

〔原 著〕

超音波画像解析によるヒト唾液腺の形態的特徴に関する研究

内海 治

北海道医療大学歯学部歯科放射線学講座

(主任：金子 昌幸教授)

Research concerning form characteristic of salivary gland by ultrasonographic analysis

Osamu UTSUMI

Department of Dental Radiology, School of Dentistry,
Health Sciences University of Hokkaido

(Chief : Masayuki KANEKO)

Abstract

Ultrasonography is frequently used in the soft tissue of the head and neck region. The morphological features of salivary glands on the ultrasonograms are expressed based on the clinical experience of the observer, and this method always involves uncertainties caused by differences in experience. In this study, the ultrasonographic aspects of the salivary glands of 100 healthy volunteers were evaluated to construct criteria for diagnosis.

The error percentages between the actual cube mode and the ultrasonographic measurements were +2%~+5% for the vertical diameters, and for the +3%~+13% lateral diameters. The ultrasonographic images were magnified, and there were no significant differences in the bilateral sectional areas of the normal salivary gland. Parotid glands were larger than submandibular glands. There were significant differences in the superio-inferior diameter, antero-posterior diameter, lateral-medial diameter and sectional area of parotid glands, the parotid glands of males were larger than those of females. In submandibular glands, there were significant differences in antero-posterior diameter, lateral-medial diameter, and sectional area, the submandibular glands of males were larger than those of females. The shape of submandibular glands was more regular than those of parotid glands. The borders of the

submandibular gland were more smooth than those of parotid glands. Larger weight/height ratios were accompanied by more irregular borders of the parotid and submandibular glands. The internal echo level of the parotid glands was more hyperechoic than the submandibular gland. The internal echo level in the under 30% weight/height ratio group was hypoechoic, and the echo level in the over 50% weight/height ratio group was hyperechoic.

The ultrasonographic examination of the salivary glands needed to consider age, between right and left differences, and also sex, weight/height ratio, border, shape, and the internal echo level.

Key words : Ultrasonography, image analysis, parotid gland, submandibular gland

緒 言

唾液腺の画像診断法には、エックス線撮影法、造影撮影法、CTスキャン、超音波診断などの方法がある。これまで、主として下顎咬合法を用いた単純エックス線撮影による唾石症の診断や、唾液腺造影法による導管および腺体の診査が行われてきた。ところが、エックス線透過性の唾石の場合では、単純エックス線撮影では確認できず、また、唾液腺造影法は手技が煩雑であり、さらに、両方法とも唾液腺組織と隣接組織との関係を描出することは不可能である¹⁾。そして、CTスキャンは唾液腺実質組織の描出に優れているが、被曝や造影に伴う患者の肉体的負担が大きく、適応症例は限られたものになる。

一方、超音波の反射波を画像化する超音波診断法は、超音波診断装置の操作が簡便であるばかりではなく、唾液腺実質組織の形態や、この実質組織と隣接組織とを区別するための描記が比較的容易であり、さらに、患者に対する侵襲が少ない²⁾。このため、現在では超音波診断法は、頭頸部の軟組織検査に広く用いられている³⁻⁵⁾。しかし、唾液腺の診査においては、画像上の形態的特徴の相違は、臨床的経験に基づいて述べられていることが多く、術者の経験の差による不確定要素が常につきまとっている。

唾液腺の各種の疾患、すなわち、腫瘍、嚢胞あるいは炎症などを画像上で診断するためには、ヒト正常唾液腺の形態的特徴を明確にし、それと異常所見を比較し、検討する必要がある。そこで、本研究では、最新の画像解析装置を併用することにより、超音波診断法によるヒト唾液腺疾患の診断基準の構築を目的とし、健常者100名を対象に、一定の画像描出条件の基で、撮像方向を規格化し、超音波画像におけるヒト正常唾液腺の形態的特徴を明確にした。これまでに、本研究のごとく多数のヒト正常唾液腺について検索した報告はほとんどみられないところから、とくに、性差、個体差、唾液腺の種類によるヒト正常唾液腺の形態の相違について注目し、超音波画像の解析を行った。

方 法

1. 超音波画像解析法

1) 超音波診断装置

今回の実験で使用した超音波診断装置は、アロカ社製のEcho Camera210DX (II)である。この装置は電子リニア走査型・Bモード表示であり、探触子は周波数5.0MHzのものを使用した。走査幅56.0mm、診断距離94.0mm、距離分解能1.0mmである。被験者をそれぞれ比較するため、体表面近くの超音波エコーの強さを補正するNEAR GAINを[5]、体表面より遠くの部

分の超音波エコーの強さを補正する FAR GAINを[3],そして,画像全体の超音波エコーの強さを調節するGAINを[6]に,それぞれで固定して,画像描出条件を一定にした。なお,エコーゼリーを探触子と皮膚面に塗布して空気の介在を防いだ。

2) 画像解析装置

画像の解析にはオリンパス・アビオ社製の画像処理プロセッサTVIP4100と画像解析ソフト・イメージコマンド4198から構成されるXL500を使用した。長さおよび面積に関する計測では,入力した超音波唾液腺像と周囲の組織とのコントラストが低いので,唾液腺部の画像を拡大した後に,辺縁をトレースして2値化した。なお,唾液腺に関係しない部分の不用なデータは粒子除去して,2値画像のみ計測の対象とした。内部エコーの比較に関しては,濃度計測コマンドを選択して,エコー強度をブラウン管(CRT)上の輝度として表現し,これを計測した。内部エコー計測時の関心領域の設定は,唾

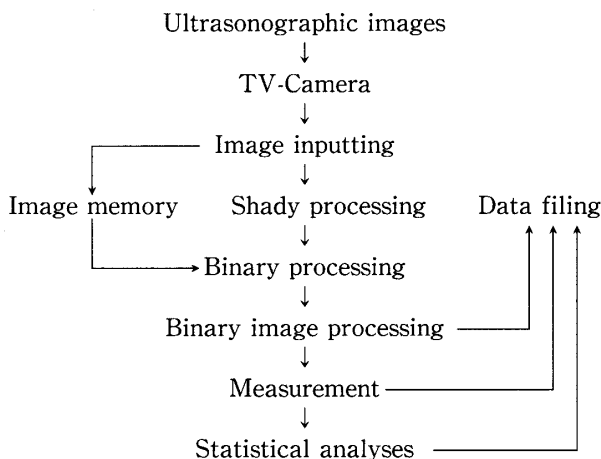


図1 画像解析装置(XL500)の処理過程

液腺と舌のそれぞれにおいて,位置を変えて3か所測定し,輝度の平均値によって比較した。図1に処理過程を示す。2値画像の計測にあたり,辺縁の不規則度指数を求める時には,2値画像処理のうちの平滑化処理を行い,計測した後,データを統計分析した。

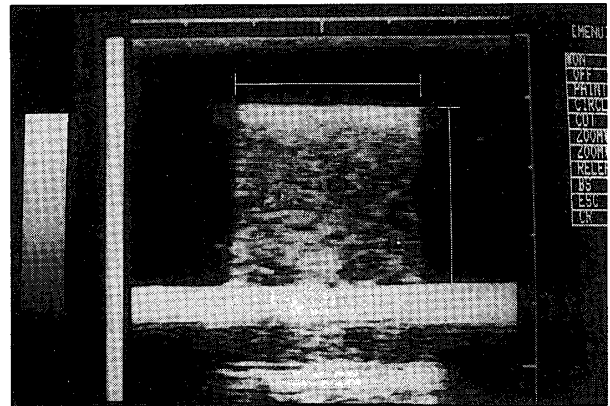


図2 正立方体模型の超音波画像
歯科用アルギン酸印象材で作製した正立方体模型を脱気水に沈め,模型中央部を超音波撮影した。横径と縦径は一辺あたり等間隔で10か所計測した。

2. 超音波画像解析の計測精度の検討

1) 正立方体模型による長さの計測

超音波診断法で唾液腺の大きさを計測した場合の誤差を調べるために,歯科用アルギン酸塩印象材(アルフレックス®,三菱化学社製)の粉末を標準練和比(0.43g/ml)で蒸留水と混合して正立方体模型を作製した。図2に模型を脱気水に沈めた後,超音波診断装置で撮像し,得られた画像を示す。正立方体模型は唾液腺の大きさを想定して一辺が10.0mmから50.0mmの大きさのものを5.0mm間隔で9個作製した。探触子表面から模型表面までの距離を10.0mmとして,超音波を模型表面の中央部に垂直に入射させた。得られた超音波模型像の横径と縦径を計測した。計測は一辺あたり等間隔で10か所計測して模型の実測値と比較した。なお,模型の水による寸法変化を考慮して,模型を脱気水に浸水後,10分以内に撮像した。

2) 繰り返し撮像による計測値の変動

実際の被検者の唾液腺の大きさの計測に関する変動を調べるために,正常唾液腺を有する同一被験者(1名)の同一部位を,繰り返し10回撮像して唾液腺の大きさを計測し,平均値,標準偏差および変動係数(標準偏差/平均×100%)を求め,測定精度を評価した。

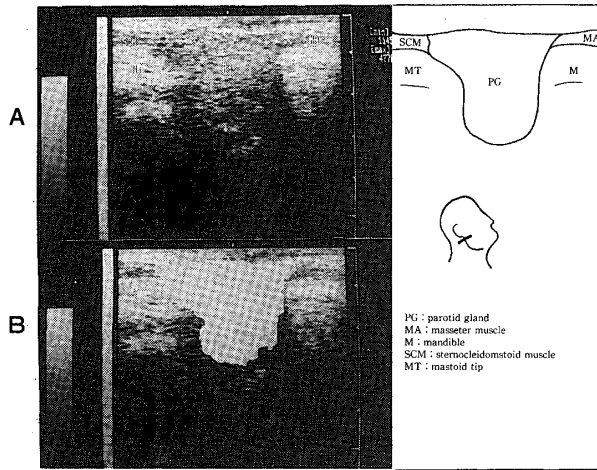


図3 耳下腺の超音波画像
A：水平断面像
B：画像解析装置による2値化处理像

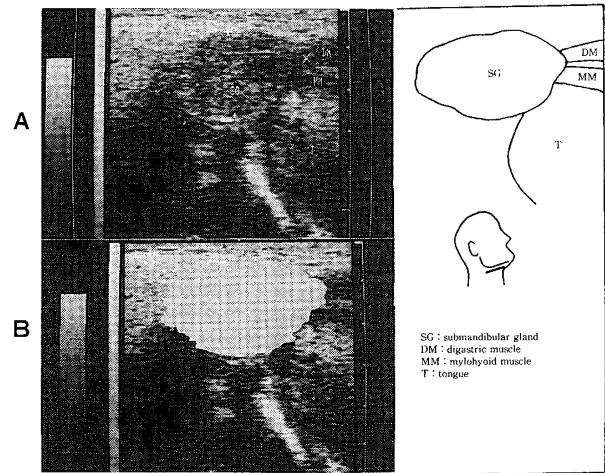


図4 顎下腺の超音波画像
A：下顎下縁方向の顎下腺断面像
B：画像解析装置による2値化处理像

撮像は耳下腺と顎下腺を対象とした。耳下腺の場合は水平断面像から耳下腺の前後径と厚径を、冠状断面像から上下径を求めた。水平断面像は、探触子側面を耳垂に接し、探触子接触面を皮膚面に垂直に当て、探触子接触面の長軸を

フランクフルト平面に沿って、前後・左右に平行移動させながら撮像した(スウィープ法)。図3に耳下腺水平断面が最大になったときの画像を示す。冠状断面像は探触子接触面を皮膚面に垂直に当て、探触子接触面の長軸をフランクフ

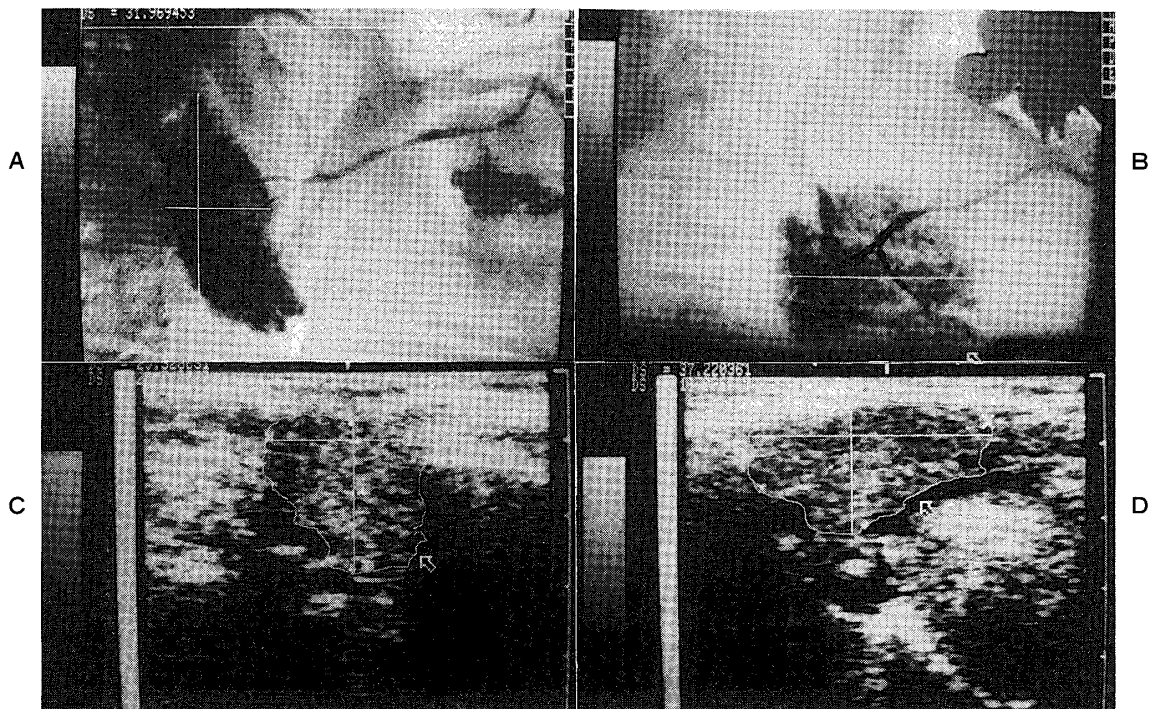


図5 唾液腺造影像と超音波画像
A：耳下腺造影像（頭部側面像）、白線は腺体の上下径と前後径を示す。
B：顎下腺造影像（頭部側面像）、白線は腺体の前後径を示す。
C：耳下腺超音波画像（水平断面像）、白線は腺体の前後径と厚径を示す。
D：顎下腺超音波画像（下顎下縁方向の顎下腺断面像）白線は腺体の前後径を示す。

ルト平面と直角に、前後・左右に平行移動させながら撮像し、耳下腺冠状断面が最大になったときの画像から耳下腺の上下径を計測した。顎下腺の場合は、探触子接触面の長軸を下顎下縁に沿って顎下部の皮膚面に当て、下顎下縁部から内側に平行移動して撮像した。図4に顎下腺断面像が最大になったときの画像を示す。この画像から顎下腺の前後径と厚径を求めた。なお、顎下腺の上下径は、下顎骨が超音波の入射の障害となり測定できないので除外した。また、舌下腺は今回の研究では超音波の入射角度の変化により画像の歪みが現れるため、撮像方向の規格化の難しさを考慮して対象から除外した。

3) 唾液腺造影法との比較

超音波診断法と他の画像検査法を比較するために、唾液腺疾患の無い健常者20名(耳下腺10名・顎下腺10名)を対象にして唾液腺造影法を実施した。性別は男性15名・女性5名で、全例左側を造影した。画像の計測項目は超音波の入射および反射方向とエックス線の照射方向が一致している、耳下腺の前後径・上下径・厚径と、顎下腺の前後径・厚径とした。そして、得られた計測値を、同時に行った超音波診断法の計測結果と比較した。図5に唾液腺造影像と超音波

画像における計測部位を示す。

唾液腺造影法は、日立メディコ社製の2V-A-100Fを使用して、エックス線テレビでモニターしながら撮影した。造影剤はオムニパーク300[®](ヨード含有300mg/ml)を使用した。観察は、腺体の外形が良く確認できる腺形適量像を対象とした。撮影は側方方向と前頭後頭方向で行った。頭部側面像では耳下腺の前後径・上下径と顎下腺の前後径を計測した。頭部正面像では耳下腺の厚径と顎下腺の厚径を計測した。エックス線の主線は、フィルムを唾液腺側に保持してフランクフルト平面に平行に、そしてフィルム面に垂直に入射した。図6に唾液腺造影撮影における距離の補正法を示す。拡大率は画像解析装置への入力時に補正した。

3. 唾液腺の超音波画像解析

1) 観察対象

観察は、唾液腺疾患の無い健常者100名の左右の耳下腺と顎下腺を対象とした。性別は男性60名、女性40名であった。年齢は、男性が23歳から36歳で平均25.5歳、女性は23歳から27歳で平均23.9歳であった。

2) 画像の評価項目

(1)唾液腺の大きさ：耳下腺の場合は水平断面像から耳下腺の前後径と厚径を、冠状断面像から上下径と最大断面積を求めた。顎下腺の場合は下顎下縁に平行な断面像から顎下腺の前後径と厚径および最大断面積を求めた。撮像法および画像解析法は診断精度の評価を行った時と同様の規格および条件で行った。

(2)唾液腺の外形と辺縁：唾液腺の形態的特徴を表すのに二つの方法を用いた。その一つは腺体外形の凹凸の程度を調べるもので、境界線が正円に近いか否かで表す方法(不整形度指数: Deformity Index)である。他の一つは、腺体の辺縁の粗雑さを調べるもので、通常超音波画像とこれを平滑化したものを比較して表す方法(不規則度指数: Irregularity Index)である。図

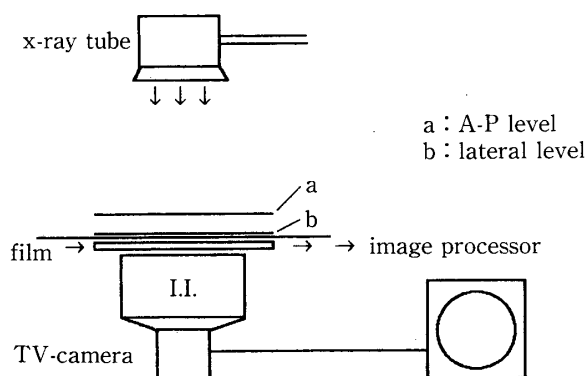


図6 唾液腺造影撮影における距離の補正
 a : 前頭後頭方向撮影時の唾液腺の位置 (拡大率平均1.15)
 b : 頭部側方方向撮影時の唾液腺の位置 (拡大率平均1.10)
 唾液腺のレベルでスケールを撮影して画像解析装置で補正した。

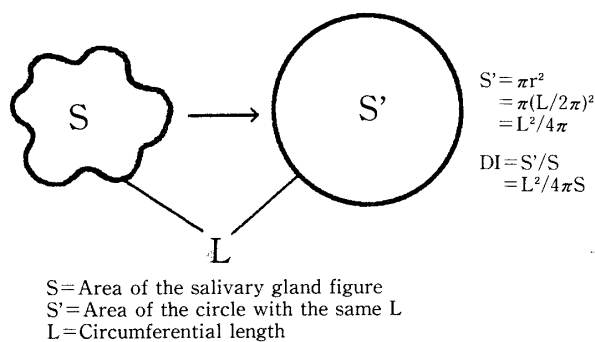
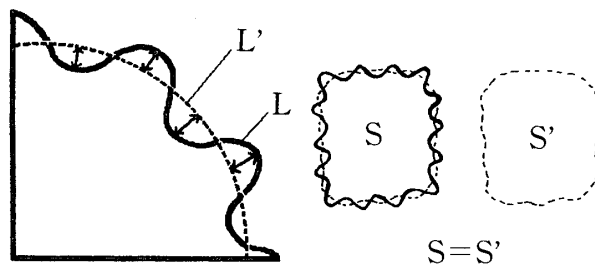


図7 不整形度指数 (Deformity Index : DI) の定義
 S : 唾液腺の腺体部の面積
 S' : 同じ周囲長を有する真円の面積
 L : 周囲長



L = Circumferential length
 L' = Smooth length

図8 不規則度指数 (Irregularity Index : II) の定義
 L : 唾液腺の腺体部の周囲長
 L' : 腺体部と同じ面積を持ち、辺縁が平滑化され、最短距離の周囲長を有する図形の周囲長
 $II = L/L'$ で求められる。

7に不整形度指数 (DI) の算出法を示す。不整形度指数 (DI) が1に近いほど整と表現され、画像の境界は正円形に近いことを意味している。また、不整形度指数 (DI) が1から遠いほど不整の度合いが大きくなる。このとき、画像解析装置の画像解析ソフトのイメージコマンド4198を用い、面積 (S) および周囲長 (L) を求めた。図8に不規則度指数 (II) の算出法を示す。この指数が1に近いほど画像の境界線は平滑であることを意味し、1から遠いほど境界線は粗雑になる。このとき必要な、腺体の周囲長 (L) および平滑化後の周囲長 (L') は、上述した画像解析ソフトのイメージコマンド4198の平滑化処理法を用いた。

(3) 唾液腺像の音響特性：図9に超音波診断法

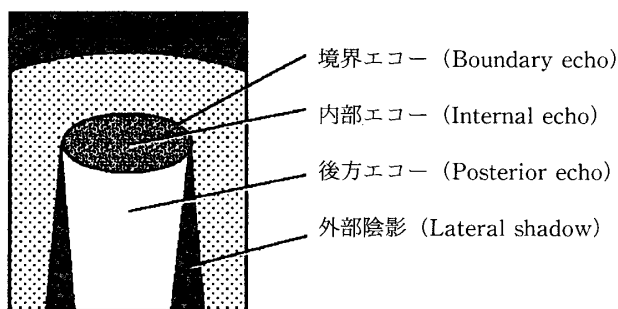


図9 超音波診断法における唾液腺像の音響特性

における唾液腺像の音響特性の測定部位を示す。内部エコー、後方エコー、境界エコー、外側陰影等に区別してそれぞれを評価した。内部エコーは唾液腺内部のエコー強度を表し、画像解析装置でエコー強度の平均値を測定して比較した。後方エコーは、唾液腺後方のエコー強度の増強・減弱の度合いを表し、唾液腺組織の前後のエコー強度の差を求めた。同時にリアルタイムの診断で明かな後方エコーの増強が認められたものの割合を検討した。境界エコーは、唾液腺周囲にみられる高・低エコー部を表し、その存在の有無を検討した。外側陰影は、嚢胞などでよく認められる組織の両側から後方へ伸びる低エコー部と定義して、その存在の有無を検討した。評価に使用した画像は、耳下腺の水平断面像と、顎下腺の下顎下縁に沿った断層像である。

結 果

1. 超音波画像解析の計測精度の検討

1) 正立方体模型による長さの計測

表1に正立方体模型の計測結果を示す。最大誤差はすべてプラスとなり、超音波画像は実際より拡大されており、実測値に対する百分率誤差は、横径で+3%~+13%、縦径で+2%~5%認められた。横径は縦径より拡大傾向が強かったが、模型の実測値の大きさが大きくなるほど、百分率誤差は小さくなった。表2は、一辺が50.0mmの模型を用い、超音波入射方向

表1 正立方体模型の超音波診断装置による計測結果

単位: mm

実測値	縦 径				横 径			
	最大	最小	最大誤差	平均±S.D.	最大	最小	最大誤差	平均±S.D.
10.0	10.4	9.9	+0.4(4%)	10.1±0.2	11.3	10.1	+1.3(13%)	10.8±0.3
15.0	15.4	14.7	+0.4(3%)	15.1±0.2	16.5	15.3	+1.5(10%)	15.9±0.4
20.0	20.8	19.7	+0.8(4%)	20.2±0.3	21.6	20.4	+1.6(6%)	21.0±0.4
25.0	26.2	25.2	+1.2(5%)	25.6±0.3	26.8	25.8	+1.8(7%)	26.4±0.3
30.0	31.4	30.1	+1.4(5%)	30.8±0.5	31.7	30.0	+1.7(6%)	30.7±0.5
35.0	35.8	34.7	+0.8(2%)	35.2±0.3	37.0	35.9	+2.0(6%)	36.4±0.4
40.0	41.2	39.5	+1.2(3%)	40.4±0.6	41.8	40.0	+1.8(5%)	41.0±0.5
45.0	46.0	45.1	+1.0(2%)	45.5±0.3	46.5	45.5	+1.5(3%)	46.2±0.4
50.0	51.6	50.5	+1.6(3%)	50.8±0.3	52.6	50.8	+2.6(5%)	52.0±0.5

()内は百分率誤差

表2 超音波入射方向の距離の増加に伴う横径の変化

単位: mm

距離	横 径	誤 差
0	50.7	0.7
5	51.7	1.7
10	52.4	2.4
15	50.8	0.8
20	51.7	1.7
25	52.6	2.6
30	52.4	2.4
35	52.0	2.0
40	52.1	2.1
45	52.5	2.5
50	52.6	2.6

表3 超音波診断法の繰り返し撮像による唾液腺計測の変動係数(精度)

項目	耳下腺			顎下腺	
	前後径	上下径	厚径	前後径	厚径(mm)
繰返し数	10	10	10	10	10
平均	36.5	52.7	15.0	32.5	16.3
標準偏差	1.2	0.9	1.1	1.3	0.9
変動係数(%)※	3.3	1.7	7.3	4.0	5.5

※変動係数(C.V.): (標準偏差/平均)×100(%)

の距離の増加に対する横径の変化を調べた結果である。超音波入射方向の距離が増加するほど横径が増加しており、超音波画像は深部になるほど横方向に拡大する傾向を示した。

2) 繰り返し撮像による計測値の変動

表3に同一被験者で同一部位を10回繰り返し撮像した結果を示す。変動係数で比較すると、耳下腺の上下径を撮像したときが精度が高く

表4 超音波診断法と唾液腺造影法の計測値の比較(耳下腺)

単位: mm

被験者No.	前後径		上下径		厚 径	
	SG	US	SG	US	SG	US
1	37	36	48	47	15	17
2	31	28	40	38	18	20
3	46	45	51	53	14	17
4	34	35	51	48	15	18
5	35	32	52	50	16	18
6	26	29	44	45	19	19
7	35	31	51	49	17	21
8	20	22	38	41	11	14
9	31	28	51	48	18	19
10	28	27	45	45	18	20
差の平均d	+1.0		+0.7		-2.2	
標準偏差Sd	2.6		2.1		1.1	
有意差	N.S.		N.S.		P<0.01	

SG: 唾液腺造影法 US: 超音波診断法

表5 超音波診断法と唾液腺造影法の計測値の比較(顎下腺)

単位: mm

被験者No.	前後径		上下径		厚 径	
	SG	US	SG	US	SG	US
1	32	33	-	-	19	16
2	34	33	-	-	14	12
3	29	31	-	-	17	15
4	32	33	-	-	21	13
5	28	30	-	-	15	14
6	35	30	-	-	18	14
7	30	29	-	-	17	16
8	36	34	-	-	20	18
9	34	33	-	-	18	16
10	39	37	-	-	20	19
差の平均d	+0.6		-		+2.5	
標準偏差Sd	2.1		-		2.1	
有意差	N.S.		-		P<0.01	

SG: 唾液腺造影法 US: 超音波診断法

1.7%で、厚径で7.3%と低くなった。顎下腺では、前後径が4.0%で、厚径が5.5%であった。

3) 唾液腺造影法との比較

表4に唾液腺造影法と超音波診断法による耳下腺の計測値を比較した結果を示す。SGは造影、USは超音波で、各被験者ごとに造影の計測値から超音波の計測値を引いた差の平均dは、厚径が-2.2mmで最も大きかった。対応ある場合のt検定を行った結果、前後径と上下径では差が認められなかったが、厚径では造影の方が有意に小さくなっていった。

表5に顎下腺の結果を示す。造影の計測値から超音波の計測値を引いた差の平均dは、厚径が+2.5mmで最も大きかった。t検定を行った結果、前後径では差が認められなかったが、厚径では造影の方が有意に大きくなっていった。

2. 唾液腺の超音波画像解析

1) 唾液腺の正常像

一般的な耳下腺正常像では、均一な、中等度のエコー強度を示す耳下腺組織が認められた(図3)。その前方に連続している咬筋は低エコーを示し、その周囲は強エコー帯で囲まれていた。咬筋の内側には極めて強いエコー像を示す下顎骨が認められた。また、咬筋の後方には、低エコーの胸鎖乳突筋と、その内側に強エコーを示す乳様突起が認められた。顎下腺正常像では、中央に、均一なエコー強度の顎下腺組織が認められ、前方には、皮膚側から、低エコーの

顎二腹筋、その内側には顎舌骨筋が認められた。さらにその内側には、顎下腺と顎舌骨筋の両方に接して、辺縁が強エコーで内部が中等度エコーの舌筋組織が認められた(図4)。

2) 唾液腺の大きさ

表6に全被験者における耳下腺と顎下腺の大きさの計測結果を示す。それぞれ左右差はなく、最大断面積を比較すると耳下腺の方が顎下腺よりも大きかった。図10に耳下腺の上下径、前後径、厚径、最大断面積の男女比を示す。それぞれ男性の方が有意に大きくなっていった。そして、図11のように、顎下腺の前後径、厚径、最大断面積も同様に男性が女性より大きな値を示していた。表7は身長、体重および性差と唾液腺の

表6 全被験者における耳下腺と顎下腺の大きさの計測結果

〈耳下腺〉				
	単位: mm			
	上下径	前後径	厚径	最大断面積(mm ²)
右側	49±5	29±5	19±2	587±78
左側	48±6	30±6	19±2	551±97
〈顎下腺〉			単位: mm	
	前後径	厚径	最大断面積(mm ²)	
右側	34±4	17±3	318±48	
左側	33±7	16±3	298±57	

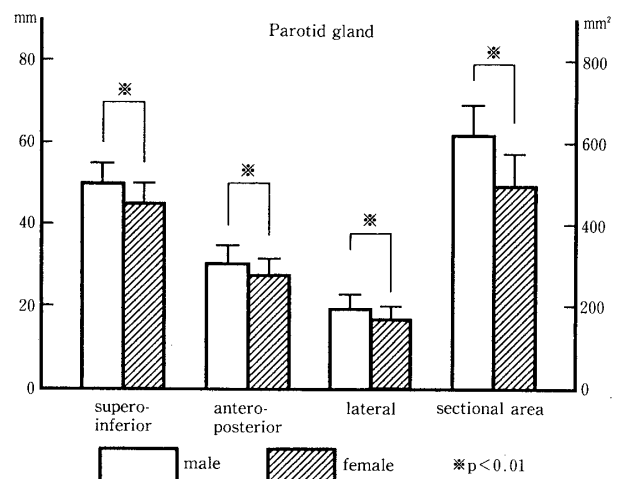


図10 耳下腺の上下径・前後径・厚径・最大断面積

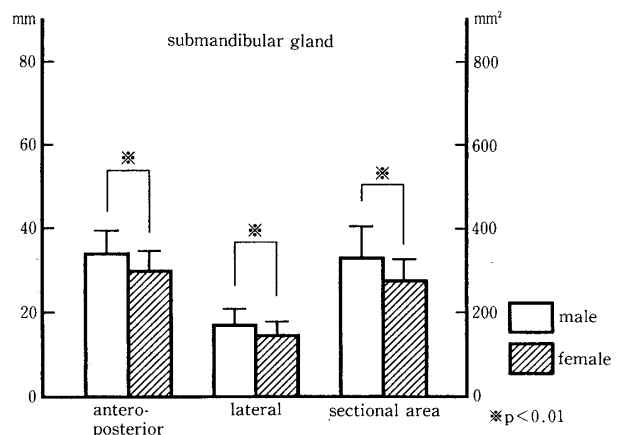


図11 顎下腺の前後径・厚径・最大断面積

表7 唾液腺最大断面積の多変量解析

	耳下腺		顎下腺	
	係数 β	t 値	係数 β	t 値
性 差	0.81	6.21	0.59	7.27
身 長	0.27	2.09	0.06	0.33
体 重	0.10	0.99	0.05	0.48
体重/身長	0.10	0.85	0.03	0.40
重相関係数	0.61		0.59	
決定係数	0.37		0.34	
推定値の標準偏差	77.62		46.22	

最大断面積との関係について多変量解析を行った結果である。男女差に身長と体重が依存している可能性があるため、この分析を行ったが、性差に関する係数 β が耳下腺では0.81、顎下腺では0.59と最も大きくなり、唾液腺の最大断面積の大きさには性差が大きく関与していた。

3) 唾液腺の外形と辺縁

(1)不整形度指数 (DI) : 表8 に不整形度指数 (DI) の分析結果を示す。この表から、男女とも顎下腺の方が耳下腺に比べて不整形度指数が小さく、整の傾向を示していた。すなわち、顎下腺は耳下腺よりも円形に近いことを意味していた。なお、左右差は認められなかった。

(2)不規則度指数 (II) : 表9 に不規則度指数 (II) の分析結果を示す。この表からも、男女とも顎下腺の方が耳下腺に比べて不規則度指数

表8 耳下腺と顎下腺の不整形度指数 (Deformity Index)

		耳下腺		顎下腺	
		左側	右側	左側	右側
男 性	左側	2.04±0.14	2.06±0.14	1.64±0.09	1.64±0.10
	右側	2.06±0.14	2.06±0.14	1.64±0.09	1.64±0.10
女 性	左側	1.99±0.20	2.06±0.26	1.46±0.11	1.49±0.12
	右側	1.99±0.20	2.06±0.26	1.46±0.11	1.49±0.12

表9 耳下腺と顎下腺の不規則度指数 (Irregularity Index)

		耳下腺		顎下腺	
		左側	右側	左側	右側
男 性	左側	1.15±0.04	1.16±0.05	1.06±0.03	1.07±0.03
	右側	1.15±0.04	1.16±0.05	1.06±0.03	1.07±0.03
女 性	左側	1.14±0.05	1.14±0.05	1.06±0.03	1.06±0.02
	右側	1.14±0.05	1.14±0.05	1.06±0.03	1.06±0.02

が小さく、顎下腺の辺縁は耳下腺のそれよりも平滑な傾向を示していたが、左右差は認めなかった。

図12に実際の耳下腺の超音波像を示す。頂点が鈍角化し、逆三角形を呈するものは不整形度

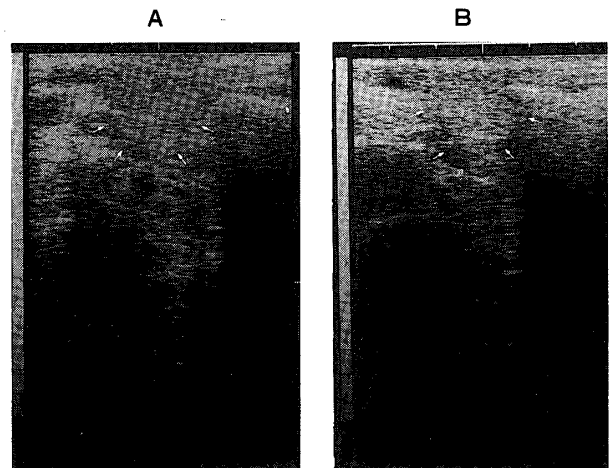


図12 耳下腺の超音波画像 (代表例)

- A : 腺体の頂点部が鈍角化した逆三角形を示す。
不整形度指数 (DI) : 2.07, 不規則度指数 (II) : 1.09
- B : 腺体の両端が細長く、前突起が咬筋上を前方に伸びている。
不整形度指数 (DI) : 2.52, 不規則度指数 (II) : 1.18

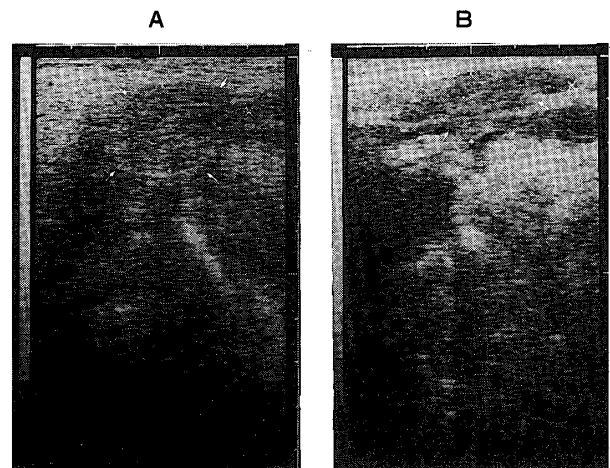


図13 顎下腺の超音波画像 (代表例)

- A : 前後にわずかに伸びて単純な楕円形を示す。
不整形度指数 (DI) : 1.59, 不規則度指数 (II) : 1.10
- B : 前後に細長く、腺体の下部に凹凸がある。
不整形度指数 (DI) : 1.74, 不規則度指数 (II) : 1.18

指数が小さくなり、腺体の両端が細長く耳下腺の前方突起が咬筋上を前方に伸ばたものは不整形度指数が大きくなっていった。図13に実際の顎下腺の超音波像を示す。前後に細長く、下部に凹凸があるものは不整形度指数が小さく、前後にわずかに伸ばた単純な楕円形をしたものは不整形度指数が大きくなっていった。また、耳下腺の方が辺縁が不規則で粗雑で、不規則度指数も大きかった。

(3)形状・辺縁と体重/身長比：図14は、不整形度指数が平均値より大きいものを不整形群、小さいものを整形群、また、不規則度指数が平均値よりも大きいものを辺縁粗雑群、小さいものを

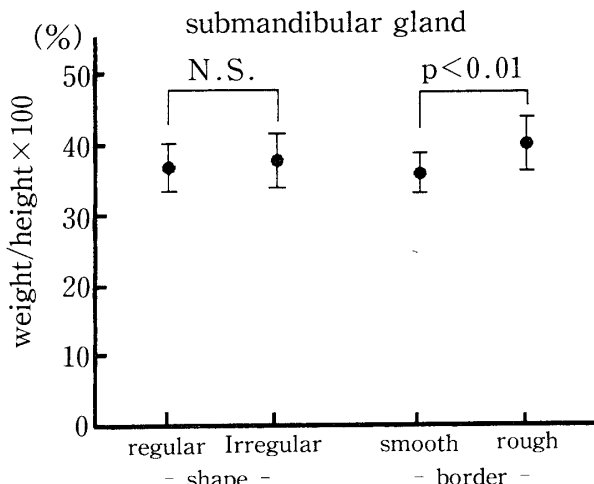
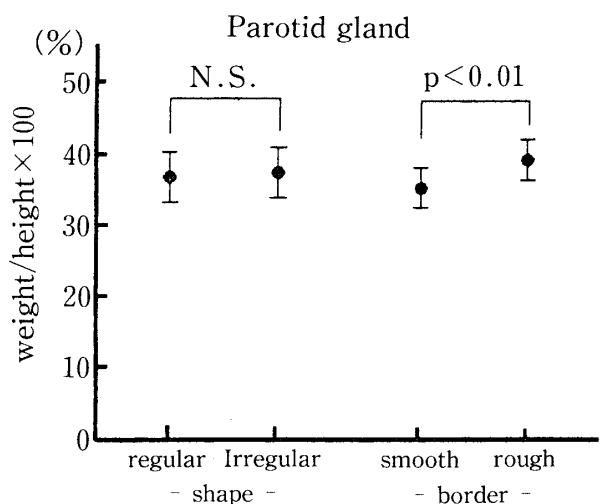


図14 形状・辺縁形態と体重/身長比との関係

辺縁平滑群と定義して、形状と辺縁形態に体重/身長比がおよぼす影響を調べた結果である。耳下腺、顎下腺ともに、体重/身長比によって腺体外形の整・不整度には差が認められなかった。しかし、体重/身長比が小さい場合に辺縁が平滑となり、大きくなると粗雑になった。

4) 唾液腺像の音響特性

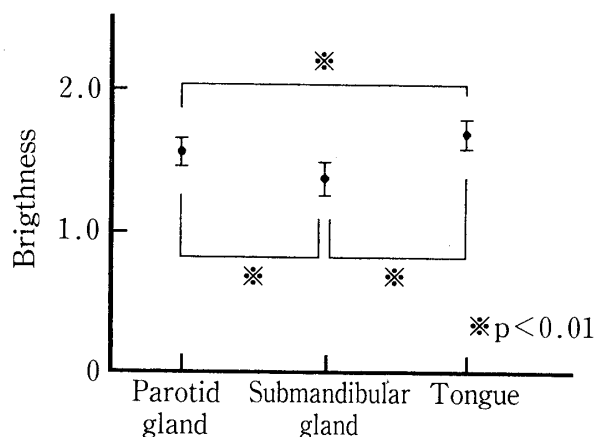


図15 内部エコー強度の比較

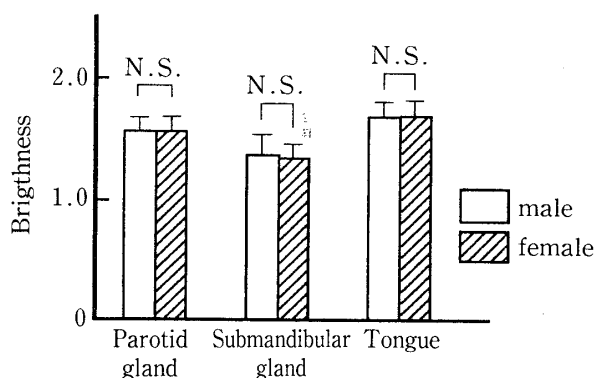


図16 内部エコー強度の比較 (男女別)

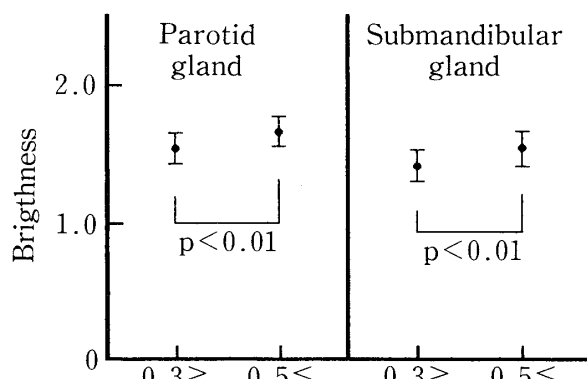


図17 内部エコー強度と体重/身長比との関係

(1)内部エコー：図15に内部エコー強度の測定結果を示す。耳下腺、顎下腺および舌組織の内部エコーの平均値を比較すると、舌筋組織が最も強く、耳下腺の方が顎下腺よりも強くなっていた。そして、図16に示すように、内部エコー強度には性差は認められなかった。図17は内部エコー強度を体重/身長比が30%以下と50%以上の群に分けて比較したものである。耳下腺および顎下腺とも、体重/身長比が30%以下の群に比べ、50%以上の群が強くなっていた。

(2)後方エコー：表10は後方エコーに関して、唾液腺組織より外側の部分(探触子の直下で、唾液腺と皮膚との間の部分)と唾液腺組織より内側の部分(探触子側とは反対の部分)のエコー強度の差を調べたものである。耳下腺と顎下腺の違いや、性差、左右差は認められず、リアルタイムでの観察では、明らかに唾液腺組織の後方エコーが存在するものが、被験者全体の約

10%に認められた。

(3)境界エコーと外側陰影：表11は耳下腺における、境界エコーと外側陰影のリアルタイムの肉眼的観察での出現率である。境界エコーは被験者全体の10~11.3%に認められたが、外側陰影は全例で認められなかった。表12は顎下腺における、境界エコーと外側陰影のリアルタイムの肉眼的観察での出現率である。境界エコーは顎下腺では2.5~3.6%に認められたが、耳下腺よりも出現頻度は低かった。なお、外側陰影は耳下腺と同様に、全例で認められなかった。

考 察

1. 超音波診断法の特徴

超音波診断法で使用される超音波は、一般的には5から10MHzの周波数の高い音で、直進、反射、屈折作用などを有している。超音波診断法では、生体内の各構造物における超音波の反射の強弱を、濃淡(コントラスト)画像として表している。反射の強弱は、構造物の密度と関係が深い。超音波診断法は、非観血的で無侵襲のため、とくに、軟組織疾患に有効な診断法といわれている^{2,3)}。また、グレースケールのBモード表示法や探触子の発達から、臨床的には、リアルタイムでの診断もでき、その簡便な操作性から広く使用され、得られる生体の画像情報は、臓器などの断層面内の形態情報・心臓や血管内の血流などの動的情報・生体組織の音響特性の情報である⁴⁾。

唾液腺ではおもに耳下腺、顎下腺が対象になっていて、腺体の実質組織の構造的変化、隣接組織の細部を識別でき、操作も容易であるため、唾液腺を含めた頭頸部の軟組織検査に広く使用されている^{3,5,7,8)}。唾液腺の超音波検査では、唾液腺の形態情報に性差、個体差、唾液腺の種類による差が生じるとされてきた⁹⁾。しかし、これらの画像上の形態的な相違は、臨床的経験に基づいて述べられていることが多く、

表10 耳下腺と顎下腺の後方エコー(Posterior echo)の比較

		単位：輝度 (Brightness)	
		耳下腺	顎下腺
男性	左側	0.59±0.16(8.3%)	0.58±0.20(11.7%)
	右側	0.57±0.14(8.3%)	0.57±0.21(11.7%)
女性	左側	0.58±0.23(7.5%)	0.55±0.23(15.0%)
	右側	0.54±0.15(11.0%)	0.57±0.19(11.0%)

() ;リアルタイムの観察での出現率

表11 耳下腺における境界エコーと外側陰影のリアルタイムの観察での出現率(%)

		境界エコー	外側陰影
男 性	左側	11.3	0
	右側	10.0	0
女 性	左側	10.0	0
	右側	11.1	0

表12 顎下腺における境界エコーと外側陰影のリアルタイムの観察での出現率(%)

		境界エコー	外側陰影
男 性	左側	3.3	0
	右側	3.3	0
女 性	左側	2.5	0
	右側	3.6	0

術者の経験の差による不確定要素が常につきま
とっている。解剖学的に、唾液腺の形態に、性
差、個体差、唾液腺の種類による差違があると
報告されているが^{9,10)}、一定の画像描出条件の基
で、撮像方向を規格化し、超音波画像における
ヒト正常唾液腺の形態的特徴を多数の唾液腺に
ついて検索した報告はほとんどみられない。そ
こで本研究では、最新の画像解析装置を用いて、
ヒト正常唾液腺の超音波画像の解析を行った。
画像解析装置の医学応用は、初期には病理組織
学を中心に行われていたが^{11,12)}、その後、単純
エックス線写真、CT画像などが導入され、最
近では超音波画像も加えて、臨床的に広く利用
されている^{6,13-23)}。本研究では、この画像解析法
を正常唾液腺の形態学的特徴の分析に用い、そ
の結果を詳細に検討した。

2. 超音波診断法による唾液腺の撮像

顎下腺は顎舌骨筋の中央上部の斜めの筋線維
によって、表層部と深部に分かれる。深部は顎
舌骨筋の後辺縁に沿って曲がり、前方の一部は
顎舌骨筋と舌骨舌筋との間の空隙に入ってい
る²⁴⁾。今回のリアルタイムでの超音波検査では、
顎二腹筋の前腹、顎舌骨筋、舌筋組織、下顎骨
体の不変性によって顎下腺の位置の確認やその
識別が容易であった。また、顎舌骨筋の後辺縁
が容易に識別できたため、これを指標として、
顎舌骨筋より深部にある顎下腺腺体の解剖学的
位置がとくに正確にわかった。さらに、顎下腺
腺体では、エコー強度が耳下腺、舌組織よりも
弱く均一であった。しかし、腺体内の導管や腺
腔は識別できなかったが、これは健常被験者に
共通の所見であった。

耳下腺は腺体の上端は下顎枝と咬筋の外側で
頬骨弓の下部にあり、下端は下顎角、後縁は胸
鎖乳突筋に接し、顔面神経より外側の大部分を
浅葉(浅部)、顔面神経の内側、側頭窩内の部分
を深葉(深部)と呼んでいる¹⁾。今回の超音波検
査では、耳下腺腺体は、エコー強度が均一で、

顎下腺より強く、濃い画像を示した。また、顔
面神経や主導管、腺体内導管や腺腔は識別でき
なかつたが、腺体は深部まで明瞭に描出されて
いた。水平方向の撮像では、咬筋と胸鎖乳突筋
は、個体差なく常に一定の位置に描出されるの
で、これらを指標として、両者の間に存在する
耳下腺の識別や位置の確認が容易になった。リ
アルタイムの観察において、耳下腺の方が顎下
腺より高エコーで認められることが多かった
(図3, 4)。また、顎下腺と舌組織は、1回の
撮像で同時に撮像できるため比較しやすく、舌
組織の方が高エコーを示していた(図4)。

脂肪組織との識別に関しては、唾液腺組織と
皮下脂肪組織のエコー強度を比較すると、唾液
腺組織は皮下脂肪組織より強く、骨組織と比較
すると弱かった。したがって、皮下脂肪層と唾
液腺組織との識別は比較的容易だった。また、
皮下脂肪層の超音波画面上には内部に点状・線
状の不均一な像が見られるので、これも唾液腺
組織との識別を容易にしていた。なお、舌下腺
は今回の研究では、超音波の入射角度の変化で
大きく画像の歪みが現れるため、撮像方向の規
格の難しさを考慮して対象から除外した。

3. 超音波画像解析の計測精度

唾液腺の大きさを想定した正立方体モデルの計
測によって、超音波検査の測定誤差を調べた結
果、最大誤差はすべてプラスであった。すなわ
ち、超音波画像は実測値より拡大されて、かつ
横径の方が縦径より拡大傾向が強かった。さら
に、超音波入射方向の距離が増加するほど横径
が増加して、超音波画像は深部に行くほど横方
向に拡大する傾向を示した。その理由として、
模型表面と水の音響インピーダンスの差によ
って、超音波は境界面で反射し、表面の微細な凹
凸による乱反射部分が辺縁と認識されたことが
考えられた。従って、このような拡大傾向を考
慮して超音波唾液腺像を観察する必要がある。
そして、最大誤差が横径で+1.3~+2.6mm、縦

径で+0.4~+1.6mmと、誤差が1.0mmを越えることから、今回使用した超音波診断法の距離計測の有効数字を2桁とした。

超音波診断装置を用いて、同一唾液腺を繰り返し撮像し、測定値の変動を調べたところ、計測値の変動係数（[標準偏差/平均]×100(%)）は、顎下腺の厚径で5.5%と最も大きくなっていた。すなわち、探触子によって加えられる圧力と、超音波の距離による減衰が唾液腺組織の後方部で強いことに起因するものと考えられた。耳下腺浅部は顎下腺より表層部に存在するため、距離による超音波の減衰は少なく、深部組織よりも明瞭に描出されるが、顎下腺の後方部や側方部が不明瞭になるためこのような結果になったものと思われる。

唾液腺造影法との比較では、耳下腺において、各被験者ごとに造影の計測値から超音波の計測値を引いた差の平均dは、厚径が-2.2mmで最も大きくなっていたが、これは、後方正面撮影においてエックス線量の大小によって末梢導管部のコントラストが低下して輪郭が小さく認識されたことによる可能性があった。そして、顎下腺においては造影像の計測値から超音波像の計測値を引いた差の平均dは、厚径が+2.5mmで最も大きくなっていた。これには、顎下腺の腺体の前後的な彎曲が重複されて投影されたことと、造影剤による膨張が関係しているものと考えられた。一般的な超音波の特性によって、骨組織など周囲の軟組織と極端に密度や音速の差がある場合は、超音波が表面で屈折し、像が歪んでしまったり、組織表面が粗雑であるほど側方部に強い反射が生じるといわれているが⁴⁾、正常唾液腺の場合は、周囲の軟組織と極端な密度や音響インピーダンスの差が無いので、像の歪みは少なく、側方部の強い反射も、境界エコーを認めたものが少なかったため、大きさの測定にはあまり影響していないと考えられる。

4. 唾液腺の超音波画像解析

全被験者における耳下腺と顎下腺の大きさの計測結果では、いずれも左右差はないが、最大断面積を比較すると耳下腺の方が顎下腺よりも大きかった。前述の如く左右差がなかったことは、腺体の腫脹や萎縮などの大きさの変化を判定する時の基準として、反対側（正常側）の大きさを利用できることを示していた。耳下腺の上下径、前後径、厚径、最大断面積の男女比は、それぞれ男性の方が有意に大きく、顎下腺の前後径、厚径、最大断面積も耳下腺同様に男性が女性より大きな値を示していた。すなわち、唾液腺の大きさの判定には、性別も考慮すべき要因の一つであることが示された。

唾液腺辺縁の形状の分析結果は、顎下腺は耳下腺に比べて、男女とも不整形度指数が小さく、整の傾向を示していた。また、辺縁の境界線は、顎下腺の方が耳下腺に比べて、男女とも不規則度指数が小さく、辺縁が平滑な傾向を示していた。このことは唾液腺の腺体の確認や病的变化を判断する場合、耳下腺と顎下腺の差違を考慮する必要があることを示している。以上のように、従来、おもに乳腺疾患の診断に使用されていた、組織の形状や辺縁形態の超音波像の分析法は²⁵⁻³²⁾、本研究において、正常唾液腺の分析にも有効であった。

耳下腺と顎下腺の腺体外形の整・不整度は、体重/身長比による差が殆ど認められなかったが、体重/身長比が小さい場合に辺縁が平滑で、大きくなると粗雑になる傾向がみられた。このことは、実際の解剖学的構造と、体重/身長比の増加による画像全体のエコー強度の増加による画像の劣化（コントラストの低下）によるものと考えられる。

また、本研究で得られた内部エコーの比較では、舌筋組織が最も強く、次いで耳下腺、顎下腺の順となっていた。一般に、腺組織と脂肪滴の音響インピーダンスには大きな差があり、両

者の境界面で超音波は強く反射するため、脂肪滴の多い耳下腺が顎下腺より内部部エコーが増加するといわれている³³⁾。

耳下腺および顎下腺は、ともに、内部エコーは、体重／身長比が30%群では弱く、50%以上では強くなっていた。これは、腺組織内の脂肪組織量の相違と、皮下組織厚の増加にともなう画面全体のエコー強度の増加によるものと考えられ、超音波検査時の画像調整を行う場合に考慮すべき点である。

境界エコーと外側陰影については、耳下腺・顎下腺とも境界エコーが認められたものは、少なかったが、顎下腺の方がより少なかった。境界エコーは辺縁形態の平滑性に大きく左右され、一般に平滑であるほど境界エコーが生じにくいといわれている。そのため、顎下腺での境界エコーの出現例が少なかったと考えられる。なお、唾液腺の外側陰影はいずれも認められなかったが、これは唾液腺組織と周囲組織との密度差が小さいためと思われる。

本研究での、超音波画像解析による、唾液腺の大きさの計測結果では、左右差はなく、耳下腺と顎下腺の差を認め、さらに、性差が認められた。そして、耳下腺と顎下腺を比較すると、顎下腺の方が整の形状を示し、辺縁が平滑で、内部エコー強度が弱かった。また、体重／身長比が大きいほど内部エコー強度が強くなり、辺縁が不規則に観察されていた。これらのことから、今後、唾液腺疾患の診断には、年齢、左右差のほかに、性差、体重／身長比、耳下腺・顎下腺の形状や辺縁形態、内部エコーの相違を充分に考慮に入れる必要があると考えられた。

今回、正常唾液腺とその隣接組織の超音波画像解析の結果は、今後の臨床の診断に必要な項目と考えられる。そして、この結果は、唾液腺疾患の診断基準の基礎となると考えられた。

結 論

1. 超音波診断法は模型実測値と比較すると拡大傾向が認められた。被験者での繰り返し撮像の精度は耳下腺、顎下腺とも厚径の計測で低くなっていた。唾液腺造影法の計測値と比較すると、耳下腺の前後径と上下径、顎下腺の前後径は計測距離が一致していたが、耳下腺の厚径および顎下腺の厚径は計測値に差が認められた。
2. 超音波像では唾液腺の大きさに左右差がなく、腺体の大きさの変化を判定する時の基準として、反対側（正常側）の大きさを利用できることを示していた。唾液腺の種類と性別では差が認められた。すなわち、最大断面積は耳下腺の方が顎下腺よりも大きく、耳下腺の上下径、前後径、厚径、最大断面積、顎下腺の前後径、厚径、最大断面積は男性が女性より大きな値を示していた。
3. 耳下腺と顎下腺を比較すると、顎下腺の方が整の形状を示し、辺縁が規則的で、内部エコー強度が弱かった。また、耳下腺と顎下腺で、後方エコーの出現に差はなく、境界エコーは認められるものが少なく、外側陰影は全例で認められなかった。
4. 体重／身長比が大きいと内部エコー強度が増加し、辺縁が粗雑になった。
5. 以上のことから、唾液腺疾患の超音波診断には、年齢、左右差のほかに、性差、耳下腺・顎下腺の形状や辺縁形態、体重／身長比、内部エコーの相違を充分に考慮に入れる必要があることが明らかにされた。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、終始、本研究の遂行と御校閲を賜りました、北海道医療大学歯学部歯科放射線学講座金子昌幸教授に感謝の意を表し、貴重な御助言ならびに御校閲を賜りました、

口腔外科第一講座金澤正昭教授，口腔生理学講座猪股幸四郎教授，歯科理工学講座大野弘機教授，北海道医療大学保健管理センター長安河内太郎教授に感謝いたします。また，本研究に対して種々御協力くださいました，歯科放射線学講座ならびに附属病院放射線部の諸氏に厚く感謝いたします。

文 献

1. Bartlett L.J., Pon M.: High-resolution real-time ultrasonography of the submandibular salivary gland. *J Ultrasound Med* 3: 433-437, 1984.
2. 小林明男: 顎口腔領域疾患の超音波像所見について 第1報 頰部軟組織疾患. *日口外誌* 26: 972-981, 1980.
3. 飯塚益生, 長島道夫, 川満富裕, 岡村経一, 青柳和彦, 木村信良, 三島好雄: 頸部腫瘍の超音波診断の検討. *超音波医学* 10: 14-18, 1983.
4. 和賀井敏夫, 松尾裕英, 編集: 超音波医学, 永井書店, 大阪, 1985, 12-18, 78-88.
5. Seibert R.W., Seibert J.J.: High resolution ultrasonography of the parotid gland in children. *Pediatr Radiol* 16: 374-379, 1986.
6. 久保田光博, 長沢 亨, 山下安雄, 小林久雄, 南里和秀, 石川順子, 布施川久恵, 田島知郎, 三富利夫: 超音波画像解析によるヒト唾液腺の形態的特徴の描出. *超音波医学* 17: 33-43, 1990.
7. 吉田美苗子: 超音波による健常舌下腺の描出に関する検討. *口科誌* 46: 28-35, 1997.
8. Isaza M., Ikezoe J., Morimoto S., Takashima S., Kadowaki K., Takeuchi N., Sano M., Nakao K. and Kozuka T.: Computed tomography and ultrasonography in parotid tumors. *Acta Radiologica* 30: 11-15, 1989.
9. Ericson S.: The normal variation of the parotid size. *Acta Otolaryngol* 70: 924, 1970.
10. 山科正平, 渡辺建介: 唾液腺疾患—診療の指標—, 医歯薬出版, 東京, 1980, 1-11, 29-42.
11. 椿井孝芳, 岩井康智, 多田 逸, 東 義景: 画像解析による線維の定量的測定法について. *解剖誌* 66: 130-133, 1991.
12. 木村明彦, 五味敏昭, 菊池保裕, 岸 清: ラット胎仔および新生仔肺の気道系の二次元解析. *映像情報* 23: 366-370, 1991.
13. 大西 隆, 小林光道, 金子昌幸: 画像解析装置による唾液腺造影の定量的解析—導管および腺体の変化について—. *東日本歯学雑誌* 13: 207-212, 1994.
14. 柏木亜紀, 徳永尚子, 大西 隆, 金子昌幸: 唾液腺造影における画像解析装置の応用—導管計測の診断精度—. *東日本歯学雑誌* 13: 37-41, 1994.
15. Sugahara T., Yanagihara Y., Uyama C., Maeda H., Takafuchi M. and Azumi T.: Measurement of distensibility of blood vessels using cineangiograms. *Invest Radiol* 4: 672-677, 1989.
16. 椿井孝芳, 多田 逸, 藤田耕治, 東 義景: 画像解析装置をもちいたマウス顎関節における加齢変化について. *口科誌* 42: 16-20, 1993.
17. 安光千昭, 喜久田利弘, 中島 健, 山田長敬: 画像解析装置を用いた新しい咬合接触面積および点数の測定法. *口科誌* 40: 772-777, 1991.
18. 岡田典久: 回転パノラマX線写真の画像解析によるヒト顎骨骨梁構造の加齢変化. *口科誌* 39: 947-965, 1990.
19. 村上広樹, 松原正典, 奥森直人, 北村 隆, 松田哲雄, 加藤智彦, 津末 臺, 高木 慎: インプラント予後診断における1画像解析法の開発 第1報 システムの利用法. *日口腔インプラント誌* 5: 1-10, 1992.
20. 稲本一夫, 梅田徳男, 稲邑清也: 胃X線画像処理の研究—早期胃癌像での試み—. *日本医放会誌* 52: 1505-1520, 1992.
21. Yoshiura K., Ohki M. and Yamada N.: Image analysis of microsialograms of the mouse parotid gland using digital image processing. *Dentomaxillofac Radiol* 20: 17-24, 1991.
22. Sugahara T., Yamagihara Y., Sugimoto N., Kimura K., Awano K. and Azumi T.: Computer-aided interpretation of coronary cineangiograms—Accuracy of automatic detection of stenotic lesions—. *Acta Radiol* 33: 6-9, 1992.
23. Nozaki H., Harasawa A., Kohno A. and Shigeta A.: Ultrasonographic features of recurrent parotitis in childhood. *Pediatr Radiol* 24: 98-100, 1994.
24. 上條雍彦: 口腔解剖学, 第7版, アナトーム社, 東京, 1978, 1403-1416.
25. 森久保寛: 乳腺腫瘍超音波像の画像解析による定量的診断—乳癌と線維腺腫の鑑別. *超音波医学* 19: 857-869, 1992.

26. 佐々木賀広, 栗田武彰, 棟方昭博, 羽田隆吉, 遠藤正章, 加藤 智: 輝度分析による甲状腺結節性病変の境界の決定と境界明瞭度の定量化. 超音波医学 21: 77-83, 1994.
27. 橋本 隆, 小西 豊, 奥野敏隆, 梶原建熙, 小縣正明, 尾上一美, 島田啓子, 朽尾人司, 蓑輪和士, 濱田充生, 森本義人: 乳癌の腫瘤径に関する超音波検査の有用性の検討. 超音波医学 19: 150-156, 1992.
28. 森 博昭, 伊東紘一, 谷口信行, 川井夫規子, 入江喬介, 金澤暁太郎, 大塚 紳, 水沼洋文: 乳癌の音響組織特性に関する研究—組織型と周波数依存減衰, エコー輝度, 縦横比との関連について—. 超音波医学 22: 3-17, 1995.
29. 土館松三: 乳腺腫瘍の超音波診断—腫瘍内部エコーのヒストグラムによる分析—. 超音波医学 15: 153-159, 1988.
30. 曹 景文, 伊藤貴司, 小西辰男: 超音波Bモード画像における輝度ヒストグラムの統計的性質. 超音波医学 16: 1-12, 1989.
31. 森田淳一: 乳腺腫瘍の超音波診断基準に関する研究: 特に超音波断層法の診断基準と病理診断との相関における計量的検討. 超音波医学 13: 32-41, 1986.
32. Ueno E., Tohno E., and Itoh K.: Classification and diagnostic criteria in breast echography. Jpn J Med Ultrasonics 13: 19-31, 1986.
33. 中村みちる, 谷口信行, 林 良夫, 川井夫規子, 入江喬介, 伊東紘一: 小児顎下腺エコーレベルの年齢的变化. 超音波医学 22: 775-780, 1995.