点・1点・0.5点・0点」として1カテゴリー最大15点満点として集計を行った。また、同一カテゴリー内でアルファベットが付く質問はどちらかの点数が高いものを得点として、集計を行うものとした。

このABCDEは各々木火土金水に相当する。一つの設問に対し、「強い・ある・少し・ない」の回答を行うものとし、点数は強いから順に「1.5点・1点・0.5点・0点」として1カテゴリー最大15点満点として集計を行った。

②五蔵の状態と音声の比較：五行スコアによって得られた各カテゴリーの点数と基本周波数の値について相関性を検討した。1母音に1カテゴリーとして、男女各25通りの相関をみた。Stat View 5.0を用い、基本周波数と五行スコアの相関について統計処理を行った（Pearsonの相関係数、Spearmanの順位相関係数）。

2. 研究2：外科的手術侵襲が音声に及ぼす影響

1) 対象：本学附属病院に外科手術を目的として入院した患者に、本研究の主旨を説明し、口頭で同意の得られた患者16例（男性12例、女性4例、平均年齢60±11.0歳）を対象とした。なお、手術時の挿管による嘔声などの音声異常が聴覚的に認められた患者は、対象から除外した。

2) 録音期間：1999年4月～10月。手術前、手術直後の手術侵襲の大きな状況下で録音を行った。測定は、手術前日までに一度行った。手術後の測

定は、手術から3日後を原則として行ったが、被験者のコンディション等によって同意を得られない場合は、手術後7日以内に測定を行った。

3) 音声標本：録音する音声は自然な高さ、大きさが2秒間程度発声された日本語母音「あ」とした。被験者の理解度や、術後の負担を考慮して他の母音を除外したものである。測定は外科入院病棟内の被験者の病床にて行った。

4) グループ分類：対象を手術侵襲の大小により、大手術群（A群）と小手術群（B群）に分類した（表1）。表1は被験者の年齢性別、疾患と術式をまとめたものである。表中の全麻は全身麻酔、硬麻は硬膜外麻酔、腰麻は腰椎麻酔の略である。「大手術」とは「臓器器官の一部を摘除するため、胸腹部の切開を伴うもの。全身麻酔が第一選択と考えられるもの」とした。この条件以外の手術を「小手術」として分類した。被験者16は生体への侵襲が少ないと考えられる鏡視下での手術であったため、「小手術」とした。また、被験者10と12では、硬麻による手術であったが、手術中に全身麻酔を併用したことを示している。

A群：8例（男性4例、女性4例、平均年齢64±9.3歳）

B群：8例（男性8例、平均年齢55±11.3歳）

また、手術時の挿管による声帯への影響を考慮して、全身麻酔使用群（C群）と腰椎麻酔群（D群）との比較検討を行った。

さらに、発声に関連すると思われる腹部筋群への開腹による影響を考慮し、開腹手術群（E群）と非開腹手術群（F群）との比較検討を行った。

5) 録音機器・録音方法：研究1と同様。

6) 音声解析

①解析装置：研究1と同様。

②解析方法：研究1の方法に準じ、基本周波数の算出を行った。また、音声スペクトルは声帯の構造による個人性よりも、個人内変動を反映することが大きいとされ¹³⁾、本研究の主旨に沿うものと考えられたため、この指標についても分析を行った。

③統計処理：統計ソフトにはStatView 5.0（SAS Institute社）を用いた。手術前後の指標の変化についてPaired t-testを行った。W

表1 対象の疾患と手術侵襲

患者番号	年齢	性別	疾患名	術式	麻酔	開腹	手術侵襲
1	49	F	直腸癌	直腸切除術 人工肛門造設術	全麻	有	大
2	61	M	大腸癌	結腸切除術	全麻	有	大
3	68	M	大腸癌	結腸切除術	全麻	有	大
4	72	F	大腸癌	結腸切除術	全麻	有	大
5	64	M	大腸癌	結腸切除術	全麻	有	大
6	76	F	乳癌	乳房切除術	全麻	無	大
7	56	F	胆石	胆嚢摘出術	全麻	有	大
8	68	M	胃癌	胃切除術	全麻	有	大
9	40	M	出血性痔核	ミリガンモルガン法	腰麻	無	小
10	76	M	閉塞性動脈硬化症	腰部交感神経切除術	硬麻 全麻	有	小
11	49	M	肛門ポリープ	ポリープ切除術	腰麻	無	小
12	66	M	閉塞性動脈硬化症	腰部交感神経切除術	硬麻 全麻	有	小
13	63	M	内痔核	内痔核根治術	腰麻	無	小
14	57	M	左下腿静脈瘤	左下肢静脈瘤切除術	腰麻	無	小
15	51	M	鼠径ヘルニア	ヘルニア還納術	腰麻	無	小
16	45	M	肺癌	鏡視下肺切除術	全麻	無	小

ilcoxon の符号付順位検定により、有意性の検定を行った。

Ⅲ. 結 果

1. 研究1：音声基本周波数について

1) 音声基本周波数の範囲

本研究で得られた成人男女の話声位を鍵盤上の

音名に対応させたものが図3である。現代音楽では「A4 = 440Hz」を基準として調律されており、その他の音も全て基本周波数で表記することができる¹⁴⁾。図の上段は音名と基本周波数 (f0) を対応させたものである。本研究で得られた話声位の範囲を示し、平均値と標準偏差を実線で表した。なお、図の話声位は本研究で得られた基本周波数

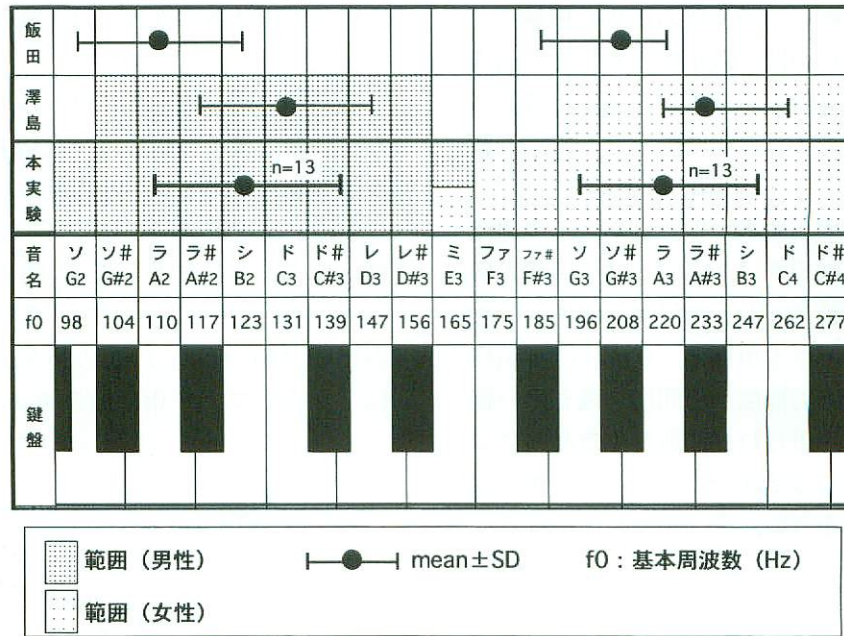


図3：成人における話声位の範囲

図は日常会話に用いる声の高さである話声位について示したものである。本研究で得られた話声位の範囲と平均値をあらわす。また、研究結果の妥当性を検討するため、過去の代表的な報告を参考として図示している。図の下段は音名と基本周波数 (f0) を対応させ、鍵盤上に示したものである。本研究で得られた話声位の範囲は、男性が 95.1 Hz~168.4 Hz, 女性が 162.6 Hz~272.0 Hz, 平均値は男性が 123.6 Hz, 女性が 219.2 Hzであった。この数値は、澤島が報告した G[#]₂-D[#]₃ (103.8-155.6 Hz) という範囲に比べ、上限下限とも半音ずつ広い結果となった。女性では 162.6~272.0 Hz であり、G₃-C[#]₄ (196.0-277.2 Hz) より下限が 3 半音低い結果であった。本研究で得られた話声位の平均値は飯田が報告した男性 A₂ (110.0 Hz), 女性 G[#]₃ (207.7 Hz) と澤島が報告した男性 C₃ (130.8 Hz), 女性 B^b₃ (233.1 Hz) の間に分布することがわかった。分布を見る限りでは本研究で得られた話声位には十分な妥当性があると考えられる。

表2 五行スコアと基本周波数との相関

男性						女性					
	あ	い	う	え	お		あ	い	う	え	お
総合	0.42	0.49	0.49	0.25	0.49	総合	-0.16	-0.30	-0.31	-0.11	-0.33
木	0.57	0.72*	0.68*	0.55*	0.64*	木	-0.18	-0.22	-0.27	-0.09	-0.38
火	0.06	0.14	0.17	0.19	0.09	火	0.18	-0.03	-0.04	0.16	-0.01
土	-0.11	-0.03	0.05	-0.18	-0.04	土	-0.16	-0.11	-0.18	-0.02	-0.25
金	0.01	0.11	0.08	0.00	0.06	金	-0.47	-0.60*	-0.52	-0.42	-0.58*
水	0.06	0.21	0.17	0.16	0.17	水	-0.14	-0.31	-0.33	-0.14	-0.24

* : P<0.05

を、最も近い音名に対応させて表記したものである。参考として今までに報告された話声位の平均値と範囲とを付記した。

本研究で得られた話声位の範囲は、男性が95.1 Hz～168.4 Hz, 女性が162.6 Hz～272.0 Hz. 平均値は男性が123.6±16.3 Hz, 女性が219.2±26.6 Hzであった。

2) 基本周波数と調査票との関係

基本周波数を縦軸に、調査票の点数を横軸にプロットして、両者の相関を散布図で表した。調査票の総合点数（全愁訴の評価点）と基本周波数には一定の相関が認められなかった。そこで、五歳の状態と声の高さについて相関性の検討を行った。5カテゴリー（木火土金水）の各点数と基本周波数について、散布図で表した。図4はその代表例として、最も相関性の高かった男女の例を示したものである。男性では木項目と、女性では金項目と母音「い」の基本周波数との間に、最も高い相関性が認められた。得られた25通りの散布図について相関係数を表にまとめた（表2）。男性では木項目スコア点数と「い、う、え、お」に有意な

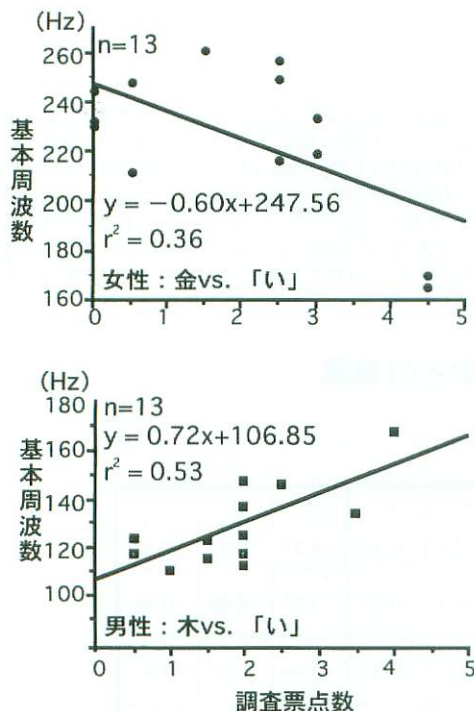


図4：散布図代表例

五歳の状態と声の高さについて相関性の検討を行うために散布図を作成した。5カテゴリー（木火土金水）の各点数と基本周波数について、散布図で表した。図はその代表例として、最も相関性の高かった男女の例を示したものである。上段は女性の金項目点数と母音「い」、下段は男性の木項目点数と母音「い」。両者とも統計的に有意な相関であった。

正の相関が認められた。これに対し、女性では金項目スコア点数と「い、お」に有意な負の相関が認められた。

2. 研究2：手術前後における音響学的指標の変化

被験者の音声について、外科手術前後における基本周波数の変化を図5に示す。図5に示したように基本周波数の変化には一定の傾向は見られなかった。

そこで次に、平均スペクトルの変化について、外科手術前後で分析を行った結果、手術後に高周波域のエネルギーレベルの有意な増加が見られた（図6）。高周波域のエネルギーレベルを求める指標として、5～8 kHz 区間内のピーク値（ L_{5-8} ）に注目した。また、2～5 kHz 区間内のピーク値（ L_{2-5} ）との差を $d4$ ($d4 = L_{5-8} - L_{2-5}$) として、手術前後の値 $d4$ について比較を

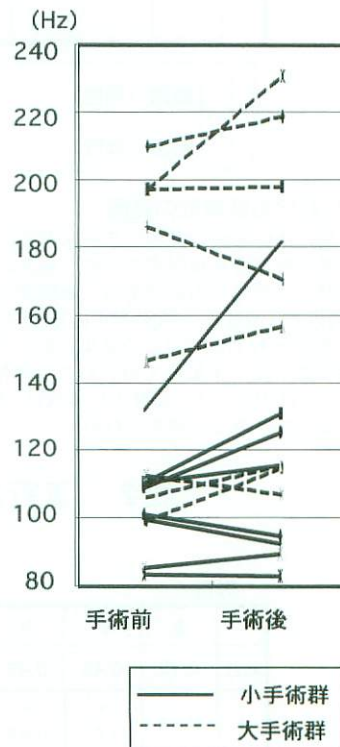


図5：手術前後の基本周波数の推移

図は被験者の手術前後における基本周波数の変化を示す。結果は、特に一定の傾向を得るものではなかった。この結果は話声位に固有性があることによって裏付けられるものである。唯一大きな変化のあった被験者16では、基本周波数約50 Hz. 音にして7半音に及ぶ上昇が見られた。この例は鏡視下にて肺切除をおこなった手術例であり、他の例と異なる手術時の操作が何らかの影響を声帯に及ぼしたと考えられるが、詳細は明らかでなく、本症例では声帯のみならず肺切除の影響も推察される。

行った。図6ではd4を算出する方法の例として手術前のスペクトルを用いている。d4の値が減少することは、すなわち高周波域エネルギーの増加を示す。その結果、A群において有意なd4の減少 ($P<0.01$)が認められた。また、C群とE群についても同様に、統計的に有意なd4の減少 ($P<0.05$)を認めたが、増加する例もみられた(図7)。B群、D群、F群では、他群に認められたd4の減少傾向が認められなかった。

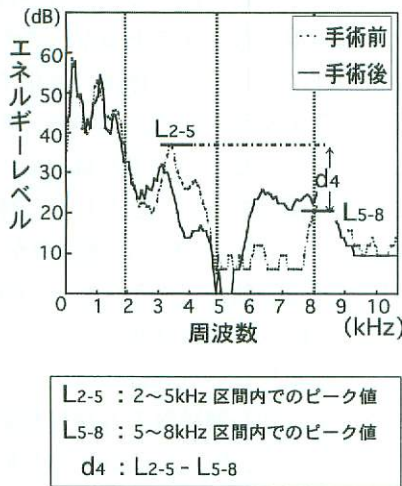


図6：手術前後における音声スペクトルの変化(代表例)

図は同一被験者における手術前後の音声スペクトルの変化の代表例を図示したものである。音声スペクトルについて、外科手術前後で分析を行った結果、手術後に高周波域のエネルギーレベルの有意な増加が見られた。本研究では高周波域のエネルギーレベルを求める指標として、5~8 kHz区間内のピーク値 (L5-8) に注目した。また、2~5 kHz区間内のピーク値 (L2-5) との差をd4 ($d4 = L5-8 - L2-5$) とし、手術前後の値d4について比較を行った。

IV. 考 察

1) 基本周波数について

音声の評価方法としては種々の指標があるなかで、まず声の高さ (pitch) の指標である基本周波数に注目した。音声は、臨床的には①声に力がない、②声がかすれる、③声が変わるなどを聴覚的に認識し、個人の体調を推量する判断材料としている。発声とは、声門下からの呼気流のエネルギーを音響的エネルギーに変換することである。そのため、呼気の送出や喉頭の調節の特徴も、その多くは声帯の振動の特徴を介して、音声の音響分析的性質の中に何らかの形で現れていると考えられる。しかし、自然な発声を行わせたときに、個人において日常に発声される声の高さ (話声位) は、意識しない限り大きな変化は見られず、いわば固有性を示すものと考えられる^{10, 15}。声の高さを示す基本周波数は、声帯の振動数をあらわし、pitch (F0) または Hz で表示される。声の高さの臨床検査法としては、ピアノなどの楽器音を指標として聴覚的に判定する方法が伝統的に行われ、現在でも用いられている。過去、話声位や声域については飯田や澤島による報告があるが、表示された結果が音名で記載されているのはこのためである^{16, 17}。近年、声の高さの正確な測定・記載には物理的測定法が用いられており、声の高さは声の基本振動数として Hz で表されることが多くなってきた。声の基本振動数は声帯の振動数である。したがって、この声の高さには、声帯の振動数に

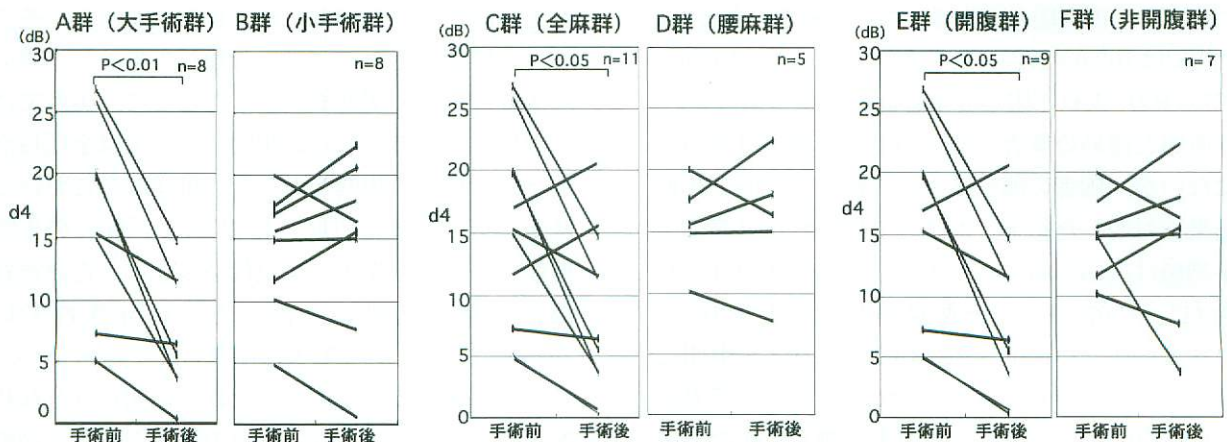


図7：手術前後のd4値の推移

図は対象を外科手術の条件によって分類し、そのd4値の変化を表したものである。手術侵襲の大小によりA群とB群、麻酔の種類によりC群とD群、開腹の有無によりE群とF群に分類を行った。その結果、A群において有意なd4値の減少が認められた ($P<0.01$)。B群ではd4値の減少傾向が認められなかった。また、C群とE群においても有意なd4値の減少が認められたもの ($P<0.05$)、全例に認められるものではなかった。D群、F群ではd4値の減少傾向が認められなかった。

関与する物理的要因（声帯部分の長さ、質量、硬さなど）が反映される。具体的には①振動部分の長さが短くなると振動数は大きくなる（声が高くなる）、②質量が増すと、振動数は小さくなる、③硬さが増すと振動数は大きくなるということが知られている¹⁸⁾。そして、これら物理的要因には喉頭の構造的な特徴、喉頭筋の動作状態、声帯組織の性状などが関与して個人の発声が行われる。ゆえに物理的要因に変化が無い限り、話声位は成人で20～60歳位まで大きな変化はないと言われている^{14, 19)}。日本人（成人）における話声位の正常値（平均値と標準偏差）に関しては、飯田の報告によると男性： A_2 ($G_2 - B_2$)、女性： $G^{\#}_3$ ($F^{\#}_3 - A_3$)、澤島の報告によれば男性： C_3 ($B^b_2 - D_3$)、女性： B^b_3 ($A_3 - C_3$)とされている。さらに、澤島は話声位の範囲を男性： $G^{\#}_2 - D^{\#}_3$ 、女性： $G_3 - C^{\#}_4$ と報告した^{16, 17)}。

本研究では話声位の測定として母音の発声を行わせたが、この利点として処理が非常に簡易であることが挙げられる。その他、話声位を測定するときの発声条件としては、問診など会話時の音声（談話音声）、一定の文章を読ませたときの音声などがあるが、これらは声の高さが容易に変動するため、処理が困難であり、平均値にばらつきが生じる恐れがあるため、本研究では母音の発声を採用した。

結果として得られた話声位の範囲は、男性で95.1～168.4 Hzであった。この数値は、澤島が報告した $G^{\#}_2 - D^{\#}_3$ (103.8～155.6 Hz) という範囲に比べ、上限下限とも半音ずつ広い結果となった。女性では162.6～272.0 Hzであり、 $G_3 - C^{\#}_4$ (196.0～277.2 Hz) より下限が3半音低い結果であった。

飯田と澤島の両者に違いが生じた理由は明かではないが、両者の測定結果を比較し、今回の比較結果を対照した結果、本研究で得られた話声位の平均値は飯田が報告した男性 A_2 (110.0 Hz)、女性 $G^{\#}_3$ (207.7 Hz) と澤島が報告した男性 C_3 (130.8 Hz)、女性 B^b_3 (233.1 Hz) のほぼ中間に分布することがわかった。pitchの分布に差異が生じる原因については、対象者や測定年代などについてさらに詳細な検討が必要ではあるが、分布を見る限りでは本研究で得られた話声位には十分な妥当性があると考えられる。

2) 五行スコアと基本周波数との関係について

声診は、患者の音声を診察者が聴取し、それを東洋医学的な観点から評価するものであり、古くは五音（角徴宮商羽）に分類して、五蔵（肝心脾肺腎）と対応させたものと考えられる³⁾。しかし、五音の分類は本来音の高さによるものであったが、時代を追うにつれて発語によるもの、音色によるものなど言われるようになり²⁰⁾、現在では一定の見解を得るところまでは至っていない。問診の研究を進める上で、五音に関する検討は避けて通ることのできない重要な課題であるが、この点については今後の課題とし、まず体調の変化や疾病によって音声が変化するかどうかについて明らかにすることが必要である。そこで五蔵病症と音声との関係について検討をすることとした。体調を数量的に評価する方法として種々の調査票があるが、東洋医学における診断法である声診との関連を調査するため、本研究では東洋医学で言われる五蔵病症について評価しうる「五行スコア」を採用した。この調査票は肝心脾肺腎の五蔵に特徴的な症候を各10項目挙げてあり、アンケート形式で該当する項目に印を付けてもらうことによって、各々の「蔵」に関する愁訴数を比較することができ、点数が高い「蔵」は東洋医学の蔵象論でいわれる生理機能が失調している可能性が高いとみなすものである。

被験者に「五行スコア」を記入させた直後の基本周波数の平均値を求め、両者の関係について検討を行った。その結果、全愁訴の点数と基本周波数との間に有意な相関は認められなかった。そこで、質問項目をカテゴリー分類して集計し、声の基本周波数との関連を検討したところ、男性では木項目点数と有意な正の相関、女性では金項目点数と有意な負の相関があった。東洋医学における蔵象論では、木は「肝」に相当し、「肝」の生理機能である疏泄作用には現代医学でいう自律神経機能と情志活動の大部分とが付与されている^{21, 22, 23)}。したがって男性においてはであるが、音声の基本周波数と木項目点数との間に有意な相関が認められたことは、音声の基本周波数と情動との関連性の深さを意味づけているものと言えよう。音声の基本周波数と情動の関係については多くの報告がされており、Griffinは安静時の基本周波数に対して、緊張感のある状況の音声基本周

波数は高いことを報告している²⁴⁾。また、WilliamsとStevensは4人の話者に対して航空事故の前後では、基本周波数の範囲と中間値が高くなることを報告している²⁵⁾。廣島の報告によれば、航空事故時の管制官の音声进行分析し、情動的な基本周波数の上昇以外に、理由を見出しがたい上昇が見られたとしている²⁶⁾。以上の報告から、音声の基本周波数が上昇する条件として情動や緊張などが大きいと考えられる。上述の報告と本研究で得られた結果とを照合すると、木項目にのみ有意な上昇が認められた結果は、基本周波数の上昇が情動と緊張に深く関連するという事実によって裏付けられる。また前述の通り、声帯振動部分の硬さが声の高さに変化を与えることから、声帯筋の緊張が木項目と関連するとも考えられた。これは、筋の運動に関する症候が「肝」に含まれることとも符合する^{21, 22, 23)}。

金のカテゴリーは東洋医学における「肺」の症候である。「肺」の生理機能は呼吸、発声に深く関わるとされており、現代医学のそれと同様の考え方である^{27, 28, 29)}。現代においては、声の強さは呼気圧によって変化し、強い声では呼気圧が高く、弱い声では低い。また呼気圧を強めると、声の高さもある程度上昇することが報告されている³⁰⁾。したがって、金スコア点数が高いほど、肺の作用が低下していることが分かり、特に呼出力の失調が声を低くさせると考えられる。本研究では、声診における「力のない声」という「肺」の病証に関する重要な聴覚的所見を、基本周波数という一面からも解釈が可能であることを示したと考えられる。なお今回は、火土水項目の点数と音声基本周波数との間には、特徴的な所見は見られなかった。このことは音声の高さと関連する条件が心脾腎の生理機能に含まれないことが一因であると考えられるが、現段階での追究では詳細は不明であり、今後の検討課題である。研究1は個人の体調と音声指標の関係を静時点にとらえ、両者の相関を検討したものである。そのため、体調の個人内変動と声の高さを明らかにすることは不十分であった。したがって、調査票の点数と基本周波数との間には何らかの関連が理解できたものの、体調の変化が、どの程度音声に反映されるかについては、個体毎のデータで検討する必要がある。個人の体調の変化は長期に渡って継続的に観察する必要が

あることから、今後の検討課題としたい。また、五音と五蔵との関係は難解である。さらに音声分析の指標を増やし、客観的に評価しうる体系化に努めていきたいと考えている。

3) 手術前後における基本周波数の変化について

手術前後における基本周波数の推移について検討を行ったところ、特に定まった傾向を示す結果は得られなかった。したがって、声の高さは手術侵襲により、一定の影響を受けないと考えられた。また、手術侵襲の大小についても特に差はみられなかった。このことは、日常会話に用いる声の高さには、固有性があることを裏付けたものである。また、手術時の挿管による声帯の一過性の物理的変化は、声帯の振動数に大きな影響を与えることは少ないことが示唆された。しかし、被験者によっては、声が非常に高くなる例もみられた。特に被験者16では、基本周波数にして約50 Hz、音にして7半音に及ぶ上昇が見られた。この例は鏡視下にて肺切除をおこなった手術例であり、他の例と異なる手術時の操作が何らかの影響を声帯に及ぼしたと考えられるが、詳細は明らかでなく、本症例では声帯のみならず肺切除の影響も推察されることから、今後の検討課題である。

以上のことから、基本周波数が体調の個人内変化による影響を受ける可能性は、低いことが示唆された。すなわち、話声位には固有性があることと、研究1の結果とを考え合わせると、声の高さと体質的なものとの間には何らかの関連性があることが想定される。『靈枢』(陰陽二十五人篇)に「先明確金木水火土五種類型的人」と述べられているように、東洋医学では人格や体型を五行論により分類することが可能であるとしている³¹⁾。また『靈枢』(通天篇)では「凡そ、五人は、その態同じからず、その筋骨気血も各々等しからず」として体質を五行論で分類している³²⁾。今回用いた調査票はこの五行論に基づいて項目を分類したアンケート形式による問診票である。調査票は、回答時の体調を把握する目的で作成されているが、慢性的な愁訴に関する質問項目も含まれており、回答された得点が低い場合には体質を示すとも考えられる。特に本研究においては、回答されたスコアが5点以内(最高得点は15点)であったため、病態というよりも体質を表す可能性が示唆さ

れる。その調査項目の一部と声の高さとに相関が認められた本研究結果は、声の高さと心身の状態との関連性の一面を、東洋医学でいわれる「五行体質」で説明できる可能性を示したものと考えている。

4) 手術前後における音声スペクトルの変化について

音声の平均スペクトルは、ある長さの音声を時間で平均したパワースペクトルを求めることによって、声門音源の平均的な周波数特性を検査する方法である。音声のスペクトルと聴覚的評価には相関があると報告されている。雑音成分の多い気息性の声では5～8 kHz 区間内でのピーク値のレベル(L₅₋₈)が高く、2～5 kHz 区間内でのピーク値(L₂₋₅)との差が小さいことが Hammarberg らによって報告されている³³⁾。気息性 (breathy) とは、発声時に声門閉鎖不全があり、このために息もれが生じ、呼気流量が多い状態での聴覚的印象である。言語音声の周波数特性は、デシベルで表示すると音源特性と共鳴特性、放射特性との和で近似的に表すことが可能である。このうち放射特性は、録音状態を固定するならば比較的一定で、声の特性を大きくは左右しない。一方、共鳴特性は言語音の種類に応じて変化することから、同一の発音を行うときは影響がない。従って、有声音区間の平均スペクトルを求めることによって平均的な音源特性を知ることができる。音声スペクトルは、特に声質と関連し、喉頭疾患による変化より個人内変動が大きいとされている^{13, 18)}。

群の分類については、手術侵襲が大きいA群において、スペクトルの変化に一定の傾向が認められた。また、挿管による影響が考えられるC群、開腹による影響が考えられるE群においても、A群と同様のスペクトル変化が見られたが、A群と比較すると、数例に異なった変化が認められた。この事実は、開腹による腹部筋群の緊張の変化、挿管による声帯の変化以外に、何らかの手術侵襲(外的ストレス)の条件が影響する可能性を示唆するかもしれない。挿管による声帯の変化の観察、手術前後における体調変化の詳細な追求などを含めて今後の検討課題としたい。

5) 総括

本研究からいくつかの音声の音響学的指標と心身の状態に関連性があることが明らかとなった。研究1では音声の基本周波数と東洋医学的に把握した体調との関連を明らかにした。基本周波数は声の高さの音響学的指標であり、自然な発声を行わせた場合に大きな変化をせず、固有性があると考えられる。本研究で使用した体調の指標となる五行スコアの傾向も個人内では特に変化は起きにくいと考えられ、愁訴が少ない健常成人では東洋医学的体質分類に音声の基本周波数が関連するものと考えられた。文献的根拠がないものの、鍼灸臨床家が高い声を聴取して「肝の声」と経験的に判断してきた伝承的事実を、ある程度裏付け得たものとする。研究2では、体調の変化が大きいと予想される外科手術を受けた患者を検討対象とした。その結果、音声スペクトルに変化が見られ、手術前に比し手術後では高周波のエネルギーが上昇することが認められた。この上昇は、聴覚的特徴である気息性に起因すると考えられている。すなわち、日常あるいは临床上、個人の体調の変化を察知している場合には、声の気息性に依拠している部分があることを音響学的に明らかにした。本研究は、臨床における聴覚的な判断を直接的に検討したものではないが、音響学的指標は聴取された音声情報を密接に反映するものであり、本研究で得られた結果は臨床における声診の有用性を意味するものである。以上の研究に基づき、声の高さにより東洋医学の蔵象論に基づく個人の体質が推量しうる可能性が示されたが、一部を説明しただけであり解明には至っておらず、今後の検討課題である。また、体調の変化には声の音色(音質)が密接に関連すると考えられ、特に気息性の変化によって、外科手術後に見るような大きな体調の変化が推量しうる可能性が示唆された。本研究結果を踏まえ、音声の聴覚的判断に対する音響学的研究を深め、鍼灸臨床における声診の意義を明らかにすると共に、声診の体系化を目指したい。

V. 結語

1. 健常成人男女を対象に、調査票「五行スコア」と日本語母音「あ、い、う、え、お」の基本周波数との関連について検討した。

(1)男性では、木と「い、う、え、お」に有意な正

の相関を認めた

(2)女性では、金と「い、お」に有意な負の相関が認められた

(3)男女とも火土水のスコアと母音の基本周波数に関連は認められなかった

以上のことから音声と五行スコアの間には、何らかの関連があることが示唆された。

2. 外科手術適用患者を対象として、生体に与えられた侵襲が音声に及ぼす影響について音響学的な検討を行った。

(1)音声の基本周波数については、手術前と後の間に一定の変化は認められず、個人において固有性があることが裏付けられた。

(2)音声スペクトルについて検討した結果、手術侵襲が大きいと考えられる群では全例について、手術前に比し手術後に高周波域のエネルギーレベルの有意な増加が認められた。

(3)同様の現象は、挿管が行われた手術群と開腹手術群の大部分の例について認められた。

以上のことから、音声は体調の変動に伴い変化するものであるが、従来、感覚的・聴覚的判断に依拠していたその変化成分が、音響学的に捉えうる可能性がある事が示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御助言と御指導を賜りました明治鍼灸大学鍼灸症候学教室丹澤章八教授、同東洋医学基礎教室篠原昭二助教授、外科領域で御助力いただきました外科学教室咲田雅一教授に謹んで深甚なる謝意を表します。また、本研究を進めるにあたり、ご協力いただいた東洋医学基礎教室、外科学教室の方々に深くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 劉 公望, 兵頭 明, 平馬直樹ら：中医学の診察法「四診」。天津中医学院, 学校法人後藤学園：鍼灸学 [基礎編], 第2版, 東洋学術出版社, 千葉, pp167-230, 1996.
- 2) 篠原昭二, 和辻 直, 渡辺勝之ら：聞診法の実施状況に関するアンケート調査結果について, 全日本鍼灸学会雑誌, 46(3) : 97, 1996.
- 3) 日本経絡学会：陰陽心象大論. 素問・靈枢, 日本経絡学会, 東京, pp16-20, 1992.

- 4) 日本内経医学会：六十一難. 難経集註, 日本内経医学会, 東京, pp77-78, 1998.
- 5) 東川清一：日本音楽理論史から. 日本の音階を探る, 音楽之友社, 東京 : pp187-219, 1990.
- 6) 藤枝 守：五声と五行説. 響きの考古学, 音楽之友社, 東京 : pp51-53, 1998.
- 7) 比企静雄：音声に含まれる情報の種類. 日本音声言語医学会編：声の検査法基礎編, 医歯薬出版株式会社, 東京, pp9-13, 1997.
- 8) 山下充康：声紋. 音戯話, 初版, コロナ社, 東京, pp69-71, 1991.
- 9) 唐澤 誠：指紋より怖い声紋. 音の科学ふしぎ事典, 日本実業出版社, 東京, pp82-86, 1997.
- 10) 粕谷英樹, 小林嘉彦, 小林隆男ら：声門癌の検出に用いるピッチ周期と振幅の変動指数の性質. 電子通信学会論文誌, J 67-A No. 3 : 250-257, 1984.
- 11) 眞田友明, 田中信三, 日比正史ら：声帯ポリープにおける病変の程度と音声検査成績との関係. 日本耳鼻咽喉科学会誌, 93 : 388-392, 1990.
- 12) 大山 玄：録音. 日本音声言語医学会編：声の検査法臨床編, 医歯薬出版株式会社, 東京, pp129-136, 1998.
- 13) 今泉 敏：長時間平均スペクトルによる検査. 日本音声言語医学会編：声の検査法臨床編, 医歯薬出版株式会社, 東京, pp180-182, 1998.
- 14) 澤島政行：声の高さに関する検査. 日本音声言語医学会編：声の検査法臨床編, 医歯薬出版株式会社, 東京, pp48-59, 1998.
- 15) 越川常治：基本周波数の性質. 電子情報通信学会：新版聴覚と音声, 6版, 電子情報通信学会, 東京, pp332-350, 1991.
- 16) 澤島政行：発声障害の臨床. 音声言語医学, 9 : 9-14, 1968.
- 17) 飯田武雄：日本人声域に関する研究. 福岡医学雑誌, 33 : 229-292, 1940.
- 18) 平野 実：声帯振動の検査. 日本音声言語医学会編：声の検査法臨床編, 医歯薬出版株式会社, 東京, pp30-31, 1998.
- 19) Hollien H, Shipp T : Speaking fundamental frequency and chronologic age in males. JSHR, 15 : 155-159, 1972.
- 20) 肖 相如, 倪 青, 張 静：聞診源流. 中華医学聞診大全, 山西科学技術出版社, 太原并州, pp2-24, 1998.
- 21) 劉 公望, 兵頭 明, 平馬直樹ら：肝. 天津中医学院, 学校法人後藤学園：鍼灸学 [基礎編], 東洋学術出版社, 千葉, pp55-58, 1996.
- 22) 山田光胤, 代田文彦：肝. 図説東洋医学, (基礎編), 初版, 学習研究社, 東京, pp45, 1993.
- 23) 李 経緯, 蔡 景峰：肝. 中医名詞述語精華辞典, 第1版, 天津科学技術出版社, 天津, pp529, 1996.
- 24) Griffin, Williams: The effects of different

- levels of task complexity on three vocal measures. *Aviat Space Environ Med*, 58 (12) : 1165-70, 1987.
- 25) Williams, Stevens : Emotions and speech : some acoustical correlates., *J. Acoust. Soc. Am.*, Oct; 52(4) : 1238-50, 1972.
- 26) 廣島克佳 : 連続作業下に見られた得意な音声基本周波数の上昇, *航空医学実験隊報告*, 35巻1~2 : 32-33, 1994.
- 27) 劉 公望, 兵頭 明, 平馬直樹ら : 肺. 天津中医学院, 学校法人後藤学園 : 鍼灸学 [基礎編], 第2版, 東洋学術出版社, 千葉, pp48-51, 1996.
- 28) 山田光胤, 代田文彦 : 肺. 図説東洋医学 (基礎編). 初版, 学習研究社, 東京, pp48-50, 1993.
- 29) 李 経緯, 蔡 景峰 : 肺. 中医名詞述語精華辞典, 第1版, 天津科学技術出版社, 天津, pp636, 1996.
- 30) 廣瀬 肇 : 発声の生理. 日本音声言語医学会編 : 声の検査法基礎編, 第2版, 医歯薬出版株式会社, 東京, pp19-42, 1997.
- 31) 日本経絡学会 : 陰陽二十五人. 素問・靈枢, 日本経絡学会, 東京, pp288-291, 1992.
- 32) 日本経絡学会 : 通天. 素問・靈枢, 日本経絡学会, 東京, pp297-299, 1992.
- 33) Hammarberg B, Fritzell B, Gauffin J, et al : Acoustic and perceptual analysis of vocal dysfunction. *J. Phonetics*, 14 : 533-547, 1986.

Objectification of voice diagnosis using the acoustic index

SEKI Masaaki¹⁾, SHINOHARA Shoji²⁾, TANZAWA Shohachi¹⁾

¹⁾ *Department of Symptomatology of Acupuncture and Moxibustion,
Graduate School of Acupuncture and Moxibustion,*

Meiji University of Oriental Medicine

²⁾ *Department of Basic Oriental Medicine, Meiji University of Oriental Medicine*

Summary :

【Purpose】 VD (voice diagnosis: A part of the auscultation used in traditional Chinese medicine) is a diagnostic method using the auditory sense. Despite its importance as an information source to infer the condition of mind and body, it has been difficult to systematize VD. In this report, we clarified the usefulness of VD in the clinic. We also examined the relevance between voice and the condition of the mind and body.

【Method】 1) The examination of the relationship between voice and the condition of the five viscera. Five vowels vocalized at natural pitch and intensity by 26 students were analyzed. The speaking fundamental frequency, which was an acoustic index of the vocal pitch, was measured. We compared the speaking fundamental frequency with the score on a questionnaire measuring the condition of the five viscera.

2) The influence of surgical invasion on the voice. To investigate the relation between changes in the body condition and voice, we compared preoperative and postoperative voices of 16 patients, in 8 highly invasive and 8 slightly invasive procedures. We analyzed the acoustic index of the voice preoperatively and postoperatively.

【Result】 The results of this study indicated: 1) there was a correlation between the score on the questionnaire and the speaking fundamental frequency, 2) Acoustic analysis of postoperative voice showed that the speech spectrum exhibited modified energy at frequencies above 2000Hz. This change meant that a breathy sound appeared in the voice. The fundamental frequency remained essentially unchanged.

【Conclusion】 These findings suggest that the voice is closely related to the condition of the mind and body, and there was a significance to VD. It was suggested that the fundamental frequency and spectrum could be a useful objective index for VD.