原 著 論 文

形状記憶合金を用いた少数歯欠損補綴ピンブリッジ法

その1. ピンホール形成器, ピンホールの精度ならびに部位の設定

山下 敦 白井知恵子 今井 誠 岡本壮一郎

A Fixed Partial Denture Supported by Titanium-Nickel Shape Memory Alloy —Pin Bridge System—

Part 1. Introduction of a Newly-developed Pinhole Preparation Instrument, and Accuracy and Precision Assessment of the Holes Prepared by the Instrument, and Its Advocated Localization and Length on the Various Part of the Proximal Surface of the Abutment Teeth

Atsushi Yamashita, Chieko Shirai, Makoto Imai and Soichiro Okamoto

Abstract : To diminish the amount of irreversible tooth reduction during preparation for a fixed restoration of missing teeth, supplementary preparation of small pins in addition to conventional tooth reduction techniques has been advocated. Among them, the most epoch-making one might be UDA system reported by S. Sandhaus in 1985, making it possible to support the conventional pontic structure with minimal tooth reduction (pin holes) prepared on the proximal tooth surfaces of the abutment teeth. However, the diameter and length of the pins and the head size of the preparation instrument was eventually too big for Japanese adults who have less thick teeth. On the basis of the concept, we redesigned the whole system (pin size, preparation instrument head) for Japanese adults. Furthermore, to reinforce the reduced mechanical retention ascribed to the reduced adherent area of the newly-designed smaller pin to the smaller pin hole, titanium-nickel shape memory alloy was utilized. In this paper, the detail of the pinhole preparation instrument was described and its redone precision of the holes prepared by the instrument was assessed. The standard deviation range of the diameter of the prepared pin-holes was from 1/100 to 5/100 mm. Based on the X-ray estimation of the enamel and dentin thickness in the proximal tooth surface of an extracted tooth sample, the most suitable pin hole position for each tooth was advocated.

Key words : several missing teeth, pin bridge technique less-invasive intervention of teeth, pin hole, pin length

I. 緒 言

われわれは、生体保全の理念を基盤にした機能回復法を模索するなかで、接着性レジンが開発されたのを機に生体

侵襲の少ない接着ブリッジを考案した^{1,2)}。しかし、この接着ブリッジの歯質削除量は、全部冠の1/10から1/20と少ないが生体侵襲は皆無ではないため、さらに歯質削除の少ない技法を検討することが課題であった。

一方 Sandhaus は、1985年に欠損側支台歯隣接面にTi合金製のピンをグラスアイオノマーセメントで植立固定し、ピンにポンティックを従来型のセメントで合着する Universal Dental Anchorage system (以下 UDA system と呼ぶ) を考案した³⁾。この方法は、生体侵襲がピンホー

岡山大学歯学部歯科補綴学第1講座 (主任: 山下 敦教授)
Department of Fixed Prosthodontics, Okayama University
Dental School (Chief: Prof. Atsushi Yamashita)
平成8年4月1日受付

ルの形成のみで、われわれの生体保全の理念と一致する少数歯欠損機能回復法である。しかし、臨床応用にあたって細部を検討したところ、維持力をはじめとして種々問題のあることがわかった。そこでそれらの問題点を改善して、人的介入の最も少ない少数歯欠損補綴ピンブリッジ法を確立すべく研究に着手した^{4,5)}。

今回は、ピンブリッジに用いるピンホール形成器の開発、ピンホールの精度およびピンホール形成部位設定に関して検討したので報告する。

II. 研究方法 (材料と方法)

1. ピンホール形成器

UDA system には、専用のピンホール形成器がないため臼歯部欠損には応用できない。また、前歯欠損に应用する場合、隣接面に対しピンホールを垂直に形成できない欠点がある。そこでこれらを改善すべく専用のピンホール形成器ならびにドリルを試作した。

1) ピンホール形成器の設計

図1に試作したピンホール形成器の全体図を、図2にピンホール形成器ヘッドの断面図を示す。

ピンホール形成器は、マイクロモーターハンドピース (ウルトラトルックス, モリタ) に減速シャंक (1/3) CGL を付して、ピンホール形成用ヘッドと接続する。ドリルの回転は、減速シャंकに伝達された動力を形成用

図1 Pin hole preparation instrument made on experimental basis
試作専用ピンホール形成器

図2 Construction view of pin hole preparation instrument head
ピンホール形成用ヘッドの構造図

ヘッド内の5枚の平歯車に伝えドリルを回転させる方式にした。回転数は、133~13,300 rpm まで変速できるようにした。ヘッド最下部に直径 1.6 mm のネジ溝にあったネジ付ドリルを装着する。ドリルは、図3に示すように維持部の長さを UDA system の 2.1 mm と仮定した¹⁾。このドリルは、支台歯のピンホールの位置に応じて外方、内方のいずれにも装着することができ、下顎前歯一歯欠損にも使用できるようにした。また、ピンホール形成時の発熱防止と切削牙粉除去のために、外部注水ノズル方式によってカーバイドドリルの先端を注水するようにした。試作ピンホール形成器の検討は、模型に植立した天然歯ならびに口腔内支台歯にピンホールを実際に形成することで臨床応用が可能かどうかを評価した。

2) ピンホールの精度の検討

ピンホール形成器によって形成したピンホールの精度は、植立固定するピンの維持力に影響を与えられことから、抜去歯を用いてピンホールを形成し、その精度を検討した。

まず、健康抜去人歯 (上顎中切歯5本) の唇面が水平に露出するようにレジン包埋し、試作ピンホール形成器をボール盤に固定し、歯面に対し垂直にピンホールが形成できる装置を用いて、唇面中央部に4カ所、ダイヤモンドスターターポイントでピンホール形成位置を決め、次いで直径 0.8 mm、長さ 2.1 mm のガイドドリルでピンホールを形成し、さらに仕上げ用の直径 0.9 mm、長さ 2.1 mm のドリルで合計 20 個のピンホールを形成した。その後、標本切断器 (BS-3000, EXAKT) を用いてピンホールの中央と先端2カ所をピンホールと直角に切断し、入り口、入り口から約 0.9 mm の中央および約 1.8 mm の先端の3カ所を実体顕微鏡 (ExamatMVS-43 SA, Union) を用いて 100 倍に拡大し、ピンホール径を2人の検者が5回ずつ計測しその平均値を求めた。

図3 Diamond starter point and drills for pin hole preparation
A: Diamond starter point, B: Guiding drill (ϕ 0.8 mm), C: Finishing drill (ϕ 0.9 mm)

ピンホール形成用ダイヤモンドスターターポイントとドリル
A: ダイヤモンドスターターポイント, B: ガイド用ドリル (ϕ 0.8 mm), C: 仕上げ用ドリル (ϕ 0.9 mm)

2. エックス線写真ならびに切断面の隣接面から歯髄腔までの距離

欠損側支台歯隣接面に形成するピンホールは、歯髄腔に無関係で、しかもピンが強固に維持されねばならない。そのため等長法エックス線写真ならびに切断歯を用いて前歯、臼歯の欠損側隣接面から歯髄腔までの距離を調べた。

1) 前歯エックス線写真の隣接面から歯髄腔までの距離
健康抜去邦人歯の上下顎中切歯、側切歯、犬歯の各10歯を唇舌方向より規格60 kV, 10 mAの歯科用エックス線装置 (URANIA-71 W, ASAHI) を用い、抜去歯をエックス線フィルムに密着させ等長となるよう撮影し、フィルム上で2人の検者が切端から歯頸部方向3, 4, 5, 6, 7 mmの隣接面から歯髄腔までの距離を5回計測しその平均値を求めた。

2) 切断前歯の隣接面から歯髄腔までの距離

エックス線撮影後の各歯について歯冠部唇舌の中央を近遠心的に切断し、切端から歯頸部方向3, 4, 5, 6, 7 mmの部の隣接面から歯髄腔までのエナメル質ならびに象牙質の厚さを1)と同様に計測し平均値を求めた。

3) 臼歯エックス線写真の隣接面から歯髄腔までの距離

健康抜去邦人歯の上下顎小白歯、大白歯の各10本を頬舌方向から1)と同様にエックス線撮影し、フィルム上で咬頭頂から歯頸部方向3, 4, 5, 6 mmの部の隣接面から歯髄腔までの距離を1)と同様に計測し平均値を求めた。

4) 切断臼歯の隣接面から歯髄腔までの距離

エックス線撮影の終わった各歯の咬頭頂から歯頸部方向3, 4, 5, 6 mmの部を水平的に切断し、咬頭頂および隣接面から最も近い歯髄腔までの距離を計測し1)と同様に平均値を求めた。

III. 結 果

1. ピンホール形成器

試作ピンホール形成器で模型上の支台歯ならびに口腔内で実際にピンホールを形成したところ、模型上では前歯、臼歯とも比較的容易にピンホールを形成することができた。口腔内では、特に臼歯欠損の支台歯遠心隣接面にダイヤモンドスターポイントを位置づけるのが困難であったほか、特に問題なくピンホールが形成できた。殊にハンドピースとピンホール形成用ヘッドのジョイント部の角度11度は適切で、臼歯欠損側隣接面に直角にドリルを到達させることができた。しかし、形成用ヘッドに装着したダイヤモンドスターポイントを形成部位に接触させると歯面を滑り所定の位置を確保することがやや困難であった。さらに口腔内で臼歯遠心隣接面のピンホール形成部位が直視しにくくピンホールの位置付けが困難であった。これらを改善するためには、ピンホール形成部位をエックス線写真と模型上で決定後、模型上でピンホール形成部位の

表 1 Accuracy of pin hole
ピンホールの精度 (最大径: mm)

資料 No.	入り口	中央	先端
1	0.942	0.915	0.905
2	0.942	0.910	0.905
3	0.921	0.910	0.910
4	0.942	0.915	0.900
5	0.942	0.910	0.900
6	0.942	0.910	0.905
7	0.942	0.900	0.900
8	0.963	0.900	0.900
9	0.942	0.900	0.900
10	0.942	0.910	0.900
11	0.942	0.900	0.905
12	1.026	0.930	0.900
13	0.963	0.930	0.915
14	0.942	0.915	0.900
15	0.963	0.910	0.905
16	0.942	0.915	0.900
17	0.942	0.935	0.900
18	0.963	0.910	0.900
19	0.963	0.900	0.900
20	0.921	0.900	0.900
平均	0.949	0.911	0.902
SD	0.022	0.010	0.004
絶対精度	1/50	1/100	1/250

孔のあいた可撤式ガイドコアを常温重合レジンで作し、ガイドコアを用いてスターティングポイントを歯面にマークし、FG用ダイヤモンドポイントでポイント形成すると、所定の位置にドリルを容易に位置付けできると考えられた。次に、ガイド用ドリルと仕上げ用ドリルの交換および方向転換のためのドリル交換時、ドリルのネジピッチが小さいため時間がかかることがわかった。短時間でドリルを交換するためには、ネジのピッチを大きくするか歯車つきのドリルにする必要があると思われた。また、外部注水装置を固定しなかったためドリル先端を正確に注水することが困難であった。

以上から、ピンホール用ガイドコアの採用、ドリルのネジピッチおよび外部注水装置の固定法を改良すれば、臨床上、前歯、臼歯隣接面に問題なくピンホールを形成できることがわかった。

2. ピンホールの精度

抜去歯の唇面に形成したピンホールの精度を調べるために、ピンホール入口、中央、先端の各部を計測した結果を表1に示す。ピンホール入口は 0.95 ± 0.02 mm, 中央 0.91 ± 0.01 mm, 先端は 0.90 ± 0.00 mmで、その精度はピンホール入口で約1/100 mm, 中央で約1/100 mm, 先端ではほとんど誤差はなかった。

図 4 Dental tissue thickness to the pulp cavity on anterior dental X-ray picture
前歯エックス線写真による歯髄腔までの歯質の厚さ

3. エックス線写真ならびに切断歯の隣接面から歯髄腔までの距離

1) 前歯エックス線写真の欠損側隣接面から歯髄腔までの距離

健常抜去邦人歯各々のエックス線写真上における測定値の平均を図 4 に示す。上顎中切歯では、近心歯頸部方向 6.0 mm の隣接面から 2.5 mm で歯髄腔に達した。上顎犬歯では 7.0 mm で歯髄腔に達した。

下顎中側切歯では歯頸部方向 4.0 mm、下顎犬歯では 6.0 mm でそれぞれ歯髄腔に達した。

2) 切断前歯隣接面から歯髄腔までの距離

健常抜去邦人前歯を唇舌面中央で近遠心方向に切断して得た計測値の平均を図 5 に示す。図のごとく各歯においての実測値はエックス線写真より短く歯髄腔に達した。

3) 臼歯エックス線写真の欠損側隣接面から歯髄腔までの距離

臼歯のエックス線写真上における測定値の平均を図 6 に示す。上顎小白歯では、咬頭頂から近心歯頸部方向 5.0 mm、近心隣接面から 2.4 mm で歯髄腔に達した。上顎第一大臼歯は、咬頭頂から歯頸部方向 5.0 mm、隣接面から 2.7 mm で歯髄腔に達した。下顎小白歯では、咬頭頂から近心歯頸部方向 5.0 mm、近心隣接面から 2.3 mm で歯髄腔に達した。下顎第一大臼歯もほぼ同様の距離で歯髄腔に

達した。

4) 切断臼歯隣接面から歯髄腔までの距離

前歯実測値と同様、臼歯実測値も図 7 に示すようにエックス線写真の値と同様、歯頸部方向に平均 1.0 mm 短い位置で歯髄腔が現れ、その距離も短かった。そこで各歯エックス線写真と切断歯の実測値の平均値から、切断歯の概形、エナメル・象牙境界、歯髄腔をそれぞれ実線で示し、切断歯の歯髄腔の 1 SD を点線で表し、エックス線写真で得た歯髄腔を網目で示した図 8、9 を作製し、ピンホール形成部位およびピンの長さを検討した。

IV. 考 察

1. ピンホールの精度

予測したようにピンホール入口が約 5/100 mm と最も精度が低かった。これはドリルの全長に刃がついているため、ピンホール先端まで形成するのに要する全時間ピンホール入口にドリルの刃が接し、わずかなドリルの振動が誤差として現れたと考えられる。これを防ぐためにはドリル先端にのみ刃を付与することが考えられるが、ピンホールを一直線に形成するためにはドリル全長に刃を付与するのが良いと考えている。拡大写真では、ピンホール入口のエナメル質形成時に生じたと思われるチッピングが観察さ

図 5 Enamel and dentin thickness to the pulp cavity on vertical sectional anterior tooth
切断前歯による歯髄腔までのエナメル質・象牙質の厚さ

図 6 Dental tissue thickness to the pulp cavity on posterior dental X-ray picture
臼歯エックス線写真による歯髄腔までの歯質の厚さ

図 7 Enamel and dentin thickness to the pulp cavity on horizontal sectional posterior tooth

切断臼歯による歯髄腔までのエナメル質・象牙質の厚さ

れた。これはドリル刃の間隔と回転速度に関係があると推察されるが、中央と先端では 1/100 mm と高い精度でピンホールが形成されており、ピンの維持に大きな影響を及ぼさないと考えられた。

以上から、ピンホール形成部位をダイヤモンドスターターポイントで決定し、ガイド用直径 0.8 mm、長さ 2.1 mm のドリルおよび仕上げ用直径 0.9 mm、長さ 2.1 mm のドリルを用いて形成すれば、ピンホールは 1/100～5/100 mm の精度で形成できることが確認された。

2. ピンホール形成部位ならびにピンの長さの検討

図 8 に示すように、上顎中切歯では、実測値歯髄腔上縁に 1 SD を加えたところから (点線)、歯冠長 1/5 の接触点 (C) よりやや歯頸部より 2.5 mm から 5.0 mm までの斜線で示した部分が歯髄腔に無関係でピンの維持に必要なエナメル・象牙質を含む隣接面歯質がピン植立部位であると推定した。すなわち、切端から歯頸方向に 2.5 mm の部から 5.0 mm までにピンホールを形成することができる。ピンの長さは、歯髄腔上縁より約 2.0 mm 切端よりの部位であればかなり長いピンが植立可能であると推測される。しかし、ポンティックの設定位置を考慮すると接触点より歯頸部よりピンホールを形成することが多く、歯髄腔に近づく危険率をみてピンホールを植立する長さは 2.0 mm 以下が最も安全と考えられた。

上顎側切歯も、上顎中切歯とほぼ同様の部位がピンホール形成に適していると考えられた。上顎犬歯については、歯髄腔側面からの歯質は厚く約 3.0 mm でも歯髄腔を避けられると推察された。

下顎切歯は、上顎より短く切端 2.0 mm から歯頸方向に約 4.0 mm までが形成部位と考えられた。下顎犬歯では、咬頭頂より歯頸部方向に 2.0 mm から 5.0 mm までが形成部位と考えられた。前歯部では、結果より実際の臨床にあたって、エックス線写真で得た歯髄腔は実際の歯髄腔よりも小さいということを考慮し^{6,7)}、まず撮影したエックス線写真上で、歯髄腔上縁から約 2.0 mm のところを模型上にマークし、隣接面では切端から歯頸部方向約 2.0 mm のところから 5.0 mm までをマークしその部分をピンホール形成部位とすることによりエナメル・象牙質を含む歯質に歯髄腔と無関係にピンが植立できると考えられた。

上顎小白歯では、咬頭頂から歯頸方向 2.0 mm から 5.0 mm までがピンホール形成部位に適している。大白歯も小白歯とほぼ同様の部位に形成が可能である。

下顎小白歯、大白歯も咬頭頂より 2.0 mm から歯頸方向約 4.5 mm までがピンホール形成に適していると考えられる。ピンの長さに関して Sandhaus³⁾は、維持部の長さを 2.1 mm とし、2 本のピンを隣接面に植立する場合は歯牙長軸方向すなわち切端よりと歯頸部より植立するとしているが、この場合、歯髄腔にかなり近接すると考えられる

図 8 Pin hole position obtained from anterior X-ray picture and vertical sectioned tooth measurement
 前歯エックス線写真および切断歯計測値から得られたピンホール形成部位

図 9 Pin hole position obtained from posterior X-ray picture and horizontal sectioned tooth measurement
 臼歯エックス線写真および切断歯計測値から得られたピンホール形成部位

ことから、ピンの長さは前歯と同様 2.0 mm 以下の長さが安全であると考えられた。

しかし、このピンホール形成部位ならびにピンの長さは絶対的なものではない。殊に実験に供した歯は齲蝕のない抜去歯であったことから、歯周病に罹患した中年層以上の年齢層から得られた公算が大きいと、外的刺激に対し 2 次象牙質が添加され歯髓腔は狭小化していると考えられる。したがって、この数値が若年者ならびに成人の健全歯に相当するとは限らない。また、得られたエックス線写真は装置の電流値によっても歯髓腔の撮像は異なる。本研究では臨床医が一般に用いるエックス線写真撮影装置を用いた一般的な電流値 10 mA とした。

以上から、欠損側隣接面に形成するピンホールの位置は、前歯では切歯から歯頸部方向が 2.0 mm の部位から 5.0 mm までが適応し、臼歯では、咬頭頂から歯頸部方向 3.0 mm (辺縁隆線から約 2.0 mm) から 4.5 mm の範囲が適応すると考えられた。これらの値は従来の歯の解剖学⁸⁻¹⁰⁾や全部鋳造冠の形成時に露髄の危険性を考慮した際の歯質削除量¹¹⁾、ラミネートベニア法応用時のエナメル質の厚さに関する研究¹²⁾と比較してほぼ同傾向にある。

また、ピンの維持部の長さは、実測値の平均値と 1 SD を参考にして前歯、臼歯とも 2.0 mm 以下の長さが適すると考えられた。

V. 結 論

生体侵襲の最も少ないピンブリッジ法を確立するために試作専用ピンホール形成器、ピンホールの精度ならびに健康邦人抜去前歯、臼歯についてエックス線写真と切断歯を用いてピンホール形成部位ならびにピン維持部の長さを検討した結果、次の結論を得た。

1. 試作専用ピンホール形成器は前歯、臼歯とも容易に使用できる。しかし、ドリル交換、スターターポイントの確保ならびに注水法を再検討する必要がある。

2. ピンホールの精度は、1/100~5/100 mm の精度で

形成できる。

3. 前歯のピンホール形成部位は、切端から 2.0 mm の部で歯頸部方向へ 5.0 mm までが適応する。

4. 臼歯のピンホール形成部位は、咬頭頂から 3.0 mm の部で歯頸部方向へ 4.5 mm までが適応する。

5. ピン維持部の長さは、前歯、臼歯とも 2.0 mm 以下の長さが適切である。

文 献

- 1) 山下 敦, 山見俊明. 架工義歯における接着性レジンへのその 1. 非貴金属合金の種類と金属被着面処理が接着力に及ぼす影響について. 補綴誌 26: 584-591, 1982.
- 2) 山下 敦, 山見俊明. 架工義歯における接着性レジンへのその 2. Adhesion Bridge (Adhesion Splint) のデザインならびに臨床術式について. 補綴誌 26: 592-598, 1982.
- 3) Sandhaus S. Das mehrfunktionelle Ankersystem. Quintessenz April: 685-698, 1985.
- 4) 山下 敦, 今井 誠, 加藤丈晴ほか. 新しい少数歯欠損補綴法—ピンブリッジテクニク—その 1. ピンホール形成について. 補綴誌 34・84 回特別号: 76, 1990.
- 5) 山下 敦, 白井知恵子, 今井 誠ほか. 新しい少数歯欠損補綴法ピンブリッジについて. 補綴誌 36・87 回特別号: 150, 1992.
- 6) 二宮半三, 黒川貞幸, 池田直也ほか. エナメル質削除による歯髓腔 X 線写真像の向上について. 歯放 25: 1-5, 1985.
- 7) 玉澤佳純. 上顎中切歯の歯髓腔形態の X 線学的研究. 補綴誌 33: 178-192, 1989.
- 8) 藤田恒太郎. 歯の解剖学. 東京: 金原出版, 1949.
- 9) 飛奈達也. 有髄橋脚歯としての上顎中切歯形態の研究. 口病誌 25: 308-327, 1958.
- 10) 杉浦英二. 有髄橋脚歯としての上顎犬歯形態の研究. 口病誌 26: 1807-1829, 1959.
- 11) 飯島俊一, 羽賀通夫. 生活歯における支台歯形成—特に歯髓との位置関係について—. 補綴臨床 17: 252-258, 1984.
- 12) 梅原一浩, 安島郁一, 佐藤一夫ほか. 日本人前歯におけるエナメル質の厚さに関する研究—ラミネートベニア応用時における検討—. 補綴誌 34: 757-765, 1990.