



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ポケット探針型および根分岐部用超音波スケーラーチップによる歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニングの研究
Author(s)	菅谷, 勉
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(歯学)
Dissertation Number	乙第4134号
Issue Date	1992-09-30
DOI	https://doi.org/10.11501/3090804
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/30211
Type	doctoral thesis
File Information	thesis.pdf



ポケット探針型および根分岐部用超音波スケーラーチップによる
歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニングの研究

A Study of Subgingival Scaling and Root Planing with Pocket-probe Type
and Furcation-probe Type Ultrasonic Scaler.

菅谷 勉

北海道大学歯学部歯科保存学第2講座

指導：北海道大学歯学部歯科保存学第2講座

加藤 熙 教授

目次

	ページ
1. 緒言	1
2. 実験Ⅰ ポケット探針型超音波スケーラーチップの使用条件が 根面性状に与える影響の検討	
(1)目的	5
(2)材料・方法 実験Ⅰ-1)根面削除量と根面粗さへの影響	5
実験Ⅰ-2)培養線維芽細胞の付着に及ぼす影響	11
(3)結果 実験Ⅰ-1)根面削除量と根面粗さへの影響	15
実験Ⅰ-2)培養線維芽細胞の付着に及ぼす影響	20
(4)考察	25
3. 実験Ⅱ 非外科的歯周治療に用いた場合の臨床効果の検討	
(1)目的	30
(2)材料・方法	30
(3)結果	34
(4)考察	45
4. 実験Ⅲ 根分岐部用超音波スケーラーチップの開発と臨床応用の検討	
(1)目的	51
(2)材料・方法 実験Ⅲ-1)チップの曲率の検討と根分岐部用チップの試作	51
実験Ⅲ-2)試作根分岐部用チップの下顎第1・第2大臼歯 分岐部根面への到達性	53
実験Ⅲ-3)臨床効果の検討	56
(3)結果 実験Ⅲ-1)チップの曲率の検討と根分岐部用チップの試作	59
実験Ⅲ-2)試作根分岐部用チップの下顎第1・第2大臼歯 分岐部根面への到達性	61
実験Ⅲ-3)臨床効果の検討	64
(4)考察	71
5. 総括・結論	79
6. 謝辞	83
7. 参考文献	84

緒言

歯肉縁上・縁下のスケーリング・ルートプレーニングは口腔清掃とともに歯周疾患の最も基本的な処置である。しかし、現在市販されている超音波スケーラーやハンドスケーラーは、ポケットの深い部分、大臼歯部、根分岐部などでは、罹患根面への到達性が悪く、さらに適切な操作が困難であり、プラークや歯石の除去が不確実になる¹⁻⁸⁾。

ポケットが深い場合、根面にスケーラーを確実に到達させるには歯周外科を行わざるを得ない場合が多いが、手術は侵襲が大きく、ポケットが深いからといって不用意に手術を行えばアタッチメントロスを引き起こしやすい欠点がある⁹⁾。さらに我国は高齢化社会を迎え、今後歯周外科を適応できない患者が増加することを考えると、侵襲の少ない歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニングはますます重要になると考えられる。したがって、深いポケットや根分岐部病変部のスケーリング・ルートプレーニングを容易にしかも確実にこなせるスケーラーを開発し、臨床における適切な使用法および臨床効果を検討して、日常の歯周疾患の治療やメンテナンスに広く応用できるようにする必要がある。

そこで著者は、まず最初に深い歯周ポケットのスケーリング・ルートプレーニングを、より確実にしかも容易に行える方法を開発する目的で、ポケット探針が大臼歯部でも深いポケットの底部まで容易に到達することに着目し、加藤¹⁰⁾、Kawanami¹¹⁾、飯沼¹²⁾らとともにポケット探針型の超音波スケーラーチップを試作し、歯周炎による抜去歯を用いた基礎実験と、歯周炎患者を被験者とした臨床的実験を段階的に行ない、以下の結果を得ている。

1) 最初に、試作したポケット探針型超音波スケーラーチップを用いて歯石が除去できるかどうかを検討した。抜去歯を手に持ち、試作チップで根面上の

歯石170部位の除去を行なった結果、超音波スケーラー本体の出力が1の場合71%、出力10では100%の歯石が除去可能で、出力を調整することにより十分な歯石除去能力をもつことが確認された¹⁰⁾。

2) 次に、試作チップを臨床で用いた場合の深いポケット内のプラーク・歯石除去能力を検討した。深いポケットをもつ歯周炎罹患歯29本58歯面を試作チップを用いてスケーリングした後、抜歯して歯肉縁下のプラークと歯石の残存率を評価した。その結果、ポケットの深さが8mm程度までであれば、歯肉縁下プラーク・歯石の残存率は約3%であり、ほとんど取り残すことなく除去でき、大臼歯部も残存率は前歯部同様低く、操作性に優れていた¹³⁾。

3) さらに、実際臨床で用いた場合の歯周炎の改善効果を検討した。試作チップを用いて、深い歯周ポケットを有する歯周炎罹患歯32歯、128歯面をスケーリング・ルートプレーニングした結果、深いポケットでも無麻酔で疼痛なく使用可能であり、術後4週までの経過観察では歯周炎の著しい改善がみられた¹²⁾。

しかし、超音波スケーラーによるルートプレーニングは、ハンドスケーラーよりも術後の根表面の滑沢性や為害性物質の除去効果が劣るといわれており¹⁴⁻¹⁹⁾、ルートプレーニングには不適切とされてきた。一方、BjörnとLindhe²⁰⁾、Clark^{21, 22)}、脇²³⁾、上田ら²⁴⁾は、超音波スケーラーの根面削除量が、チップの振動数、出力、使用圧、チップの鋭鈍、使用時間などに影響されることを報告しており、表面の粗さや為害性物質除去効果もこれらの使用条件に大きく影響されると考えられる。したがって、今回開発したポケット探針型超音波スケーラーチップも、使用条件によっては根表面の滑沢性や為害性物質除去効果が十分得られる可能性がある。一方、根面の汚染状態は歯周炎の進行状態、さらには初期治療やメンテナンスなど、歯周治療の進行により大きく変化するため、治療目的や根面の汚染状態に応じたポケット探針型超音波スケー

ーラーチップの適切な使用法を検討する必要がある。そこで本研究は、実験Ⅰとして、ポケット探針型超音波スケーラーの使用条件が、根面の削除量と表面粗さに及ぼす影響を明らかにするとともに、歯周炎罹患根面の為害性物質の除去効果に及ぼす影響を培養線維芽細胞を用いて明確にし、治療開始時や手術時さらにメンテナンス時など根面の汚染状態が異なる場合に、どのような使用条件が適切であることを明らかにする目的で行なった。

一方、高齢化社会を迎えて外科処置を適応しにくい患者が増加するにつれ、非外科的歯周治療の重要性はますます高くなり、深いポケットが一部残存したままメンテナンスすることを余儀なくされる場合も多くなると考えられる。非外科的治療を成功させるためには、徹底した口腔清掃とともに、深いポケットの底部まで十分にスケーリング・ルートプレーニングが行えることがきわめて重要である。ポケット探針型超音波スケーラーチップは、8 mm程度のポケットであれば局所麻酔をしなくてもプラークや歯石をほとんど除去可能であり¹³⁾、しかも4週間の観察結果では歯周炎の改善効果も高いことから¹²⁾、非外科的歯周治療とその後のメンテナンスにも有効性が高いと考えられた。そこで本研究の実験Ⅱとして、ポケット探針型超音波スケーラーチップが非外科的歯周治療に応用可能かどうかを知る目的で、歯周炎罹患歯に本装置で1年間にわたり定期的に歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニングを行ない臨床効果を検討した。

しかしながら、大臼歯の根分岐部は解剖学的形態が複雑なため、従来から使用されている超音波スケーラーやハンドスケーラーは、根面に到達させて適切に操作することがきわめて困難^{2,7,8)}で、スケーリング・ルートプレーニングの効果も単根歯や大臼歯の平滑面に比較すると著しく劣っている²⁴⁻²⁸⁾。そのため、分岐部病変は他の部位に比べて病変の進行を阻止するのが難しいのが現状である²⁹⁻³²⁾。さらに今回開発し、実験ⅠとⅡで使用したポケット探針型超

音波スケーラーチップも、大臼歯の根分岐部病変部には到達性が悪く、根分岐部には分岐部専用のチップを作製する必要があると考えられた。そこで、本研究の実験Ⅲでは、下顎大臼歯の根分岐部用チップを開発して、これを臨床応用する目的で、次の３段階からなる実験を行なった。まず、①下顎第１・第２大臼歯根分岐部に到達性の良いチップの曲率を検討して、根分岐部用チップを試作した。次に、②試作したチップの下顎第１・第２大臼歯分岐部根面への到達性を、根分岐部病変のシミュレーション模型を作って検討した。さらに、③下顎大臼歯に根分岐部病変を有する歯周炎罹患歯を被験歯として、歯周炎の改善効果を臨床的に検討した。

実験 I

ポケット探針型超音波スケーラーの使用条件が

歯根表面性状に与える影響の検討

【目的】

超音波スケーリング後の根面性状は、スケーラーの使用条件により大きく影響を受けると考えられ、さらに根面の汚染状態は、歯周炎の進行状態および初期治療やメンテナンスなど歯周治療の進行状態により変化するため、根面の状態に応じたポケット探針型超音波スケーラーチップの適切な使用法を明確にする目的で、まず、実験 I-1 として、その使用条件が根面削除量と根表面粗さに及ぼす影響を検討し、次に実験 I-2 として、使用条件が歯周炎罹患根面の為害性物質の除去効果に与える影響を検討した。

【材料・方法】

実験 I-1 根面削除量と根面粗さへの影響

1) 試験片作製方法

試験片の作製は、水中保存されているヒト抜去歯から根面う蝕のないものを選び、歯冠部と根尖部を切断後、ダイヤモンドディスクでセメント質を完全に除去して象牙質面を露出させた。これを即時重合レジン（ユニファースト[®]、ジーシー）に包埋し、象牙質表面を砥石で滑沢にした後、#1のラウンドバーで長さ12mmのグループを4mm間隔で平行に2本付与し、この12×4mmの範囲を被験面とした（図 I-1）。試験片は140個作製し、コントロールとして砥石で滑沢にした状態で未処置の群（C群）10個、ポケット探針型超音波スケーラーでルートプレーニングする群（U群）120個、ハンドスケーラーでルートプレーニングする群（H群）10個に分類した。

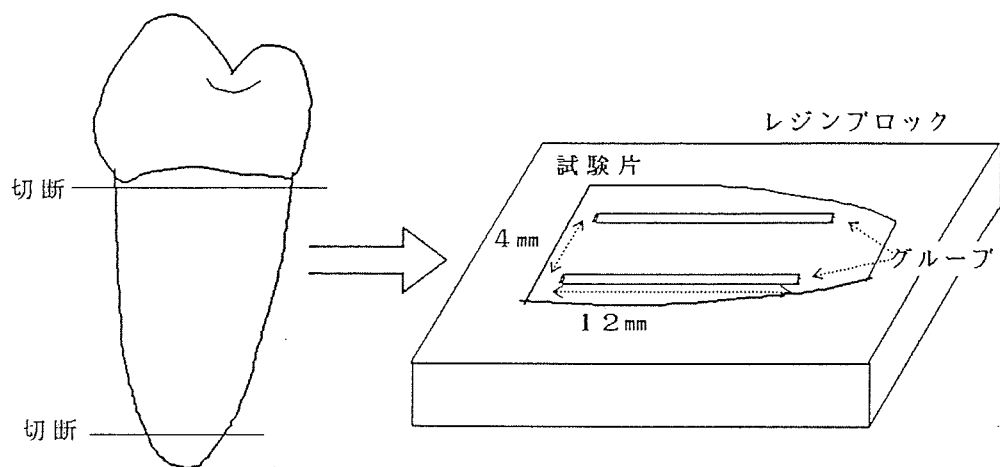


図 I-1 試験片の作製方法

2) 各群の処置条件

U 群はポケット探針型超音波スケーラーチップ（ENAC-3[®]、SC-5[®]、長田電機工業）（図 I-2）を用い、根面とチップとの角度をほぼ水平にし、根面全面を90秒間ルートプレーニングした。その際に、試験片を10個ずつ12組に分け、以下のように超音波スケーラー本体の出力を3通り、チップの超音波振動の方向と根面との角度を2通り、根面への荷重を2通りに変化させ、計12通りの使用条件でルートプレーニングを行なった。

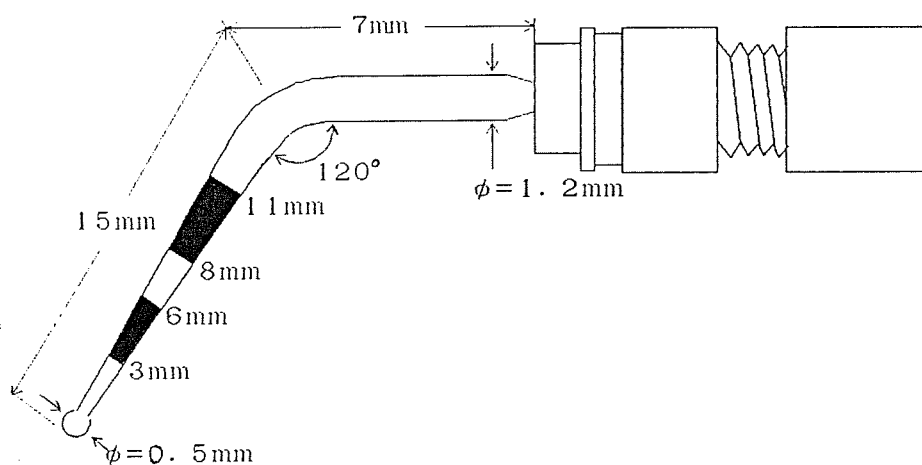
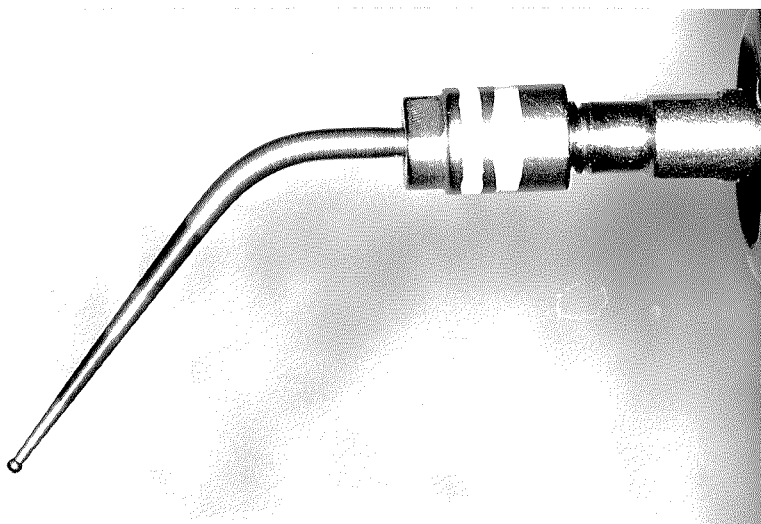


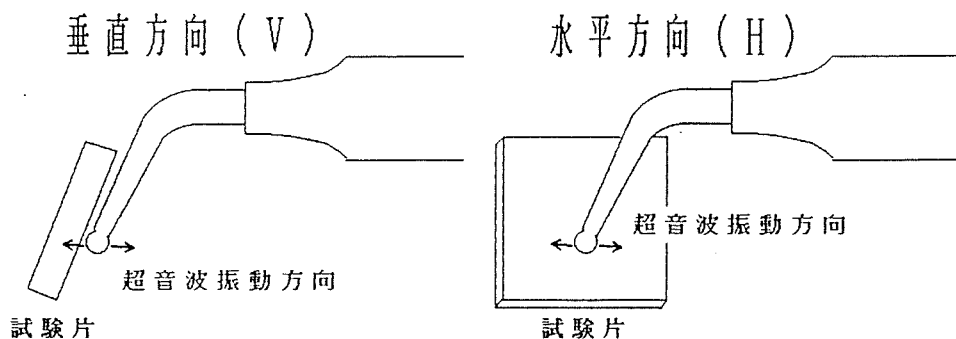
図 I-2 ポケット探針型超音波スケーラーチップと模式図
軟組織や根面への損傷を配慮し、先端は直径0.5mmの球状、
目盛りは3、6、8、11mmの位置に付与した。

変化させた使用条件は

- ①超音波スケーラー本体の出力：ENAC-3[®]の出力調節つまみの1から10のうちの、2、5、8の3段階に変化させた。
- ②チップの超音波振動方向と根面との角度：チップはハンドピースとはほぼ平行に直線運動しているため、チップ先端の超音波振動方向が根面に対して垂直方向（V）、すなわちチップ先端が根面をたたく場合と、振動方向が根面に水平方向（H）、すなわちチップ先端が根面をこする場合の2通りに変化させた（図I-3）。
- ③チップを根面に押し当てる荷重：20gwと60gwの2通りで行った。

荷重の測定は脇²³⁾の方法を参考に、金属板上にストレインゲージをはりつけ、先端に固定した試験片に荷重が加わった時に生じる金属板のひずみから、荷重を記録できる装置を作製し（図I-4）、この装置を用いて、荷重が一定になるように注意深くスケーラーの操作を行なった。

H群はアーカンサスストーンで十分に研磨したハンドスケーラー（Gracey curette #3/4[®]、Hu-Friedy）を用い、荷重600gw、根面との刃角約80°にして30ストロークルートプレーニングを行なった。



図I-3 チップの超音波振動の方向と根面との角度

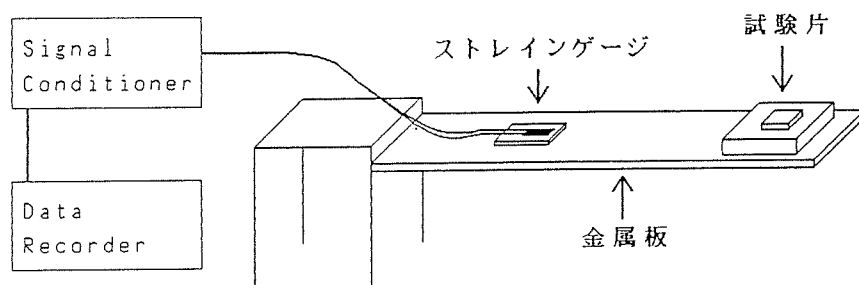


図 I-4 荷重測定装置の模式図

3) 根面削除量の計測方法

ルートプレーニングの終了した各試験片は、断面曲線から根面の削除量を計測した。断面曲線は、万能形状測定器[®] (MODEL SEF-10A、小坂研究所) を用い、試験片の長軸と垂直方向に約 3 mm 間隔で 3 カ所計測した。測定条件は、測定速度 0.5 mm/sec、触針半径 2 μ m で行なった。得られた断面曲線の両端のグループ内側 (a_1 , a_2) と非削除面の延長線 (b)、削除面 (c) で囲まれた部分の面積 (図 I-5) を、パーソナルコンピューター (PC9801VM[®]、NEC) の画像解析プログラム (AREA[®]、GRAPHTECH)、デジタイザー (MITABLET-II[®]、GRAPHTECH) を用いて計測し、 a_1 , a_2 間の距離で除して平均削除量を求めた。計測した 3 カ所の平均値をその試料の削除量とした。

4) 表面粗さの計測方法

各試験片の表面粗さは、上記の万能形状測定器を用い、試料の長軸方向に約 1 mm 間隔で 3 カ所の中心線平均粗さ (R_a) を計測し、3 カ所の平均値をその試料の表面粗さとした。測定条件は、測定速度 0.1 mm/sec、触針半径 2 μ m、測定距離 10 mm、カットオフ値 2.5 mm および 0.25 mm とした。

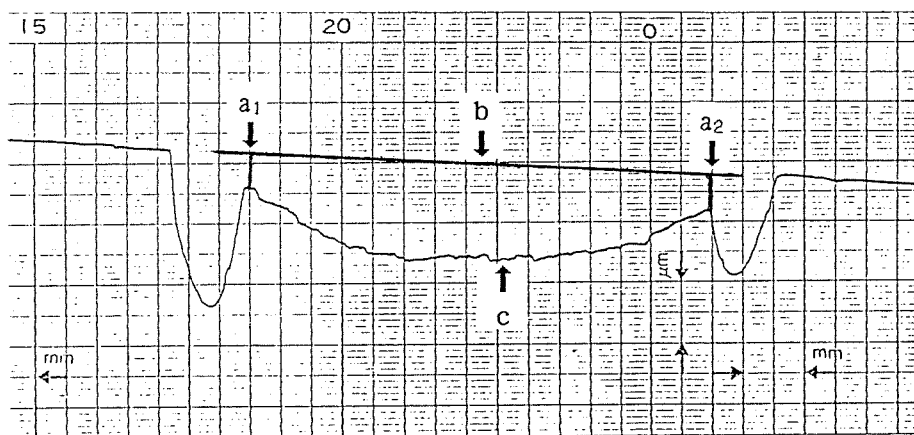


図 I-5 根面削除量の計測方法

断面曲線のグループの内側(a_1, a_2)と、非削除面の延長線(b)、削除面(c)で囲まれた面積を、 a_1, a_2 間の距離で除して削除量とした。

5) 表面形状のSEM観察

各試験片を即時重合レジンから離断し、生理食塩水で1分間超音波洗浄したのち、通法にしたがい脱水、乾燥、白金-パラジウム蒸着(E-1030形イオンスパッター[®]、日立製作所)して、倍率100倍及び1000倍で観察を行なった(S-4000形電解放射形走査電子顕微鏡[®]、日立製作所)。

実験 I-2 培養線維芽細胞の付着に及ぼす影響

1) 試験片作製

実験材料には、歯周炎罹患歯と健全歯を用いた。歯周炎罹患歯は、スケーリングの既往がなく重度の歯周炎のため抜歯され、 -80°C で凍結保存された歯を用いた。健全歯は、矯正治療のため便宜抜歯された歯および埋伏智歯の診断で抜去され、 -80°C で凍結保存された歯を用いた。

歯周炎罹患歯は、C. E. J. から歯石の付着している最根尖側までの根面を歯周炎に罹患していた範囲と考え、この範囲の根面から、縦横 4 mm、厚さ 1 mm の試験片を 140 個作製し、裏面には溝を付与した (図 I-6)。作製した試験片は、生理食塩水で超音波洗浄のみ行なう群 (P C 群) 10 個、ポケット探針型超音波スケーラーでルートプレーニングする群 (P U 群) 120 個、ハンスケーラーでルートプレーニングする群 (P H 群) 10 個に分類した (図 I-7)。

健全歯は、歯根部から残存する歯根膜のみを除去し、同じ大きさの試験片を同様に 80 個作製し、生理食塩水で超音波洗浄のみ行なう群 (I C 群) 10 個、ポケット探針型超音波スケーラーでルートプレーニングする群 (I U 群) 60 個、ハンスケーラーでルートプレーニングする群 (I H 群) 10 個に分類した。

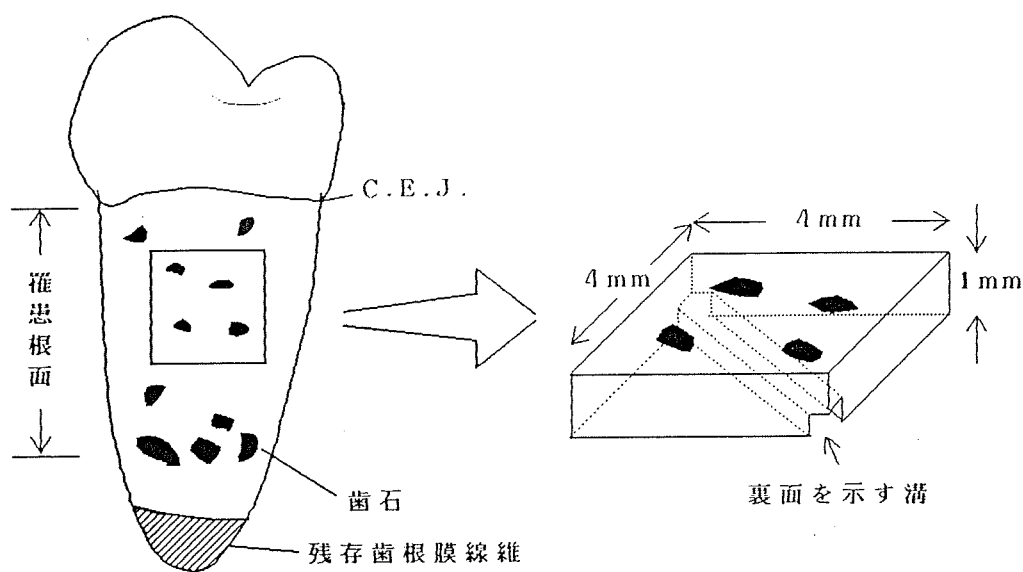


図 I - 6 試験片作製方法

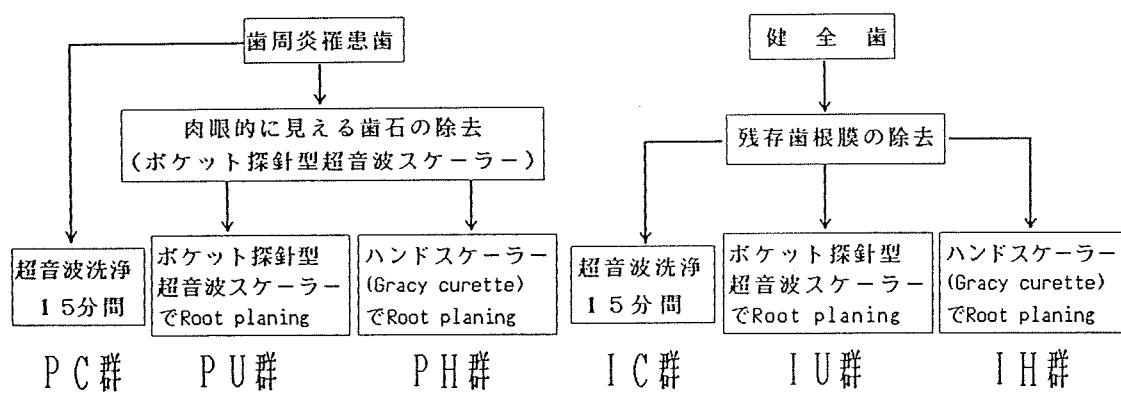


図 I - 7 実験群の分類

2) 各群の処置条件

P C群は生理食塩水で15分間超音波洗浄のみ行なった。P H群とP U群は、まず、ポケット探針型超音波スケーラー (ENAC-3[®]、SC-5[®]、長田電機工業) で肉眼的に見える歯石のみを除去した。さらにP U群では、ポケット探針型超音波スケーラーを用いて、実験 I - 1 と同様の12通りの使用条件で根面全面を30秒間ルートプレーニングした。P H群は実験 I - 1 と同様にハンドスケーラー (Gracey curette 3/4[®]、Hu-Friedy) で30ストロークルートプレーニングした。

I C群は生理食塩水で15分間超音波洗浄のみ行なった。I U群はポケット探針型超音波スケーラーを用いて、P U群と同様にルートプレーニングを行なった。なお、その際の使用条件は、出力が2、5、8の3通り、チップの超音波振動方向が根面に垂直方向の1通り、荷重が20,60gwの2通りの計6通りである。

I H群はP H群と同様にハンドスケーラーでルートプレーニングを行なった。

3) 線維芽細胞の培養方法

線維芽細胞は、矯正治療のため便宜抜歯された、19歳女性の健全な下顎第3大臼歯から、滅菌したメスで根面に付着している歯根膜を採取し、直径35mmのペトリディッシュ (Nunc) に静置、10% Foetal bovine serum (Flow Laboratories)、L-glutamin、抗生物質 (ペニシリン200U/ml+ストレプトマイシン200 μ g/ml) 添加のMinimum Essential Medium[®] (GIBCO:以下MEM) 中で5% CO₂+95% Air下で培養し、10日後歯根膜片からout growthした細胞をprimary cellとして5代継代し、10% Dimethyl Sulfoxide (和光純薬) を添加したMEM中で、実験まで-80℃で凍結保存した。実験にはさらに継代した第7~8代の細胞を使用した。

本実験に使用した細胞の増殖曲線を得るために、上記のMEMで 1×10^5 cell/mlに調製した細胞浮遊液21mlをペトリディッシュ21枚に分注し

7日間培養した。培養液は1日おきに交換し、毎日3枚ずつのペトリディッシュの細胞をトリプシン溶液(GIBCO)で剥離し、細胞数をBurker-Turkの血球計算盤で計測した。

各種ルートプレーニングの終了した試験片各群10個ずつをオートクレーブで滅菌したのち、試験片上で線維芽細胞の培養を行なった。試験片を直径35mmのペトリディッシュに静置したのち、上記MEM中に 1×10^5 cell/mlに調製した細胞浮遊液を2 ml分中し、5%CO₂ + 95%Airで72時間培養した。

4) 付着細胞数の計測方法

培養終了後、試験片を生理食塩水で軽く洗浄し、2.5%グルタルアルデヒドで固定、ギムザ染色して、光学顕微鏡(BH-2[®]、オリンパス)を用いて、試験片上に付着増殖した線維芽細胞数を計測した。

付着細胞数の計測は、試験片上の5カ所を選び、方眼マイクロメーター(8×8mm、一方眼0.8×0.8mm)を接眼レンズに取り付け100倍で検鏡し、マイクロメーターの対角線方向に方眼10カ所の細胞数を計測し、計測した5カ所の平均値をその試験片の付着細胞数とした(図I-8)。

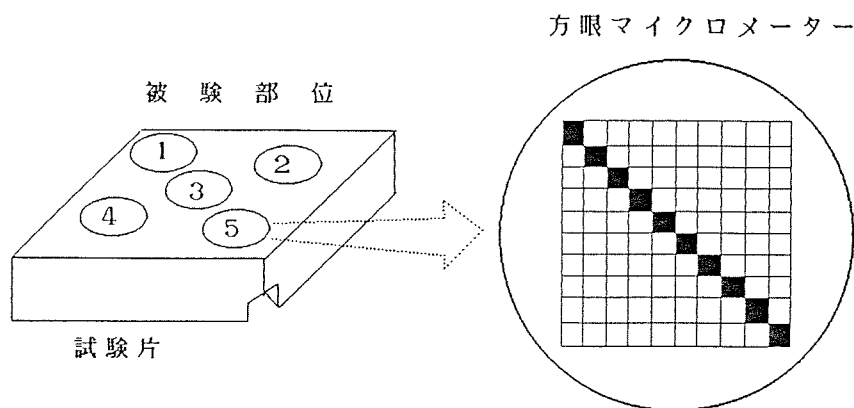


図 I-8 付着細胞数の計測方法
試験片上の5カ所を方眼マイクロメーターの対角線方向に計測、5カ所の平均をその試験片の付着細胞数とした。

【結果】

実験 I-1. 根面削除量と根面粗さへの影響

1) 根面削除量

各実験群の根面削除量を図 I-9 に示した。

根面削除量は、ハンドスケーラーを用いた H 群が $75.4 \pm 32.9 \mu\text{m}$ であったのに対し、超音波スケーラーを用いた U 群は $2.5 \pm 1.7 \sim 21.6 \pm 21.2 \mu\text{m}$ であり、根面削除量はいずれの使用条件でも有意 ($p < 0.01$) に少なかった。

U 群における使用条件による比較では、出力 2、振動方向水平 (H)、荷重 20gW とした場合が $2.5 \pm 1.7 \mu\text{m}$ で最も小さく、出力 8、振動方向垂直 (V)、荷重 60gW の場合が $21.6 \pm 21.2 \mu\text{m}$ で最も大きかった。荷重 60gW の場合は、超音波振動の方向が根面に垂直 (V) と水平 (H) いずれでも、出力を増加させると削除量は増加した。しかし、荷重 20gW の場合は、他の使用条件の影響は少なかった。

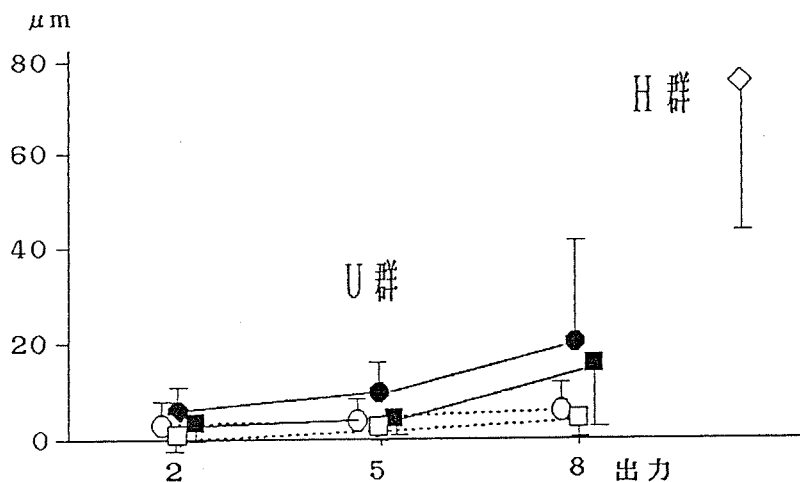


図 I-9 各実験群の根面削除量

● : 振動方向垂直 (V)、荷重 60gW。 ■ : 振動方向水平 (H)、荷重 60gW。
○ : 振動方向垂直 (V)、荷重 20gW。 □ : 振動方向水平 (H)、荷重 20gW。

2) 根面粗さ

中心線平均粗さ(Ra)の計測結果を図 I-10、11に示した。

カットオフ値を2.5mmにした場合のRaは、C群が $0.77 \pm 0.22 \mu\text{m}$ 、H群が $3.12 \pm 0.75 \mu\text{m}$ であり、両群間に有意差($p < 0.01$)がみられた。U群は使用条件により $0.48 \pm 0.25 \mu\text{m}$ から $5.07 \pm 5.03 \mu\text{m}$ と広い範囲に分布していた。U群における使用条件による比較では、出力2、振動方向水平、荷重20gwとした場合は最も小さく、出力を大きくするといずれの条件でも大きくなり、出力8、振動方向垂直、荷重60gwの場合は最も大きかった。

カットオフ値を0.25mmにした場合、2.5mmの場合と同様の傾向がみられたが、C群とH群間に有意差($p > 0.05$)はなかった。

SEM観察の結果(図 I-12-A~F)、C群は滑沢だが一部に砥石による傷がみられた。H群は条痕とささくれ状の形態が多くみられた。U群は、砥石による傷も消失したきわめて滑沢な面と、象牙質が剝離したような粗造な面が混在していた。すなわち、Raが小さい値を示した試験片は全面が滑沢だが、Raが大きい値を示す試験片では、滑沢面のなかに粗造な部分が観察され、Raの値が大きくなるにしたがって、粗造面が多くなる傾向がみられた。

3) 根面削除量と中心線平均粗さ(Ra)の関係

U群の根面削除量とRaの相関性(Spearman順位相関)を調べた結果、カットオフ値2.5mmの場合は $R=0.94$ 、カットオフ値0.25mmの場合は $R=0.88$ であり、いずれも強い正の相関が認められ、根面削除量が大きくなると表面粗さも大きくなることが示された。

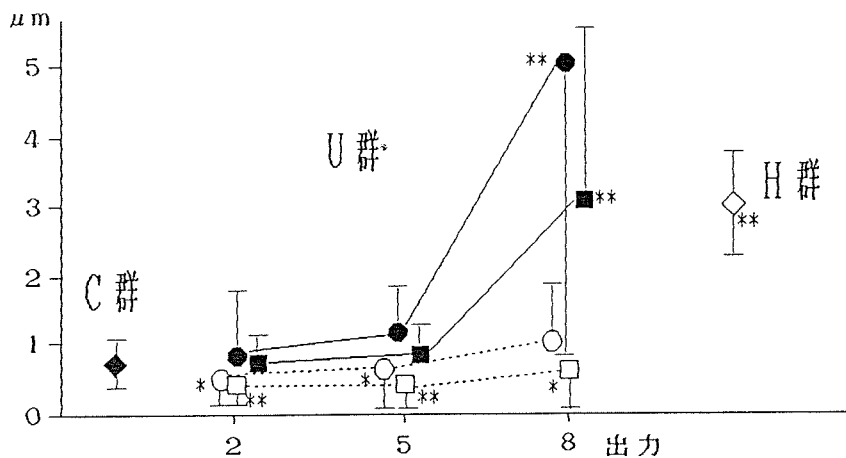


図 I-10 各実験群の中心線平均粗さ (カットオフ値=2.5mm)

● : 振動方向垂直(V)、荷重60g₀ ■ : 振動方向水平(H)、荷重60g₀
 ○ : 振動方向垂直(V)、荷重20g₀ □ : 振動方向水平(H)、荷重20g₀
 **: p<0.01、* : p<0.05 (C 群との有意差あり、Mann-Whitney検定)

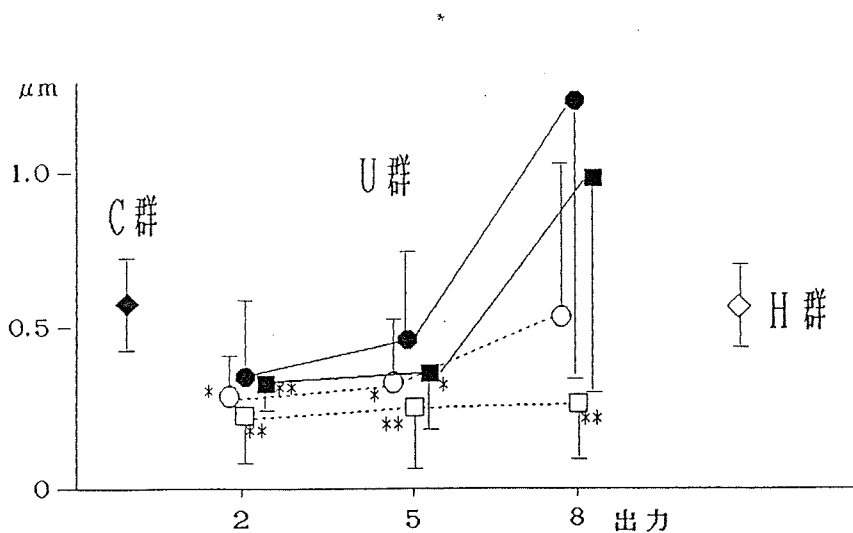


図 I-11 各実験群の中心線平均粗さ (カットオフ値=0.25mm)

● : 振動方向垂直(V)、荷重60g₀ ■ : 振動方向水平(H)、荷重60g₀
 ○ : 振動方向垂直(V)、荷重20g₀ □ : 振動方向水平(H)、荷重20g₀
 **: p<0.01、* : p<0.05 (C 群との有意差あり、Mann-Whitney検定)

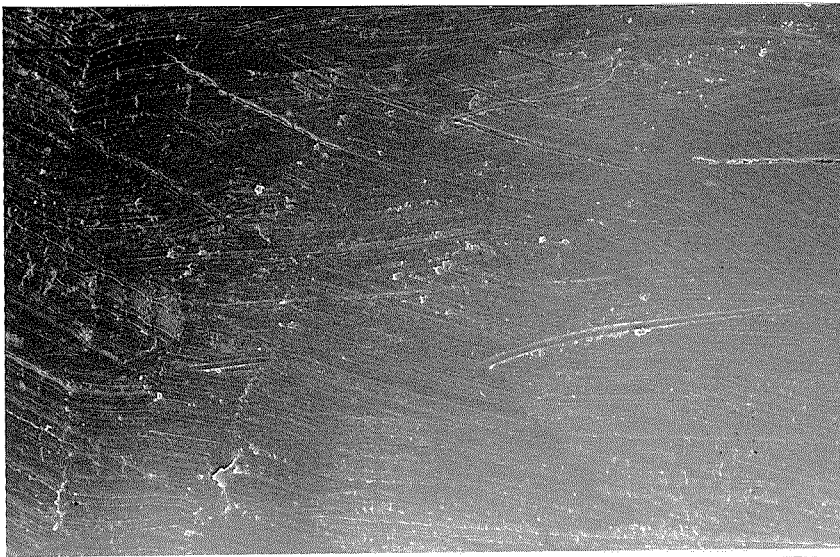


図 I-12-A
C 群の S E M 像 (×100)
滑沢だが、砥石による
傷がみられる。

100 μ m

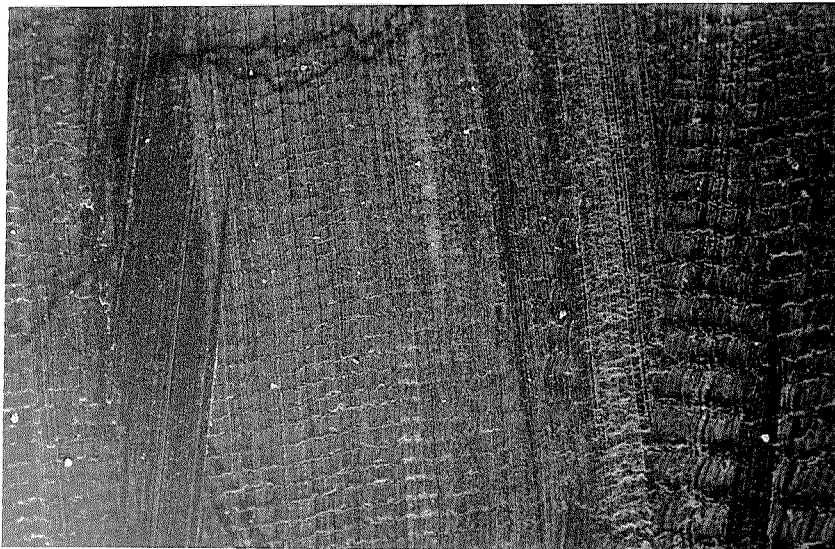


図 I-12-B
H 群の S E M 像 (×100)

100 μ m

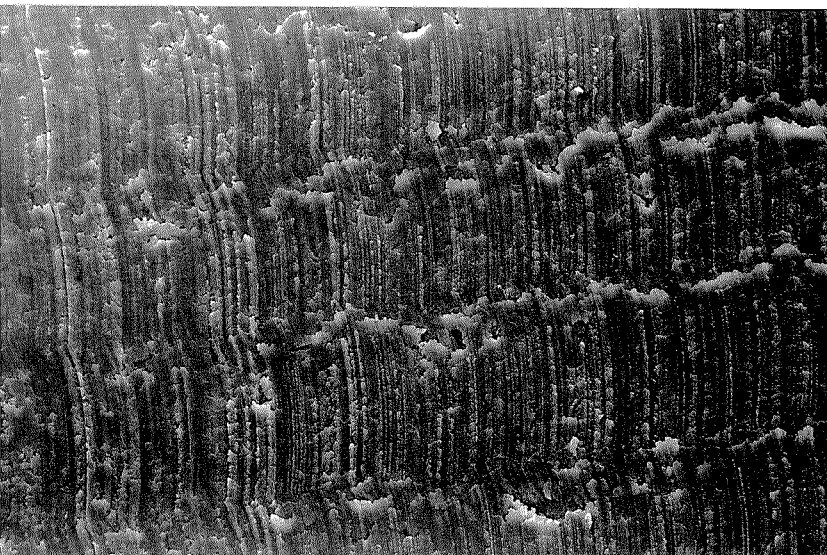


図 I-12-C
H 群の S E M 像 (×1000)
ハンスケーラーによる
条痕とささくれ状の形態
が多数みられる。

10 μ m

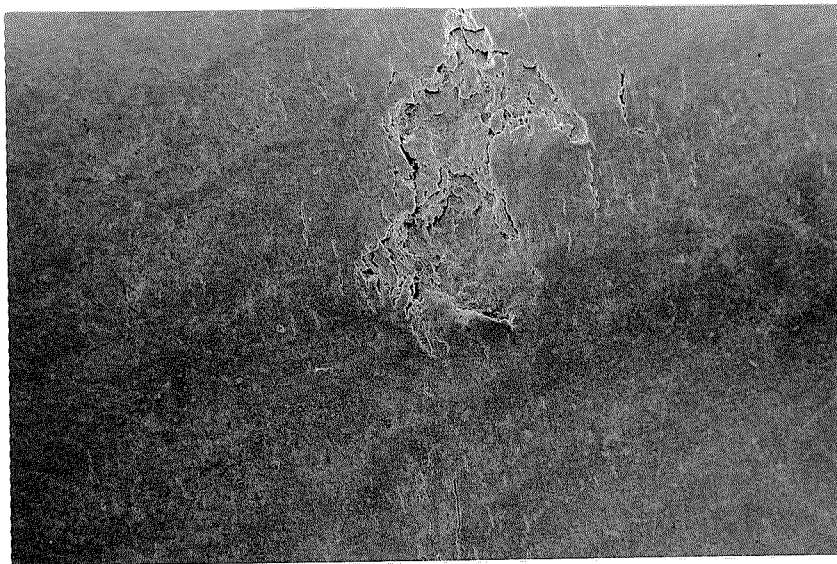


図 I-12-D

U群（出力5, 振動方向垂直(V)、荷重60gw）のSEM像（×100）
表面の大部分は滑沢だが、一部粗造面がみられる。

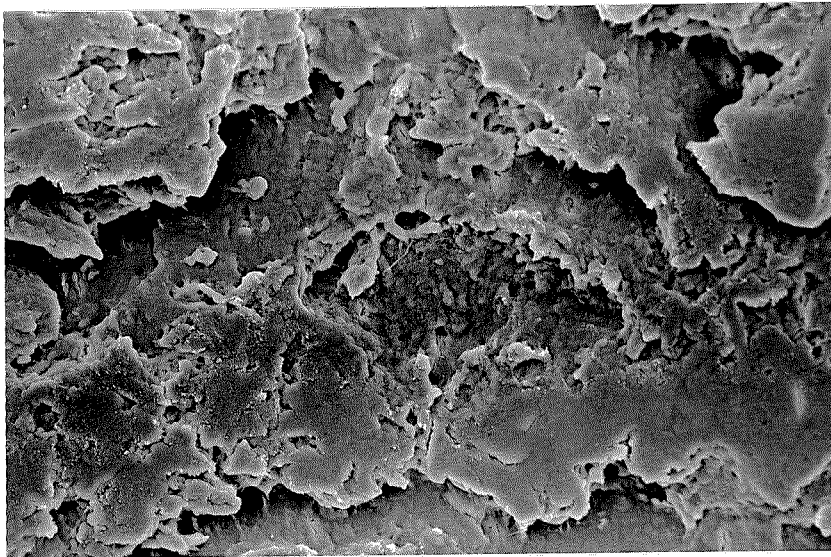


図 I-12-E

同部粗造面のSEM像（×1000）
象牙質が剥離したような像を呈している。

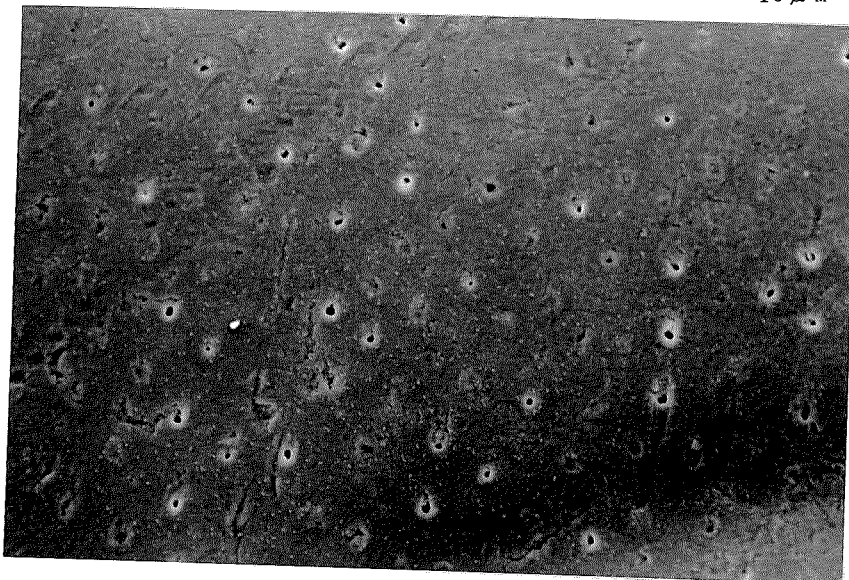


図 I-12-F

同部滑沢面のSEM像（×1000）
表面は滑沢で砥石による条痕も消失している。

実験 I - 2. 培養線維芽細胞の付着に及ぼす影響

本実験で使用した線維芽細胞の増殖曲線を図 I - 13 に示した。線維芽細胞は 1 日目から 3 日目まではほぼ一定した増殖を示したので、増殖が一定でかつ confluence に達する前の時期である、培養 72 時間後の根面上に付着増殖した細胞数を計測することとした。

各群の付着細胞数を図 I - 14 に、各群の細胞付着状態を図 I - 15-A ~ F に示した。

P C 群は根面には多くの歯石の残存が認められ、根面に付着した細胞はきわめて少なく、 2.1 ± 0.8 個であった。P H 群は付着細胞数は多く、 27.0 ± 3.1 個で、I C 群と有意差 ($p > 0.05$) はなかった。P U 群は 5.0 ± 1.9 個から 28.1 ± 5.1 個まで分布し、チップの使用条件により大きな差異がみられた。

P U 群の使用条件による比較では、出力 2、超音波振動方向水平 (H)、荷重 20 gw とした場合、肉眼では観察できなかった歯石の残存が認められ、付着した細胞は 5.0 ± 1.9 個とごくわずかであった。一方、出力 5、超音波振動方向垂直 (V)、荷重 20 gw の場合は、付着細胞数は 17.8 ± 6.8 個とやや増加し、P C 群と有意差 ($p < 0.01$) がみられた。しかし、I C 群に比べると付着細胞数は有意 ($p < 0.01$) に少なかった。さらに、出力 8、超音波振動方向垂直 (V)、荷重 60 gw の場合、付着細胞数は 28.1 ± 5.1 個とさらに増加し、P H 群や I C 群と有意差 ($p > 0.05$) がなかった。

健全歯の歯根膜を除去した I C 群は、 28.0 ± 2.7 個と、根面に多くの線維芽細胞付着がみられた。I H 群、I U 群のいずれの使用条件においても、付着細胞数は 27.4 ± 4.2 個から 29.3 ± 3.6 個の範囲であり、I C 群、I H 群、I U 群間には有意差 ($p > 0.05$) がなかった。

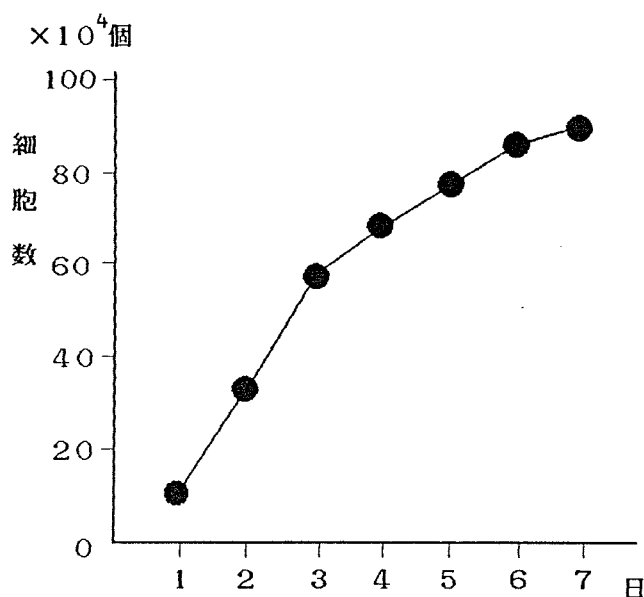


図 I-13 ヒト歯根膜由来培養線維芽細胞の増殖度

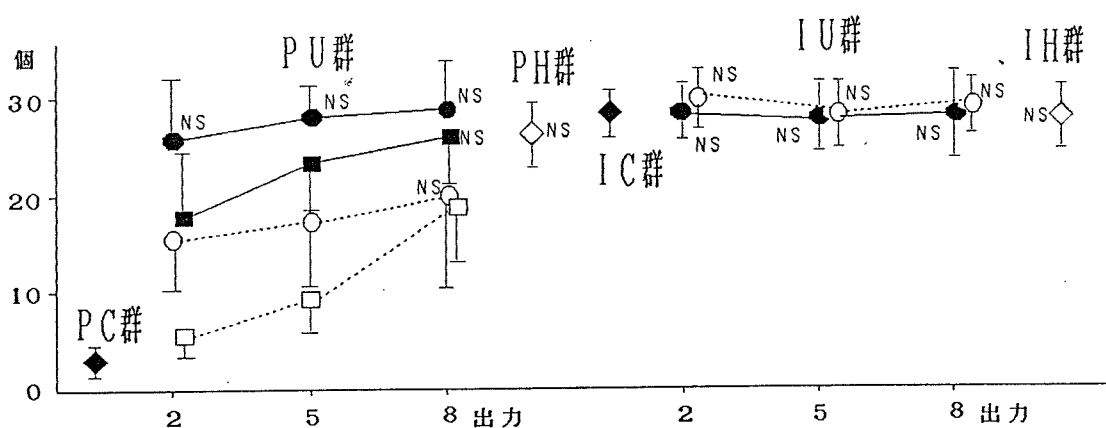


図 I-14 各実験群の付着細胞数

● : 振動方向垂直(V)、荷重60gw。 ■ : 振動方向水平(H)、荷重60gw。
 ○ : 振動方向垂直(V)、荷重20gw。 □ : 振動方向水平(H)、荷重20gw。
 NS : I C群との有意差なし (Mann-Whitney検定、 $p > 0.05$)

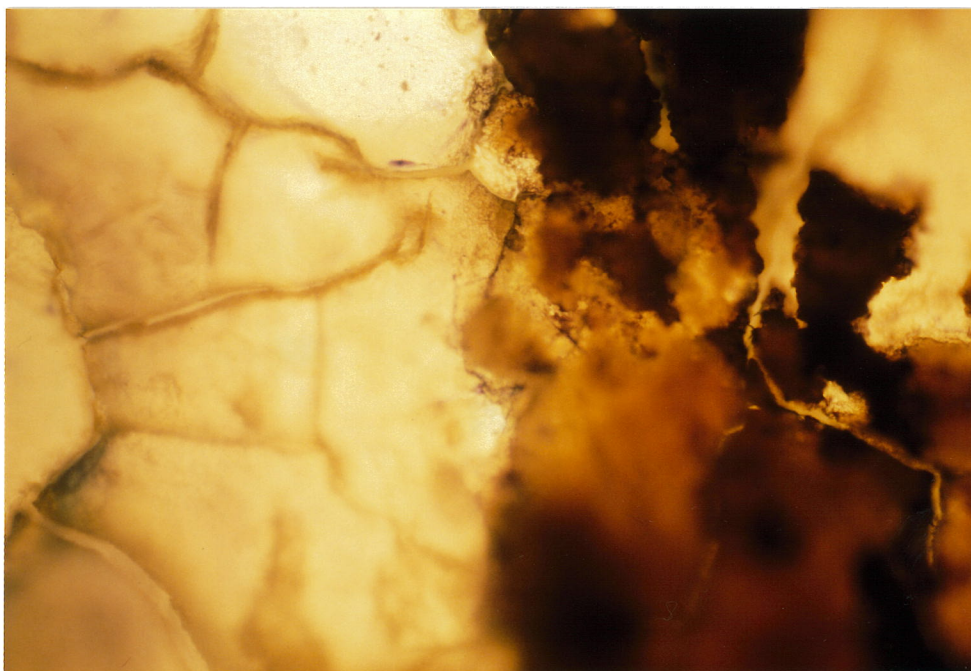


図 I-15-A PC群の細胞付着状態
根面には歯石が残存し、付着した細胞はきわめて少ない。

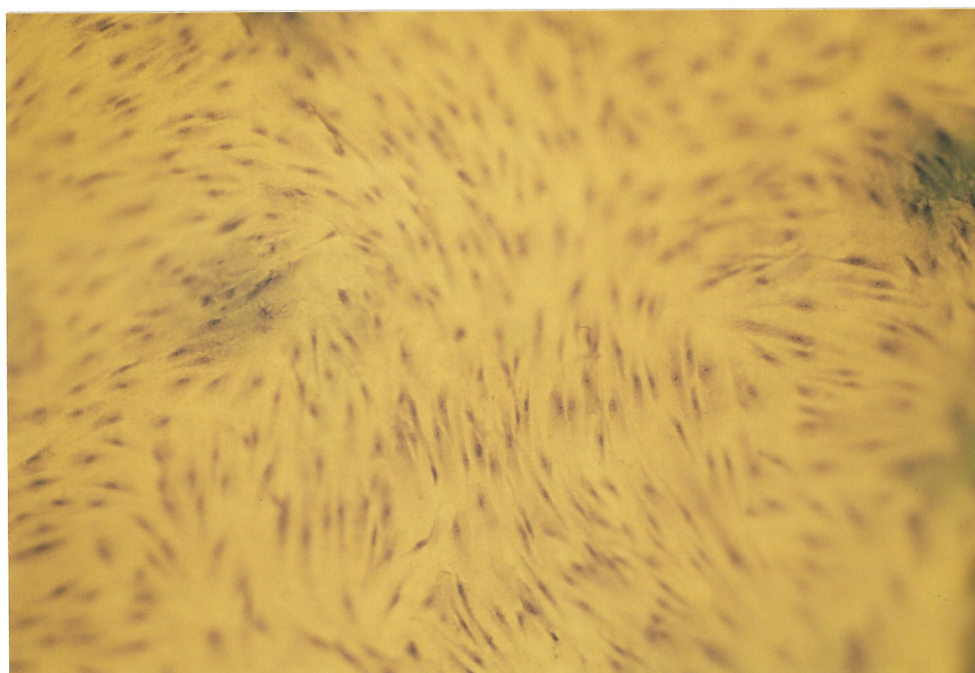


図 I-15-B PH群の細胞付着状態
付着細胞数は多く、IC群と同程度である。

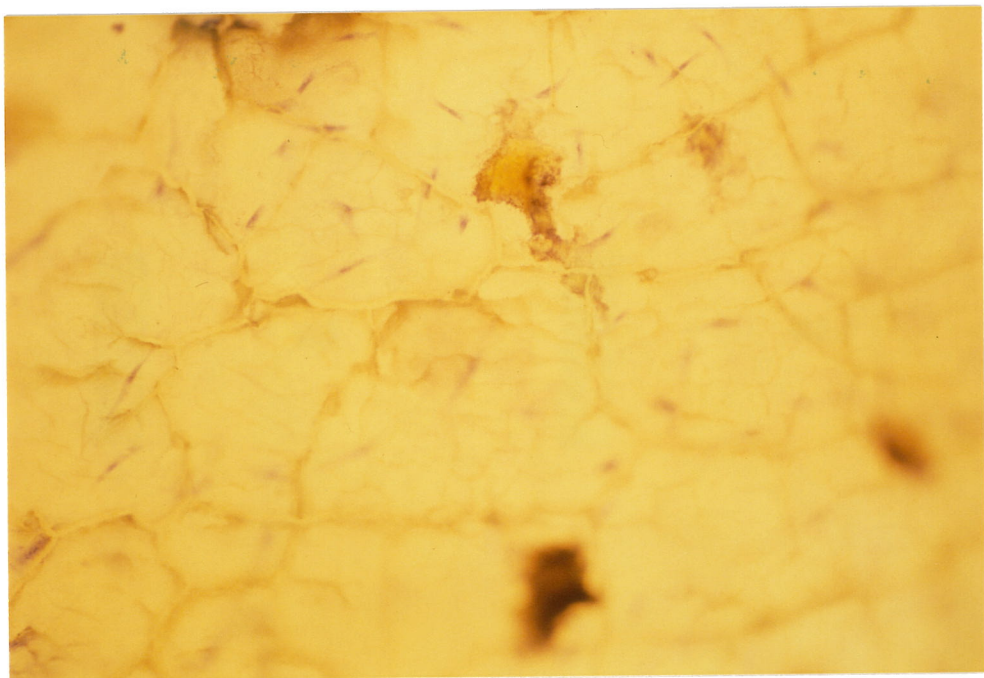


図 I-15-C PU群（出力2, 振動方向水平(H), 荷重20gw）の細胞付着状態
肉眼では観察できなかった歯石の残存があり、付着した細胞はごくわずかである。



図 I-15-D PU群（出力5, 振動方向垂直(V), 荷重20gw）の細胞付着状態
付着細胞数はやや増加したが、IC群に比べると少ない。



図 I-15-E PU 群（出力 8, 振動方向垂直(V), 荷重 60gw）の細胞付着状態
付着細胞数は多く、IC 群と同程度である。

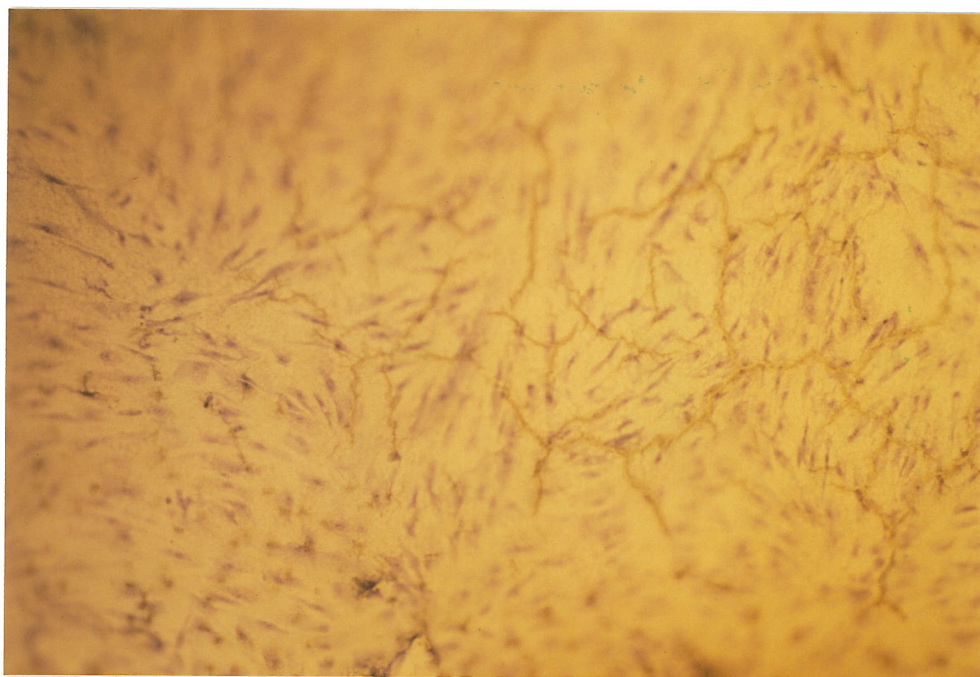


図 I-16-F IC 群の細胞付着状態
付着細胞は多く、IH 群、IU 群も同様である。

【考察】

1) 根面削除量と根面粗さについて

本実験では、超音波スケーラーの使用条件として、本体の出力、チップの超音波振動方向と根面との角度、チップを根面に押し当てる荷重の3つの要因を検討した。出力は、ENAC[®]本体の出力目盛り2、5、8の3段階を選んだ。すでに、本装置を用いた場合、歯石除去にどの程度の出力が必要であるかを抜去歯を用いて検討する実験をしており¹⁰⁾、出力1で71.0%、2で84.5%であったことから、出力1では取り残しが多すぎると考え、最小出力は2とした。一方、出力10では除去率は100%であったが、振動が強く患者の不快感が強いことと、長時間使用するとチップが破折する危険性が高いこと、出力8でも除去率99.5%であったことから、最高出力は8とした。

超音波スケーラーのチップ先端部はハンドピースとほぼ平行の方向に直線運動をしており、口腔内でのハンドピースの挿入方向は被験歯の位置あるいは被験歯面により方向が制約されるため、根面に対するチップの振動方向は臨床において様々に変化する。そこで、本実験では代表として、チップの超音波振動方向が根面に対して垂直方向、すなわちチップ先端が根面を叩く場合と、根面に対して水平方向すなわちチップ先端が根面を擦る場合の2つを選んだ。

チップを根面に押し当てる荷重は、歯周病学を専攻する医局員24名を被験者として、本実験で使用した荷重測定装置を用いて、実際に日常臨床でどの程度の荷重を加えているかを計測した結果、24名中23名が18gw～63gwの範囲内で使用していたことから、本実験では20gwと60gwの2つの荷重を選んだ。

ルートプレーニングを行なう時間は、本チップの使用に慣れた医局員2名が4×12mmの範囲を確実にルートプレーニングするのに要する時間を計測した結果、約90秒であったことから90秒とした。

一方、ハンドスケーラーの使用時の荷重は、Björnら²⁰⁾は500gw前後が最も頻

度が高いとし、田治米³³⁾は、経験の少ない術者で200~650gw、経験の豊富な術者で550gw~950gwと報告していることから、本実験では600gwとした。なお、ストローク数は徹底的にルートプレーニングを行なった場合を想定して30ストロークとした。

実験 I-1 の結果、根面削除量は、ポケット探針型チップを使用したU群では、ハンスケーラーを使用したH群に比較して、いずれの使用条件でも有意に少なく、根面を大量に削除したい場合にはハンスケーラーの方が有利と考えられた。しかし、1982年以後、歯周ポケット内に露出した根面のセメント質は、表層20 μ m程度を削除することにより、細胞付着に為害性のない状態を得ることが可能であるという報告²⁵⁻²⁹⁾が多く、ポケット探針型チップだけでも為害性物質を十分除去できる可能性があると考えられる。一方、U群中の使用条件による比較では、削除量は使用条件により8倍の差がみられ、日常臨床では使用条件を十分に考慮して用いる必要があると考えられる。

根面粗さは表面粗さ計を用いて、カットオフ値を2.5mmと0.25mmの2条件で計測を行なった。これは、ハンスケーラーを用いたH群は細かい条痕が多くつくが、超音波スケーラーを用いたU群は比較的大きいうねりが現われると予想したためである。すなわち、中心線平均粗さ(Ra)の計測結果だけでは、細かい傷が多く付いてる場合と比較的大きなうねりがある場合とで近接した計測結果になることもあり得るため、Raの計測結果だけでは誤った評価を下す危険性がある。カットオフ値を大小2段階でRaを計測し、その差を見ることにより表面の粗さだけでなく、形状をある程度定量的に評価することが可能ではないかと考えたためである。その結果、カットオフ値2.5mmのRaと0.25mmのRaを比較すると、H群ではカットオフ値を小さくすることによりC群と有意差のない値になったことから、H群では細かい傷と大きなうねりが共存するものと考えられる。一方、U群はカットオフ値を小さくした場合には12通りの使用条件のうち10通

りの条件でC群より小さい値を示すようになったことから、ポケット探針型チップを使用した場合は大きなうねりを生じやすく、細かい傷は付きにくいと推察される。

S E Mによる観察所見では、H群は条痕が多かったのに対し、U群の中でRaの小さい値を示した試料は、砥石による傷も消失しており滑沢であった。これは、ハンドスケーラーより有利な根面形状と考えられる。しかし、U群の中でもRaが大きい値を示した試料は、象牙質が剝離されたような像を呈するものが多く、このような部分にプラークが再形成されると、プラーク除去に根面を多量に削除する必要があると思われる、このような使用条件は避けるべきだと考えられる。

2) 培養線維芽細胞の付着について

試験片はプラークにより汚染された根面である必要があるので、歯周炎により抜去された歯のC. E. J. から付着している歯石の最根尖側までの根面から作製した。

超音波スケーラーの使用条件は実験 I - 1 と同じ条件としたが、ルートプレーニング時間は試験片の表面積が1/3のため、30秒とした。

試験片への細胞付着に影響を及ぼす因子は、罹患根面の為害性物質の除去程度と歯根表面の形状とが考えられる。表面形状の影響に関しては、粗造な表面には線維芽細胞は付着しにくいとする報告³⁸⁾と、影響しないという報告³⁹⁾がある。しかし、これらの実験はガラス面上で行なわれたもの³⁸⁾や、人工的にサンドペーパー等で表面粗さを付与したもの³⁹⁾であり、根面をルートプレーニングした結果生じた表面形状を評価してはいない。そこで、コントロールとして健全歯を用い、endotoxinなどの為害性物質がない状態で、歯根表面の形状の影響を検討した。ポケット探針型超音波スケーラーチップの使用条件は、実験 I - 1

の結果、根面に対するチップの超音波振動方向が垂直の場合に表面粗さに差がでやすかったことから、振動方向は垂直の場合のみとし、他は実験Ⅰ-1と同じ条件の計6通りとした。その結果、健全歯を被験歯とした場合は、歯根膜を除去したのみのIC群、ハンドスケーラーを用いたIH群、超音波スケーラーを用いたIU群のいずれも、付着細胞数に有意差が認められず、表面形状は細胞の付着増殖に影響しないものと考えられた。

罹患根面をポケット探針型超音波スケーラーチップでルートプレーニングしたPU群では、使用条件により、負のコントロールとして用いた罹患根面無処置のPC群と同レベルの少ない付着細胞数から、健全歯と同程度の付着細胞数の多いレベルまで広い範囲に分散していた。すなわち、適切な使用条件、例えば出力5、チップの振動方向垂直、荷重60gwでは、ハンドスケーラーで徹底的にルートプレーニングした場合や健全歯と同程度の細胞付着可能な根面性状にすることが可能であった。

実験Ⅰ-1、2の結果を総合して臨床応用時の使用条件を考えると、ポケット探針型チップは使用条件により根面の性状が大きく変化する。本体の出力を上げ、チップの超音波振動方向を根面に垂直方向、チップを根面に押し当てる荷重を大きくすると、削除量は大きくなり、為害性物質も除去されるが、同時に歯根表面は粗造になってくる。また、出力を下げ、チップの振動方向を根面に水平方向、荷重を小さくすると、根面は滑沢になるが、為害性物質の除去は不確実になってくる。

したがって、臨床におけるポケット探針型超音波スケーラーの適切な使用法は、根面に大量のプラークや歯石が沈着している初期治療時には、出力を上げ、チップの超音波振動方向を根面に垂直方向にし、荷重を比較的大きくすることによって、能率的に歯石・プラーク・為害性物質を除去する。次に出力を下げ、チップの振動方向を根面に水平方向にし、荷重を軽圧にすることにより、滑沢

な根面に仕上げるのが良いと考えられる。

根面の汚染が比較的軽度であるリコール・メンテナンス時には、罹患セメント質表面の為害性物質はほとんど考慮する必要がない^{40, 41)}ので、再形成したプラークと歯石のみを除去するにとどめ、根面の削除は少なく、滑沢化を心がけた使用法が望ましいと考えられる。したがって、チップの超音波振動方向を根面に水平、しかも軽圧で用いる。さらに、除去しづらい歯石がある場合は、その部分のみ荷重を大きくしチップの超音波振動方向を根面に垂直方向にするが良いと考えられる。

一方、罹患根面に歯周組織を再付着させることを目的とした歯周外科時には、根面の粗さは再付着を阻害しない^{42, 43)}ので、セメント質に侵入した為害性物質を確実に除去することを心がけ、根面の削除量を多くする方が安全である。したがって、出力を上げ、振動方向を根面に垂直、荷重を大きくする使用法が良いと思われる。

実験 II

非外科的歯周治療に用いた場合の臨床効果の検討

【目的】

ポケット探針型超音波スケーラーチップが、無麻酔でも深いポケット底部までスケーリングしやすく¹³⁾、1ヶ月間の臨床観察では歯周炎の改善効果も高いこと¹²⁾、さらに、実験 I の結果、適切な使用法を用いればハンスケーラーに劣らない根面の滑沢性と為害性物質除去効果が得られたことから、非外科的歯周治療に応用可能と考えられた。そこで、実験 II は本装置を非外科的歯周治療に用いた場合の臨床効果を明確にする目的で行なった。

【材料・方法】

1. 被験者および被験歯面

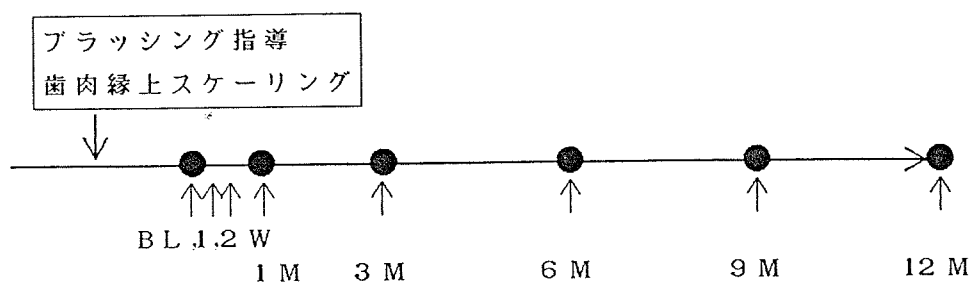
被験者には北海道大学歯学部保存科に来院した患者から、全身疾患がなく、成人型歯周炎と診断された15名（男性8名、女性7名、年齢37～69歳、 53.7 ± 9.1 歳）を選び、歯肉縁下スケーリングの既往のない前歯・小臼歯167歯の668歯面を被験歯面とした。

2. 実験方法および臨床診査項目

1) 実験方法

実験方法の概略を図Ⅱ-1に示した。実験を開始する前に口腔清掃指導と歯肉縁上スケーリングを行い、患者が口腔清掃状態を良好なレベルに維持できるようにした。

実験開始日をbaseline（以下BLと略す）とし、次に述べる臨床診査を行なった後、ポケット探針型超音波スケーラーチップを用いて、無麻酔下で歯肉縁下のスケーリング・ルートプレーニングを行なった。その後1、2週目にはBL時と同じ診査を行い、さらに1、3、6、9、12ヶ月目には臨床診査とともに、メンテナンス処置として同じチップを用いてスケーリング・ルートプレーニングを繰り返し行なった。



図Ⅱ-1 実験概要

- ↑：臨床診査 (Plaque index, Probing depth, Clinical attachment level, Bleeding on probing)
- ：ポケット探針型超音波スケーラーチップによる歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニング

2) 臨床診査

診査項目は以下の5項目、診査部位は各歯面の中央とした。

(1) Plaque index (Pl. I.)

SilnessとLöe(1964)⁴⁴⁾のPlaque indexを用いた。

(2) Probing depth

各患者ごとにレジン製のステントを作製し、これにreference pointを設定して、Borodonticポケット探針® (BORODONTIC) を用いて、25gの一定荷重で測定した。

(3) Clinical attachment level

Probing depth測定に用いたステントの下縁を基準として測定した。

(4) Bleeding on probing

Probing depth測定後、約10秒以内に出血があったものを(+)、なかったものを(-)とした。

3) 被験歯面の分類

被験歯面をBL時のprobing depthを基準として、次の3群に分類し比較検討した。

A群: BL時のprobing depth 3 mm以下 (n=436)、

B群: BL時のprobing depth 4 mm以上 6 mm以下 (n=205)、

C群: BL時のprobing depth 7 mm以上 (n=27)。

さらに第2の分類として、ポケットの深いC群は、X線写真で垂直性骨欠損の有無を観察し、2群に分類し比較した。

C-1群: 垂直性骨欠損(+) (n=20)、

C-2群: 垂直性骨欠損(-) (n=7)。

なおC群の垂直性骨欠損の有無の判定は、臨床経験6年以上の歯科医師2名

がそれぞれ独自に判定を行い、2名とも有と判定した20例をC-1群とし、他の7例をC-2群とした。

さらに第3の分類として、1ヶ月後の臨床診査時のprobing depthを基準として、次の2群に分類し比較検討した。

D群：1ヶ月後のProbing depth 3 mm以下 (n=595)、

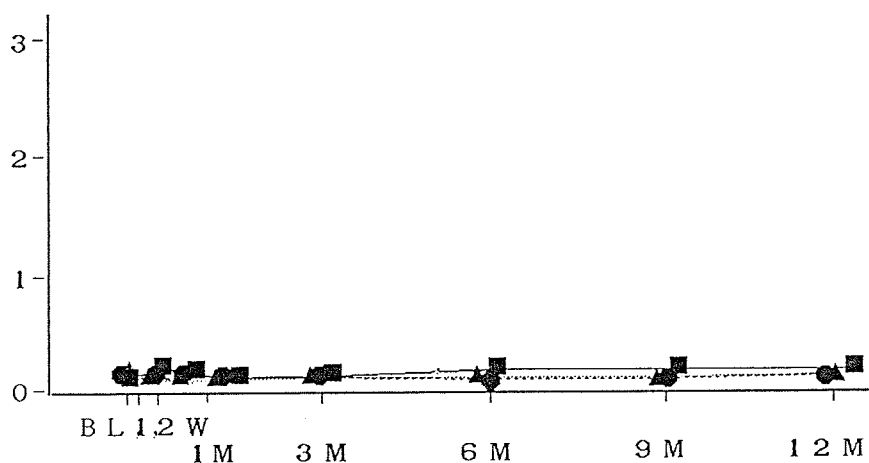
E群：1ヶ月後のProbing depth 4 mm以上 (n=73)。

【結果】

1) BL時のprobing depthを基準とした分類による比較

(1) Plaque index (図Ⅱ-2)

Pl. I. はA、B、C群の3群とも実験期間を通して低い値に維持され、3群間の比較も、診査日による比較でも有意差($p>0.05$)は認められなかった。



図Ⅱ-2 Plaque indexの変化

- : A群 (BL時のprobing depthが3 mm以下)
- ▲ : B群 (BL時のprobing depthが4 ~ 6 mm)
- : C群 (BL時のprobing depthが7 mm以上)

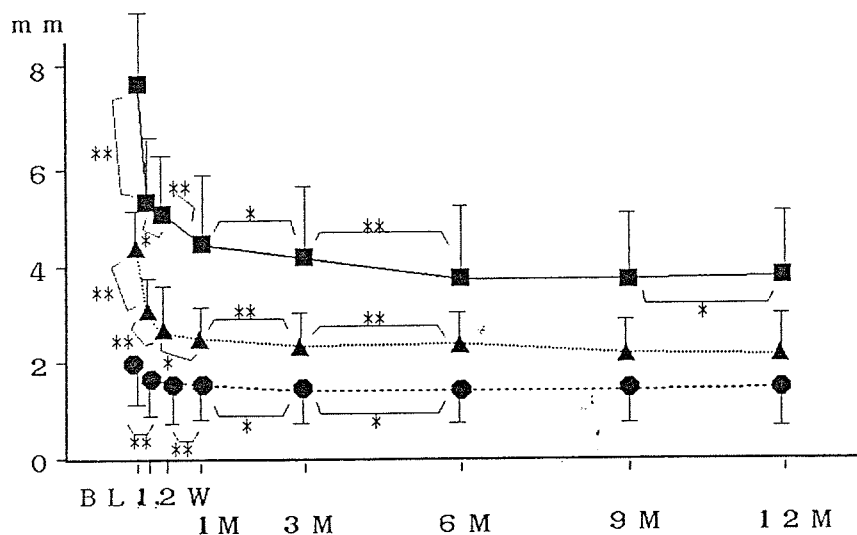
(2) Probing depth (図Ⅱ-3)

A 群はBL時平均2.06mmであったが、1 週後には1.79mm、12ヶ月後には1.63mmになり、有意な改善($p<0.01$)が認められた。

B 群はBL時4.58mmあったが、1 週後には3.01mm、12ヶ月後には2.40mmになり、有意($p<0.01$)な改善が認められた。

C 群はBL時7.66mmあったが、1 週後には5.37mm、12ヶ月後には4.11mmになり、有意($p<0.01$)な改善が認められた。

なお、BL時Probing depthが4mm以上の部位は668部位中232部位あったが、12ヶ月後には25部位に改善した。



図Ⅱ-3 Probing depthの変化

● : A 群 (BL時のprobing depthが3 mm以下)

▲ : B 群 (BL時のprobing depthが4 ~ 6 mm)

■ : C 群 (BL時のprobing depthが7 mm以上)

** : $p<0.01$ 、* : $p<0.05$ (診査日間の比較、Wilcoxon検定)

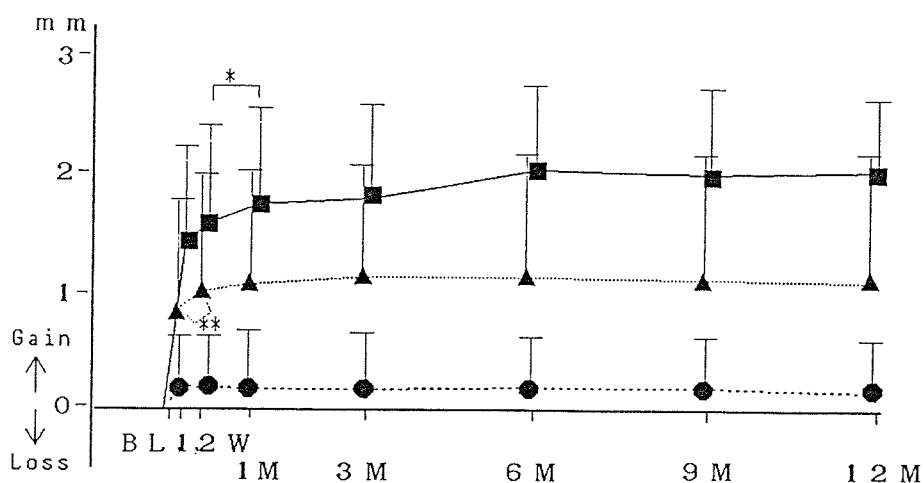
(3) Clinical attachment level (図Ⅱ-4)

A 群は 1 週後に 0.10mm の gain が認められたが、その後は 12 ヶ月まで有意 ($p>0.05$) な変化はなかった。

B 群は 1 週後に 0.88mm の gain を示し、2 週後まで有意 ($p<0.01$) な gain が続いたが、その後は有意 ($p>0.05$) な変化はなかった。

C 群は 1 週後に 1.37mm の gain を示し、1 ヶ月後まで有意 ($p<0.05$) な gain が続いたが、その後は有意 ($p>0.05$) な変化はなかった。

なお、実験期間中に 3mm 以上の probing attachment loss を示したのは、A 群の 2 部位だけであった。このうち 1 部位は 1 週目に 3mm の loss を記録し、もう 1 部位は 6 ヶ月目から 9 ヶ月目にかけて 3mm の loss を記録した。2 例とも BL 時と 12 ヶ月後の比較では loss は認められなかった。一方、3mm 以上の gain を示した部位は 668 部位中 17 部位であった。



図Ⅱ-4 Clinical attachment level の変化

● : A 群 (BL 時の probing depth が 3 mm 以下)

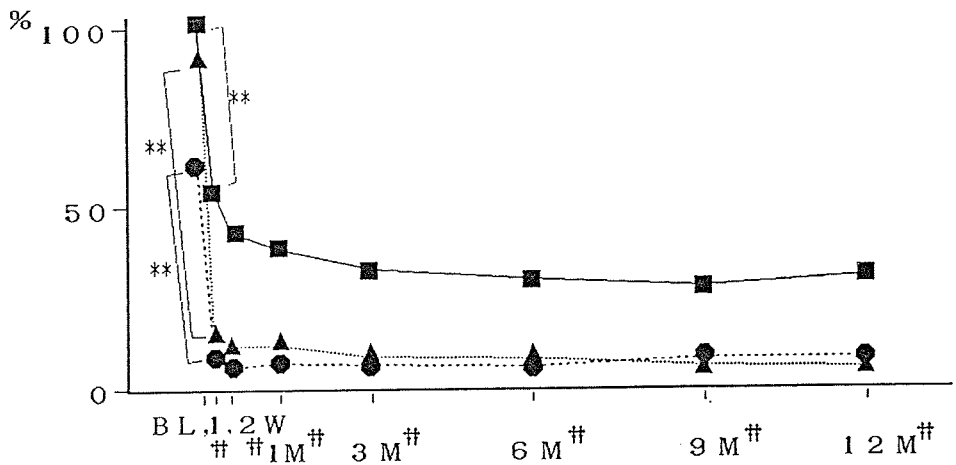
▲ : B 群 (BL 時の probing depth が 4 ~ 6 mm)

■ : C 群 (BL 時の probing depth が 7 mm 以上)

** : $p<0.01$ 、* : $p<0.05$ (診査日間の比較、Wilcoxon 検定)

(4) Bleeding on probing (図Ⅱ-5)

A 群はBL時57.8%の部位で(+)だったが、1 週後には10.6%になった。B 群はBL時90.7%が1 週後に17.1%に、C 群はBL時96.3%が1 週後に55.6%に改善した。3 群ともBLと1 週目との間に有意差($p<0.01$)が認められたが、その後は有意($p>0.05$)な変化はなかった。



図Ⅱ-5 Bleeding on probingの変化

- : A 群 (BL時のprobing depthが3 mm以下)
- ▲ : B 群 (BL時のprobing depthが4 ~ 6 mm)
- : C 群 (BL時のprobing depthが7 mm以上)
- ** : $p<0.01$ (診査日間の比較、 χ^2 検定)
- †† : $p<0.01$ (B 群とC 群の比較、 χ^2 検定)

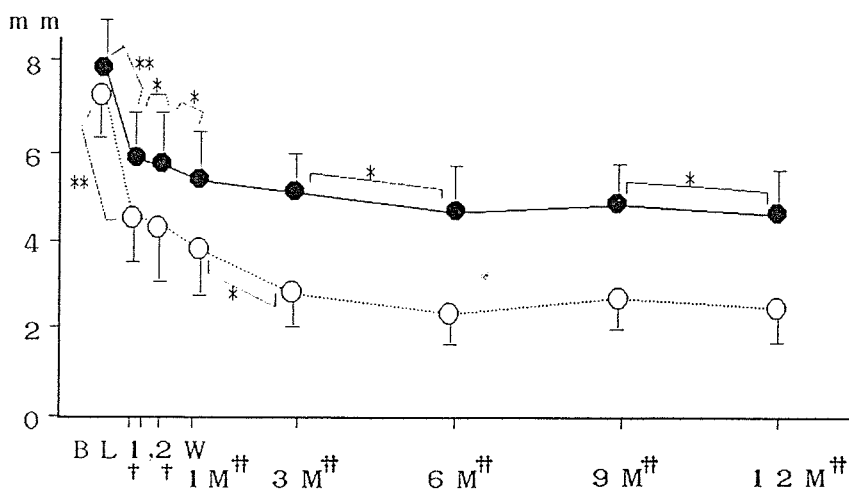
2) C群の垂直性骨欠損の有無を基準とした分類による比較

(1) Plaque index

実験期間中、C-1群は0~0.14、C-2群は0.1~0.25と低い値に維持され、実験期間中、両群間の比較でも、診査日による比較でも有意差($p>0.05$)は認められなかった。

(2) Probing depth (図Ⅱ-6)

BL時には、C-1群は 7.85 ± 0.96 mm、C-2群は 7.14 ± 0.35 mmで、両群間に有意差($p>0.05$)は認められなかった。1週間後には、C-1群が 5.7 ± 0.90 mm、C-2群が 4.43 ± 0.90 mmでC-1群の方が有意($p<0.05$)に浅くなった。その後12ヶ月までC-2群の方がC-1群より有意($p<0.05$)に浅かった。



図Ⅱ-6 垂直性骨欠損の有無によるC群のprobing depthの比較

● : C-1 群 (垂直性骨欠損あり)

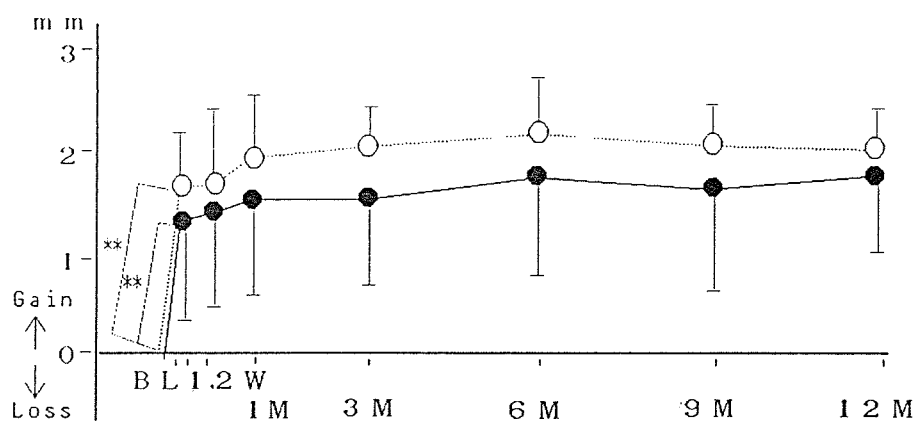
○ : C-2 群 (垂直性骨欠損なし)

** : $p<0.01$ 、* : $p<0.05$ (診査日間の比較、Wilcoxon検定)

†† : $p<0.01$ 、† : $p<0.05$ (両群間の比較、Mann-Whitney検定)

(3) Clinical attachment level (図Ⅱ-7)

1 週間後にはC-1群は $1.25 \pm 0.89\text{mm}$ 、C-2群は $1.71 \pm 0.45\text{mm}$ 、12ヶ月後にはC-1群が $1.85 \pm 0.65\text{mm}$ 、C-2群が $2.14 \pm 0.35\text{mm}$ のgainを示し、実験期間中を通して両群間に有意差($p > 0.05$)は認められなかった。



図Ⅱ-7 垂直性骨欠損の有無によるC群のclinical attachment levelの比較

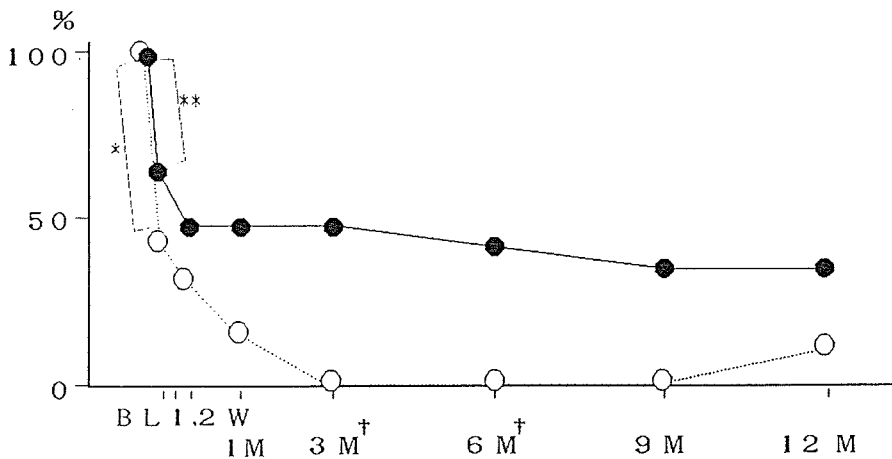
● : C-1 群 (垂直性骨欠損あり)

○ : C-2 群 (垂直性骨欠損なし)

** : 有意差あり, $p < 0.01$ 、* : $p < 0.05$ (診査日間の比較、Wilcoxon検定)

(4) Bleeding on probing (図Ⅱ-8)

BL時には、C-1群は95%、C-2群は100%の部位に出血が認められ、1週間後にはC-1群は60%、C-2群は42.9%に改善した。その後両群ともわずかに改善傾向が続き、12ヶ月後にはC-1群は35%、C-2群は14.3%に改善した。3ヶ月目と6ヶ月目は、C-1群の方がC-2群に比べて有意に($p<0.05$)出血する比率は小さかったが、他の診査日はすべて有意差が認められなかった。

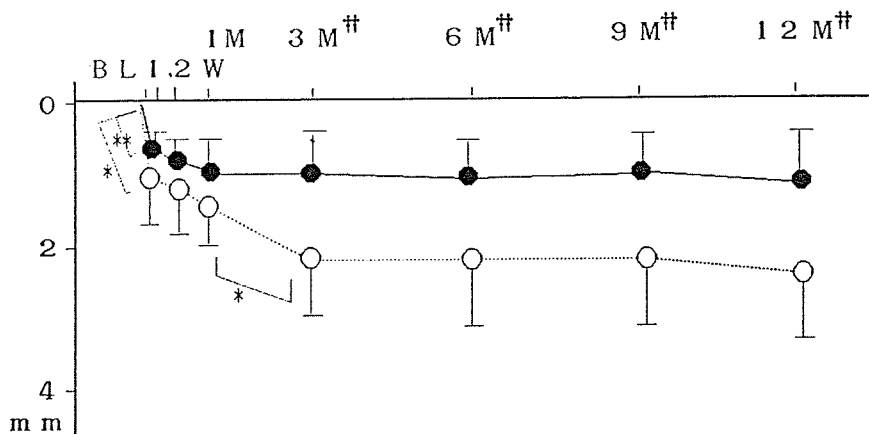


図Ⅱ-8 垂直性骨欠損の有無によるC群のbleeding on probingの比較

- : C-1 群 (垂直性骨欠損あり)
- : C-2 群 (垂直性骨欠損なし)
- ** : $p<0.01$ (診査日間の比較、 χ^2 検定)
- † : $p<0.05$ (両群間の比較、 χ^2 検定)

(5)Gingival recession (図Ⅱ-9)

Probing depthとclinical attachment levelからgingival recessionを求めて、C-1群とC-2群を比較した結果、1ヶ月目までは両群間に有意差($p>0.05$)がなかったが、3ヶ月目以後はC-1群の方がC-2群より有意($p<0.01$)に少なかった。



図Ⅱ-9 垂直性骨欠損の有無によるC群のgingival recessionの比較

● : C-1 群 (垂直性骨欠損あり)

○ : C-2 群 (垂直性骨欠損なし)

** : $p<0.01$ 、* : $p<0.05$ (診査日間の比較、Wilcoxon検定)

†† : $p<0.01$ (両群間の比較、Mann-Whitney検定)

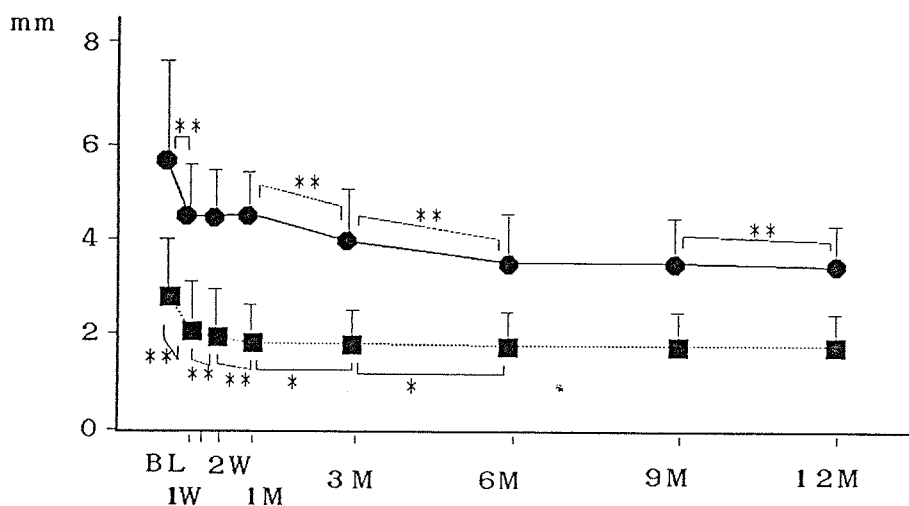
3) 1ヶ月後のprobing depthを基準とした分類による比較

(1) Plaque index

実験期間中、D群は0.08~0.16、E群は0.15~0.23と低い値に維持され、2週目のみE群が有意($p < 0.05$)に低く、他の診査日は有意差($p > 0.05$)がなかった。

(2) Probing depth (図Ⅱ-10)

D群は、BL時2.74mm、1週後2.04mmに改善し、その後は大きな変化がなかったが、統計的には6ヶ月目までは有意($p < 0.05$)な改善が続いた。E群はBL時5.66mm、1週後4.47mmに改善し、その後も改善が認められ12か月後には3.36mmであった。



図Ⅱ-10 Probing depthの変化

■ : D群 (1ヶ月後のprobing depthが3 mm以下)

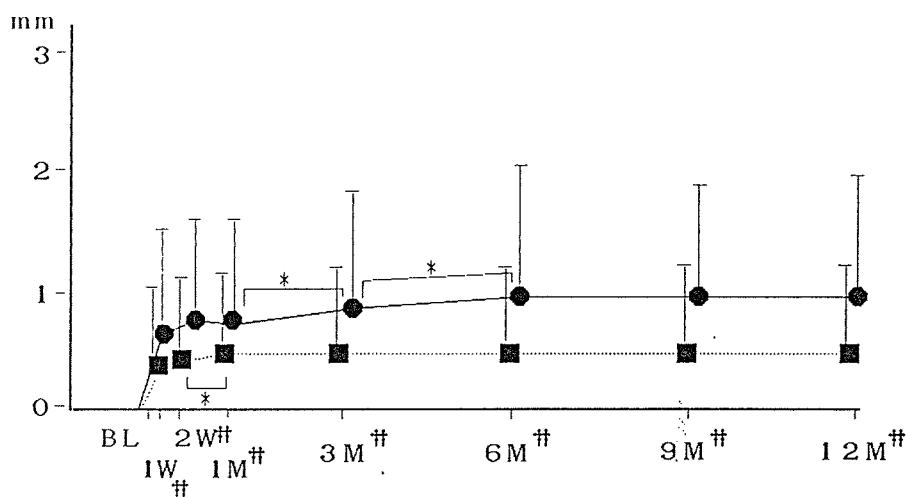
● : E群 (1ヶ月後のprobing depthが4 mm以上)

** : $p < 0.01$ 、* : $p < 0.05$ (診査日間の比較、Wilcoxon検定)

(3) Clinical attachment level (図Ⅱ-11)

D群は1週後に0.36mmのgainが認められ、その後ほとんど変化はなかったが、統計的には2週目から1ヶ月目にかけて有意($p<0.05$)なgainが認められた。E群は1週後に0.63mmのgainが認められ、1ヶ月目から3ヶ月目と3ヶ月目から6ヶ月目にかけて有意($p<0.05$)なgainがみられた。

実験期間中3mm以上のlossを記録した2例は両群に1例ずつであった。



図Ⅱ-11 Clinical attachment levelの変化

■ : D群 (1ヶ月後のprobing depthが3mm以下)

● : E群 (1ヶ月後のprobing depthが4mm以上)

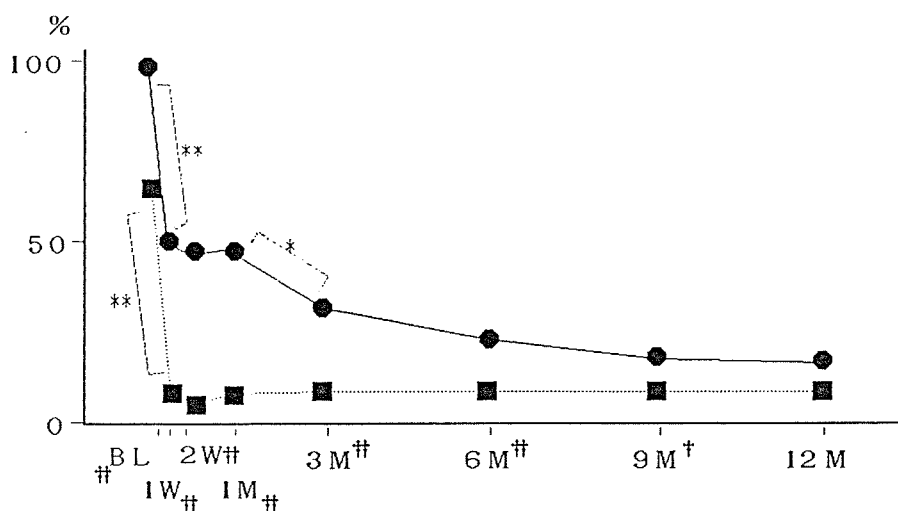
* : 有意差あり, $p<0.05$ (診査日間の比較、Wilcoxon検定)

† : 有意差あり, $p<0.01$ (両群間の比較、Mann-Whitney検定)

(4) Bleeding on probing (図Ⅱ-12)

出血部位は、D群ではBL時66.2%、1ヶ月後7.2%と著しく改善し、その後大きな変化はなく12ヶ月後は8.9%であった。E群はBL時95.9%、1ヶ月後47.9%、その後も減少傾向を示し、12ヶ月後は19.2%であった。

統計的には両群間にBL時から9ヶ月目までは有意差($p < 0.05$)が認められが、12ヶ月後には有意差($p > 0.05$)が認められなかった。



図Ⅱ-12 Bleeding on probingの変化

■ : D群 (1ヶ月後のprobing depthが3 mm以下)

● : E群 (1ヶ月後のprobing depthが4 mm以上)

** : $p < 0.01$ 、* : $p < 0.05$ (診査日間の比較、 χ^2 検定)

†† : $p < 0.01$ 、† : $p < 0.05$ (両群間の比較、 χ^2 検定)

【考察】

我国では高齢化社会を迎え、全身状態などを考慮すると侵襲の大きい外科処置を適応できない患者が増加するものと考えられ、優れた非外科的歯周治療法の開発が歯科界にとって重要な問題である。さらに、歯周炎が進行した患者に非外科的歯周治療を行なった場合、深いポケットが一部残存したままメンテナンスすることを余儀なくされる場合が多くなると考えられる。

従来より深いポケットが残存している部位では歯周炎の再発が起こりやすいと考えられてきたが、Mousquèsら⁴⁵⁾は歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニング後の歯肉縁下細菌叢の変化を検討し、口腔清掃状態が悪い患者でも細菌叢が元に戻るのに42日間を必要としたと述べている。さらに、紺野⁴⁶⁾、塚本ら⁴⁷⁾は歯肉縁下プラークを完全に除去した後の深いポケットにおけるプラークの再形成速度を調べ、口腔清掃を停止した場合は歯肉縁下プラークの再形成量が5週間で2～3 mmであり、口腔清掃を行なっている場合は6週で0.7 mm程度であると報告している。したがって、深いポケットが残存していても、口腔清掃状態を良好に維持すれば歯肉縁下プラークの再形成は比較的遅く、歯肉縁下のスケーリング・ルートプレーニングを定期的に行なえば、歯肉縁下プラークをコントロールして、attachment lossを阻止できるのではないかと考えられる。しかし、ハンスケーラーや従来の超音波スケーラーは、ポケットが5 mmを越えると到達性が悪くなり、プラークや歯石の取り残しが非常に多くなることが報告^{1, 3-6)}されている。これに対し、ポケット探針型超音波スケーラーチップは、無麻酔でもポケットが8 mmまでは97%程度のプラーク・歯石の除去率があり¹³⁾、4週間の観察では歯周炎の改善効果も高いこと¹²⁾、さらに、実験Ⅰの結果、適切な使用法を用いればハンスケーラーに劣らない根面の滑沢性と為害性物質除去効果が得られる特徴を持っており、これらは非外科的歯周治療に用いた場合に大きな利点になると考えられる。

本実験では、被験歯は前歯と小臼歯とし、大臼歯を含めなかった。これは、大臼歯に分岐部病変が生じていると、ポケット探針型チップでは分岐部のスケーリング・ルートプレーニングを十分に行えないためである。しかし、本チップは、根分岐部以外の部分は大臼歯でも前歯や小臼歯と同様のプラーク・歯石除去能力を有しているので¹³⁾、分岐部以外では本実験とほぼ同様の結果が得られると考えられる。

本装置の臨床使用時の疼痛は、菅谷ら¹³⁾、飯沼ら¹²⁾の報告と同様本実験でもきわめて少なく、局所麻酔を必要とした症例は1例もなかった。この理由としては、本チップは直径0.5mmと細いためポケット壁を強く押し広げずに底部まで挿入可能なこと、チップ先端は球状のため歯肉を傷つけることが少ないこと、冷却水は深いポケット内でもチップ先端まで十分に流れ発熱がないこと、などが考えられる。

歯周治療の臨床成績は、通常口腔清掃状態により影響されるので、本実験ではこれを避けるため、BL以前に十分な口腔清掃指導とプラーク付着因子となる歯肉縁上歯石の除去を行なって、口腔清掃が良好に維持できる状態にした。その結果、全実験期間中P1.I.は低い状態に維持され、各群間の口腔清掃状態に差はなかった。

ポケットが浅く3mm以下の場合、Claffeyら⁴³⁾は局所麻酔下でハンドスケーラーを用いてスケーリング・ルートプレーニングすると、0.5mmのattachment lossが生じたと報告しているが、本実験ではattachment lossは生ぜず、0.1mmのgainが得られている。ポケットが浅い場合、ハンドスケーラーを局所麻酔下で用いると線維性付着をも破壊してしまい、attachment lossを引き起こす危険性が高いが、本チップは局所麻酔を必要としないため、チップが線維性付着部に達すると疼痛が生じ、これが情報となって付着部へのスケーラーの侵入をやめるため、付着の損傷を避けられるものと思われる。

ポケットが深い場合、本実験のC群ではBL時平均7.66mmあったが、12ヶ月後4.11mmに改善し、attachment levelのgainも1.93mm認められた。この結果はハンスケーラーを使用した他の多くの報告⁴⁹⁻⁵³⁾に比べ好成績である。これは、本チップがハンスケーラーに比べて深いポケットへの到達性が優れているため、歯肉縁下のプラークや歯石の取り残しがきわめて少なかったためと考えられる。

本装置によりclinical attachment levelにgainが生じたが、フラップ手術などの外科処置を行っていないので、線維性再付着が生じた可能性は少なく、おもに上皮性再付着が生じたと思われる。しかし、Catonら⁵⁴⁾は上皮付着した部位がクリーピング現象により線維性付着に変わる可能性があることを報告しており、線維性付着が獲得された可能性も否定できない。一方、probing時、ポケット探針は歯肉の炎症が強い場合には線維性付着部をも貫いているが、逆に炎症のない場合はポケット底部まで到達しないこともある^{55, 56)}。これらのことを総合して考察すると、本実験のclinical attachment levelのgainは、線維性再付着によるよりは、炎症が改善したことにより歯肉結合組織のコラーゲン線維が再生、増加発達して、上皮付着を強固に根面に付着させ、さらに歯肉が緊密化して、ポケット探針が上皮付着部を貫かなくなったことが大きな原因と考えられる。

本実験では12ヶ月後に4mm以上のポケットが残存した部位は、全被験歯面668部位中25部位のみであったが、ポケットが残存した原因を明確にするため、この25部位をさらにX線写真により検討した結果、垂直性骨欠損を伴う部位が23部位(92%)に認められた。このことから、垂直性骨欠損がある場合には深いポケットが残存しやすいのではないかと考えられた。そこで、BL時のポケットが7mm以上のC群を垂直性骨欠損があるC-1群(20例)と、垂直性骨欠損がないC-2群(7例)に分類し比較検討した。その結果、probing depthは、C-1群が

C-2群よりも治療開始1週間から12ヶ月まで有意に深く、垂直性骨欠損がある場合には深いポケットが残存しやすいと考えられる。しかし、clinical attachment levelのgainはC-1群とC-2群の間に有意差がなく、gingival recessionに3ヶ月目以後有意差が認められ、さらにbleeding on probingは多くの診査日で両群間に有意差が認められなかった。すなわち、垂直性骨欠損はポケット内の炎症の改善には影響しないが、歯肉の退縮が少ないため深いポケットが残存しやすいと考えられる。これは、ハンドスケーラーを用いたIsidorら⁵⁷⁾の非外科的歯周治療の報告に類似している。

本実験では、12ヶ月間の臨床成績を分析するのに、まずBL時のprobing depthにより分類して比較検討した。しかし、初期治療終了後に残存した深いポケットが、その後のメンテナンス処置により、どのような経過を取るかはBL時のprobing depthによる分類のみでは明確に評価できない。そこで、初期治療としてスケーリング・ルートプレーニングを行なった後1ヶ月目のprobing depthを基準として、3mm以下のD群と4mm以上のE群に再分類して比較検討し、初期治療後に残存したポケットがどのように変化するかを検討した。その結果、D群はその後12ヶ月まで大きな変化が生じなかったのに対し、E群はいずれの診査項目も改善が続き、probing depthは1ヶ月後平均5.77mmから12ヶ月後平均3.36mmにまで改善した。本装置を用いてスケーリング後、抜歯して残存するプラーク・歯石を評価した実験¹³⁾では、ポケットが深く、しかも根に彎曲があるとチップが到達しにくく、取り残しが多くなることが観察されている。しかしこのような部位でも、ポケットが浅くなるにしたがってチップの到達性が高まるので、本実験では1、3、6ヶ月後と歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニングを繰り返し行なったことにより、最初取り残したプラークや歯石も除去されたため、E群の臨床症状の改善が続いたものと思われる。

深いポケットの非外科的治療に関しては、ハンドスケーラーでも長期間

attachment lossを起こすことなくメンテナンスできるという報告⁴⁹⁻⁵³⁾がなされている。しかし、これらの実験は平均値での評価であり、被験部位の一部でattachment lossを起こしていても見逃している危険性が高い。そこで、attachment lossの有無を明確にするために、各部位のattachment levelと観察期間との回帰直線からattachment lossが起こったかどうかを判定する方法⁵⁸⁾や、3 mm以上のclinical attachment lossを記録した部位をlossが起こったと判定する方法を推奨する報告^{59, 60)}がある。回帰直線から判定するには、attachment lossと観察期間との間に直線的関係が必要であり、Socranskyら⁶¹⁾が報告したように歯周炎には活動期と静止期があり、attachment lossが短期間で直線的に起こっているとは考えられないため、この判定方法は適切とは思われない。念のため、12ヶ月間の回帰直線から検討を加えたが、「lossがあった」と判定(信頼区間90%)された部位は1例もなかった。したがって、本実験ではHaffajeeら⁵⁹⁾、Bestら⁶⁰⁾が指摘しているように、2 mmまではprobingの誤差の範囲と考え、3 mm以上のclinical attachment lossを記録した部位を「lossがあった」と判定した。その結果、「lossがあった」と判定した部位は2部位(0.3%)あった。これは、いずれもA群すなわちBL時のポケットが3 mm以下の群に属するものであり、1部位はBLから1週目にかけて3 mmのlossを記録し、もう1部位は6ヶ月目から9ヶ月目にかけて3 mmのlossを記録した。しかし2例ともBL時と12ヶ月後のattachment levelを比較するとlossは認められなかった。また、1ヶ月後のprobing depthで分類すると、この2例はD群とE群それぞれに1例ずつ属しており、初期治療後に深いポケットが残存した部位でattachment lossを起こしやすいという傾向はみられなかった。この結果は、ハンドスケレーを用いた同様の実験で、Claffeyら⁶²⁾が10%、Vanooteghemら⁶³⁾が6%の部位にattachment lossが生じ、しかも深いポケットが残存した部位はlossしやすかったという報告に比べて成績が良く、本装置を用いて定期的に歯肉縁下

スケーリング・ルートプレーニングをくりかえすことにより、attachment lossの進行を阻止する効果が高まると思われる。

今回の実験の観察期間は1年であり、観察期間が十分長いとは言えないが、非外科的あるいは外科的歯周治療の臨床効果を長期間観察した報告⁴⁹⁻⁵³⁾の多くは、治療後6～9ヶ月までではほとんどのパラメーターがプラトーに達し、その後は変化していない。したがって、本実験でも今後急速にattachment levelが変化する可能性は低いと思われる。しかし、ごく一部のbleeding on probingが継続した部位や清掃状態が悪い部位では、今後歯周組織破壊が進行する危険性もあり、さらに長期的に観察を続ける必要はあると思われる。

本実験の結果を総合すると、まず、ポケットが浅い部位ではハンドスケーラー使用時に報告されているようなattachment lossを生じさせることなくスケーリング・ルートプレーニングが可能であり、これは初期治療時は無論のことメンテナンス時に繰り返しスケーリング・ルートプレーニングが必要な場合に大きな利点である。一方、ポケットが深い部位では、probing depthの減少、probing attachment levelのgain、bleeding on probingの減少など、著明な歯周炎改善効果が得られ、本装置の有効性は高いと考えられる。ポケットが深く垂直性骨欠損がある部位では、歯肉の退縮が少なく深いポケットが残存しやすかったが、本装置を繰り返し用いることにより、attachment lossなくメンテナンス可能であり、とくに全身疾患などのため歯周外科が適応できない症例のメンテナンスには効果が高いと考えられる。一方、外科処置が可能な場合は、垂直性骨欠損部は歯周外科により歯周組織の再生が期待できるが、外科処置を行なう前に歯肉の炎症をできるだけ改善しておくことが必要であり、そのための歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニングにも本装置はきわめて有効性が高いと考えられる。

実験Ⅲ

根分岐部用チップの開発と臨床応用

【目的】

今回試作したポケット探針型チップは、根分岐部以外の歯軸方向の深いポケットには適していることが明確となったが、根分岐部への到達性は悪く、根分岐部専用のチップを開発することが必要と考えられた。そこで、まず下顎大臼歯の根分岐部用チップを開発し、これを臨床応用する目的で実験を行なった。

【材料・方法】

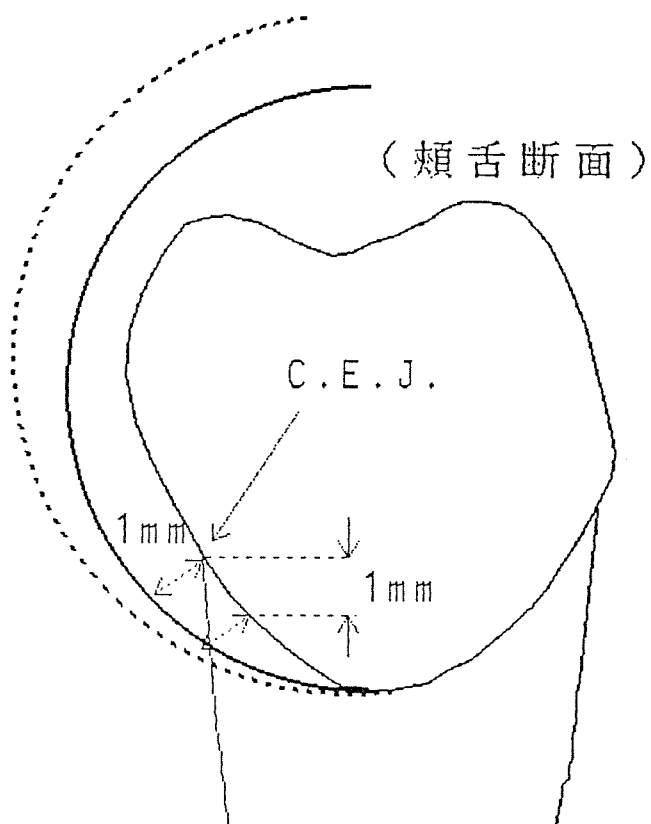
実験Ⅲ-1 チップの曲率の検討と根分岐部用チップの試作

被験歯として、ヒト抜去歯から根面う蝕や修復物のない下顎第1大臼歯50本、下顎第2大臼歯50本を選び、シリコン印象材（トシコン[®]、東芝シリコン）と超硬石膏（フジロック[®]、ジーシー）を用いてレプリカを作製した。作製したレプリカを分岐部頂点を含むように頬舌方向に切断し、断面をスライド撮影した。この6.5倍拡大投影像と、曲率半径5、6、7、8、9、10、11、12mmの8種の弧線を6.5倍に拡大した像とをそれぞれ重ね合わせ、次式により各曲率の適合度を求めた（図Ⅲ-1）。「適合度」＝「適合する歯数」／「被験歯数」

分岐部根面への適合の判定は次の3つの条件を満足するものとした。

- ①弧線の一端が分岐部頂点に接触すること。
- ②分岐部頂点から歯肉辺縁の間で弧線が1mm以上根面から離開しないこと。
- ③弧線が歯冠に接触しないこと。

なお、歯肉辺縁の高さはC.E.J.の位置にある場合と、C.E.J.から1mm根尖側の位置にある場合の2つを想定して計測を行った。



図Ⅲ-1 分岐部に適合する曲率の計測方法

- : 歯肉辺縁の位置をC. E. J. に想定
 - : 歯肉辺縁の位置をC. E. J. より1 mm根尖側に想定
- 分岐部の頬舌断面と、曲率半径5～12mmの8種の半円を重ね合わせ、各曲率の適合度を求めた。

実験Ⅲ－２ 試作根分岐部用チップの下顎第１・第２大臼歯分岐部根面への到達性

被験歯は、ヒト抜去歯から根面う蝕や修復物のない下顎第１大臼歯30本、下顎第２大臼歯30本を選び、各実験群の分岐部形態を同一にするために、シリコン印象材（トシコン[®]、東芝シリコン）と即時重合レジン（リモール[®]、松風）を用い、１本の歯から各６本、計360本のレプリカを作製した。これらのレプリカを３群、すなわちハンドスケーラー（Hu-Friedy社製 Gracey#5/6[®]、Barnhart#1/2[®]）を使用する群（H群）、既製の超音波スケーラーチップ（ENAC-3[®]、ST-08チップ[®]、長田電機工業）を使用する群（C群）、試作根分岐部用チップ（図Ⅲ-2）を使用する群（F群）の３群に分け、さらに各群とも頬側からスケーリングするものと、舌側からスケーリングするものの２群に分け、計６群とした。

レプリカの分岐部根面に赤色のマニキュアを塗布した後、ホワイトシリコン（フィットチェッカー[®]、ジーシー）でC.E.J.の高さまで人工歯肉を作製した（図Ⅲ-3）。次に各群ごとにスケーリングを行ない、術者が十分に行えたと判断した時点で処置を終了し、必要とした時間を計測した。

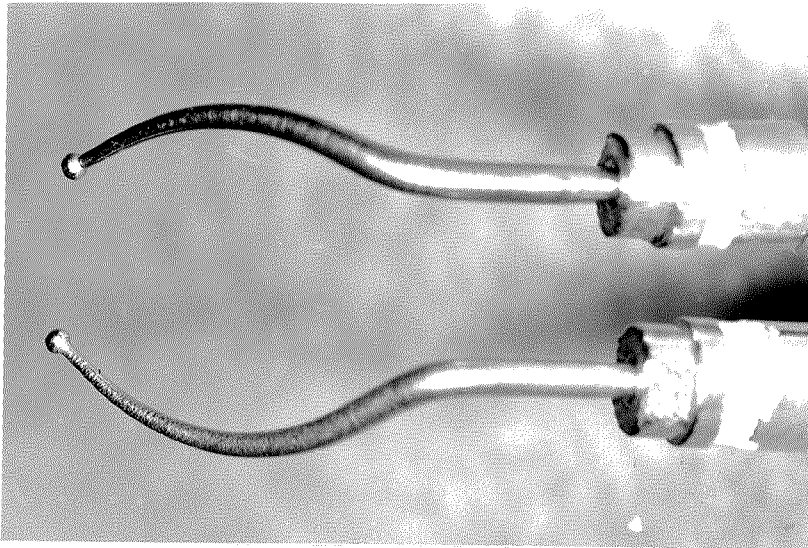
スケーラーの到達性を明確にするため、分岐部根面を５つの領域（図Ⅲ-4）に分け、各領域の除去率を比較することにより検討した。各領域は、歯周組織破壊が水平方向に進行することを考慮して、境界をC.E.J.から水平方向に２mm、３mm、分岐部頂点、分岐部頂点から根尖方向に１mmの位置に設定し、歯軸に直交する平面で次の５つに区分した。

- ①Area-A：分岐部入口のC.E.J.から水平方向に２mmまでの領域
- ②Area-B：分岐部入口のC.E.J.から水平方向に３mmまでの領域
- ③Area-C：分岐部頂点までの領域
- ④Area-D：分岐部頂点を越えずに分岐部頂点から根尖方向へ１mmの領域

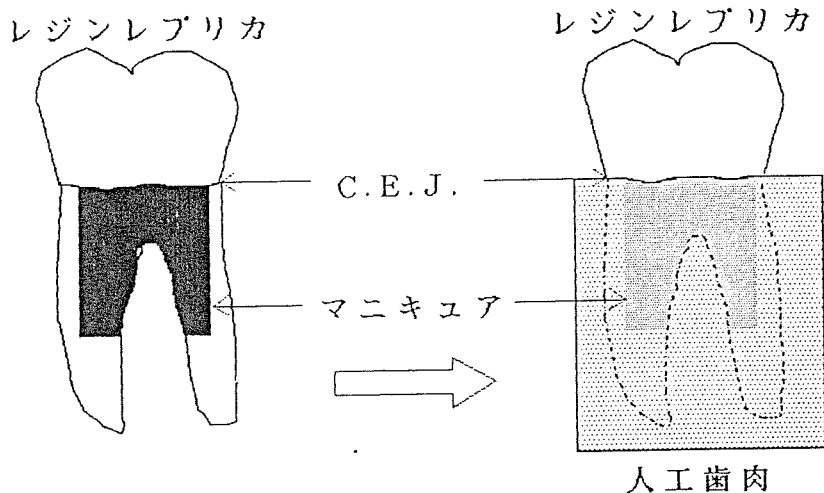
⑤Area-E：分岐部頂点を越えて水平に2mm、根尖方向に1mmの領域

スケーリング終了後、人工歯肉を除去し、歯根をArea-A～Dの各領域の境界で切断、規格写真撮影を行い、スライドを10倍に拡大合成して各領域の除去率を評価した。規格撮影にはマクロ撮影装置[®]（オリンパス）、Fujichrome RD100[®]（富士写真フィルム）を用い、拡大倍率2倍で行った。

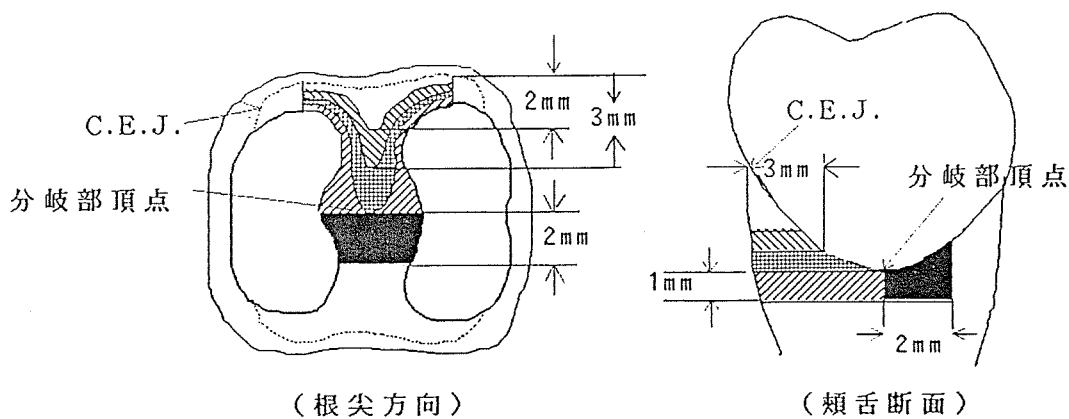
除去率は、各領域の面積と、除去されたマニキュアの面積を、コンピューター（PC9801VM[®]、NEC）の画像解析プログラム（AREA[®]、GRAPHTECH）、デジタルタイザ（MITABLET-II[®]、GRAPHTECH）を用いて計測し、その比率により求めた。



図Ⅲ-2 試作した根分岐部用超音波スケーラーチップ
曲率半径10mm、先端の球状部分は直径0.85mm。
右曲がりと左曲がりの2本を1組とした。



図Ⅲ-3 分岐部シミュレーション模型
レジンレプリカの分岐部根面にマニキュアを塗布、
ホワイトシリコンでC.E.J.の高さまで人工歯肉を作製した。



図Ⅲ-4 分岐部根面の評価領域

□: Area-A、▨: Area-B、▩: Area-C、
▧: Area-D、■: Area-E

実験Ⅲ-3 臨床効果の検討

1) 被験者および被験歯面

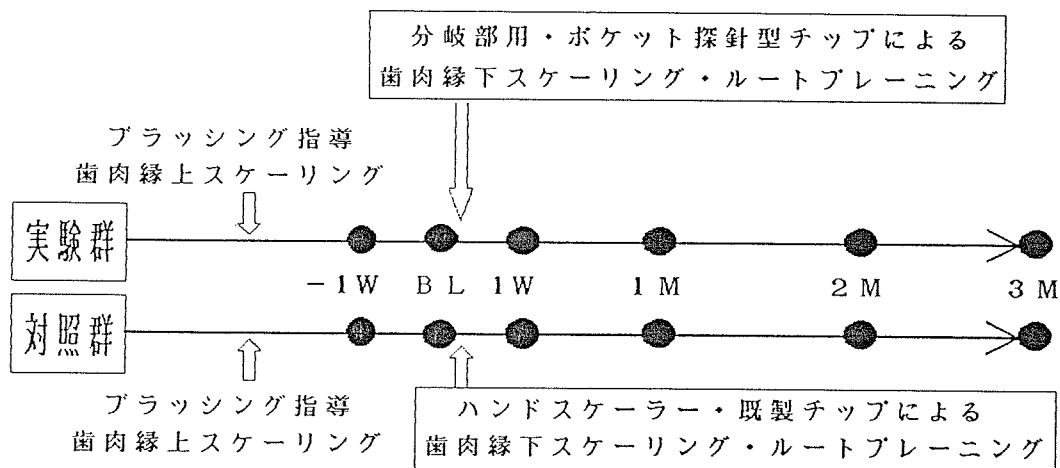
被験者は北海道大学歯学部保存科に来院した患者から、全身疾患がなく、成人型歯周炎と診断された14名（男性10名、女性4名、年齢37～59歳、 49.0 ± 6.4 歳）を選び、歯肉縁下スケーリングの既往がなく、Grade2の分岐部病変^④すなわち水平方向のポケットがフルート部を越えているが、貫通はしていない下顎第1・第2大臼歯25歯、34歯面を被験歯面とし、実験群17歯面と対照群17歯面に無作為に分類した。

2) 実験方法

実験方法の概略を図Ⅲ-5に示した。実験を開始する前に口腔清掃指導と歯肉縁上スケーリングを行い、患者が口腔清掃状態を良好なレベルに維持できることを確認した。

実験開始日をベースライン（以下BLと略す）とし、BLの1週間前とBL時に以下の臨床診査を行なった。BL時の診査後、実験群(N=17)は試作分岐部用チップおよびポケット探針型チップ（実験Ⅰ、Ⅱ使用）を併用し、無麻酔下で歯肉縁下と分岐部のスケーリング・ルートプレーニングを行なった。対照群(N=17)はハンドスケラ（Gracey curette #1～14[®]、Hu-Friedy）とENAC-3[®]（長田電機工業）の既製超音波スケラチップであるST-08[®]（長田電機工業）を併用し、局所麻酔下でスケーリング・ルートプレーニングを行なった。

その後1、4週、8週、12週目にBL時と同様の診査を行い比較検討した。



図Ⅲ-5 実験概要

●：臨床診査 (Plaque index, 暗視野顕微鏡による細菌叢、Probing depth, Clinical attachment level, Bleeding on probing)

3) 臨床診査

(1) Plaque index (P.I.)

SilnessとLöe⁴⁴⁾のPlaque indexを歯面毎に計測した。

(2) 暗視野顕微鏡による細菌叢

縁上プラークを滅菌キュレットで可及的に除去したのち、簡易防湿下で、曲率半径約8mmの彎曲を与えた滅菌ブローチワッテを分岐部ポケット内に深く挿入して縁下プラークの採取を行なった。このブローチワッテをphosphate buffer saline中に投下し、vortex mixerで30秒間攪拌後、直ちに暗視野顕微鏡を用いて1000倍で検鏡した。視野は無作為に選び100個の細菌を観察し、Mousquèsら⁴⁵⁾の方法にしたがって、4種類(球菌、スピロヘーター、運動性桿菌、その他)に分類し、その構成比を求めた。

(3) Probing depth

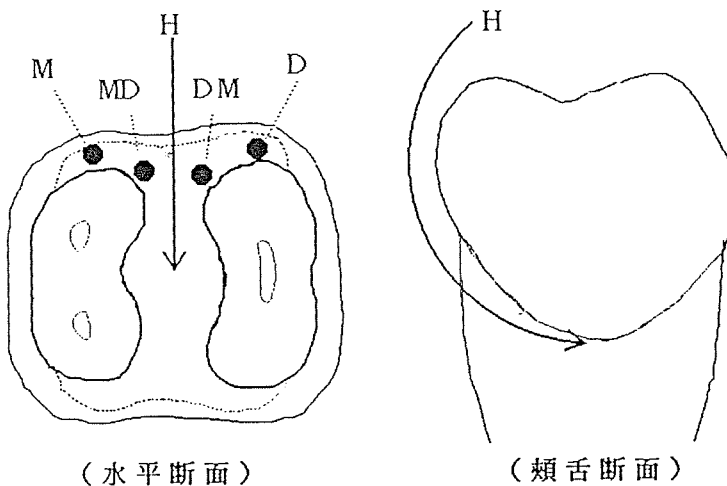
根尖方向のProbing depthは、レジン製のステント上にreference pointを設定し、Borodonticポケット探針[®]（BORODONTIC社）を用いて、25g荷重で測定した。計測部位（図Ⅲ-6）は近心根中央部（M）、近心根遠心隅角部（MD）、遠心根近心隅角部（DM）、遠心根中央部（D）の4点とした。次に、分岐部病変の水平方向のprobing depth（H）は、前沢ら⁶⁵⁻⁶⁷が作製した曲率半径8mmの分岐部探針を用いて計測した。

(4) Clinical attachment level

Probing depth測定に用いたステントの下縁を基準として、clinical attachment levelを測定した。

(5) Bleeding on probing

Probing depth測定後、約10秒以内に出血があったものを（+）、なかったものを（-）とした。



図Ⅲ-6 計測部位

(Probing depth, Clinical attachment level, Bleeding on probing)

根尖方向（M：近心根中央部、MD：近心根遠心隅角部

DM：遠心根近心隅角部、D：遠心根中央部）

H：水平方向。曲率半径8mmの分岐部探針で計測

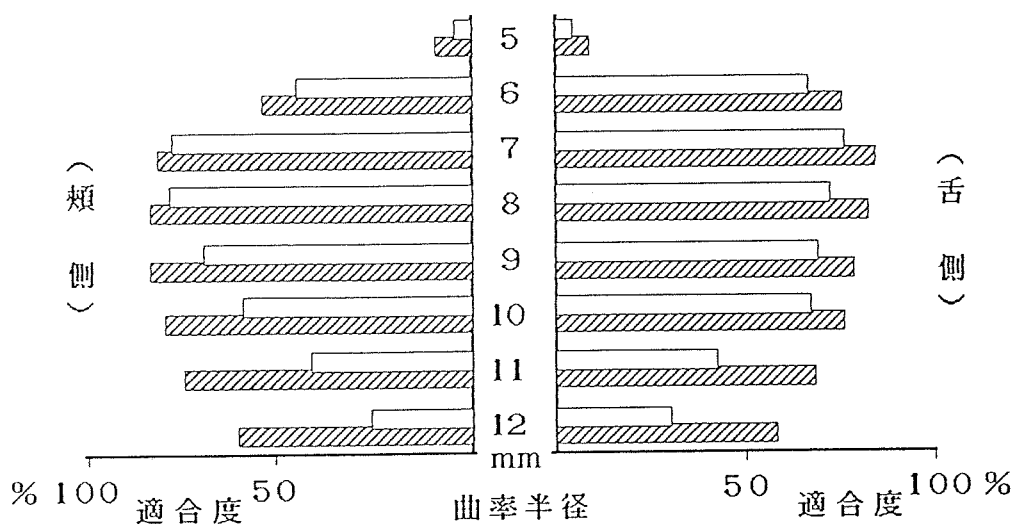
【結果】

実験Ⅲ-1 チップの曲率の検討

下顎第1大臼歯の適合度を図Ⅲ-7に示した。歯肉辺縁の位置をC.E.J.の高さに想定した場合、適合度は頬側で7mmが80%、舌側で7mmが76%だった。歯肉辺縁の位置をC.E.J.から1mm根尖方向に想定した場合、頬側で8mmと9mmが84%、舌側で7mmが84%だった。

下顎第2大臼歯の適合度を図Ⅲ-8に示した。歯肉辺縁の位置をC.E.J.の高さに想定した場合、適合度は頬側で10mmが82%、舌側が10mmで76%だった。歯肉辺縁の位置をC.E.J.から1mm根尖方向に想定した場合は、頬側で10mmが88%、舌側が10mmで80%だった。

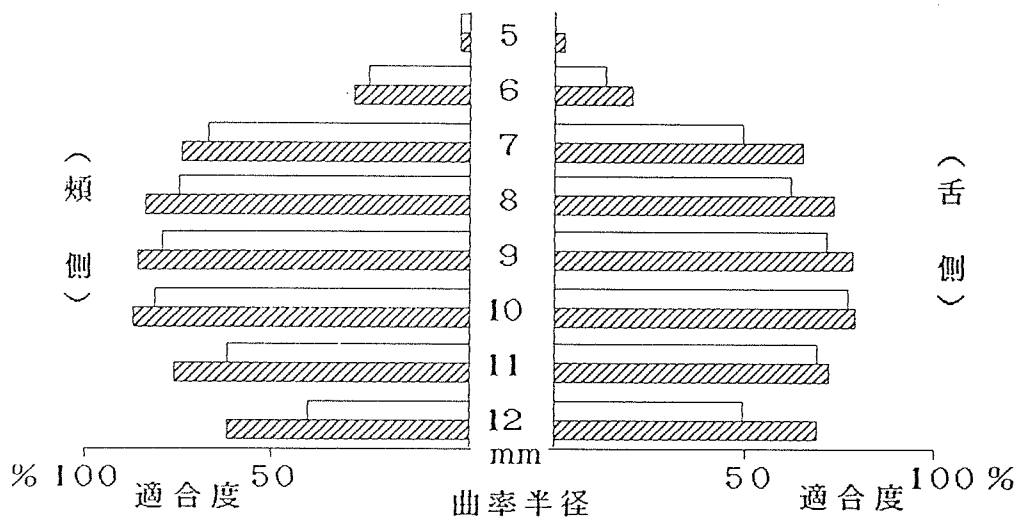
下顎第1・第2大臼歯の頬舌側に同一のチップを用いるため、両大臼歯の頬舌側を合せた適合度を図Ⅲ-9に示した。歯肉辺縁をC.E.J.に想定した場合でも、歯肉辺縁をC.E.J.から1mm根尖方向に想定した場合でも、曲率半径8、9、10mmではほぼ同様の適合度を示した。



図Ⅲ-7 各曲率半径の適合度 (第1大臼歯)

□: 歯肉辺縁の位置をC.E.J.に想定

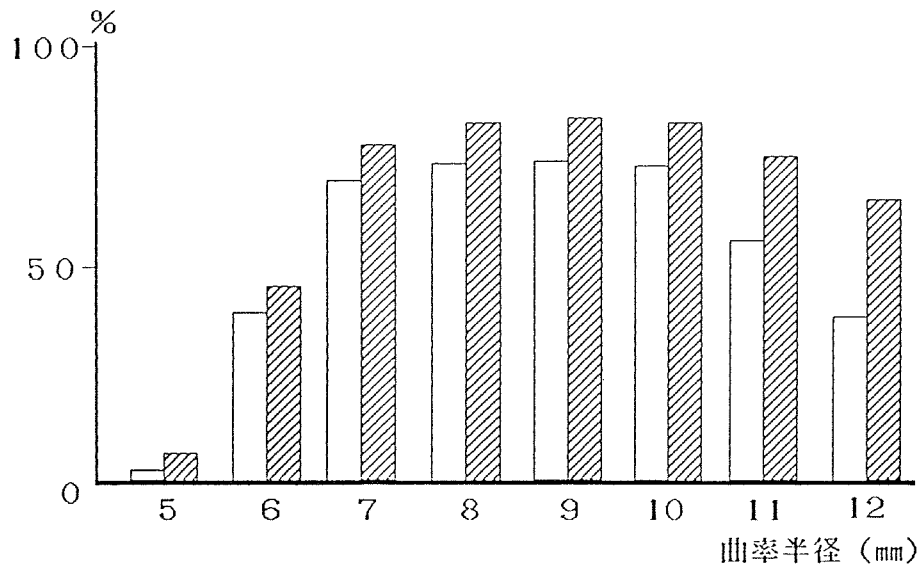
▨: 歯肉辺縁の位置をC.E.J.より1mm根尖側に想定



図Ⅲ-8 各曲率半径の適合度 (第2大臼歯)

□: 歯肉辺縁の位置をC.E.J.に想定

▨: 歯肉辺縁の位置をC.E.J.より1mm根尖側に想定



図Ⅲ-9 各曲率半径の適合度 (第1・2大臼歯頬舌側の平均)

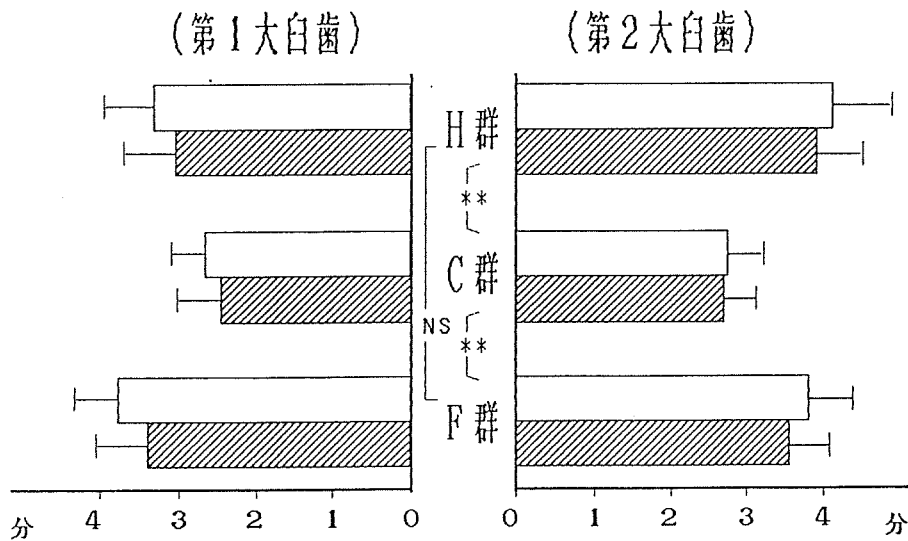
□: 歯肉辺縁の位置をC.E.J.に想定

▨: 歯肉辺縁の位置をC.E.J.より1mm根尖側に想定

実験Ⅲ-2 試作根分岐部用チップの下顎第1・第2大臼歯分岐部根面への到達性

1) スケーリングに要した時間

スケーリングに要した時間を図Ⅲ-10に示した。ハンドスケーラーを用いたH群は185.4~248.8秒、既製の超音波スケーラーチップを用いたC群は150.0~165.8秒、試作した根分岐部用の超音波スケーラーチップを用いたF群は204.1~231.6秒であった。C群はH群とF群に比べて有意($p<0.01$)に時間が短く、H群とF群の間には有意差($p>0.05$)が見られなかった。



図Ⅲ-10 各群のスケーリング時間

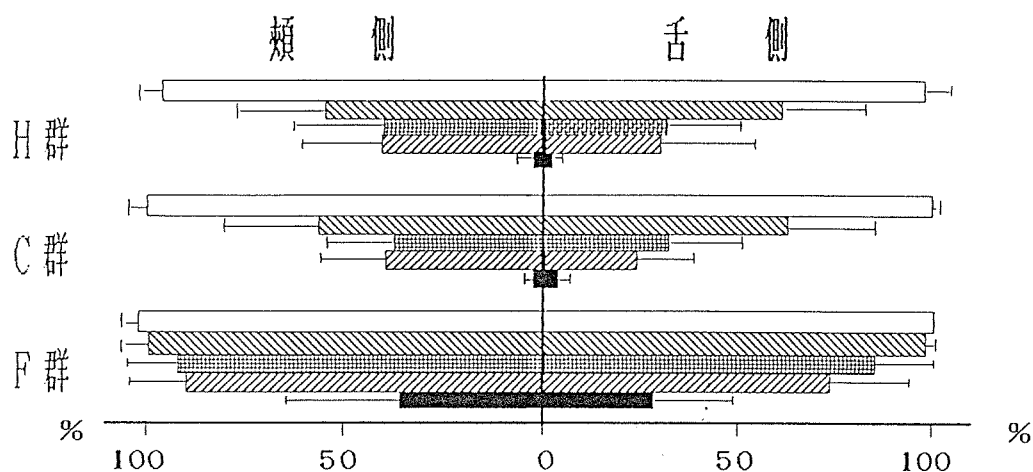
□: 頬側、▨: 舌側

NS: 有意差なし, $p>0.05$

** : 有意差あり, $p<0.01$ (Mann-Whitney検定)

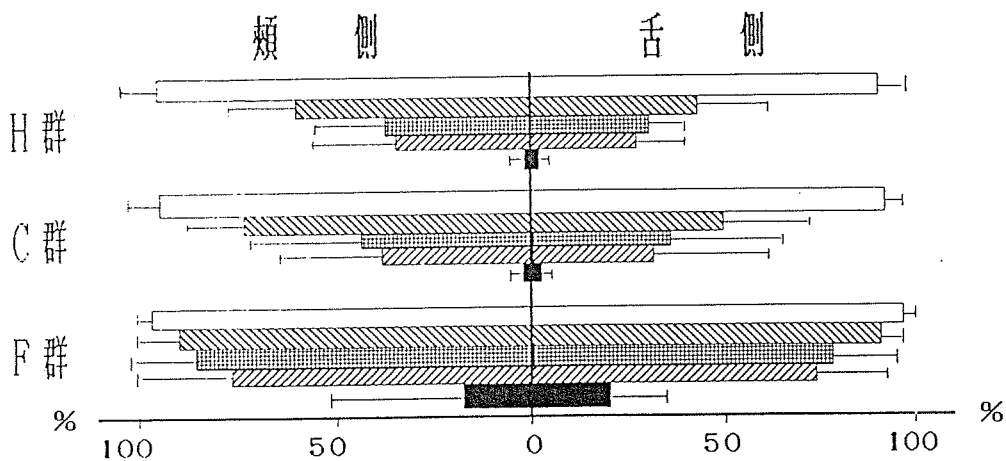
2) 各領域の除去率

各領域の除去率を図Ⅲ-11-A, Bに示した。下顎第1・第2大臼歯頬舌側のいずれの部位でも類似した結果を示し、Area-Aの除去率はH, C, Fの3群とも、89.4~100%の高い除去率を示した。Area-BではH群、C群の除去率が44.0~72.3%に低下したのに対して、F群は88.0~99.0%であり良好な除去率を示した。Area-CとDでは、H群、C群の除去率は26.1~46.1%とさらに低下したが、F群では75.7~90.1%と高い除去率を示した。Area-EではH群、C群の除去率は1%以下ときわめて低く、F群も21.7~39.5%とArea-A, B, C, Dに比べるとかなり低下した。



図Ⅲ-11-A 根分岐部の各領域の除去率 (第1大臼歯)

□: Area-A、▨: Area-B、▩: Area-C、
▧: Area-D、■: Area-E



図Ⅲ-11-B 根分岐部の各領域の除去率 (第2大臼歯)

□: Area-A、▨: Area-B、▩: Area-C、
▧: Area-D、■: Area-E

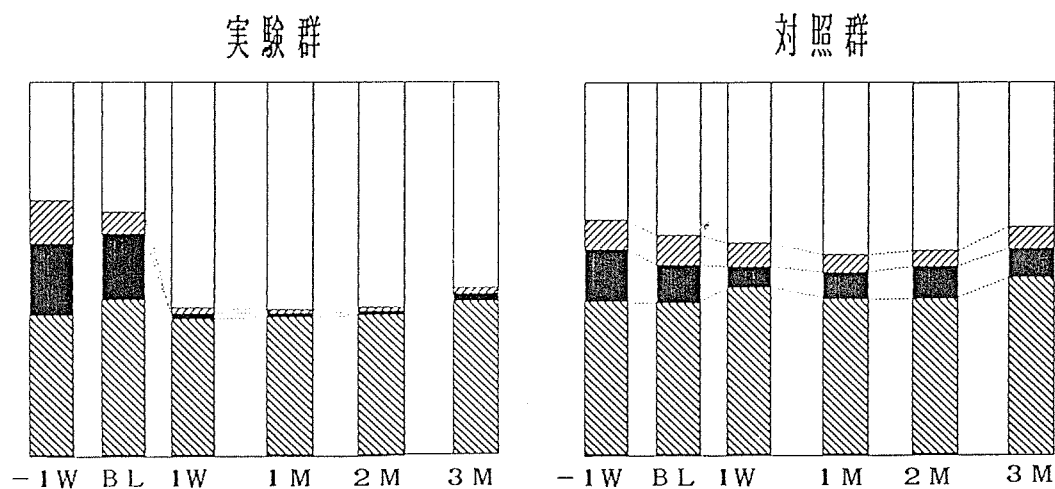
実験Ⅲ-3 臨床効果の検討

1) Plaque Index

Pl. I. は実験期間を通して実験群、対照群とも0.12~0.35と低い値に維持され、両群間および診査日による差はなかった($P>0.05$)。

2) 暗視野顕微鏡による細菌叢 (図Ⅲ-12)

ポケット内細菌叢は、BL時には、両群間に有意差($p>0.05$)はみられなかった。しかし、実験群では、1週後にスピロヘーターの比率が5.8%から1.2%、運動性桿菌の比率が17.3%から0.7%と有意($p<0.01$)に低下し、球菌の比率が33.8%から60.4%と有意($p<0.01$)に高くなった。その後3ヶ月間大きな変化はなく維持された。一方対照群では、実験期間中を通して大きな変化は認められなかった。



図Ⅲ-12 暗視野顕微鏡による細菌叢の変化

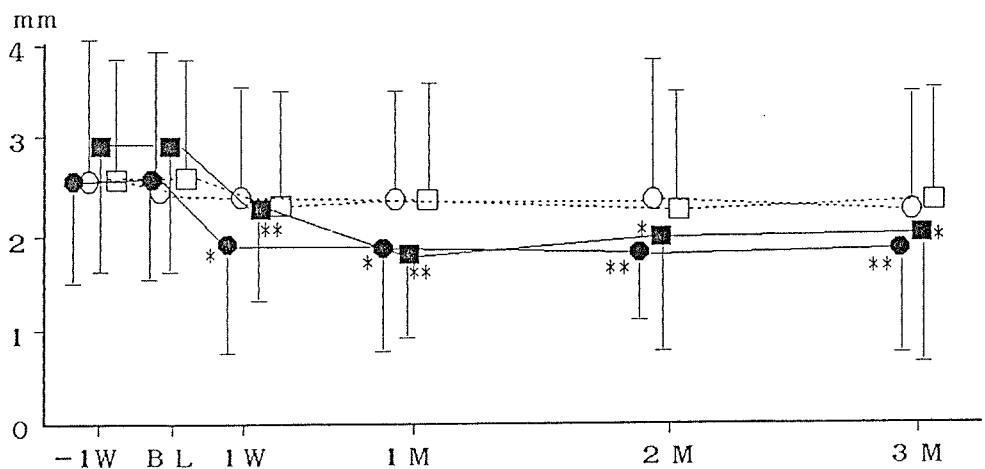
□ : 球菌、 ▨ : スピロヘーター、
 ■ : 運動性桿菌、 ▩ : その他の菌

実験群は細菌叢が著明に改善されたが、対照群は大きな変化がなかった。

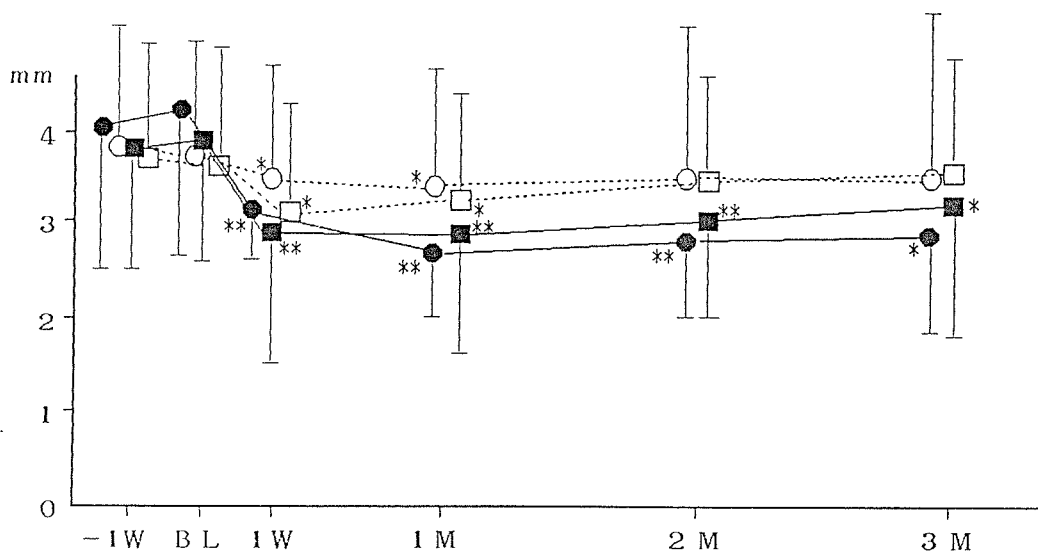
3) Probing depth (図Ⅲ-13-A, B, C)

根尖方向のprobing depthは、近・遠心根中央部(M, D)では、実験群が1週後に有意($p < 0.01$)な改善がみられ、その後も維持されたのに対し、対照群では有意差($p > 0.05$)がなかった。近・遠心根の分岐側隅角部(MD, DM)では実験群、対照群とも有意($p < 0.05$)な改善がみられた。両群間の比較では、いずれの測定部位も有意差($p > 0.05$)は認められなかったが、実験群の方が改善が大きい傾向がみられた。

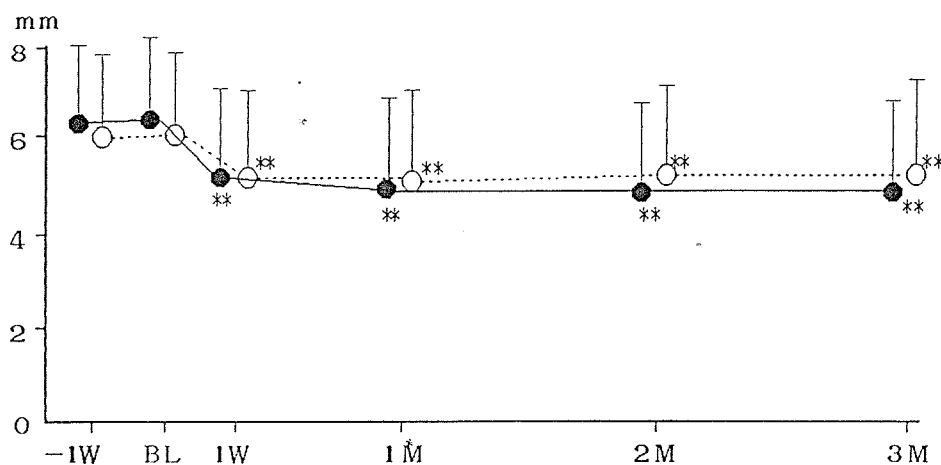
一方、水平方向のprobing depth(H)は、1週後に実験群で6.35mmから5.18mm、対照群で6.06mmから5.18mmと、両群とも有意($p < 0.01$)な改善が認められ、その後も維持された。両群間の比較では有意差($p > 0.05$)は認められなかった。



図Ⅲ-13-A Probing depthの変化 (近心根中央部、遠心根中央部)
 ●:近心根中央部(M)の実験群、○:近心根中央部(M)の対照群
 ■:遠心根中央部(D)の実験群、□:遠心根中央部(D)の対照群
 **: $p < 0.01$ 、*: $p < 0.05$ (BL時との比較、Wilcoxon検定)



図Ⅲ-13-B Probing depthの変化 (近心根遠心隅角部、遠心根近心隅角部)
 ●:近心根遠心隅角部(MD)の実験群、○:近心根遠心隅角部(MD)の対照群
 ■:遠心根近心隅角部(DM)の実験群、□:遠心根近心隅角部(DM)の対照群
 **:p<0.01、*:p<0.05 (BL時との比較、Wilcoxon検定)

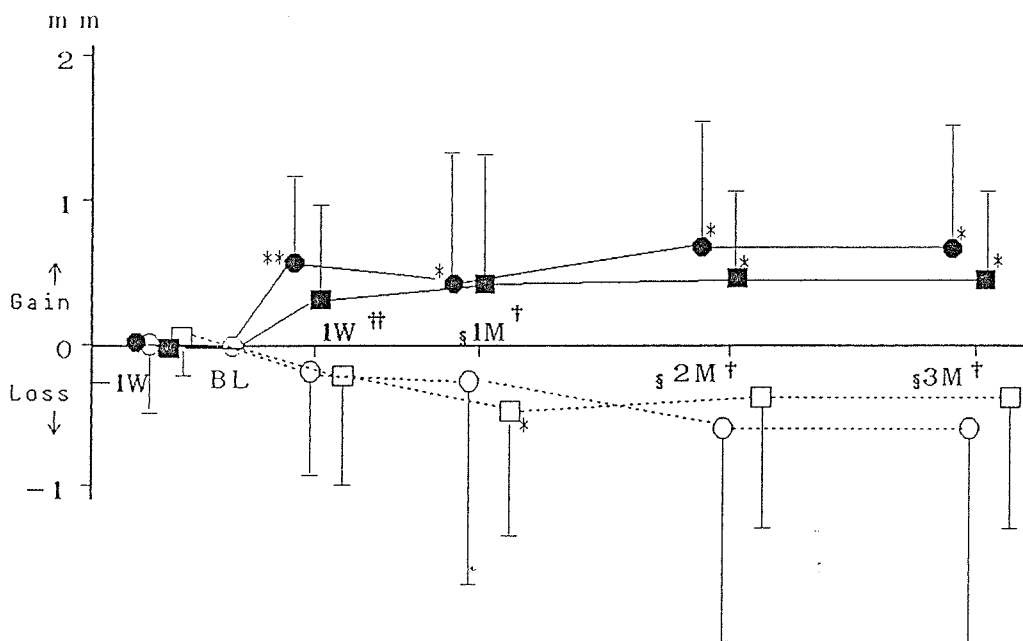


図Ⅲ-13-C Probing depthの変化 (水平方向)
 ●:実験群、○:対照群
 **:p<0.01、*:p<0.05 (BL時との比較、Wilcoxon検定)

4) Clinical attachment level (図Ⅲ-14-A, B, C)

根尖方向のclinical attachment levelは、近・遠心根の中央部(M, D)では、実験群はgainが認められたのに対し、対照群ではとわずかにlossする傾向が認められた。両群を比較すると、1週目以後実験群が大きなgainを示した。一方、近・遠心根の分岐側隅角部(MD, DM)では、実験群が1週目以後有意なgainを示したのに対し、対照群では実験期間中有意($p>0.05$)な変化はみられなかった。両群間の比較では実験期間中有意差($p>0.05$)は認められなかった。

水平方向のclinical attachment levelは、1週後に実験群で1.00mm、対照群で0.58mmのgainが認められ、3ヶ月後まで維持された。両群間の比較では、1、2、3ヶ月目に実験群が有意($p<0.05$)に大きかった。



図Ⅲ-14-A Clinical attachment levelの変化 (近心根中央部、遠心根中央部)

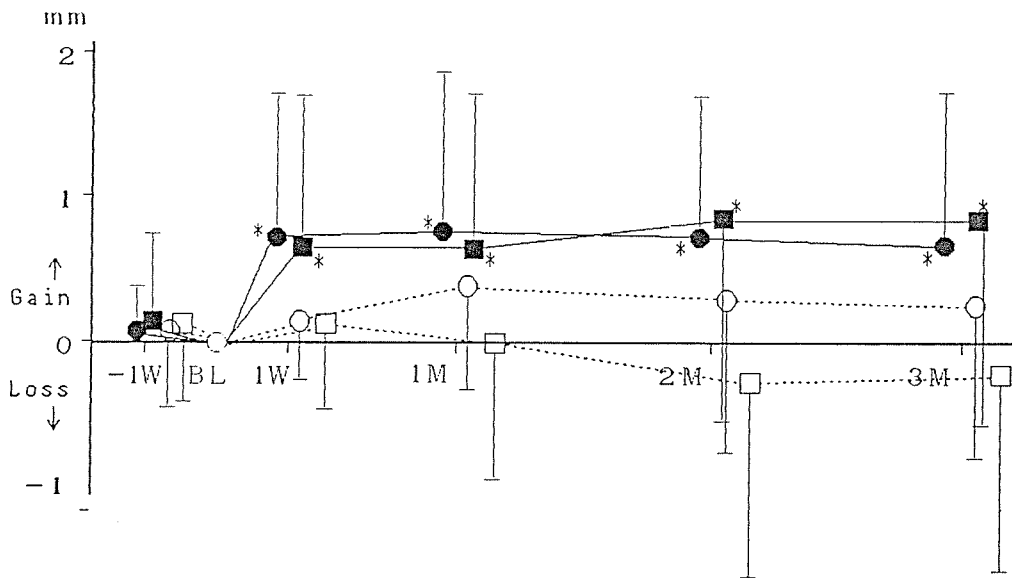
●:近心根中央部(M)の実験群、○:近心根中央部(M)の対照群

■:遠心根中央部(D)の実験群、□:遠心根中央部(D)の対照群

**: $p<0.01$ 、*: $p<0.05$ (BL時との比較、Wilcoxon検定)

††: $p<0.01$ 、†: $p<0.05$ (近心根中央部(M)の両群間の比較、Mann-Whitney検定)

§§: $p<0.01$ 、§: $p<0.05$ (遠心根中央部(D)の両群間の比較、Mann-Whitney検定)



図Ⅲ-14-B Clinical attachment levelの変化（近心根遠心隅角部、遠心根近心隅角部）

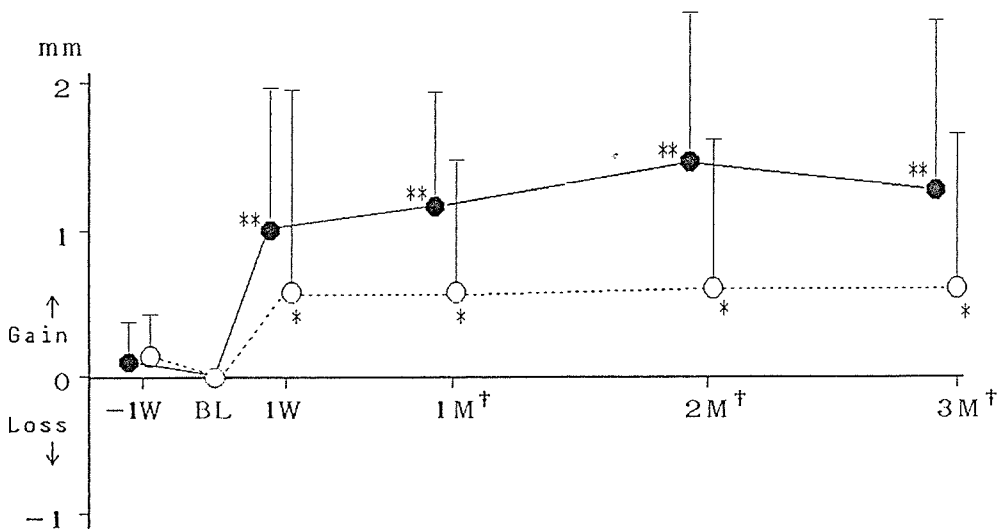
●:近心根遠心隅角部(MD)の実験群、○:近心根遠心隅角部(MD)の対照群

■:遠心根近心隅角部(DM)の実験群、□:遠心根近心隅角部(DM)の対照群

**: $p < 0.01$ 、*: $p < 0.05$ (BL時との比較、Wilcoxon検定)

††: $p < 0.01$ 、†: $p < 0.05$ (近心根遠心隅角部(MD)の両群間の比較、Mann-Whitney検定)

§§: $p < 0.01$ 、§: $p < 0.05$ (遠心根近心隅角部(DM)の両群間の比較、Mann-Whitney検定)



図Ⅲ-14-C Clinical attachment levelの変化（水平方向）

●:実験群、○:対照群

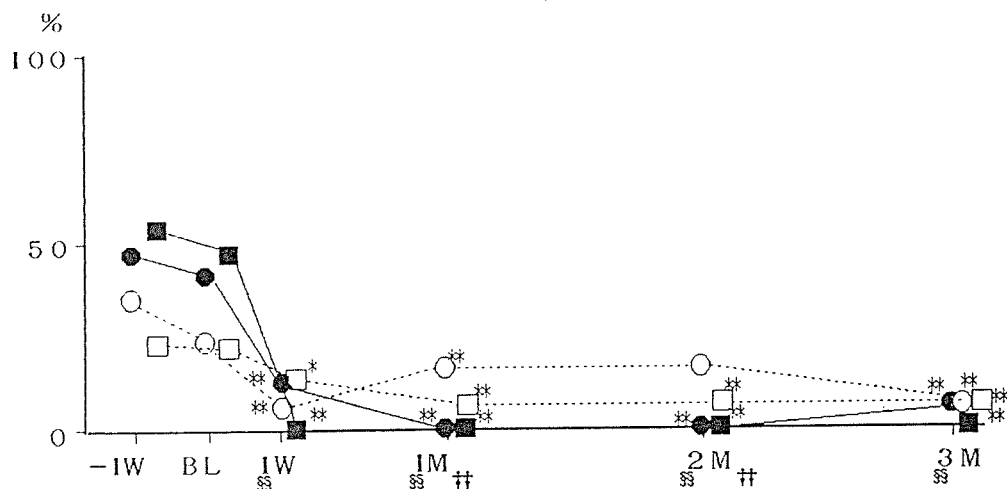
**: $p < 0.01$ 、*: $p < 0.05$ (BL時との比較、Wilcoxon検定)

††: $p < 0.01$ 、†: $p < 0.05$ (両群間の比較、Mann-Whitney検定)

(5) Bleeding on probing (図Ⅲ-15-A, B, C)

根尖方向のbleeding on probingは、近・遠心根の中央部(M, D)では1週後に両群とも0~12%とほとんど出血が認められなくなり、3ヶ月後まで維持されたが、実験群の方が改善は大きかった。近・遠心根の分岐側隅角部(MD, DM)では1週後に両群とも有意($p<0.01$)に改善したが、実験群は12%以下とほとんど出血しなくなったのに対し、対照群は41~56%とかなり出血が認められ、両群間の比較では1週目以後有意差($p<0.01$)がみられた。

水平方向のbleeding on probingは、両群とも1週後に有意($p<0.01$)な改善がみられ、3ヶ月後まで維持された。しかし、両群を比較すると実験群は6~12%と少なかったのに対し、対照群では53~59%と出血が続き、両群間に有意差($p<0.01$)が認められた。



図Ⅲ-15-A Bleeding on probingの変化(近心根中央部、遠心根中央部)

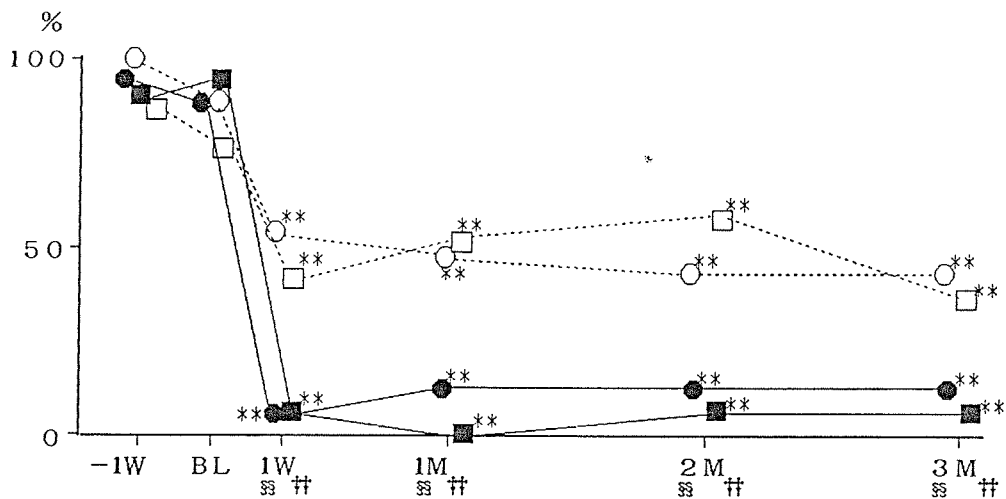
●:近心根中央部(M)の実験群、○:近心根中央部(M)の対照群

■:遠心根中央部(D)の実験群、□:遠心根中央部(D)の対照群

**: $p<0.01$ 、*: $p<0.05$ (BL時との比較、 χ^2 検定)

††: $p<0.01$ 、†: $p<0.05$ (近心根中央部(M)の両群間の比較、 χ^2 検定)

§§: $p<0.01$ 、§: $p<0.05$ (遠心根中央部(D)の両群間の比較、 χ^2 検定)



図Ⅲ-15-B Bleeding on probingの変化（近心根遠心隅角部、遠心根近心隅角部）

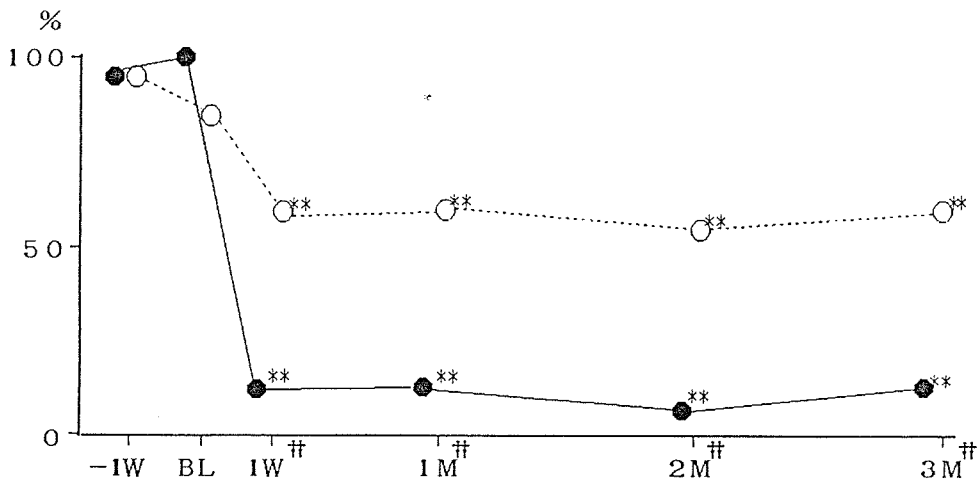
●:近心根遠心隅角部(MD)の実験群、○:近心根遠心隅角部(MD)の対照群

■:遠心根近心隅角部(DM)の実験群、□:遠心根近心隅角部(DM)の対照群

**: $p < 0.01$ 、*: $p < 0.05$ (BL時との比較、 χ^2 検定)

††: $p < 0.01$ 、†: $p < 0.05$ (近心根遠心隅角部(MD)の両群間の比較、 χ^2 検定)

§§: $p < 0.01$ 、§: $p < 0.05$ (遠心根近心隅角部(DM)の両群間の比較、 χ^2 検定)



図Ⅲ-15-C Bleeding on probingの変化（水平方向）

●:実験群、○:対照群

**: $p < 0.01$ 、*: $p < 0.05$ (BL時との比較、 χ^2 検定)

††: $p < 0.01$ 、†: $p < 0.05$ (両群間の比較、 χ^2 検定)

【考察】

実験Ⅲは、根分岐部の解剖学的形態が複雑なため、従来の超音波スケーラーやハンドスケーラー、および実験Ⅰ、Ⅱで使用したポケット探針型超音波スケーラーチップでは、スケーリング・ルートプレーニングが困難であることから、これを容易にする根分岐部用超音波スケーラーチップを開発し、臨床応用することを目的として行なった。

根分岐部病変が進行した場合、分岐部根面に確実にスケーラーを到達させる、あるいは分岐部病変を除去する方法として、root resectionやroot separationなどの処置法が行なわれるが、これらの処置は多量の歯質や歯髄を失うとともに、複雑な補綴処置を必要とし、さらに、root resectionでは1根あるいは2根を抜去することにより、支持歯周組織の一部を失うなど、多くの欠点も持っており、その予後を調べた報告⁶³⁻⁷⁰⁾でも必ずしも成績は良くない。そこで、根分割を行わない保存的療法が検討⁷¹⁾されてきているが、この場合は根分岐部を確実にスケーリング・ルートプレーニングできるスケーラーの開発が必要となる。

1) チップの曲率について

前沢ら^{65,66)}は、分岐部探針は曲率が下顎第1大臼歯で7～8 mm、下顎第2大臼歯で8～9 mmの場合に最も適合が良いと報告している。しかし、診査用の探針は根面から離開してもよいが、超音波スケーラーチップは先端が根面に接触することが必要である。また、前沢ら^{65,66)}は、歯肉が退縮していない場合は頬舌的に貫通可能な分岐部探針の曲率は得られなかったと報告しており、本研究の予備実験でも頬舌方向に分岐部頂点を越えてチップを根面に接触させることは困難であった。そこで、分岐部頂点まで到達することを基準としてチップの曲率を検討した。さらに、チップを分岐部に挿入する際にはポケット歯肉

壁を押し広げる必要があり、その程度は歯肉の炎症状態によって変化するが、通常チップが根面から離開する距離が1 mm程度であれば、軽度の炎症であっても無理なく挿入可能と考えられ、離開する許容範囲は1 mmとして検討した。

その結果、下顎第1大臼歯では7、8 mm、下顎第2大臼歯では10 mmの曲率半径がもっとも適合する歯が多かった。しかし、第1大臼歯と第2大臼歯の頬舌側に別々のチップを作製すると、計4本のチップが必要となり、臨床で用いるには繁雑であるので、両大臼歯に最も適合する曲率を求めた。その結果、歯肉辺縁の位置がC. E. J. の場合でも、C. E. J. から1 mm退縮した場合でも、曲率半径8、9、10 mmで同程度の適合度を示した。しかし、チップは分岐部のRoof部分だけでなく、近・遠心根の分岐部側面にも到達する必要がある、このためには、チップの曲率は大きい方が有利である。さらに、第2大臼歯は第1大臼歯より根の離開が小さく分岐の位置も根尖寄りにあるため、hemisectionなどが行いづらい症例が多く、スケーリング・ルートプレーニングによる治療がより重視されることも考慮して、適合良好の中から、曲率が最大で、第2大臼歯に最も適合度が高かった10 mmを試作チップの曲率に決定した。

チップ先端の球状部分は、近心根の分岐部側には陥凹が多く認められるので、予備実験として、直径を0.5、0.7、0.85 mmのチップを試作して、陥凹部への到達性を比較検討した結果、0.85 mmのものがもっとも優れていることが観察されたため、先端の球状部分の直径は0.85 mmとした。

2) 試作分岐部用チップの下顎第1・第2大臼歯分岐部根面への到達性について

実験Ⅲ-2では、実験Ⅲ-1の結果をもとに試作した根分岐部用の超音波スケーラーチップが、下顎第1・2大臼歯の分岐部根面へどの程度到達するかを検討した。

スケーラーの分岐部根面への到達性は、歯根の形態によって大きく影響を受けると考えられ、各実験群の歯根の形態を同一にする目的で、被験歯からレジンレプリカを作製した。レプリカの材料には、即時重合レジンのなかでも比較的硬いリモール®(松風)を用いたが、ヒトのセメント質や象牙質に比べて柔らかかった。しかし、本実験でレプリカ根面が過剰に切削され形態が損なわれたのは、ハンスケーラーを用いたH群と既製の超音波スケーラーチップを用いたC群の分岐部入口付近にわずかに見られたのみで、分岐部用チップを用いたF群では見られなかった。すなわち、H、C群では分岐部入口付近が過剰に切削され到達性が向上するものがあったが、F群ではこのような現象は生じなかった。

人工歯石としてマニキュアを用いたが、予備実験の結果、根面のレジン表面が粗造なためマニキュアの付着は強固であり、一塊として除去されることはなく、スケーラーの接触した部位のみが除去されたことから、スケーラーの到達性を評価するには適切な材料であったと思われる。

人工歯肉としてホワイトシリコンを用いたが、スケーラーを分岐部に挿入する際の抵抗は実際の歯肉に比べて強く、臨床より厳しい条件下でスケーリングを行なったと思われた。一方、歯肉辺縁の位置は、C. E. J. が基準として採用しやすいこと、実験Ⅲ-1の結果から歯肉の退縮量が少ない場合の方がスケーラーの到達性が難しいことが予想されたため、C. E. J. とした。

コントロール群に用いたハンスケーラーは、Hu-Friedy社製 Gracey#5/6®, Barnhart#1/2®を選んだ。Gracy#5/6は主に分岐部入り口までの頬舌側面に用い、Barnhart#1/2は刃幅が狭く作られているため最も分岐部根面に到達しやすいと考え、主に分岐部内部に用いた。既製の超音波スケーラーチップはENAC-3®のST-08チップ®選んだ。ST-08チップはENAC-3の既製チップの中で最も細く、彎曲も与えられていることから分岐部根面に最も到達しやすいと考えられたためで

ある。

スケーリングに要した時間は各群ともかなり長く、歯周治療に熟練した術者が十分と判定するまで行なったことを考え合わせると、各群の除去率は各スケーラーの到達の限界を示しているものと思われる。

各群の到達性は、分岐部根面を5つの領域に分け、各領域ごとにマニキュアの除去率を求め比較検討した。各領域の境界を明確にするとともに、根尖方向から見た場合に根の弯曲などのためにアンダーカットに隠れて評価できない部分が残らないようにするため、スケーリング終了後人工歯肉を除去し、歯根を歯軸に垂直な方向で順次根尖方向から切断しながら規格撮影を繰り返し、スライドを合成して評価を行った。その結果、Area-A（分岐部の入口付近）では3種のスケーラーとも高い除去率を示したが、Area-BではH群、C群の除去率はかなり低下したことから、ハンドスケーラーと既製の超音波スケーラーチップは、分岐部病変がC. E. J. から水平方向に2 mmを越えると、スケーリング・ルートプレーニングはかなり困難になると思われる。さらに、Area-DではH群、C群の除去率がさらに低下したのに対し、F群の除去率はあまり低下しなかったことから、試作した根分岐部用チップは、分岐部頂点付近までは到達性がかなり高いことが示された。しかし、Area-Eすなわち分岐部頂点を越えると、F群の除去率もかなり低下した。これは、分岐部頂点付近はroofの弯曲が強く、そこを越えるとチップ先端が根面から離れてしまうためと考えられた。

以上の結果から、今回試作した分岐部用超音波スケーラーチップは、下顎第1・第2大臼歯根分岐部病変で、歯周組織破壊が頬舌的に分岐部頂点を越えていないもの、すなわちGlickmanの分類^(3,4)でGrade2の病変に対して臨床効果が高いと思われる。水平方向のポケットが反対側まで貫通しているGrade3でも、分岐部入口が歯肉縁上に露出していない場合には、頬側と舌側から用いることにより臨床効果を高められると思われる。

3) 臨床効果について

実験Ⅲ-3では、試作した分岐部用超音波スケーラーチップを分岐部病変を有する歯周炎罹患歯に応用し、改善効果を検討した。

被験歯はGlickmanの分類でGrade2の分岐部病変のみに統一した。この理由は、実験Ⅲ-2の結果から、従来の超音波スケーラーチップやハンスケーラーでもGrade1ではスケーリング・ルートプレーニング可能であるが、Grade2になると困難になり、試作したチップによるスケーリング・ルートプレーニングとの差を比較しやすいこと、Grade3になるとroot resectionやtunnelingなどが適応されることが多く、処置内容が変化するためである。

本実験も口腔清掃状態の差による影響を避けるため、実験Ⅱと同様に十分なブラッシング指導を行ってから実験を開始した。その結果、P1.I.は実験期間中差がみられず、口腔清掃状態は両群とも同等であったと考えられる。

実験群は、試作分岐部用チップのほかポケット探針型チップを併用したが、これは、分岐部病変では水平方向のポケットばかりでなく根尖方向にもポケットが生じているためである。対照群は従来から臨床で広く行なわれている方法として、ハンスケーラーと既製の超音波スケーラーチップを併用した。ハンスケーラーはGraceyの#1~14の中から各症例毎に最も適合しやすいものを用い、超音波スケーラーチップはENAC-3の既製チップの中で、最も細く、分岐部に最も適合すると考えられるST-08チップを用いた。

臨床効果を判定するパラメーターには、実験Ⅱの4項目に暗視野顕微鏡によるポケット内の細菌叢の評価を加えた。これは、分岐部の水平方向のprobing depthが、分岐部の解剖学的特徴から誤差が生じやすいので、ポケット内の細菌叢の変化を調べて治療効果の判定精度を高めたいと考えたためである。ポケット内細菌叢は、歯肉縁下スケーリングを十分行なうことにより、歯周炎に為害性が強いスピロヘーターや運動性桿菌の比率が低下し、為害性の弱い球菌の比

率が多くなると報告⁷²⁻⁷⁴⁾されており、歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニングの効果を判定するのに有効なパラメーターと考えられる。しかし、分岐部内のプラークをサンプリングすると、サンプリングの操作のみで臨床症状に変化を生じる可能性があり、サンプリング自体の影響を評価する必要があると思われた。そこで本実験ではBLの1週前にサンプリングと臨床診査を行った。その結果、すべての診査項目とも1週前とBLの間に大きな変化はなく、サンプリングの影響はほとんど無視できるものと考えられた。

BL以後、対照群は細菌叢がほとんど変化しなかったのに対し、実験群ではスピロヘーターや運動性桿菌の比率が有意に下がり、球菌の比率が有意に増加したこと、しかも改善した細菌叢が3ヶ月間は悪化の傾向なく維持できた。このことは、試作した根分岐部用チップが分岐部のスケーリング・ルートプレーニングに非常に有効であることを示しているものと考えられる。

近・遠心根の中央部で、対照群のclinical attachment levelがlossする傾向がみられた。これは実験Ⅱでも述べたように、ハンドスケーラーにより付着を損傷したことが原因と考えられる。一方、近心根の遠心隅角部では、対照群のattachment lossはないが、bleeding on probingも改善が少なかったことは、ハンドスケーラーおよび既製の超音波スケーラーチップの到達性が悪いことを示していると考えられる。

分岐部の水平方向で、clinical attachment levelとbleeding on probingが、実験群で対照群に比べ有意に改善が大きかった。さらに、3 mm以上のclinical attachment lossを記録したのは対照群の2例のみで、実験群にはみられなかった。これは、対照群では根分岐部内部へスケーラーがほとんど到達していなかったのに対し、実験群では分岐部内部までスケーリング・ルートプレーニングが行え、根分岐部内部の炎症の改善に差が生じたためと考えられる。一方、probing depthは実験群でも改善が少なく、深いまま残存しており対照群との間

に有意差はみられなかった。これは、実験Ⅱで垂直性骨欠損部位にprobing depthの残存がみられたのと同様に、分岐部では水平方向に歯肉の退縮が起こりにくいため、内部の炎症が改善してもprobing depthは改善が少なかったと考えられる。しかしながら、ポケット内部の炎症は十分に改善され、実験期間の3ヶ月間、悪化傾向がみられなかったこと、さらに実験Ⅱで、ポケットが残存した部位でも1年間メンテナンス可能であったことを考えると、本チップを用いて3ヶ月ごとにスケーリング・ルートプレーニングを行えば、分岐部のポケットを深くすることなく、しかもattachment lossを起こさずにメンテナンスできる可能性はきわめて高いと考えられる。

実験Ⅲの結果を総合して臨床応用を考えると、試作した根分岐部用チップはGrade2の根分岐部病変に対してはチップの到達性が高く、非外科的歯周治療に用いた場合の有効性も高いため、臨床応用により、hemisectionなど複雑な処置が避けられる症例も多くなると考えられる。Hemisectionなどは、多量の歯質や歯髄を失うなど多くのデメリットを持つことを考えると、外科処置を適応できない患者ばかりではなく、多くの患者にきわめて大きな利点になると思われる。しかし、Grade2の分岐部病変であっても、根尖方向の破壊が進行したり、根の離開がきわめて狭い場合などではチップが十分に到達せず、本装置の効果は低いと考えられ、このような症例で漫然と本装置によるスケーリング・ルートプレーニングを繰り返すことは、歯周組織破壊を進行させる危険性が高く、外科処置などを検討すべきである。

一方、根分岐部病変は、適応症を選べば最近開発されたG.T.R.(Guided Tissue Regeneration)法を用いると、歯周組織再生が起こりやすい部位⁷⁵⁻⁵⁸⁾であり、その際には術前に分岐部の炎症を改善しておくことが重要である。さらに、根分岐部は手術時歯肉弁を剥離した状態でもスケーラーの到達性が悪く、本装置は到達性に優れていることから、手術時にも有効性が高いと

考えられる。

なお、今回上顎大臼歯根分岐部は検討を加えなかったが、下顎に比べて分岐部の形態はさらに複雑であり、適合するチップの形態も複雑になると考えられ、今後検討する必要があると思われる。

総括および結論

現在用いられている超音波スケーラーやハンドスケーラーは、深いポケットや根分岐部などでは到達性が悪く、適切な操作も困難で、プラークや歯石の除去が不確実になる。そこで、深いポケットや根分岐部のスケーリング・ルートプレーニングを容易にかつ確実にこなう方法を開発する目的で、ポケット探針型超音波スケーラーチップと根分岐部用の超音波スケーラーチップを試作し、次の3つの実験を行って、その使用法と臨床効果を検討した。

実験Ⅰ ポケット探針型超音波スケーラーチップの使用条件が根面性状に及ぼす影響の検討

歯周炎の進行状態、さらには初期治療やメンテナンスなど、歯周治療の進行に応じて根面の汚染状態は変化するので、根面の状態に応じた試作ポケット探針型超音波スケーラーチップの適切な使用法を明らかにする目的で、その使用条件が、歯根表面の削除量と表面粗さに与える影響を表面粗さ計とSEMにより評価するとともに、罹患根面の為害性物質の除去効果に与える影響を根面上での線維芽細胞の培養により検討し、以下の結論を得た。

- 1) 超音波スケーラーの出力を大きくし、チップの超音波振動方向を根面に垂直に、根面に加える荷重を大きくすることにより、根面の削除量は大きく、為害性物質の除去効果は大きくなった。しかし表面は粗造になった。
- 2) 出力を小さく、チップの超音波振動方向を根面に水平に、荷重を小さくすることにより、表面は滑沢になったが、削除量は小さく、為害性物質の残存は多かった。
- 3) 根面の汚染状態により、ポケット探針型超音波スケーラーチップの使用条件を変えることにより、ハンドスケーラーと同等の為害性物質の除去効果と

滑沢性を得ることが可能であった。

以上の結果から、臨床における適切な使用条件を考えると、

- 4) 根面に大量のプラークや歯石が沈着している初期治療時には、出力を上げ、チップの超音波振動方向を根面に垂直方向にし、荷重を比較的大きくして、能率的な歯石・プラークの除去を行なう。次に出力を下げ、超音波振動方向は水平に、荷重は軽圧にして、滑沢な根面に仕上げるのが良い使用法と考えられた。
- 5) 根面の汚染が軽度なメンテナンス時は、超音波振動方向は根面に水平に、荷重は少なくし、除去しづらい歯石はその部分のみ荷重を強くしたり、超音波振動方向を垂直方向にする使用法が適切と考えられた。
- 6) 歯周組織の再付着を目的とした歯周外科時には、根面削除量を大きくする使用法が適切と考えられた。

実験Ⅱ 非外科的歯周治療に用いた場合の臨床効果の検討

ポケット探針型超音波スケーラーチップは深いポケット底部までスケーリングしやすいこと、実験Ⅰの結果、適切な使用法を用いればハンスケーラーに劣らない根面の滑沢性と為害性物質除去効果が得られたことから、非外科的歯周治療に応用可能と考え、その臨床効果を知る目的で、歯周炎罹患者を被験者として、定期的に歯肉縁下スケーリング・ルートプレーニングを行ない、臨床効果を1年間検討し、以下の結論を得た。

- 1) ポケットが浅い場合、attachment lossなくスケーリング・ルートプレーニングが可能であった。
- 2) ポケットが深い場合、垂直性骨欠損がない部位では、probing depthの減少、probing attachment levelのgain、bleeding on probingの減少などの歯周炎改善効果が大きかった。

- 3) ポケットが深く垂直性骨欠損がある部位では、歯肉の退縮が少なく深いポケットが残存する傾向がみられた。
- 4) しかし、深いポケットが残存した部位でも、本チップを3ヶ月ごとに繰り返し用いることによりattachment lossの進行は阻止可能であり、外科処置が適応できない場合にはきわめて有効な治療法と考えられた。

実験Ⅲ 根分岐部用超音波スケーラーチップの開発と臨床応用

ポケット探針型超音波スケーラーチップは根分岐部への到達性が悪く、分岐部のスケーリング・ルートプレーニングが不十分となることから、新たに大臼歯の根分岐部用チップを開発する目的で、下顎第1・第2大臼歯各50歯の抜去歯を用いて、根分岐部に適合の良いチップの曲率を検討し、その結果を基に根分岐部用チップを試作して、下顎第1・第2大臼歯分岐部根面への到達性を、下顎第1・第2大臼歯各30歯のシミュレート模型で検討した。さらに、下顎第1・第2大臼歯にGrade2の根分岐部病変を有する歯周炎罹患歯を被験歯として、根分岐部用超音波スケーラーチップの効果を臨床的に検討し、以下の結論を得た。

- 1) チップの曲率半径は、下顎第1・第2大臼歯を平均すると8、9、10mmが最も適合が良かったが、分割治療しづらい下顎第2大臼歯への適合と、根分岐部の側面への適合を考慮し、曲率半径10mmで根分岐部用チップを試作した。
- 2) 分岐部根面への到達性は、ハンドスケーラーと既製の超音波スケーラーチップでは、C.E.J.から水平方向に2mmを越えると著しく低下したが、分岐部用チップでは分岐部頂点付近まで良好であった。

- 3) Grade 2 の分岐部病変を有する下顎大臼歯に、ハンスケーラーと既製の超音波スケーラーチップを併用してスケーリング・ルートプレーニングした場合は、改善は少なかったが、根分岐部用チップとポケット探針型チップを併用した場合は著明な改善がみられた。
- 4) さらに歯周炎の改善が3ヶ月間維持できたことから、根分岐部用チップは根分岐部病変の非外科的歯周治療として有用性が高いと考えられ、hemisectionなどの複雑な処置を避けられる症例も多くなるのではないかと考えられた。

謝辞

稿を終えるにあたり、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました加藤熙教授に心から感謝申し上げます。さらに、本研究に際し、常に御協力と御鞭撻を賜りました川浪雅光助教授、加藤誠也氏、飯沼賢司氏、根岸淳氏、清水千世女史、堤田恭子女史、福井佐織女史、松本敦至氏、伊藤豊氏、加藤昌子女史をはじめとする第二保存学教室各位に心から御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Waerhaug, J. : Healing of the dento-epithelial junction following subgingival plaque control. II. As observed on extracted teeth. J. Periodontol., 49:119-134, 1978.
- 2) Bower, R. C. : Furcation morphology relative to periodontal treatment. Furcation entrance architecture. J. Periodontol., 50:23-27, 1979.
- 3) Rabbani, G. M., Ash, M. M. and Caffesse, R. G. : The effectiveness of subgingival scaling and root planing in calculus removal. J. Periodontol., 52:119-123, 1981.
- 4) Thornton, S. and Garnik, J. : Comparison of ultrasonic and hand instruments in the removal of subgingival plaque. J. Periodontol., 53:35-37, 1982.
- 5) 松尾 良平 : スケーリング, ルートプレーニングの歯肉縁下歯根面における器具操作の効果について. 日歯周誌, 25:80-97, 1983.
- 6) Caffesse, R. G., Sweeney, P. L., Smith, B. A. : Scaling and root planing with and without periodontal flap surgery. J. Clin. Periodontol., 13:205-210, 1986.
- 7) Patterson, M., Eick, J. D., Eberhart, A. B., Gross, K. and Killoy, W. J. : The effectiveness of two sonic and two ultrasonic scaler tips in furcations. J. Periodontol. 60:325-329, 1989.
- 8) Fleischer, H. C., Mellonig, J. T., Brayer, W. K., Gray, J. L. and Barnett, J. D. : Scaling and root planing efficacy in multirooted teeth. J. Periodontol., 60:402-409, 1989.
- 9) Nymann, S., Lindhe, J. and Rosling, B. : Periodontal surgery in plaque infected dentitions. J. Clin. Periodontol., 4:240-249, 1977.
- 10) 加藤 誠也, 菅谷 勉, 川浪 雅光, 国立 尊子, 飯沼 賢司, 加藤 熙 : 試作ポケット探針型チップを応用した歯肉縁下超音波スケーリング. 第1報 深い歯周ポケットへの到達性について. 日歯周誌, 29:627-633, 1987.
- 11) Kawanami, M., Sugaya, T., Kato, S., Iinuma, K., Tate, T., Hannan, M. A. and Kato, H. : Efficacy of an ultrasonic scaler with a periodontal probe-type tip in deep periodontal pockets. Adv. Dent. Res., 2:405-410, 1988.
- 12) 飯沼 賢治, 菅谷 勉, 楯 尊子, 川浪 雅光, 加藤 誠也, 加藤 熙 : ポケット探針型超音波スケーラーに関する研究. 歯肉縁下デブライドメントに用いた場合の臨床効果について. 日歯周誌, 30:925-933, 1988.

- 13)菅谷 勉, 川浪 雅光, 加藤 誠也, 楯 尊子, 飯沼 賢司, 加藤 熙 :
試作ポケット探針型チップを応用した歯肉縁下超音波デブライドメント.
第2報 深い歯周ポケット内での歯垢・歯石除去能力について.
日歯周誌, 29:957-963, 1987.
- 14)Kerry, G. J. : Roughness of root surfaces after use of ultrasonic
instruments and hand curettes. J.Periodontol., 38:340-346, 1967.
- 15)Wilkinson, R. F. and Maybury, J. E. : Scanning electron microscopy of the
root surface following instrumentation. J.Periodontol., 44:559-563, 1973.
- 16)Volkinburg, J. W., Green, E. and Armitage, G. C. : The nature of root
surfaces after curette, cavitron and alpha-sonic instrumentation.
J.Periodontal. Res., 11:374-381, 1976.
- 17)Meyer, K. and Lie, T. : Root surface roughness in response to periodontal
instrumentation studied by combined use of microroughness measurements
and scanning electron microscopy. J.Clin.Periodontol., 4:77-91, 1977.
- 18)Nishimine, D. and O'Leary, T. : Hand instrumentation versus ultrasonics in
the removal of endotoxins from root surfaces. J.Periodontol., 50:345-349,
1979.
- 19)佃 宣和 : 歯周疾患罹患セメント質に対する治療法の研究. I. ヒト歯肉由来培養
線維芽細胞の付着・増殖による評価. 日歯周誌, 33:90-100, 1990.
- 20)Björn, H. and Lindhe, J. : The influence of periodontal instruments on the
tooth surface. A methodological study. Odont.Revy., 13:355-369, 1962.
- 21)Clark, S. M., Grupe, H. E. and Mahler, D. B. : The effect of ultrasonics
instrumentation on root surfaces. J.Periodontol., 39:135-137, 1968.
- 22)Clark, S. M. : The ultrasonic dental unit: A guide for the clinical
application of ultrasonics in dentistry and in dental hygiene.
J.Periodontol., 40:621-629, 1969.
- 23)脇 勉 : 歯石除去に関する研究. 歯科医学, 40:657-679, 1977.
- 24)上田 雅俊, 稲田 芳樹, 飯田 正人, 寺坂 章, 本城 範典, 岩井 勝美,
深沢 英輔, 今井 久夫, 山岡 昭, 岡田 禎三, 岡田 啓之介, 竜門 聡子,
田村 基政, 楠 憲治, 小西 浩二 : Root planingに関する研究 (I)
—とくに歯面損傷について—. 日歯周誌, 21:93-101, 1979.

- 25) Nordland, P., Garrett, S., Kiger, R., Vanooteghem, R., Hutchens, L.H. and Egelberg, J. : The effect of plaque control and root debridement in molar teeth. *J. Clin. Periodontol.*, 14:231-236, 1987.
- 26) Loos, B., Claffey, N. and Egelberg, J. : Clinical and microbiological effects of root debridement in periodontal furcation pockets. *J. Clin. Periodontol.*, 15:453-463, 1988.
- 27) Loos, B., Nylund, K., Claffey, N. and Egelberg, J. : Clinical effects of root debridement in molar and non-molar teeth. A 2-year follow-up. *J. Clin. Periodontol.*, 16:498-504, 1989.
- 28) Nylund, K. and Egelberg, J. : Antimicrobial irrigation of periodontal furcation lesions to supplement oral hygiene instruction and root debridement. *J. Clin. Periodontol.*, 17:90-95, 1990.
- 29) Hirshfeld, L. and Wasserman, B. : A long term survey of tooth loss in 600 treated periodontal patients. *J. Periodontol.*, 49:225-237, 1978.
- 30) McFall, W.T. : Tooth loss in 100 treated patients with periodontal disease. A long term study. *J. Periodontol.*, 53:539-549, 1982.
- 31) Badersten, A., Nilveus, R. and Egelberg, J. : Effect of non-surgical periodontal therapy. VI. Localization of sites with probing attachment loss. *J. Clin. Periodontol.*, 12:351-359, 1985.
- 32) Kalkwalf, K.L., Kaldahl, W.B. and Patil, K.D. : Evaluation of furcation region response to periodontal therapy. *J. Periodontol.*, 59:794-804, 1988.
- 33) 田治米 保夫 : 歯石除去に関する研究—とくに歯石除去圧について—. *歯科医学*, 40:414-429, 1977.
- 34) Daly, C.G., Seymour, G.J., Kieser, J.B. and Corbet, E.F. : Histological assessment of periodontally involved cementum. *J. Clin. Periodontol.*, 9:266-274, 1982.
- 35) Hughes, F.J. and Smales, F.C. : Immunohistological investigation of the presence and distribution of cementum associated lipopolysaccharides in periodontal disease. *J. Periodontal. Res.*, 21:660-667, 1986.
- 36) 大島 光宏 : 細胞培養法を用いたスケーリング・ルートプレーニングの効果に関する研究. *日歯周誌*, 29:65-75, 1987.
- 37) Cheetham, W.A., Wilson, M. and Kieser, J.B. : Root surface debridement—An in vitro assessment. *J. Clin. Periodontol.*, 15:288-292, 1988.

- 38) 滝上 徹 : 歯根膜細胞の根面への付着・増殖に関する実験的研究
—特にfibronectinの応用について—。日歯周誌, 31:773-793, 1989.
- 39) 戸村 真一, 小嶋 太郎, 杉山 優, 高田 治, 鈴木 慎, 伊藤 公一 :
表面粗さの異なるスライドガラスに対する培養線維芽細胞の付着増殖に関する
研究。日歯周誌, 32:785-791, 1990.
- 40) Nyman, S., Sarhed, G., Ericsson, I., Gottlow, J. and Karring, T. : The role
of diseased root cementum in healing following treatment of periodontal
disease. An experimental study in the dog. J. Periodontol. Res.,
21:496-503, 1986.
- 41) Nyman, S., Westfelt, E., Sarhed, G. and Karring, T. : Role of diseased
root cementum in healing following treatment of periodontal disease.
J. Clin. Periodontol., 15:464-468, 1988.
- 42) 本郷 興人, 藤保 芳博, 菅野 寿一, 石川 純, 加藤 熙 : 歯肉剝離搔爬
手術後の付着様式におよぼす歯根表面粗さの影響。第1報 臨床的, 病理組織学的
観察。日歯周誌, 29:1058-1075, 1987.
- 43) 本郷 興人 : 歯肉剝離搔爬手術後の付着様式におよぼす歯根表面粗さの影響。
第2報 病理組織学的定量分析による評価。日歯周誌, 29:1076-1083, 1987.
- 44) Silness, J. and L  e, H. : Periodontal disease in pregnancy. II. Correlation
between oral hygiene and periodontal condition. Acta. Odont. Scand.,
22:121-135, 1964.
- 45) Mousquès, T., Listgarten, M.A. and Phillips, R.W. : Effect of scaling and
root planing on the composition of the human subgingival microbial
flora. J. Periodontol. Res., 15:144-151, 1980.
- 46) 紺野 純一 : 歯周炎患者における歯肉縁下プラーク形成に関する研究
—走査型電子顕微鏡による観察—。日歯周誌, 25 : 300-323, 1983.
- 47) 塚本 晃也, 川浪 雅光, 内山 純一, 木葉 篤, 三木 恒夫, 岩並 知敏,
加藤 熙 : 歯肉縁下プラークの形成に関する研究。日歯周誌, 30:172-181, 1987.
- 48) Claffey, N., Loos, B., Gantes, B., Martin, M., Heins, P. and Egelberg, J. :
The relative effects of therapy and periodontal disease on loss of
probing attachment after root debridement. J. Clin. Periodontol.,
15:163-169, 1988.
- 49) Knowles, J.W., Burgett, F.G., Nissle, R.R., Shick, R.A., Morrison, E.C. and
Ramfjord, S.P. : Results of periodontal treatment related to pocket depth
and attachment level. Eight years. J. Periodontol., 50:225-233, 1979.

- 50) Lindhe, J., Westfelt, E., Nyman, S., Socransky, S. S., Heijl, L. and Bratthall, G. : Healing following surgical/non-surgical treatment of periodontal disease. A clinical study. *J.Clin.Periodontol.*, 9:115-128, 1982.
- 51) Cercek, J. F., Kiger, R. D., Garrett, S. and Egelberg, J. : Relative effects of plaque control and instrumentation on the clinical parameters of human periodontal disease. *J.Clin.Periodontol.*, 10:46-56, 1983
- 52) Badersten, A., Nilveus, R. and Egelberg, J. : Four-year observations of basic periodontal therapy. *J.Clin.Periodontol.*, 14:438-444, 1987.
- 53) Ramfjord, S. P., Caffesse, R. G., Morrison, E. C., Hill, R. W., Kerry, G. J., Appleberry, E. A., Nissle, R. R. and Stults, D. L. : Four modalities of periodontal treatment compared over five years. *J.Clin.Periodontol.*, 14:445-452, 1987.
- 54) Caton, J. and Zander, H. : The attachment between tooth and gingival tissues after periodic root planing and soft tissue curettage. *J.Periodontol.*, 50:462-466, 1979.
- 55) Listgarten, M. A., Mao, R. and Robinson, P. J. : Periodontal probing and the relationship of the probe tip to periodontal tissues. *J.Periodontol.*, 47:511-513, 1976.
- 56) Armitage, G. C., Svanberg, G. K. and Löe, H. : Microscopic evaluation of clinical measurements of connective tissue attachment levels. *J.Clin.periodontol.*, 4:173-190, 1977.
- 57) Isidor, F., Attström, R. and Karring, T. : Regeneration of alveolar bone following surgical and non-surgical periodontal treatment. *J.Clin.Periodontol.*, 12:687-696, 1985.
- 58) Badersten, A., Nilveus, R. and Egelberg, J., : Effect of nonsurgical periodontal therapy. V. Patterns of probing attachment loss in non-responding sites. *J.Clin.Periodontol.*, 12:270-282, 1985.
- 59) Haffajee, A. D., Socransky, S. S. and Goodson, J. M. : Comparison of different data analyses for detecting changes in attachment level. *J.Clin.periodontol.*, 10:298-310, 1983.
- 60) Best, A. M., Burmeister, J. A., Gunsolley, J. C., Brooks, C. N. and Schenkein, H. A. : Reliability of attachment loss measurements in a longitudinal clinical trial. *J.Clin.Periodontol.*, 17:564-569, 1990.

- 61) Socransky, S. S., Haffajee, A. D., Goodson, J. M. and Lindhe, J. : New concepts of destructive periodontal disease. *J. Clin. periodontol.*, 11:21-32, 1984.
- 62) Claffey, N., Nylund, K., Kiger, R., Garrett, S. and Egelberg, J. : Diagnostic predictability of score of plaque, bleeding, suppuration and probing depth for probing attachment loss. 3¹/₂ years of observation following initial periodontal therapy. *J. Clin. Periodontol.*, 17:108-114, 1990.
- 63) Vanooteghem, R., Hutchens, L. H., Bowers, G., Kramer, G., Schallhorn, R., Kiger, R., Crigger, M. and Egelberg, J. : Subjective criteria and probing attachment loss to evaluate the effects of plaque control and root debridement. *J. Clin. Periodontol.*, 17:580-587, 1990.
- 64) Glickman, I. : Bifurcation involvement in periodontal disease. *J. Am. Dent. Assoc.*, 40:528-538, 1950.
- 65) 前沢 和宏, 川浪 雅光, 小路口 研治, 土佐 茂之, 石川 純 : 根分岐部病変の診査に関する研究. 下顎第1大臼歯の解剖学的観察と分岐部探針の適合性の検討. *日歯周誌*. 26:110-123, 1984.
- 66) 前沢 和宏, 川浪 雅光, 石川 純, 加藤 熙 : 根分岐部病変の診査に関する研究. 第2報 下顎第2大臼歯の解剖学的観察と分岐部探針の適合性の検討. *日歯周誌*. 29:880-886, 1987.
- 67) 前沢 和宏, 川浪 雅光, 石川 純, 加藤 熙 : 根分岐部病変の診査に関する研究. 第3報 試作した探針による下顎第1大臼歯根分岐部病変の臨床診査. *日歯周誌*. 29:887-893, 1987.
- 68) Langer, B., Stein, S. D. and Wagenberg, B. : An evaluation of root resections. A ten-year study. *J. Periodontol.*, 52:719-722, 1981.
- 69) Green, E. W. : Hemisection and root amputation. *J. Am. Dent. Assoc.*, 112:511-518, 1986.
- 70) Klavan, B. : Clinical observations following root amputation in maxillary molar teeth. *J. Periodontol.*, 46:1-5, 1975.
- 71) Hellden, L. B., Elliot, A., Steffensen, B. and Steffensen, J. E. M. : The prognosis of tunnel preparations in treatment of class III furcations. *J. Periodontol.*, 60:182-187, 1989.
- 72) Listgarten, M. A., Lindhe, J. and Hellden, L. : Effect of tetracycline and/or scaling on human periodontal disease. Clinical, microbiological, and histological observations. *J. Clin. Periodontol.*, 5:246-271, 1978.

- 73) Rosenberg, E. S., Evian, C. and Listgarten, M. A. : The composition of the subgingival microbiota after periodontal therapy. *J. Periodontol.*, 52: 435-441, 1981.
- 74) Lavanchy, D., Bickel, M. and Baehni, P. : The effect of plaque control after scaling and root planing on the subgingival microflora in human periodontitis. *J. Clin. Periodontol.*, 14:295-299, 1987.
- 75) Gottlow, J., Nyman, S., Lindhe, J., Karring, T. and Wennstrom, J. : New attachment formation in the human periodontium by guided tissue regeneration. Case report. *J. Clin. Periodontol.*, 13:604-616, 1986.
- 76) Ponteriero, R., Nyman, S., Lindhe, J., Rosenberg, E. and Sanavi, F. : Guided tissue regeneration in the treatment of furcation defects in man. *J. Clin. Periodontol.*, 14:618-620, 1987.
- 77) Ponteriero, R., Lindhe, J., Nyman, S., Karring, T., Rosenberg, E. and Sanavi, F. : Guided tissue regeneration in degree II furcation involved mandibular molars. A clinical study. *J. Clin. Periodontol.*, 15:247-254, 1988.
- 78) Ponteriero, R., Lindhe, J., Nyman, S., Karring, T., Rosenberg, E. and Sanavi, F. : Guided tissue regeneration in the treatment of furcation defects in mandibular molars. A clinical study of degree III furcation involvements. *J. Clin. Periodontol.*, 16:170-174, 1989.