

〔臨床〕 松本歯学 22 : 52~62, 1996

key words : 超音波装置 — 表示モード — 画像診断 — エコーサイン

歯科放射線における超音波画像診断法

内田啓一, 馬瀬直通, 丸山 清, 長内 剛
和田卓郎

松本歯科大学 歯科放射線学講座 (主任 和田卓郎 教授)

深澤常克, 児玉健三

松本歯科大学病院 歯科放射線科

滝沢正臣

信州大学医学部 放射線医学教室

Ultrasound Imaging in Oral Radiology

KEIICHI UCHIDA, NAOMICHI MASE, KIYOSHI MARUYAMA
KATASHI OSANAI and TAKUROU WADA

*Department of Oral Radiology, Matsumoto Dental College
(Chief : Prof. T. Wada)*

TSUNEKATU FUKAZAWA and KENZOU KODAMA

Department of Oral Radiology, Matsumoto Dental College Hospital

MASAOMI TAKIZAWA

Department of Radiology, Shinshu University School of Medicine

Summary

The fundamentals, research method, principles and structure of ultrasound image apparatus; normal ultrasound image for oral maxillofacial surgery, and the signature of basic ultrasound have been described.

The areas of research revolved around disorders that occur in the soft tissue of the jaw and facial region and diseases that affect the salivary glands.

Especially in the case of salivary gland diseases, ultrasound imaging can obtain information that x-ray examination can't without exposing the patient to radiation.

Furthermore, unlike other methods, it is a non-surgical process.

Ultrasound imaging is different from x-ray images. However, the image dose have an artifact that appears on the film. Therefore, the form and the place in which this artifact appears must be more thoroughly researched and understood before ultrasound imaging is carried out.

Ultrasonography provides much more information that the other types of examinations can achieve. To obtain such precise imaging information anatomical knowledge, better skills in carrying out this method and new devices are needed. It is hoped that in the future other methods can be implemented along with x-rays.

緒 言

超音波画像診断法 (Ultrasonography) は、一般に軟組織における病変の診断に用いられるものであり、医科領域においては、とくに産婦人科における胎児の診断、肝臓や膵臓等の検査法として頻繁に用いられている。

顎、顔面領域においては、顎部、顎下部などの皮下軟組織に発生した疾患や唾液腺疾患などが検査対象となる。特に唾液腺疾患において、単純X線検査では得られない画像情報が多く得られる上、患者に放射線被曝、および外科的侵襲を与えない検査法であるため、その有用性は広く認識され、画像診断法の中でも重要な位置を占めるようになりつつある。

しかし、超音波画像診断法を行うにあたって、超音波画像の正常像を理解し、患者の病態を把握した上で診断することは、他の画像診断法と同様である。

ここでは、超音波画像診断装置の原理・構造などの基礎的事項と検査法、および顎、顔面領域の超音波画像の正常像、基本的な超音波サインなど歯科領域に必要な手技を中心に述べる。

原 理

20 KHz 以上の通常では人間が聞き取れない周波数帯の音波を超音波 (ultrasound wave) という。例えば、コウモリは50 KHz の超音波を発生し、送信と受信を繰り返しながら地形や障害物を探知し暗闇を自由に飛行することができる。また、魚群探知機も超音波を利用し、魚群の位置と方向を探知している¹⁻³⁾。

超音波画像診断装置もこれらと同様な原理であるが周波数は高く、診断用として3.5~10 MHz

(MHz=10⁶ Hz)帯域の超音波を用いている。探触子から生体内に超音波を放射すると臓器の境界面で反射し、この反射波 (エコー: echo) を探触子で受信する。反射の割合は、境界面を形成する各臓器の密度とその音速の積に比例し、かつ固有の音響インピーダンス (impedance) の差によって決まる⁴⁾ (表1)。

表1に示すように、極端に音響インピーダンスの高い組織は骨、極端に低い組織は空気であり、軟部組織間では大きな差はない²⁾。このため軟部組織と骨や空気が接している部分では超音波の反射が強く起き障害陰影として診断上の障害となる²⁾。超音波画像では、音響インピーダンスの高い組織は白く (高エコー: hyperechoic)、低い組織は黒く (低エコー: hypoechoic) として描出される⁴⁾。

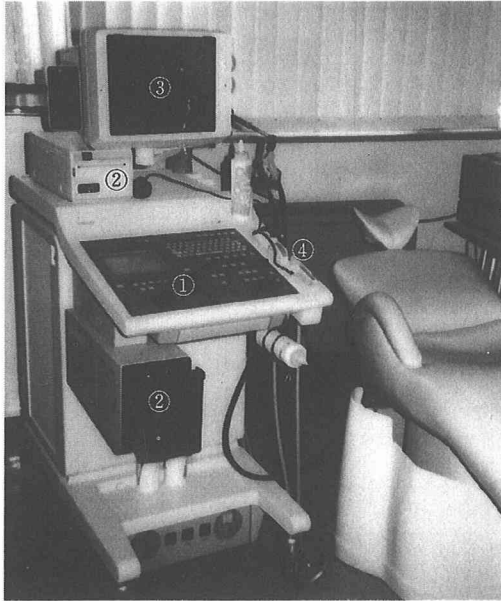
超音波画像診断装置の構成

超音波画像診断装置は、図1に示すように装置本体、探触子、表示部 (CRT モニター)、記録用プリンタなどから構成される。

超音波診断装置のうち超音波の発生装置であり受信装置である部分を探触子 (プローブ: Probe)

表1: 種々の組織の音響インピーダンス^{4,5)}

組織	音響インピーダンス (Rayls)
空気	0.0001
脂肪	1.38
水	1.50
血液	1.61
腎	1.62
肝	1.65
筋肉	1.70
骨	7.80



①装置本体 ②記録用プリンタ
③表示部 (CRT) ④探触子

図1：超音波画像診断装置 (TOSHIBA SSA-250A)

といい、検者が患者の皮膚に押し当てるかたちで検査を行う。探触子の先端にはジルコン酸チタン酸鉛 (PZT) 系の圧電セラミックの薄板でできた複数の振動子 (Transducer) が装着されている (図2)。振動子はエネルギー変換装置であり電気信号を与えると、探触子の先端が振動して超音波を発生する。また、各生体組織から反射された超音波信号を受信して電気信号に変換する⁶⁾。(圧電効果またはピエゾ効果) (図3) また、超音波は振動子の両面から発生するが、検査に必要な超音波は前面からのものだけなので、図2のように振動子の後面に音響吸収材 (ダンパー: Damper) を接着することにより前面から発生する超音波だけを使用することができ、残響時間 (サイドエフェクト: Side effect) がおさえられたことにより、距離分解能 (Range resolution) が改善される⁷⁾。

探触子からの超音波パルスは数千分の1秒間隔で発信される、発信から次の発信までの僅かな間隔を利用し反射波を受信する。受信反射波は電気信号に変換され、画像処理の後 CRT モニター上に表示される (図4)。

現在使用されている超音波診断装置の多くは、探触子の先端部に複数の振動子 (配列: アレー:

振動子 (Transducer)

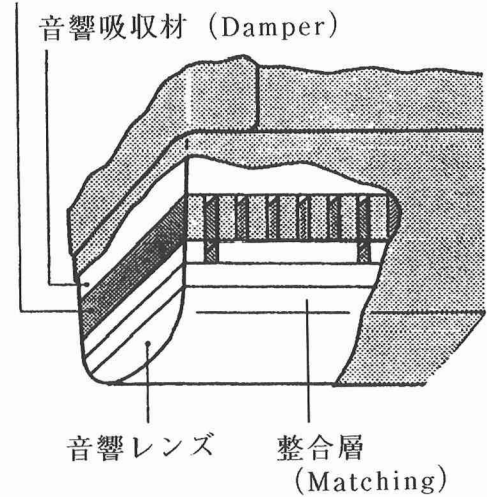


図2：電子リニア走査探触子の内部構造⁶⁾



図3：圧電効果

振動子 (Transducer) は電気信号を電圧により超音波信号を発生し、反射波を再び電圧により電気信号に変換する。

array) を組み合わせ高速で切り替える電子走査リアルタイム装置である。素子からパルス発射制御方法により、平行にパルスが発射されるリニア走査式 (linear scan)、扇形に発射されるセクタ走査式 (sector scan)、リニア走査式とセクタ走査式の間であるコンベックス走査式 (convex scan) に分かれる⁸⁾ (図5, 6)。

超音波画像の表示法

受信した反射超音波は電氣的信号に変換され CRT モニター上に画像として表示される。この表示方法には A (amplitude: 振幅) モード、B (brightness: 輝度) モード、M (motion: 運動) モードの3方法があるが、最近では C モード、F モードなどの特殊な表示方法が考え出されている。

(1) Aモード (図7 a)

超音波を発信し、その反射超音波を受信す

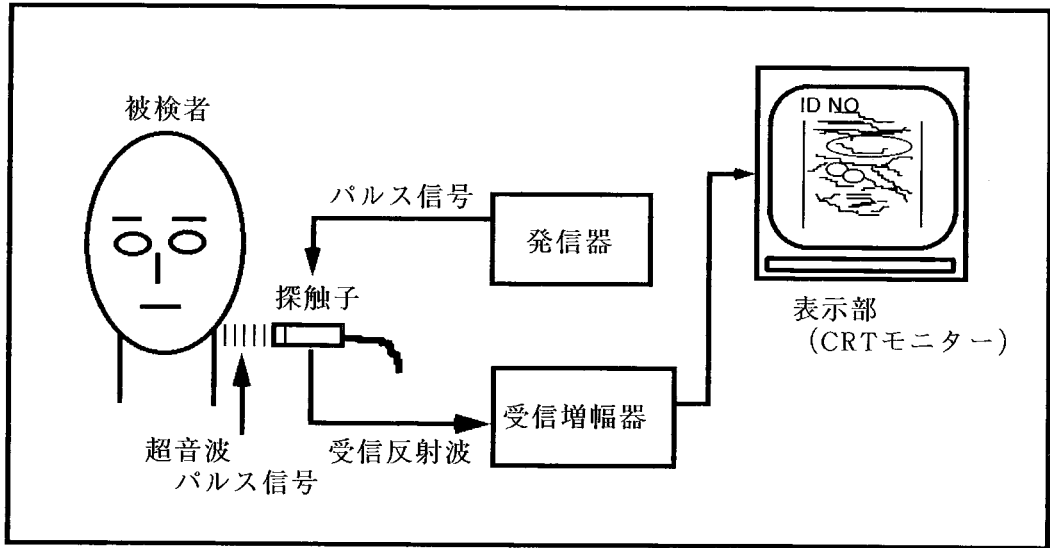


図4：超音波の発信と受信のブロック図

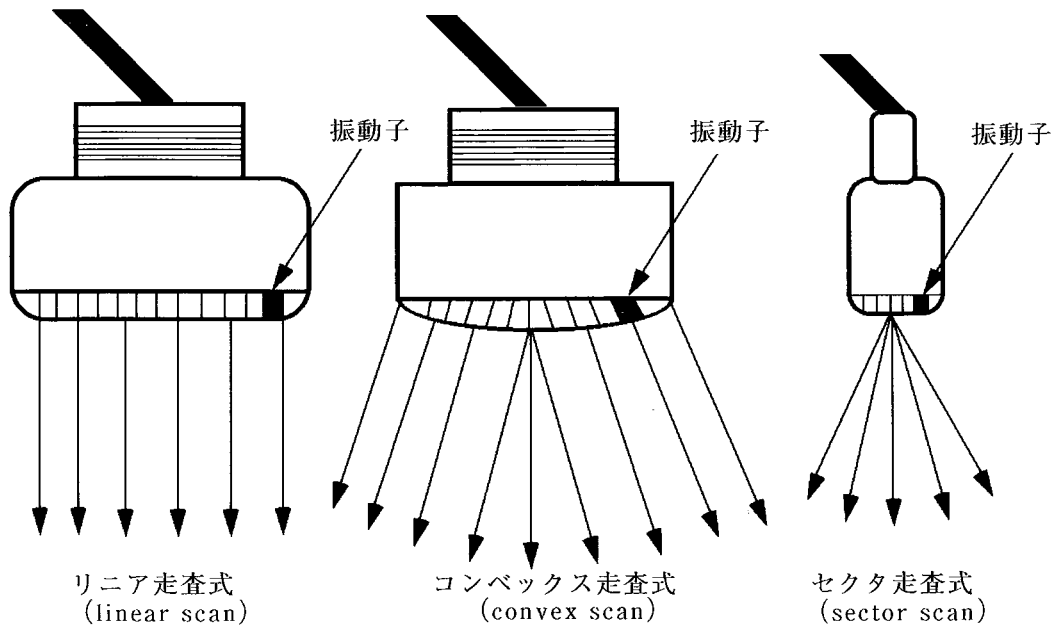


図5：振動子の配列とビームパターン

るまでの時間をCRTモニター上の横軸に、また縦軸は反射超音波の高さ（振幅）を表示したものである¹⁰⁾。一次元画像であるため情報量が少なく、現在臨床では心疾患などを除きあまり使用されない。

(2) Bモード (図7 b)

反射パルスの振幅の強さ、すなわち、振幅の強い部分は明るく、振幅の弱い部分は暗い濃淡像として表示されるが、この濃淡像が二次元の位置情報と共に示され画像が形成される²⁾。この二次元画像は、対象検査部位に対して垂直方向の断層像となり、かつ、生体軟部

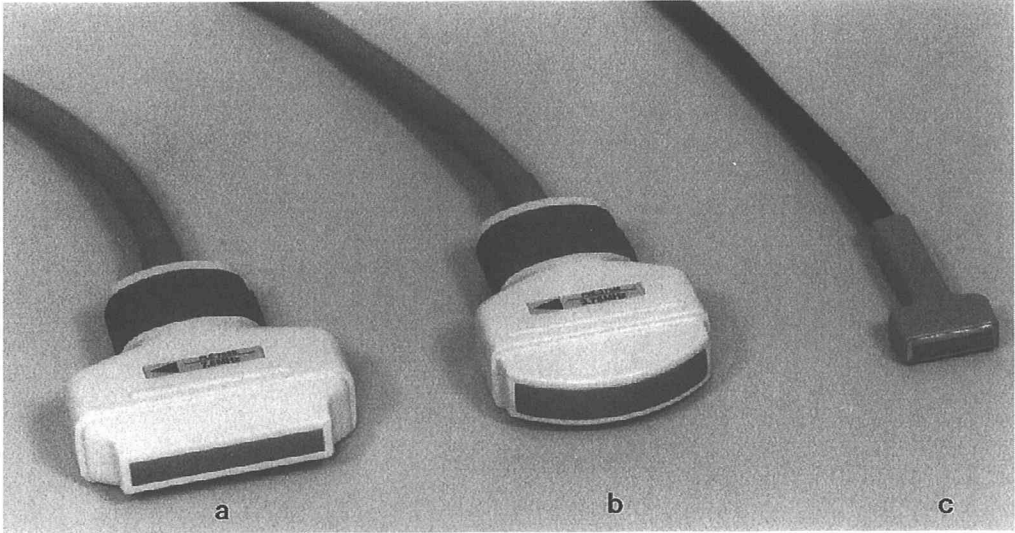


図6：各種の探触子

- a：リニア走査式 (linear scan)
- b：コンベックス走査式 (convex scan)
- c：セクタ走査式 (sector scan)

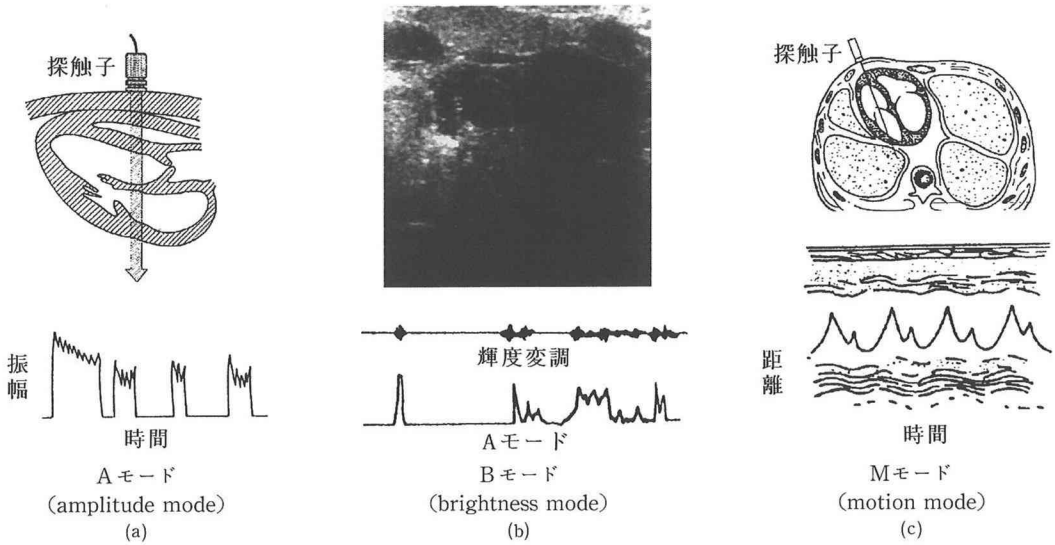


図7：画像表示モード^{6,9)}

組織の構造を実時間 (real time) でとらえることができるため、一般の超音波検査ではこのモードが主流であり、最も多く使用されている¹⁰⁾。

(3) Mモード (図7c)

検査対象物の運動を知るための検査法であ

る。Bモードのように探触子を移動するのではなく、探触子を目的部位に固定し超音波の送受信を行う¹⁰⁾。これにより臓器の動きを一定時間連続して記録し、臓器の拍動の時間的な変化を波形として観察できる。歯科領域では使用されていないが、医科においては心臓

表2：超音波診断の特徴^{9) 改)}

1. 放射線被曝がなく、非侵襲性検査であり被検者に苦痛を与えず行える。
2. 無害*であり、繰り返し検査を行え、重症患者の検査も容易である。
3. 軟組織の描出にすぐれ、組織学的診断も可能。
4. 薄層の断層像、断層面前後の影響を受けない。
5. 断層方向の選択が自由である。
6. 動態観察、記録がリアルタイム画像下で行える。
7. 装置が小型で移動が容易で、ベットサイドでの検査も可能である。
8. 特別な設備が不要である。
9. 空気、骨等の影響を受けやすく、その後方は見えず、検査部位に制限を受ける。
10. 全体像の描出が難しい。
11. 操作性、再現性にやや劣る。

*現在のところは100%無害とは証明されていない。

超音波(UCG: Ultrasonocardiograph)で利用されている。

超音波診断の特徴

歯科・口腔外科領域においては顔面、頸部、唾液腺などに発生した疾患が超音波検査の対象となる。特に唾液腺疾患は単純X線写真ではコントラストがつかないため病変を判読することが不可能な場合が多く、コンピュータ断層撮影(CT)や核医学(RI)による検査、あるいは唾液腺造影などが一般的である。これは患者への放射線被曝の問題や医療費負担などを考えると、人体に対し安全性が高く非侵襲性検査としての超音波診断の最大の特徴を利用し、各種X線検査などと補完的に組み合わせることにより、的確な総合画像診断を行うことが望ましい⁷⁾(表2)。

顎顔面頸部領域の超音波検査の 正常解剖像・撮影手技

超音波画像を理解、読影するためには、顎顔面頸部領域の正常解剖を知る必要があることは、他の画像診断法と同様である。今回ここでは、唾液腺、頸部の撮影手技と正常解剖像について解説する。

(1) 撮影手技

検査は患者に水平位の体位をとらせ頸部を過伸屈させた状態で、超音波ジェリー(例えばSONO JELLY[®]、東芝メディカル)を使



図8：超音波ジェリー

1. 超音波ジェリー (SONO JELLY[®] 東芝メディカル)
2. 超音波ジェリーを探触子に付着させ、皮膚と密着させる。

用して探触子と皮膚を密着させ検査を行う。これは、探触子と皮膚の間に空気層ができることにより、超音波の送受信が妨げになることを防止するためのものである。つまり超音波は空気を通過しないため、超音波ジェリーを使用することにより超音波の送受信を円滑にする役目をもったものである(図8)。

現在、超音波検査によく使用されている周波数は、検査部位の深度から3.5, 5 MHzなどの低周波数のものや7.5, 10 MHzなどの高周波数のものが使用されている。3.5, 5 MHzなどの周波数は解像度は低いが、深部臓器の検査には優れている。逆に7.5, 10 MHzなどの高周波数のものは解像度が高く、浅部臓器の検査には優れているが、減衰があり深部臓器の検査には向かない⁵⁾。このため顎顔面頸部領域においては7.5, 10 MHzなどの高周波数の探触子の使用が適切である。

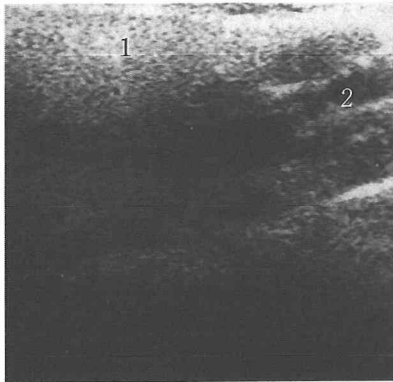
(2) 各部の撮影手技および正常超音波画像

1) 耳下腺部

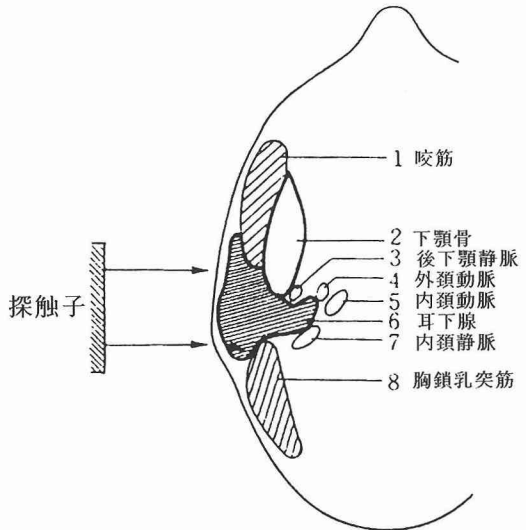
基準を下顎枝後縁におき、垂直・水平方向に探触子を移動させながら行う⁴⁾。この耳下腺部領域の正常超音波像では、耳下腺、咬筋、胸鎖乳突筋、下顎後静脈、外頸動脈などが描出される¹¹⁾。耳下腺は均一で周囲組織に比しエコーレベルの高い像(高エコー)として描出される。しかしながら耳



(a) 探触子の位置



(c) 正常耳下腺の超音波画像

(b) 耳下腺の解剖図¹²⁾

- 1 耳下腺
- 2 咬筋

図9：耳下腺部の撮影手技，超音波画像

下腺の深層部，前方部は描出されず，下顎骨後方も部分的にしか描出されない¹¹⁾。また，顔面神経および耳下腺導管（ステンセン管）も唾石が存在する場合を除き描出されない。顔面神経は耳下腺浅葉と深葉とを区別する役割があるが，超音波画像ではこれらを明瞭に区別することはできないため，下顎後静脈によって診断することは可能である（図9 a, b, c）

2) 顎下腺部

基準を下顎骨下縁におき，平行・垂直方向に探触子を移動させながら行う。正常超音波像では，顎下腺，顎二腹筋，顎舌骨筋，舌体，耳下腺下極などが描出される⁴⁾。

顎下腺は内部は均一で耳下腺同様のエコーレベルの高い像（高エコー）像で描出されるが，耳下腺と比較するとエコーレベルはやや低い¹³⁾。顎下腺導管（ワルトン管）

も耳下腺同様，正常例では描出されない。しかし，顎下腺に生じた唾石は，その発生頻度から耳下腺に生じた唾石よりも比較的容易に診断可能である。

顎下部には顔面動静脈，舌神経などがあるが，その描出はやや困難である（図10 a, b, c）

3) 舌下腺部

顎舌骨筋の上前方にあり，下顎骨体内面に接する不定形で扁平な形をした腺体である。舌下腺部の超音波検査では探触子を冠状方向に移動させながら行う。正常超音波像では，舌下腺，顎二腹筋前腹，顎舌骨筋，舌体などが描出される⁴⁾。

舌下腺は他の大唾液腺と比較した場合，エコーレベルの高い像（高エコー）で描出される。しかし，舌下腺自体を明瞭に描出するのは困難であり，特殊な口腔内用探触

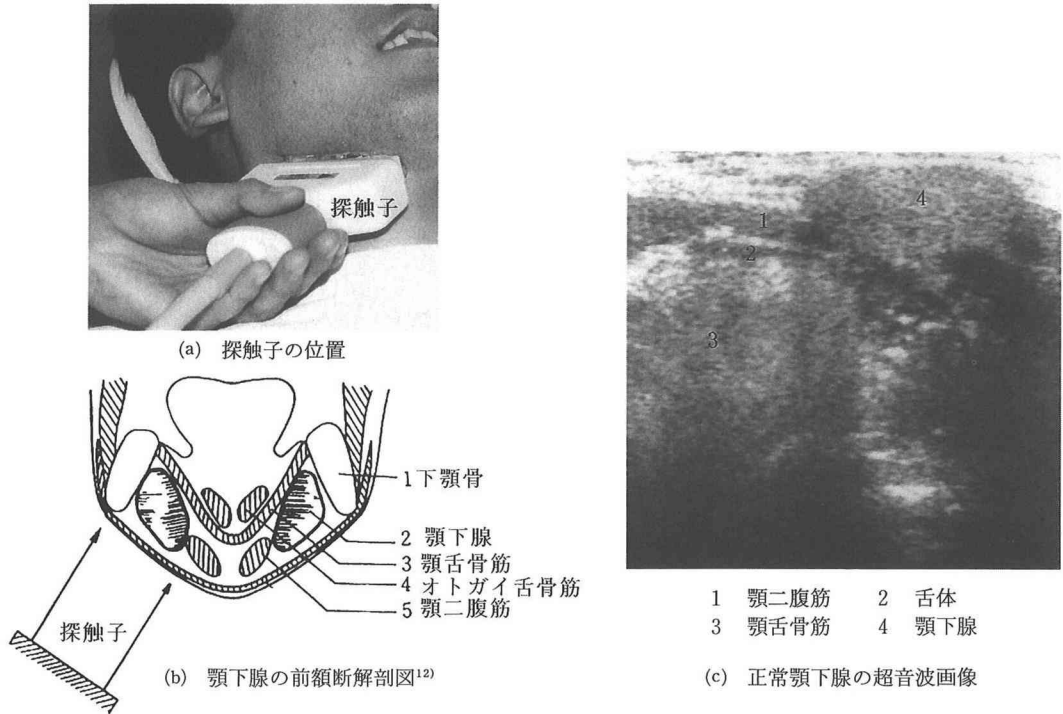


図10：顎下腺部の撮影手技，超音波画像

子を使用すれば描出されることも可能である¹⁴⁾(図11 a, b, c)

4) 頸部

基準を頸動脈におき，水平・垂直方向に探触子を移動させながら行う。これは病変と血管系との関係を把握することにより他の画像診断よりも有用なことがある。側頸部の正常超音波画像では，内外頸動脈，内頸静脈，上内深頸リンパ節，胸鎖乳突筋，舌骨，甲状腺，気管などが描出される^{4,11)}。

特に頸部を検査する場合は，解剖学的構造物を十分に把握しておくことが大切である(図12 a, b, c)。

以上が代表的な顎顔面頸部領域の検査部位であるが，皮下軟組織の病変であれば触診などを併用して，できるかぎり多方向から検査を行うのが有効である。数例の超音波画像症例を供覧する(図13)。

超音波画像におけるサイン

超音波画像には他のX線画像にはない特有のアーチファクト(artifact：障害陰影)が発生する。

アーチファクトとは何も存在しないところに，何かが存在するように見えたり，実際に存在するところに何も見えないことをいう¹⁾。いくつかのアーチファクトがあるが，超音波画像に悪影響を及ぼすものばかりではなく，これらの形状や発生部位を理解すれば，診断上役立つ場合があるのでその要因を正しく理解することが必要である。

今回，ここでは超音波画像診断において重要なアーチファクトとその特徴について解説する。

(1) 音響陰影(acoustic shadow)(図14 a)

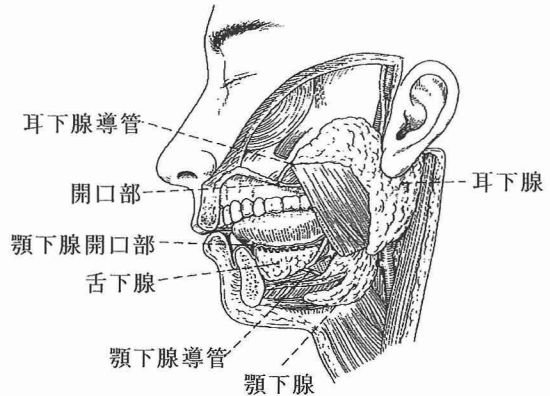
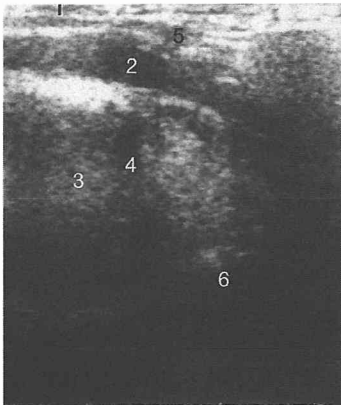
例えば，顎下腺唾石が存在する場合にその表面において超音波が強く反射されてしまいそこから深部には超音波が届かず，反射がなくなり無エコー帯(黒く抜けた像)を呈する⁴⁾。顎下腺唾石において，唾石の後方に認められる陰影または反射の増強であり，この現象を音響陰影という。このアーチファクトサインは唾石の超音波診断において，診断上意義のあるものである。

(2) 音響増強(acoustic enhancement)(図14 b)

腫瘤性病変などにおいて，内部の超音波の



(a) 探触子の位置

(b) 舌下腺部の解剖図¹⁴⁾

- 1 広顎筋
- 2 顎舌骨筋
- 3 舌体
- 4 オトガイ舌骨筋
- 5 顎二腹筋前腹
- 6 舌下腺 (周囲軟組織に囲まれ鮮明に描出できない。)

(c) 正常舌下腺の超音波画像

図11：舌下腺部の撮影手技，超音波画像

減弱がないか弱い場合にその後方に強エコー帯（明るい像）を呈するものを音響増強という⁴⁾。音響増強は腫瘤性病変が嚢胞性のものか充実性のものかを診断する根拠となるアーチファクトサインである。

(3) 外側陰影 (lateral shadow) (図14c)

検査対象物の側縁部から深部に向かって強い帯状の陰影（エコーの存在しない部分）を呈する。これは検査対象物とその周囲組織間に音速の大きな差がある場合に外側陰影を呈する。嚢胞性疾患や良性腫瘍などで認められることが多い¹⁴⁾。

以上が重要なアーチファクトであるが、日常臨床において超音波検査は簡便かつ容易な検査である。しかし、検査の習熟度による見落としや不鮮明な画像が診断を大きく左右することになる場合もあり、誤診を招く可能性もあるので注意をしたい。

超音波画像診断の安全性

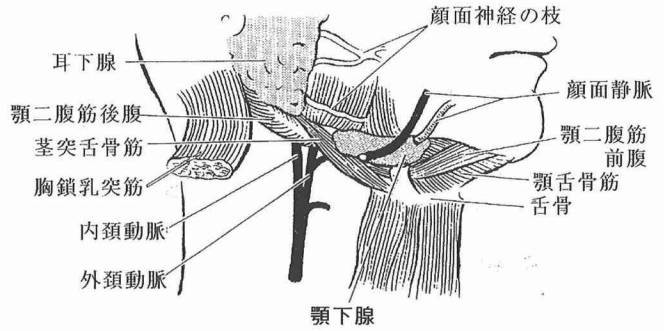
現在まではところは、超音波検査による生体への影響についての報告例はなく、安全に行える検査と考えられている。しかし、超音波というエネルギーを生体に付与するものであり、その安全性は完全に解明されたわけではない。歯科領域においても超音波検査は有用であるが、頻回の検査に対してもそのリスクを考えるべきであり、他の画像検査と同様に検査の必要性を判断することを忘れてはいけない³⁾。

ま と め

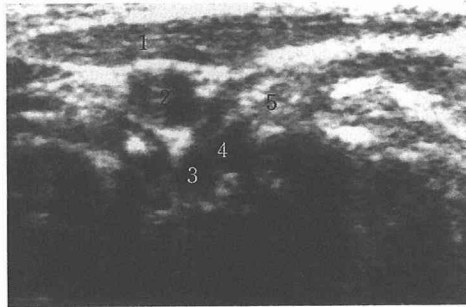
今回は超音波画像診断装置の構造や特性について述べてきた。超音波画像診断は他の画像診断では得られない画像情報も多く提供するが、十分な画像情報を得るためには、検査習熟や工夫、解剖学的知識が求められる。また、他の画像検査（単



(a) 探触子の位置



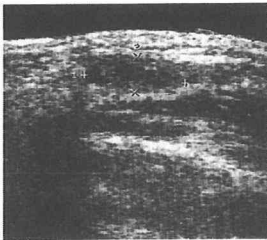
(b) 頸部の解剖図¹⁵⁾



- 1 胸鎖乳突筋
- 2 内頸静脈
- 3 外頸動脈
- 4 内頸動脈
- 5 リンパ節

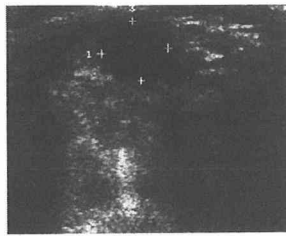
(c) 正常頸部の超音波画像

図12：頸部の撮影手技，超音波画像



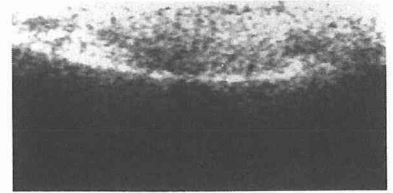
症例 1

咬筋部勃起性血管腫
 右側咬筋部と皮下軟組織の間に発生した血管腫である。境界は不明瞭であり、内部エコーは比較的均一なパターンを呈し、低エコーを認める。下顎骨による後方エコーの増強が障害陰影として認められる。血管腫は不定形の腫瘍として描出され、境界は不明瞭なことが多い。また血管の外径により様々の反射エコーを認める。



症例 2

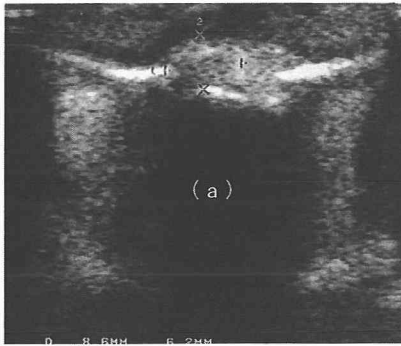
頸部腫瘍
 正中前頸部に発生した腫瘍である。境界は比較的明瞭であり、内部は無エコーパターンをしめす。頸部腫瘍などの場合は波動の有無を確認しながら検査を進めることが望ましい。



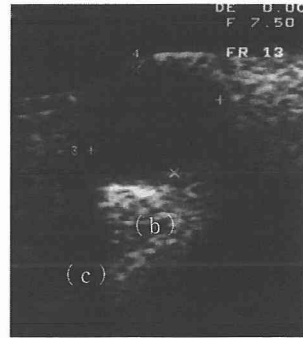
症例 3

耳下腺に認められた類円形の嚢胞像
 耳下腺浅葉部に境界不明瞭な不均一な高エコー像が認められる。不均一なエコー像を呈するものは悪性に多い傾向があるが、良性のものでも不均一なエコー像を呈するものも多く、絶対的な診断の決め手にはならないことが多い。

図13：超音波診断症例



(a) 音響陰影 (acoustic shadow)



(b) 音響増強 (acoustic enhancement)

(c) 外側陰影 (lateral shadow)

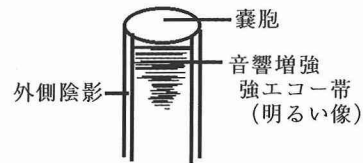
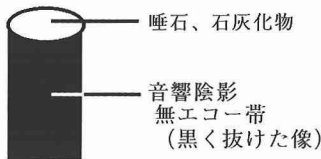


図14：アーチファクトサイン

純X線検査，CT検査など）と相競うものではなく，その長所と短所を互いに補い合い行うことが望ましいと思われる。そして，我々放射線診断医は超音波検査と他のいくつかの画像検査を的確に上手に組み合わせていくことにより，診断精度の向上に役立ててゆくのが望ましいと考える。

文 献

- 久保田光博（監修）（1990）超音波診断要覧．I．基礎・資料編 東海大学病院超音波検査室編，第1刷，2．東海大学出版会，東京。
- 蜂屋順一，酒井邦夫，平木祥夫（1994）放射線医学，第1版，40—46．南山堂，東京。
- 福田守道（編集代表）（1990）超音波診断，第1版，2．医学書院，東京。
- 三輪邦弘，神田重信（1988）顎顔面領域における超音波診断①．原理，手技および基本像．Dental Diamond，1988：76—80。
- Bartrum, R J and Crow, H C. (1983) Realtime ultrasound, a manual for physicians and technical personnel, 37—50. Saunders, Philadelphia.
- 有水 昇，高島 力（編集）（1992）標準放射線医学，第4版，41．医学書院，東京。
- 坂巻公男，中島 亨（1992）エコーの撮影条件と画像との関係．歯科ジャーナル，35：609—614。
- 坂井悠二，荒木 力，町田 徹，大友 邦，青木 幸昌（1989）図解放射線医学，第1版，23．文光堂，東京。
- 立入 弘，山下一也，速水昭宗（1991）CLINICO-RADIOLOGICAL TECHNOLOGY 診療放射線技術上巻，第7版，280 表4・2；282 図4・17；283 図4・18。
- 尾澤光久（1992）超音波の原理．歯科ジャーナル 35：601—608。
- 三輪邦弘，神田重信（1988）顎顔面領域における超音波診断②唾液腺の超音波解剖．Dental Diamond，1988：72—75。
- Wittich, G. R. (Delegate) (1985) Ultrasonography of the salivary glands. Radiol. Clin. North Am. 23：29—37。
- 油野民雄，荒川圭二，斎藤泰博，佐藤順一，鳥谷部純行，峰田昌之（1995）頭頸部領域の超音波診断，初版，46—93．中外医学社，東京。
- 吉浦一紀，三輪邦弘，神田重信（1992）エコー画像の読み方．歯科ジャーナル，35：615—620。
- 鍵田政雄（1988）画像解剖学，第1版，40．金原出版．東京。
- 木原 隆（1989）図説人体解剖実習，初版，261 図5—23(a)．廣川書店，東京。