原著論文

触覚センサーと超音波厚さ計を用いた 義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性評価

細野由美子 佐藤 裕二 北川 昇 下平 修 原 聡

Assessment of Biomechanical Characteristic of Denture Supporting Tissue using an Ultrasonic Thickness Gage and a Tactile Sensor

Hosono Yumiko, Sato Yuji, Kitagawa Noboru, Shimodaira Osamu and Hara Satoshi

歯科補綴学的意義

有床義歯による補綴治療のための適切な診断を行う上で、義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性を明らかにすることは重要である。これまで、義歯床下粘膜の硬さと厚さに関する客観的な評価がなされてきたが、これら相互の関係は明らかにされてはいない。本研究の結果より義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性を評価し、診断基準を確立するためには両者を総合的に関連づける必要性が示唆された。

抄 録

目的：有床義歯補綴治療のための適切な診断を行う上で、義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性の客観的な評価は重要である。義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性を総合的に評価し、診断基準を確立するために、義歯床下粘膜における硬さと厚さの関係を検討した。

方法：口蓋粘膜に異常の認めない有歯顎者 10 名の口蓋粘膜部における 3 箇所（第一大臼歯側方部・口蓋側方部・口蓋正中部）を計測部位とした。硬さ（ヤング率）は触覚センサー、厚さは超音波厚さ計を用いて計測した。

結果：ヤング率は口蓋正中部が最も高く (2.4 ± 0.8 MPa)、口蓋側方部で最も低かった (1.0 ± 0.5 MPa)。粘膜の厚さは口蓋正中部で最も薄く (1.2 ± 0.3 mm)、口蓋側方部で最も厚かった (2.8 ± 0.7 mm)。ヤング率と厚さは、直線関係を示したが、粘膜の薄い部位ではヤング率の値が広く分布していることが示された。

結論：ヤング率の値が広く分布する部位があり、一概に厚さからヤング率の推定はできないことが示された。義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性を客観的に評価し診断基準を確立するためには、硬さと厚さをそれぞれ評価する必要性が示唆された。

和文キーワード

義歯床下粘膜、バイオメカニクス特性、触覚センサー、ヤング率、厚さ

I. 緒 言

超高齢社会を迎えたわが国において、QOL の重要性が増すなか、より質の高い有床義歯補綴治療が求められている^{1,2)}。義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性である硬さと厚さは、有床義歯の印象法、リリーフを要する部位やリリーフ量に関係し、義歯の設計や義歯の予後を予測する上で重要な要素といえる。したがって、良質な治療を提供するための適切な診断を行う上で、義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性の評価を行なうことは極めて重要である。

従来から Kapur³⁾ の提唱する評価スコアが顎堤の診査に用いられ^{4,5)}、粘膜の硬さを 3 段階に分けて評価している。日本補綴歯科学会の医療問題検討委員会により推奨されている症型分類⁶⁾においては、固さを 3 段階、厚みを 4 段階に分けて評価している。しかしこれらは術者における主観的評価であり、その再現性・普遍性には問題がある。

義歯床下粘膜の硬さについて、荷重量と口蓋粘膜の物理的性質や組織学的研究⁷⁻⁹⁾など粘弾性に関する研究が行なわれてきたが、装置の大きさ、測定部位の制約、操作の煩雑さなどの理由から規格化および臨床応用が困難と思われる。そこで、我々は計測条件の規格化が容易な生体外表面（皮膚）の硬さ触覚センサーシステムを口腔内に応用する方法を開発し、口蓋粘膜における硬さの計測を行い、臨床応用が可能な客観的評価法を確立した¹⁰⁾。

一方、粘膜の厚さに関する報告の多くは、被圧縮度との関係や義歯装着時における義歯床下粘膜の厚さの変化をみることを目的とし、刺入法^{11,12)}、X 線写真法¹³⁻¹⁶⁾や超音波パルス¹⁷⁻²⁰⁾を用いた報告などがある。しかし、刺入法は侵襲性が大きく、X 線写真法や従来の超音波パルスを用いた計測は、装置が大型であり波形分析の処理に時間がかかる、数値化した値が出ないなど臨床応用が困難であった。その後、小型でかつ容易に数値化した値が計測可能な SDM (Schleimhautdicken-Meßgerät) 装置 (Krupp 社製, Germany) が開発され、義歯床下粘膜の厚さに関する研究²¹⁾もされてきたが、SDM 装置は現在製造されていない。本研究で用いた超音波厚さ計 (25DL PLUS[®], OLYMPUS NDT JAPAN INC., America)

図1 Measuring points on palatal mucosa

① lateral part of first molar, ② lateral part of palate

③ median part of palate

測定部位の模式図

①第一大臼歯側方部, ②口蓋側方部

③口蓋正中部

は、SDM 装置と同様に小型で非観血的な装置であり、簡便な計測・波形分析が可能である。

以上のように、義歯床下粘膜の物理的な基本性状（硬さ、厚さ）に関して幾つかの報告はあるが、硬さと厚さを同時に評価した報告は認められない。しかし、硬さと厚さはそれぞれバイオメカニクス特性として重要であり、相互に関係があると想像される。したがって、義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性の評価における診断基準を確立させるためには、両者を数値化したうえで、関連づけることが重要である。

そこで、硬さ触覚センサーシステムと超音波厚さ計を用いて、義歯床下粘膜の硬さ（ヤング率）と厚さをそれぞれ数値化し、両者の関係を明らかにすることを目的とした。

II. 方 法

1. 被験者および計測部位

被験者は、本研究の趣旨を説明後、同意の得られた口蓋粘膜に異常を認めない有歯顎者 10 名（男性 7 名、女性 3 名、平均年齢 26.6 歳）である。

計測部位は義歯床下粘膜となる可能性の高い部位として、上顎口蓋部粘膜上で左右第一大臼歯中央窩を結んだ線上の正中部（口蓋正中部）、左側第一大臼歯歯頸部より 5 mm の点（第一大臼歯側方部）、それら 2 点間の midpoint (口蓋側方部) の 3 か所とした (図 1)。なお、本研究は本学倫理委員会の承認（承認番号 2004-002 号）を得て行なった。

図2 Tactile sensor system
触覚センサーとコントロールユニット

図3 Example of measured data
計測時データの表示例

2. ヤング率の計測

1) 触覚センサー

触覚センサー (Venustron[®], AXIOM) は、コントロールユニット (ビーナスロッド OT モデル, AXIOM)、ホストコンピュータ (Venustron Ver4.26, AXIOM) から構成されている (図2)。触覚センサー本体は先端のプロブとセンサー部から構成される。一定の周波数で振動するプロブ先端部は所定の深さまで定速で本体から伸び出し、計測後当初の位置に戻る。物質に接触させたとき、周波数は減衰から増加へ、荷重量および変位量は増加から減少へ推移する。これらを同時計測することで、周波数変化量、荷重変化量、変位変化量の関係式より硬さを表すヤング率 (MPa) を算出した (図3)。触覚センサーのプロブには、当教室にて開発した粘膜に対する接触角度の規定と滑り防止を目的とした 30° プロブガイドを装着した¹⁰⁾ (図4)。なお、30° のプロブガイド装着時の計測値を原らの換算式¹⁰⁾ を用いてプロブガイド未装着時の計測値に換算した。

2) 計測方法

口腔内で触覚センサーの計測部位と角度を規定する

図4 Structure of probe guide
A : Before measurement
B : At measurement (Projected from probe guide)
a : Fixing screw
b : Probe guide base
c : The tip of the probe guide

プローブガイドの構造

- A : 非計測時
- B : 計測時 (プローブガイドから突出した状態)
- a : 固定スクリュー
- b : プローブガイド基部
- c : プローブガイド先端部

図5 Shene for measurement in mouth
A : Stopper B : Measurement hole
計測用シーネ
A : ストッパー B : 計測孔

ために、厚さ 1.5 mm のプラスチックシート (エルコデュール, ERKODENT) を加圧成型器 (ERKOPRESS ES-2001, ERKODENT, Germany) により研究用模型上に圧接し、計測用シーネを製作した (図5)。計測用シーネには 30° プロブガイドの設置部位を規定するために、計測孔とストッパーを付与した。触覚センサーの計測条件は、プロブの押し込み深さ 0.8 mm、プレススピード毎秒 1 mm とし、計測後の粘膜の復元のために 10 分間隔で 3 回計測を行なった。

3. 口蓋粘膜の厚さ計測

1) 超音波厚さ計

超音波厚さ計 (25DL PLUS[®], OLYMPUS NDT JAPAN INC., America) は本体と探触子から構成さ

図 6 Ultrasonic thickness gage
A : main unit B : probe
C : probe details
超音波厚さ計
A : 本体 B : 探触子
C : 探触子の先端部拡大

図 7 Thickness measurement
厚さ計測

れている (図 6)。測定原理はパルスエコー法¹⁴⁾に基づいている。探触子から発信された 15 MHz の音波パルスが軟組織を透過し、骨表面で反射した後、再び探触子に到達する。探触子で受信された音波パルスは電気パルスに変換され、軟組織を通過する往復時間を測定し、厚さを算出する。算出された厚さは、本体ディスプレイ上にエコー波形とともに表示される (図 7)。探触子は制約の多い口腔内での計測を容易にするために、高径 18 mm、先端径 2.2 mm の形態のものを使用した (ディレイ材付探触子 V260, OLYMPUS NDT JAPAN INC.)。分解能は 0.001 mm、測定範囲は 0.08 ~ 508 mm である。なお、超音波の組織内速度は 1518 m/s とした²²⁾。

2) 測定精度の比較

超音波厚さ計の測定精度を確認するために、刺入法による厚さ測定との比較検討を行なった。被験者は本研究の趣旨を説明後、同意の得られた健常有歯顎者 1 名 (男性, 27 歳) とし、計測部位は 3 ヵ所とし

図 8 Needlestick test for thickness measurement
刺入法による厚さ計測

た。粘膜への侵襲を最小限にするために各計測部位は 1 回ずつのみの計測とした。注射針 (歯科用デンツプライ注射針, 30G 0.3×21 mm) にラバーストッパー (SILICONE-STOPS DISPENSER, DENSPLY) を付与し、静かに粘膜に刺入したのち、抵抗が感じられたら粘膜より注射針を除去し、瞬間接着剤 (アロンアルファ®, 201, 東亜合成株式会社) にて針とストッパーを接着固定した。注射針とメジャーを同時に規格写真として撮影し、ストッパーから注射針先端までの長さを粘膜の厚さとして算出した (図 8)。

3) 計測方法

超音波厚さ計による計測は、計測用シーネの計測孔中央を計測点とし、皮膚鉛筆 (COPYING PENCIL, B+U 1925, JOLLY, Austria) を用いて計測点を印記した。計測用シーネを外し、印記された各計測部位に探触子を可及的に垂直に接触させ、各部位 3 回ずつ計測を行なった。

4. 統計処理

得られた計測値より一元配置分散分析ならび多重比較を行い、多重比較のための P 値の補正には Bonferroni 補正を用いた。また、ヤング率と厚さの計測値の回帰分析を行い、両者の相関を検討した。計測部位ごとに 95% 信頼域を示す等確率楕円を描き、計測値の分布を検討した。

III. 結 果

1. 口蓋粘膜の弾性率

各計測部位におけるヤング率の計測結果を図 9 に示す。ヤング率が最も大きい部位は口蓋正中部の平均 2.42 ± 0.84 MPa であり、最も小さい部位は口蓋側方部の平均 0.98 ± 0.49 MPa であった。口蓋正中部では個

図9 Young's Modulus of palatal mucosa
口蓋粘膜の弾性率

図10 Thickness of palatal mucosa
口蓋粘膜の厚さ

表1 Comparison of thickness by two methods
2つの測定法による厚さの比較

Measuring points	Ultrasonic thickness gage	needlestick test
lateral part of first molar	1.77	1.77
lateral part of palate	2.65	3.40
median part of palate	1.41	1.46

(mm)

$r=0.99$, $Y=0.61X+0.59$

人差が大きかった。計測部位ごとに一元配置分散分析ならびに多重比較を行なったところ、すべての部位間で有意差が認められた ($P<0.01$)。

2. 口蓋粘膜の厚さ

超音波厚さ計を用いた計測値と刺入法による計測値は相関係数 0.99 を示した。両者はほぼ一致し(表 1)、超音波厚さ計の高い測定精度が示された。

図 10 は各計測部位における厚さの結果である。最も厚い部位は口蓋側方部の平均 2.75 ± 0.72 mm であり、最も薄い部位は口蓋正中部の平均 1.24 ± 0.34 mm であった。計測部位ごとに一元配置分散分析ならびに多重比較を行なったところ、すべての部位間で有意差が認められた ($P<0.01$)。

3. 弾性率と厚さの比較

ヤング率と厚さは、相関係数 0.85、回帰式 $Y=0.83X+3.28$ と強い負の相関を示した。粘膜の厚い部位はヤング率が小さく、粘膜が薄い部位はヤング率が高い傾向が示された(図 11)。しかし、各部位における等

確率楕円の分布より、粘膜の薄い部位では、ヤング率の値が広く分布した(図 12)。

IV. 考 察

1. 計測部位について

中島⁷⁾、大島²⁵⁾の報告では、硬さの計測値における左右の有意差が認められなかったとしており、厚さにおいても寺倉¹⁹⁾の報告より左右の有意差は認められないとしている。今回、被験者の実験時における負担を軽減するために、右利きの術者にとって計測が容易な左側のみとした。また、上顎の代表的な義歯支持部位であり、口蓋粘膜が比較的薄い部位、厚さのある部位、その中間となる部位を選び、3ヵ所とした。

2. 触覚センサーシステムについて

触覚センサーシステムは、生体外表面(皮膚)に用いられている非破壊的な硬さ触覚センサーである。本装置は本来、被験物質に対し垂直に接触させて計測を行なうが、口腔内では垂直に計測部位へ接触させる

図 11 The relationship between the Young's Modulus and thickness of palatal mucosa
口蓋粘膜における弾性と厚さの関係

図 12 Ellipse of constant distance of measuring points
計測部位における等確率楕円

ことは不可能である。原らは、触覚センサーを 30° に傾け計測するためのプローブガイドを開発し口腔内への応用を試み、触覚センサーを 0° で接触させた時の弾性率を 16% 以内の誤差で算出する手法を開発した¹⁰⁾。

触覚センサーシステムは 0.75 mm 以上の押し込み深さより被験物質の弾性率を算出可能であるが、過去の文献^{19, 21, 22)}より計測部位に関して口蓋粘膜の厚さが 0.75 mm 以下である症例は極めて少ないことが報告されている。そこで、口蓋粘膜の弾性率の計測ではプローブの押し込み深さを 0.8 mm とした。

3. 口蓋粘膜のヤング率計測について

計測用シーネを用いることにより、プローブガイドが歯列に強固に保持され、計測部位と角度の規定が可能となった。しかし、無歯顎において計測を行なう場合、計測用シーネを顎堤粘膜で保持するため、不安定

な状態となる。原ら¹⁰⁾はフリーハンドにおける計測も行っており、誤差は 38% 以内と大きくなるが計測可能としている。触覚センサーを強固に固定することが計測の精度を高める条件であり、義歯の維持・安定に不利な顎堤条件の場合を想定し計測用シーネの固定方法のさらなる改良が必要と考えられる。

今回得られた口蓋粘膜のヤング率は 0.44~3.19 MPa であった。Inoue ら²³⁾は 0.66~4.36 MPa, 中島⁷⁾は 0.41~2.67 MPa, 田中¹¹⁾は 0.37~5.80 MPa と報告しており、今回の計測結果は近い値といえる。

4. 超音波厚さ計について

超音波厚さ計は、超音波パルスが軟組織を通過する時間に組織内速度を乗ずることにより厚さを算出するが、生体における組織内速度の測定は困難であり、未だ明らかでない。Ludwig²⁴⁾は生体の四肢における組織内速度を 1540 m/s とし、超音波探傷装置を用い

た寺倉^{18,19)}も組織内速度を 1540 m/s としている。Ludwig は部位によって 120 m/s 程度の幅があると報告しており 1540 m/s を中心として ± 40 m/s 程度の幅を持つと仮定すると、約 5 % の誤差を生じるとしている。その後、Daly²²⁾らは屍体において計測し、その値を 1518 m/s であったと報告している。近年の報告²¹⁾では組織内速度が 1518 m/s として用いられており、本研究においても組織内速度を 1518 m/s とした。

5. 刺入法との比較について

本研究で用いた超音波厚さ計と刺入法の測定値における相関係数は 0.99 となり、高い相関が認められた。過去の超音波パルス法と刺入法とを比較した報告^{18,19,21)}においても、高い相関が認められており、それぞれ今回得られた値と近似していた。したがって、超音波厚さ計による口蓋粘膜の計測は刺入法と同様の信頼性があり再現性が高いと考えられる。

6. 口蓋粘膜の厚さ計測について

超音波厚さ計における探触子は、先端径が小さく計測部位の規定が容易であるため、計測用シーネを外し、計測を行なった。計測時には歯列を固定源としたが、無歯顎において計測を行なう場合は固定源がないため垂直に当てるのが困難になると予想される。しかし、超音波は探触子先端から同心円状に伝わるため、多少の角度のずれが生じた場合においても計測は可能である。

口蓋粘膜の厚さは、第一大臼歯側方部が 1.68 mm、口蓋側方部が 2.75 mm、口蓋正中部が 1.35 mm であった。過去の計測値は、寺倉¹⁹⁾は、口蓋正中部が 1.34 mm、口蓋側方部が 2.84 mm とし、SDM (Schleimhautdicken-Meßgerät) 装置を用いた反町ら²⁰⁾は、口蓋正中部が男性 1.00 mm、女性 0.98 mm、口蓋側方部が男性 2.81 mm、女性 3.15 mm と報告している。第一大臼歯側方部に相当する計測部位は有歯顎では報告されていないが、他の 2カ所における今回得られた結果は過去の報告と近似した値であり妥当と考える。

7. ヤング率と厚さについて

ヤング率と厚さの回帰分析より、両者の相関係数は 0.85 と強い負の相関がみられ、粘膜の厚い部位はヤン

グ率が小さく、粘膜が薄い部位はヤング率が高い傾向が示された。しかし等確率楕円の分布では、特に口蓋粘膜の厚さが薄い口蓋正中部におけるヤング率の値が広く分布した。口蓋正中部は、解剖学的には骨後縁の位置関係に個人差がみられる部位であり、計測部位における上顎骨の有無が計測値に影響を及ぼすと考えられる。また、組織学的報告²⁶⁾によると、正中後方部は粘膜上皮と線維性結合組織から構成され、後方ほど弾性線維が密に存在すると言われており、弾性線維の密度がヤング率に関与すると考えられる。

口蓋側方部においてもヤング率の値が広く分布しているが、口蓋側方部は粘膜上皮、線維性結合組織、脂肪組織から構成され、とくに側方部後方は口蓋腺組織が多いとされている²⁶⁾。口蓋腺組織は粘性を示す液体成分であり、中島⁷⁾の報告でも述べられているように口蓋側方部は口蓋粘膜のなかでも粘弾性的性質が大きい部位であることが考えられる。口蓋正中部ならびに口蓋側方部においては、一概に厚さからヤング率の推定が困難であり、厚さだけでなく粘弾性的性質においても評価しなくてはならないと考えられる。

今回得られた各計測部位におけるヤング率と厚さの計測値は過去の報告をほぼ裏づけており、信頼性が高いと考えられる。しかし、義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性を客観的に評価する上で、弾性率、厚さ、組織学的な検討に加え、粘弾性的特性が著明な部位では粘性率の評価も検討する必要がある。弾性率と粘性率を同時に評価することにより、さらなる義歯床下粘膜の解析が可能であると考えられるが、粘性率の計測に関する方法や計測装置については今後の検討課題である。

V. 結 論

義歯床下粘膜のバイオメカニクス特性を総合的に評価し、診断基準を確立するために、硬さ触覚センサーシステムと超音波厚さ計を用いて、義歯床下粘膜における硬さと厚さを計測し比較検討を行った。その結果、ヤング率は、口蓋正中部が最も大きく、口蓋側方部が最も小さかった。ヤング率と厚さの関係は直線関係を示した。しかし、粘膜の薄い部位ではヤング率の値が広く分布し、一概に厚さからヤング率の推定はできないことが示された。以上の結果より、義歯床下粘

膜のバイオメカニクス特性を客観的に評価し診断基準を確立するためには、硬さと厚さをそれぞれ評価する必要性が示唆された。

謝 辞

ご協力頂きました被験者ならびにご援助ご協力頂きました本学高齢者歯科学教室の諸先生方に謹んで感謝の意を表します。

本研究の一部は、文部科学省平成 18 年度科学研究費補助金基盤 C (No. 18592139) の補助を受け、また本論文の要旨の一部は第 114 回日本補綴歯科学会学会大会 (2005 年 10 月 1 日～2 日, 新潟), および第 84 回 International Association for Dental Research (2006 年 6 月 28 日～7 月 1 日, Australia) において発表した。

文 献

- 1) 吉田光由, 松尾勝弘, 和田本昌良ほか. 総義歯治療が無歯顎者の生活の質 (QOL) に及ぼす影響に関する臨床的研究. 広歯誌 25 : 257-261, 1993.
- 2) Sato Y, Hamada S, Akagawa Y et al. A method for quantifying overall satisfaction of complete denture patients. J Oral Rehabil 27 : 952-957, 2000.
- 3) Kapur KK. A clinical evaluation of denture adhesives. J Prosthet Dent 18 : 550-558, 1967.
- 4) Sato Y, Tsuga K, Yoshida M et al. Factors influencing the clinical composite assessment of denture supporting tissues. Int J Prosthodont 15 : 49-54, 2002.
- 5) 佐藤裕二, 天間裕文, 久保隆靖ほか. 総義歯装着者の顎堤状態の数量化. 補綴誌 39 : 683-687, 1995.
- 6) 社団法人 日本補綴歯科学会 医療問題検討委員会. 症型分類 特に歯質, 部分歯列欠損, 無歯顎について. 補綴誌 49 : 373-411, 2005.
- 7) 中島俊朗. 口蓋粘膜の応力緩和に関する研究. 補綴誌 19 : 391-410, 1975.
- 8) 谷田部 優. 上顎顎粘膜の動的粘弾性測定に関する研究. 口病誌 58 : 74-94, 1991.
- 9) 佐野恭之. 口蓋粘膜の物理的特性とそれに関与する組織構造についての実験的研究. 愛院歯誌 37 : 505-524, 1999.
- 10) 原 聡, 下平 修, 佐藤裕二ほか. 義歯支持軟組織のバイオメカニクス特性評価. 補綴誌 49 : 113 回特別号 : 73, 2005.
- 11) 田中資郎. 口蓋粘膜の応力緩和に関する研究. 補綴誌 16 : 358-379, 1973.
- 12) 佐藤志貴. 口蓋粘膜のクリープと荷重量との関係. 補綴誌 23 : 103-125, 1979.
- 13) Lytle RB. The management of abused oral tissues in complete denture construction. J Prosth Dent 7 : 27-42, 1957.
- 14) Lytle RB. Complete denture construction based on a study of the deformation of underlying soft tissues. J Prosth Dent 9 : 539-551, 1959.
- 15) 佐藤 裕. 下顎部分床義歯装着患者の顎堤変化に関する研究. 口病誌 35 : 34-57, 1968.
- 16) 岸 正孝. 歯槽堤粘膜の被圧変位性に関する加圧面積と変位量との関係についての実験的研究. 歯科学報 72 : 1043-1071, 1972.
- 17) 小林賢一. 補綴領域における超音波パルス反射法の応用—装置および得られた映像について—. 補綴誌 30 : 684-690, 1986.
- 18) 寺倉 健. 顎粘膜厚径の非侵襲的測定法の検討. 補綴誌 30 : 1402-1411, 1986.
- 19) 寺倉 健. 顎粘膜厚径に関する研究—無歯顎補綴における診断への可能性について—. 補綴誌 32 : 546-560, 1988.
- 20) 石鍋 聡. 荷重時における義歯床下粘膜の厚さの変化に関する研究. 補綴誌 35 : 111-124, 1991.
- 21) 反町晋康, 佐藤格夫, 澤口正俊ほか. SDM (Schleimhautdicken-Meßgerät) による粘膜厚径の検討—第一報 有歯顎者における口蓋粘膜—. 補綴誌 41 : 112-116, 1997.
- 22) Daly CH and Wheeler JB. The use of ultrasonic thickness measurement in the clinical evaluation of the oral soft tissues. Int Dent J, 21 : 418-429, 1971.
- 23) Inoue K, Arikawa H, Hujii K et al. A method of determining elastic modulus of oral soft tissue. Dent Mater J 4 : 47-53, 1985.
- 24) Ludwig GD. The velocity of sound through tissues and the acoustic impedance of tissues. J. Acous. Soc. Amer. 22 : 862-866, 1950.
- 25) 大島健嗣. 総義歯床座粘膜の被圧縮時における荷重量および圧縮量に関する研究. 補綴誌 12 : 245-291, 1967.
- 26) Pendleton EC. The anatomy of the maxilla from the point of view of full denture prosthesis. J. Amer. Dent. Ass. 19 : 543-572, 1932.

著者連絡先：細野由美子

〒145-8515 東京都大田区北千束 2-1-1

TEL : 03-3787-1151 内線 236

FAX : 03-3787-3971

E-mail : hkomyu@senzoku.showa-u.ac.jp

Assessment of Biomechanical Characteristic of Denture Supporting Tissue using an Ultrasonic Thickness Gage and a Tactile Sensor

Hosono Yumiko, Sato Yuji, Kitagawa Noboru, Shimodaira Osamu and Hara Satoshi

Department of Geriatric Dentistry, School of Dentistry, Showa University

J Jpn Prosthodont Soc 51 : 291-299, 2007

ABSTRACT

Purpose : For an appropriate diagnosis of removable denture patients, it is important to assess the biomechanical characteristics of denture supporting tissue. To establish a comprehensive assessment of biomechanical characteristics, the relationship between the elasticity and thickness of denture supporting tissue was examined.

Methods : Three parts of the hard palate of ten dentate subjects with healthy palatal mucosa were measured: lateral part of first molar, lateral part of palate, and median part of palate. The elasticity was measured with a tactile sensor and thickness with an ultrasonic thickness gage.

Results : Young's modulus was highest at the median part of the palate (2.4 ± 0.8 MPa) and lowest at the lateral part of the palate (1.0 ± 0.5 MPa). The thinnest part was the lateral part of the palate (1.2 ± 0.3 mm) and the thickest part was the median part of the palate (2.8 ± 0.7 mm). Young's modulus and the thickness of mucosa indicated a negative linear relation. However, values of Young's modulus were distributed widely where the mucosa is thin.

Conclusion : Values of Young's modulus were distributed widely where the mucosa is thin. Therefore Young's modulus cannot be estimated from only the thickness. To establish a comprehensive assessment of the biomechanical characteristics of denture supporting tissue, both elasticity and thickness should be evaluated simultaneously.

Key words

denture supporting tissue, biomechanical characteristics, tactile sensor, young's modulus, thickness