支台形成の省力化

第1報 口腔内固定式切削・研削装置について

——自動形成機の実用化について——

大畑 昇

Studies on Preparation of Tooth Crown with Simplified Method

Part 1. Intraoral settled apparatus for preparation

——Trial of automatic preparation of tooth crown ——

Noboru Ohhata

I. 緒 言

社会の歯科医療に対する量的質的要求が高まり、新材料の開発・技術の進歩がなされてきたが、歯科治療の実際面では多くの時間が歯を削るといったような手作業に費やされているのが現状である。この歯を削る作業において切削装置自体は近年の一般工業界の技術進歩により歯科用エアータービンが開発され50～60万 r.p.m. の超高速回転が得られるようになり切削能率は著しく向上した¹⁾。しかし、実際に口腔内で歯を削る作業では、エアータービンの操作は術者の手加減にまかされているにもかかわらず形成作業の内容は近年ますます高度化し複雑化してきているようである。したがってわれわれ歯科医は常に新しい器材を使用する上でのより高度な技術の習練を必要とし、歯科の学生教育においても歯牙切削の実習には多くの時間が費やされている。実際面では歯科医学の知識だけでなく、各歯科医が習得した形成技術の差が直ちに治療結果の良し悪しに密接に関係してくるのも事実である。このように形成技術の差により、個々の歯科医間で診療面に大きな格差を生ずることは医療の本質からいって望ましいことではない。そこで歯科治療においては、形成技術といった基本的な診療技術は各歯科医

の間で普遍化し平均化すると共に質的な向上も計る必要があるものと考ええる。

このようなことから本研究は補綴診療の基本ともなっているクラウンの支台形成をとりあげ、これまで手の熟練に頼っていた形成作業を機械による自動形成に置き換えようとするを目的としている。

クラウンの支台形成は大きく分けて咬合面の形成と軸面の形成の2つに分けることができる。咬合面の形成については臨床上ほとんどの場合直視下で行い、使用金属の強度によって必要な厚さだけ歯質を削除すれば良く、削除範囲も1～1.5 mm²⁾と許容範囲が大きい。したがって咬合面の形成作業は、比較的容易に人間がコントロールできる作業と考えることができる。一方、軸面の形成作業は直視することが困難な部位が多いという状況のもとで、以下の条件を満足しなければならない。① 形成面が歯冠軸に対し一定のテーパー（片側で2～5°³⁾）を保ちながらアンダーカットを生ずることなく辺縁を滑らかに仕上げること。② 隣接組織（隣接歯、辺縁歯肉、舌や頬粘膜）の損傷を防ぎながら形成すること⁴⁾。このように咬合面の形成作業と比較すると軸面の形成作業は注意を払う部分が多い上、切削用ポイントの位置、方向、接触圧等を常に手加減でコントロールしながら作業を進める必要があるので非常に熟練を要する作業であり、失敗することも多い。したがってこの軸面の形成作業を簡単な方法で機械化することができれば、支台形成をより確実なものとし、診療の省力化を進める上で大きな足がかりになるものと考ええる⁵⁾。

北海道大学歯学部 歯科補綴学第2講座（指導：内山洋一教授）

Dept. of Prosthodontics II, School of Dentistry, Hokkaido Univ. (Director: Prof. Yoichi Uchiyama)

昭和57年3月15日受付

従来、軸面を一定のテーパーで削除する方法については、種々の平行形成器が開発されてきたが、大別すると次の3種に分類できる^{6,7)}。

① 装置を口腔内に固定し、平行移動が可能なガイドチューブに形成用ドリルなどを挿入して平行を保ち、主としてピンホールを平行に形成する目的に使用するもの⁸⁻¹³⁾。

② ハンドピース自体を保持してハンドピースと共に切削用のバーやポイントを平行に動かすもの^{8,14-17)}。

③ ネイ社の“パラレルピンキット”などのようにガイドチューブをあらかじめ歯面の定位位置に必要な数だけお互いに平行な位置で固定できるようにしておくもの。

以上のうち、エアータービンによる高速切削および研削に応用できる装置としては、②の部類に含まれる口腔内固定装置である Göran Karlström の“Prec-indent¹¹⁾”や石原の試作装置¹⁷⁾と種々の口腔外固定装置などをあげることができるが、その中でも実際に臨床に応用できる装置は数少ない。また、これらの装置は切削および研削器具の動きを平行に保つための一種の補助具であって、削除の範囲と削除量の決定は術者の判断にまかされている。

一方、隣接組織の損傷防止についてみると、低速エンジン用のコントラングルに組み込まれた装置としては吉田の考案した歯肉圧排装置¹⁸⁾が発表されているだけであり、他の方法として各種の歯肉圧排用インスツルメント¹⁹⁾や歯肉圧排糸を併用する方法がある。また、研削用ダイヤモンドポイントの先端にダイヤモンド粒子が付着されていないものを用いる方法²⁰⁾もとられている。しかしながら、これらの装置や方法はいずれも歯肉の損傷を防ぐことが目的であり削除の範囲と削除量の決定については関与していない。

今回著者は、現在最も切削能率が良く臨床で頻繁に使用されているエアータービンによるクラウンの軸面形成の自動化を試み、口腔内固定装置の試作と実験を重ねた。その結果、現段階では切削器具の自動操作までには至らず器具の操作を術者自身が行う必要はあるが、軸面の平行性と隣接組織の損傷防止について一応の目的を達成した。また、辺縁部の設定と削除量の決定については切削装置に付属した形成用ガイドで支台歯の歯肉溝を術者がトレースする動作に簡易化することができた²¹⁻²⁴⁾。しかしながら、支台形成の所要時間については、口腔内固定法の装置では切削方向の決定と器具の着脱に時間を要するため、従来から行われているフリーハンドの形成と比較して総合的な形成時間の短縮を計ることはできな

かった。

以下、これまでの研究の流れと著者が開発した口腔内固定式切削・研削装置について述べる。

II. 支台形成の自動化への試み

1. 基準点と形成用ガイドの検討

自動形成を行うにあたって削除の範囲と削除量の決定は歯とそれを切削・研削する用具であるバーまたはポイントの位置関係を規定する必要がある。そのためには形成する場合の基準となる点を設け、その基準点とバーまたはポイントを一定の位置関係に保つ方法を考えなければならない。

削除の基準点は第1にあらかじめ口腔外で用意された形成模型上に求める方法と、第2に口腔内で形成する支台歯自身に求める方法とがある。この第1の方法としては、一般的に金歯の作製に用いられるようなコピーマシンがあるが、この方式であると口腔内で形成する前に形成が完了した模型を用意する必要がある。そのためにはまず形成される歯の全周を精密に表した模型が必要になる上、模型と患者の支台歯の軸を完全に一致させて固定しなければならず、このようなことは現状では不可能に近い。そこで第2の方法である口腔内の形成される支台歯上に基準点を設定することについて検討した結果、軸面上の削除されない面に基準点を設定し、その基準点にふれさせた形成用ガイドを介して連結された装置で一定の位置を切削・研削する方式が最も実用化の可能性があるとの結論に達した。著者はこの方法における基準点をクラウンの場合は歯肉縁下歯面（歯肉溝内）に求め、その部位を形成用のダイヤモンドポイントを装着したエアータービンのヘッドに固定した形成用ガイドでトレースすることによって形成用ガイドと一定の位置関係に保たれたダイヤモンドポイントにより基準点より上方の軸面を一定の範囲だけ削除できることを実験により確かめた。

基準点をトレースする形成用ガイドは、歯肉溝部にスムーズに挿入できるとともに形成用ポイントの先端が歯肉縁を損傷することを防止するような形態でなければならない。そこで著者は、頬舌側軸面の形成が能率よく行うことができる両側アーム型形成用ガイド（図1）と隣接面の軸面形成ができる片側アーム型形成用ガイド（図2）の2種類の形態の形成用ガイドを考案し、形成用ガイド部分は矯正用弾線、フレーム部分はKメタルで鍛造したものを試作した。この形成用ガイドをエアータービ

図 1 両側アーム型形成用ガイド

図 2 片側アーム型形成用ガイド

ンのヘッドに装着し実際に口腔内で支台歯形成を行ったところ辺縁歯肉の損傷を起こさずに歯肉縁下歯面の軸面形成を行うことができた(図3)。また隣接歯のある支台歯においても片側アーム型形成用ガイドを用いて隣接面の歯肉縁下軸面形成が可能であり(図4)、著者が考案した形成用ガイドの形態が有効であることを臨床的に確認

した。

2. 形成用ガイドを装着したタービンヘッドの平行移動についての検討

切削、研削装置に固定された形成用ガイドの先端を、基準点である歯肉縁下の歯面にふれさせ、そのまま歯面

図3 両側アーム型形成用ガイドを用いて軸面形成した7

図4 片側アーム型形成用ガイドを用いて軸面形成を行っている5

にそって基準点を次々に移動させ、その時の移動が平行に保たれれば、形成用ガイドと一定の位置関係にある形成用ポイントにより支台歯の軸面が平行に一定量、削除されることになる。この方式の可能性について模型上で実験を行った。

小型のエアータービンのヘッドに自作の形成用ガイドを装着し、市販の平行形成器を用いて平行移動させ、顎模型上のメラミン模型歯の軸面形成を行った。エアータービンのヘッドと形成用ガイドは案内軸によって連結され、ゴムの力により斜め下方に平行にスライドし、形成終了時点での形成用ガイドの先端とポイントの先端の位置関係を一定に保つようにした（図5）。エアータービンのヘッド固定用のフレームはKメタルで鋳造し、フレームに固定する案内軸と形成用ガイドは矯正用弾線を用いて製作した（図6）。フレームを AB SVENSKA DENTAL INSTRUMENT 社の“Prec-in-dent”に連結し、形成用ガイドの先端を歯肉縁下歯面に沿って手動でトレースしながら軸面形成を行った結果、支台歯の軸面において、アンダーカットの存在はなく、テーパーは使用し

図5 歯肉縁下の歯面を基準点とし、エアータービンのヘッドにガイドをつけ、それ自体を平行形成器で平行に移動させる方法。

エアータービンのヘッドは図の案内軸によって斜め下方に弱いスプリングで押しつけられ、バーおよびポイントの位置は、点線の部分まで移動しその位置が最終の形成面となる。

図6 図5の原理で平行形成器“Prec-in-dent”を使用し形成用ガイドとフレームは自作してエアータービンのヘッドを組み合わせた装置

たポイントのテーパーとほぼ一致した。従来の平行形成器の機構を応用すれば模型上ではあるが、この方式の基本的な動きについての成果を得ることができた（図7）。

3. 支台歯軸面形成の自動化についての検討

支台歯の軸面形成を機械により自動化するためには、次の項目について検討する必要がある。① 切削・研削装置の固定方法：支台歯と形成用ガイドおよびエアータービンのヘッドの相対的位置関係の確保。② 形成用ガイドおよびエアータービンのヘッドの移動機構と移動方

図 7 図 6 の装置を用いて軸面形成した模型支台歯

図 8 特別に試作したエアータービンのヘッド

向：形成用ガイドおよびエアータービンヘッドが絶えず基準点である支台歯の歯肉縁下歯面に接触しながら支台歯全周を平行移動できること。③ 形成用ガイドおよびエアータービンのヘッドの接触圧：形成用ガイドの先端をどの方向にどの程度の力を加えれば、スムーズに辺縁をトレースできるかについての検討。以上 3 つの項目について、問題が解決できれば、はじめて軸面形成の自動化の可能性がでてくる²¹⁾。

1) 切削・研削装置の固定方法について

固定については口腔内に固定源を求める口腔内固定法と、口腔外に固定源を求める口腔外固定法の 2 つが考えられる。口腔内固定法は固定装置（固定源、平行移動アーム）自体が小さくしなければならず、したがって各連結部の構造も小さくする必要がある。そのため可動範囲が狭くなることと、強度上の問題で、連結部のゆるみいわゆる装置のガタが大きくなりやすい欠点はあるが、固定源を口腔内に求めるため支台歯との位置関係をかなり正確に保持できる利点がある。一方、口腔外固定装置は口腔内固定法を比べると構造にとって大きさの制限がないため可動範囲を大きくすることができ、また連結部を丈夫な構造にして装置自体のガタを小さくすることも可能であるが、支台歯または患者の頭部と固定源の位置関係を正確に保持することは困難である。

軸面形成を自動的に行わせるには、まず、支台歯と切削・研削装置の位置関係を正確に保たなければならず、その点において口腔内固定法が実現の可能性があると考えられる。そこで著者は装置の固定は口腔内固定法を採用し固定源をバイトブロックに求める方法で研究を進めた。

2) 形成用ガイドおよび切削・研削装置の移動機構と移動方向について

形成用ガイドおよびエアータービンのヘッドが絶えず

基準点である支台歯の歯肉縁下歯面に接触しながら支台歯全周を平行移動しトレースするには、形成用ガイドおよびエアータービンのヘッドを支台歯の中心（軸面方向の中心）を軸として回転させながら中心方向に引張る必要がある。口腔内においては、エアータービンのヘッドへの動力（圧縮空気、水）を供給するチューブの挿入方向は、口裂方向に制限され、従来のエアータービンのヘッドを 360° 回転させることは不可能である。そこで著者は、エアータービンのヘッドの部分だけを特別に試作し（図 8）形成用ガイドフレームとエアータービンのヘッドが支台歯の中心を軸として回転できる装置（図 9）を考案した。しかし口腔内においては上・下顎の間隙は開口度に制限され、一般のエアータービンのヘッドの高径でさえも最後臼歯の形成が困難な場合があり、支台歯の中心の回転軸を、エアータービンのヘッドよりも上方に設定するのは臨床上不利であった。この問題を解決するため、著者は図 10 のような「2 重リング機構」をもつ装置を開発した（図 11）。この「2 重リング機構」装置においては、形成用ガイドは直接エアータービンヘッドに固定され、タービンの動力源である圧縮空気と水は“O”リングを使用した 360° 回転可能なフレキシブルジョイントによりエアータービンのヘッドに連結されている。この装置の開発により移動操作は術者が行う必要があるが形成用ガイドおよびエアータービンのヘッドが絶えず基準点である支台歯の歯肉縁下歯面に接触しつつ支台歯全周を回りながら平行移動できる機構が完成した。

3) 形成用ガイドおよびエアータービンヘッドの接触圧について

軸面形成を自動化するには、2) の切削・研削装置の各移動機構の基本動作に対しどの程度の力をどの方向に、どのような調節方法で加えるかという問題を解決しなければならない。そこで著者は形成用ガイドの先端の形態

1号

2号

図9 著者が考案した装置（支台歯の中心の回転軸をエアータービンのヘッドの上方に設定した装置）

図10 「2重リング機構」装置の構造

図 11 口腔内に装着した「2重リング機構」装置

図 12 加圧試験に用いた形成用ガイド

と歯面にふれさせる力および移動方法について実験を行い、歯周組織への影響を考慮しながら検討を加えた。

著者は形成用ガイドを歯肉方向へ荷重する力がどの程度までなら歯周組織に為害作用を及ぼさずにすむかの目安として形成用ガイドが歯肉を押しつける力をg数に換算し、被験者が疼痛を訴えた時の値を限界値と考えた。そこで測定部位の歯肉囊の深さが2mm以内の臨床的に健全な歯周組織をもつと思われる被験者19人について上下顎中切歯、犬歯、第1大臼歯の歯肉乳頭部、頬側辺縁歯肉、舌側辺縁歯肉の3カ所について測定し左右の平均値をとり、その部位の疼痛発現値とした。この実験に使用した形成用ガイドの先端は、細く鋭いものであると上皮着等を損傷するおそれがあるため、辺縁歯肉への接触面積を約1mm²に細工したものを用いた(図12)。また加圧装置は板バネ式の装置を自作した(図13)。測定結果は図14のように被験者19人の部位別の疼痛発現値の最大値と最小値の範囲を棒グラフで示した。この実験により健康な歯周組織をもつ人について

図 13 自作した板バネ式加圧装置

図 14 形成用ガイドで加圧した時の辺縁歯肉の疼痛発現値の分布と平均値(被験者数…19名)

P: 歯肉乳頭部
B: 頬側および唇側辺縁歯肉部
L: 舌側辺縁歯肉部

は、歯肉方向に加わる形成用ガイドの先端の荷重が40g/mm²以下であれば、辺縁歯肉の薄い前歯においても、疼痛を起こさないことが予想できた。

次に歯肉方向に対して形成用ガイドに40g以下の荷重をかけながら、辺縁歯肉に沿って移動させた時のトレースの様子と歯肉の状態を臨床的に観察した。

形成用ガイドのトレース装置は形成用ガイドの先端が歯肉方向に20~30gの力が絶えず加わるように2つのコイルスプリングを利用して自作した(図15)。この装置はバイトブロックにより口腔内に固定し、上方の円板を術者が回転させると形成用ガイドの先端が辺縁歯肉に沿って歯の周囲を回転する機構となっている。形成用ガイドの移動中は、先端が確実に歯肉縁下部の歯面をトレースし、その時の被験者は疼痛の訴えもなく、またトレース後の歯肉所見も異常のないことが確認できた。

次に著者が開発した「2重リング機構」切削・研削装置に装着した形成用ガイドが40g以下の荷重で歯肉縁下部歯面をスムーズにトレースできるか否か、臨床的観察を行った。

トレース装置の荷重方向と荷重力

口腔内に装置したトレース装置

図 15 形成用ガイドのトレース装置

図 16 荷重機構を付加した「2重リング機構」装置

歯肉方向への荷重についてはアームを固定源の反対まで延長しその部分におもりをつけ全体の重量バランスをとった後、コイルスプリングによって形成用ガイドが歯肉方向に向かう力を 20~30 g に調節した。支台歯の中心方向への荷重についてはエアータービンのヘッドの重量（約 30 g）に対するバランスの範囲が狭くて調節できず、ゴムの弾性を利用して 50~70 g の力で荷重することにした（図 16, 17）。この装置を口腔内にバイトブロックで固定させ、回転リングに固定した糸の両端を交互に

図 17 図 16 の装置を口腔内に装着したところ

引張りながら回転リングを回し、形成用ガイドの動きを観察した。

その結果、辺縁歯肉部から歯肉乳頭部へせりあがる移動は動きが鈍く、歯肉乳頭部に対し過重負担となり被験者が疼痛を訴えた。また、トレース後は歯肉の発赤も認められた。試みに歯肉方向への形成用ガイドの加重を取り去ると辺縁歯肉部から歯肉乳頭部へのせりあがりはずスムーズになるが、その逆の歯肉乳頭部から辺縁歯肉部への移動については形成用ガイドの先端が歯肉縁から離れてしまう傾向があり、確実なトレースができなかった。

支台歯軸面形成の自動化については、切削・研削装置の固定方法と形成用ガイドおよびエアータービンのヘッドの移動機構について著者の開発した口腔内バイトブロ

ック固定式「2重リング機構」切削・研削装置により可能性があることが示唆された。ところが、この装置では形成用ガイドおよびエアタービンのヘッドの接触圧を40 g 以下にコントロールできなかったため、切削・研削装置の自動操作までは実用化できなかった。しかし、形成用ガイドおよびエアタービンのヘッドの接触圧が40 g 以下であれば歯周組織に対する為害作用もほとんどなく支台歯の歯肉縁下歯面の全周がスムーズにトレースできることを確認できた。ところが現在最も研削・切削能率の良いエアタービンについては荷重が30~90 g²⁵⁾、ボールベアリングタイプでは荷重が約120 g²⁶⁾の時に最も切削効率が良いと言われており40 g 以下の荷重では顕著に切削効率が低下する。またエアタービンの動力である圧縮空気圧はエアベアリングタイプで3.5~4 kg/cm²、ボールベアリングタイプで1.8~2.3 kg/cm²が必要であり、このような空気圧を加えたエアホースと注水用のホースをエアタービンのヘッドに接続しなければならないこともあって今回著者はエアタービンのヘッドの重量バランスをとることが不可能であった。

このようなことから支台歯軸面形成の自動化における削除の範囲と削除量の決定を行うため著者が考案した基準点である支台歯の歯肉縁下歯面を自動的に形成用ガイドでトレースする方法は、現時点では実用化が困難であり今後新しい方法および装置の開発を待たねばならないものと考えた。

III. 口腔内固定式切削・研削装置の開発

支台歯軸面形成の自動化については、切削・研削器具の自動操作まで至らず現時点では器具操作を術者自身が行う必要があった。しかし軸面の平行性、隣接組織の損傷防止については目的を達成し、辺縁の設定つまり削除の範囲と削除量の決定については術者が形成用ガイドで歯肉溝をトレースする動作に簡易化することができた。そこで次の段階は支台歯軸面形成作業を形成用ガイドのトレース作業におきかえる方向で臨床への実用化を計ることにした。

形成用ガイドのトレース作業を術者が行うのであれば、まず作業視野を十分に確保する必要がある。そこでエアタービンのヘッドを支台歯の周囲を回転させながら支台歯の中心方向へ引張る「2重リング機構」は、視野を防げるため不要であり、アーム機構も単純化する必要がある。またエアタービンのヘッドおよび形成用ガ

イドもできるだけ簡略化し、トレース作業を容易にする必要もある。

従来のエアタービン用口腔内固定式平行形成器は通常のハンドピースのヘッドを平行形成器の案内軸に差し込んで、平行関係を保持する方法である。つまり案内軸の位置は、装置を小型化する必要上、エアタービンのヘッドに近接して設定しており、術者のハンドグリップよりも切削用ポイントに近い位置である。

従来のこの方式はエアタービンのハンドピースを確実に保持しようとする術者の手による過大な力が装置に直接伝達し、バイトブロック等の小型の固定源では保持しきれないことがあり、また平行アーム機構のスムーズな動きを防げることもあった。エアタービンハンドピースを保持する術者の手の力を装置に直接伝達させないための緩衝機構を持つ装置としては、従来のものでは石原の試作装置だけである。石原の試作装置はエアタービンのハンドピースグリップと平行形成器の案内軸の間に緩衝機構を持つが、同時にエアタービンヘッド自体にも緩衝作用をおよぼすためエアタービンによる形成時の微妙なハンドピースの保持²⁷⁾やコントロールが困難になる危惧がある。

著者は、このような問題を考慮し、よりトレース作業を容易にするため、あらたに、口腔内固定式切削・研削装置を開発した。

1. 装置の概要

著者は、先の問題点を解決するためエアタービンのヘッドの保持を主に平行装置の案内軸に負担させ、術者の手の動きが自由な方向から直接形成用ガイドとエアタービンのヘッドに伝達されるようなジョイントホルダー式装置を考案した。平行形成器は“Prec-in-dent”を用い平行装置の案内軸と形成用ガイドの先端の距離よりもジョイントホルダーと形成用ガイドの先端の距離を短くした(図18)。またジョイントホルダーは、矯正用STロックのチューブを形成用ガイドを付着した板にとりつけ、STロックのチューブに挿入される部分は術者の保持用ホルダーに固定したチューブで連結した(図19)。術者は形成時にホルダーのみを保持し、ホルダーとSTロックとの間のチューブの回転を利用して、ある程度自由な方向から形成用ガイドでトレースを行うことができる(図20)。この試作した装置で実際にブリッジの支台形成を行ったところ、辺縁歯肉の損傷もなくほぼポイントのテーパーで支台歯軸面の歯肉縁下の形成を行うことができた。しかしこの試作装置では平行形成器“Prec-

図 18 ジョイントホルダー式装置

図 21 「ボールジョイントホルダー式」平行切削・研削装置1号と通常のエアータービンハンドピース

図 19 矯正用 ST ロックを利用したジョイント部

図 22 図 21 の装置の移動操作は、ボールジョイントホルダーを手で保持して行う

図 20 口腔内に装着したジョイントホルダー式装置

in-dent”のアームがエアータービンヘッドの側方に張り出す構造になっているため、患者の舌にあたり動きに制約を受け、またホルダーの挿入方向も ST ロックの方向とチューブの回転範囲に限られた。

そこで著者はこれらの欠点を改良した「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置1号を開発し支台歯軸面形成作業を形成用ガイドのトレース作業に簡易化

した。「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置1号は図21に示すようにエアータービンのヘッドを上下方向、前後方向に平行移動させる2本の平行四辺形アームと、エアーホースおよび注水用のホースを一方方向にまとめ、視野および手術野を確保した。エアータービンのヘッドの高径は一般品(14 mm)と比べて3 mm 低く、11 mm である。術者が操作するホルダーは、エアータービンのヘッドの左右にとりつけたボールジョイントに接続でき、自由な方向からエアータービンのヘッドを操作することができる(図22)。このボールジョイントを介したホルダーで、エアータービンヘッドを動かすことはホルダー自体を平行に動かす必要がないため、形成用ガイドの先端をペン先にたとえるならば、ペンで自由に図形を描くように形成用ガイドを操作することができる。パーおよびポイントの先端の上下および前後方向の平行移動範囲は、図23のように第一平行四辺形アーム、第二平行四辺形アームの蝶番運動により斜線の範囲でスムーズに移動できる。左右方向の平行移動は固定軸を中心とした蝶番運動であり、スムーズに移動させるこ

とができる機構となっている。

2. 「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置の臨床試験

形成用ガイドは先端の幅を形成用のポイントの幅と同じ程度に細くし、頬舌側は各々の方向から歯肉縁下に挿入し隣接面形成を行った。ダイヤモンドポイントは、頬舌側の形成用として BR-1 (GC 社製)、隣接面の形成用

図 23 「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置 1 号の平行移動範囲

として 104 (松風社製) を用いた。装置の固定はバイトブロックによる口腔内固定法を行い形成軸はあらかじめ研究用模型上で即時重合レジンを用いて支台歯の歯冠軸に合わせて作成した (図 24)。臨床試験の被験者は 3 名で、卒後の臨床経験が 5 年であった著者が 4 症例、臨床実習中の学生 2 名が各 1 症例について「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置 1 号を用いてブリッジの支台形成を行い、支台形成に要した時間と、支台形態についてフリーハンドによる形成との比較検討を行った。

3. 結 果 (表 1)

支台形成に要した時間の比較は表 1 に示すように装置の口腔内への装着などの準備に要した時間は 15~30 分であった。この準備時間は研究用模型上で製作したバイトブロックの咬合面が、支台歯と同額の咬合面だけしか

図 24 模型上で軸面方向に固定した「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置 1 号

表 1 「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置 1 号を用いてブリッジの支台形成を行った時の形成所要時間

症 例 No.	支 台 歯	術 者	準備時間	形成時間	フリーハンド 形 成 時 間
1	⑤ 6 ⑦ 全部鑄造冠	著 者	20分	80分	40 } 60分
2	⑦ 6 ⑤ ビン保持 アンレー	著 者	15分	60分	
3	⑤ 6 ⑦ ビン保持 アンレー	著 者	15分	60分	
4	③ 4 ⑤ ビンレッジ 全部鑄造冠	著 者	20分	70分	
5	⑦ 6 ⑤ 全部鑄造冠	学生 A	25分	70分	120分
6	⑦ 6 ⑤ 全部鑄造冠	学生 B	30分	100分	130分

図 25 学生Aが形成した 5] 支台形態の比較
左：フリーハンドにより形成した 5]，右：装置を用いて形成した 5]

図 26 学生Aが形成した 7] 支台形態の比較
左：フリーハンドによる形成，右：装置を用いた形成

印記できないため、口腔内で即時重合レジンにより対顎の咬合面を印記するのに要した時間である。装置を用いて軸面形成に要した時間は 60～100 分かかっており、通常のエアータービンハンドピースを用いたフリーハンドによる形成時間と比較すると、著者においては延長、学生においては短縮の傾向にあった。しかし準備に要した時間を含めるとフリーハンドによる形成時間よりも時間がかかる傾向にあった。装置を用いた形成所要時間は、著者と学生の比較では差が認められなかった。

支台形態の比較については、図 25, 26 に示すように、装置を用いた形成軸面の方が、フリーハンドによる形成軸面よりも平行関係が良好であり辺縁歯肉の損傷も少なかった。

4. 考 察

以上の結果について考察すると、通常のハンドピースを用いたフリーハンドによる支台歯の軸面形成作業を、

図 27 「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置 2 号

ホルダーを用いたガイドのトレース作業におき換えることについては、臨床経験による差、いわゆる個人差がなく一定の軸面形成ができることで、形成作業が簡易化できたと思われる。しかし、形成時間がフリーハンドよりも装置を用いた形成時間の方が長くなるのでは総合的な省力化にならない。診療の能率化のためには、国本は²⁸⁾ ①より良く—技術研究，②より速く—時間研究，③より楽に—動作研究の3つをはかる必要があると述べている。著者の開発した「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置1号は、技術、動作の面では成果を得たが、時間については、むしろ後退してしまったと言える。

口腔内における装置の着脱や固定に時間がかかったのは、以下の3つの事項により、着脱操作や固定操作を繰り返す必要があったためである。① 支台歯軸面の形成方向は、臨床的には頬舌側の軸面方向で決定するが、隣接面の軸面形成では隣接歯の損傷を防ぐために必要に応じて形成方向（固定軸の方向）を変えなければならなかった。② 形成用ポイントは切削能率を高めるため2本以上の種類を用いるが、本装置ではポイントの交換時に装置を口腔内からとりはずす必要があった。③ 患者がバイトブロックを咬んで固定できる持続時間は15分程度が限界であり、度々装置をはずして患者に休憩させうがい等をさせる必要があった。3つの中でも①の固定軸方向の調整操作が、特に時間がかかるため、著者は、バイトブロックとタービンヘッドの中間に、軸方向微調整機構を設けた「ボールジョイントホルダー」式平行切削・研削装置2号（図27）を開発し検討を行った。しかし、装置を小型化する必要上、2号機ではネジ止による固定部位が多くなり、結果的に口腔内固定式平行切削・研削装置では、装置の着脱や固定操作の時間の短縮は計

れず、総合的な形成時間の短縮ができなかった。

IV. 結 論

著者は歯科診療の省力化を推し進める中での 1 研究として、現在歯科医に最も高度な技術習練を課せられている支台歯の軸面形成をとりあげて支台形成の自動化への検索を重ねた結果、口腔内固定式切削・研削装置については以下の結論に達した。

1. 削除の範囲と削除量の決定を行わせるジグとして著者が考案した形成用ガイドは、研削用ポイントの必要以上の切り込みを防ぎ、形成中に辺縁歯肉の圧排を兼ねて隣接組織の損傷を防止する効果もあり臨床上きわめて有効な器具であることがわかった。

2. 形成用ガイドを応用し種々の平行形成器を試作しながら自動形成機の実用化を試みた結果、現段階では、切削機自らの自動操作までには至らず器具操作を術者自身が行う必要はあるが、軸面の平行性、隣接組織の損傷防止について目的を達成した。

3. 口腔内固定式切削・研削装置については、著者が考案した「ボールジョイントホルダー」機構を応用し、術者が自由な方向からエアータービンヘッドを操作することができる平行切削・研削装置を開発し、軸面形成作業を、ホルダーを用いて形成用ガイドで歯肉溝をトレースする動作に簡易化することができた。

4. 支台形成の所要時間については、口腔内固定式切削・研削装置では装置の固定操作、および着脱操作に時間がかかり、フリーハンドによる支台形成と比較し、総合的な所要時間の短縮を計ることができなかった。

本研究の一部は昭和 49 年第 61 回、昭和 50 年第 62 回、昭和 51 年第 63 回、昭和 52 年第 64 回日本補綴歯科学会において報告した。また本研究の要旨は昭和 55 年 12 月 9 日第 2 回北海道歯学会で発表した。

稿を終わるにあたり本研究に対し終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜った本学歯学部歯科補綴学第二講座内山洋一教授に深甚なる感謝の意を捧げます。

また本研究の各種の装置を製作していただいた株式会社吉田製作所ならびに技術部設計次長菅谷昭正氏に深く感謝します。

その他懇切なご助言をいただきました本学工学部精密加工学第一講座斉藤勝政教授ならびに岸浪建史助教授に厚く感謝いたします。

さらに本研究にご協力いただいた本学歯学部歯科補綴学第二講座沢田 明助手、工藤 剛助手、小屋秀俊助手、鎌田 誠助手、津田栄継院生および教室員の皆様に深謝いたします。

文 献

- 1) 菅谷昭正, 村松篤良, 山口善男: 歯科用切削装置, 94~96, 医歯薬出版, 東京, 1979.
- 2) Tylman, S.D.: Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics (Bridge), 308~309, C.V. Mosby, St. Louis, 1970.
- 3) Jørgensen, K.D.: The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crown, Acta Odont. Scand., 13: 35, 1955.
- 4) 多和田泰一: 歯冠補綴架工義歯学, 40~44, 永井書店, 東京, 1974.
- 5) 内山洋一: 歯科医療の省力化のすすめ, 日本歯科評論, 372: 61~70, 1973.
- 6) 井上昌幸: 平行形成器とその使い方, 歯科臨床技術講座 2, 149, 医歯薬出版, 東京, 1969.
- 7) 中沢 靖, 小池国晃: 平行形成器について, クラウンブリッジの臨床, 47, 医歯薬出版, 東京, 1972.
- 8) Karlström, S.: The pontostructure method for the construction of fixed bridges, Crowns and inlays, Nordiska Bokhandeln, Stockholm, 1955.
- 9) Parmlid, A.: A new intraoral parallelometer, J. Prosthet. Dent., 18: 469~475, 1967.
- 10) Göransson, P. and Parmlid, A.: A new paralleling instrument, Paramax II, and the Kodex drills, J. Prosthet. Dent., 34: 31~34, 1975.
- 11) Karlström, G.: A paralleling instrument for the guidance of pin channels and high-speed preparations, J. Prosthet. Dent., 26: 41~55, 1971.
- 12) 関根 弘: パラレリング・ガイドによる支台形成, 歯界展望, 32: 1~4, 1968.
- 13) Kopsiaftis, C.P.: An intraoral paralleling instrument, J. Prosthet. Dent., 16: 973~977, 1966.
- 14) Sollé, W.: The parallelo-facere: a parallel drilling machine for use in the oral cavity, J.A.P.A., 63: 343~352, 1961.
- 15) Rezende, A.B.: A new parallelometer, J. Prosthet. Dent., 21: 79~85, 1969.
- 16) Green, H.D.: Controlled tooth preparation, J. Prosthet. Dent., 26: 170~177, 1971.
- 17) 石原寿郎, 井上昌幸: 各種平行形成器の検討とわれわれの試作品について, 補綴誌, 12: 489, 1968.
- 18) 吉田恵夫, 川島豊造: 歯肉縁下における支台歯形成の一考案, 補綴誌, 5: 78~80, 1961.
- 19) 渡辺 徹: 簡単に作れる自家製歯肉圧排器とその使用法, 歯科評論, 376: 83~92, 1974.

- 20) 内山洋一：歯冠修傷物の歯肉縁下の形成法，歯科評論，382：39～48，1974.
- 21) 大畑 昇，内山洋一：支台形成の自動化への試み，補綴誌，19：183，1975.（第61回日本補綴歯科学会講演抄録）
- 22) 大畑 昇，内山洋一：支台形成の自動化への試み，補綴誌，20：116，1976.（第62回日本補綴歯科学会講演抄録）
- 23) 大畑 昇，内山洋一：支台形成の自動化への試み—その3—，補綴誌，21：178～179，1977.（第63回日本補綴歯科学会講演抄録）
- 24) 大畑 昇，内山洋一：支台形成の自動化への試み—形成用ガイドを手動でトレースする軸面の形成法—，補綴誌，22：210，1978.（第64回日本補綴歯科学会講演抄録）
- 25) 片岡研造：歯科用タービンの空気軸受について，歯材器誌，27：62～66，1972.
- 26) 菅谷昭正，村松篤良，山口善男：歯科用切削装置，128～131，医歯薬出版，東京，1979.
- 27) 国本朝雄：歯科診療の能率化に関する研究，歯材器誌，16：289～306，1967.
- 28) 国本朝雄：高度高速診療の理論と実際，25，デンタルダイヤモンド社，東京，1980.