歯肉溝滲出液による歯周疾患の診査に関する研究

— 静電容量と臨床所見の関連について —

若尾 徳男 吉永 英司 沼部 幸博 鴨井 久一

日本歯科大学歯学部歯周病学教室

(主任：鴨井久一教授)

(平成元年3月15日受付)

Study on the Examination of Periodontal Disease with Gingival Crevicular Fluid

— Correlation Between Capacitance and Clinical Findings —

Tokuo WAKAO, Eiji YOSHINAGA, Yukihiro NUMABE and Kyuichi KAMOI

Department of Periodontology, the Nippon Dental University,

School of Dentistry at Tokyo

(Chief : Prof. Kyuichi KAMOI)

An intimate relationship between the inflammatory state of the gingiva and the amount of gingival crevicular fluid (GCF) is well known. For the measurement of the volume of GCF, filter paper has been used in the past. In the present study, an electrostatic capacity measuring apparatus with sensor that is insertable into gingival sulcus was fabricated. Capacitance of GCF was measured in patients with periodontitis and the following results were obtained.

1. The measuring apparatus was controlled by a personal computer to obtain the data every 0.1 second. As the GI increased at the site of measure-

ment, higher values were obtained, with longer persistence of the trend of increase in the measured value.

2. In view of the stability of the measured values, the amount of GCF appeared to be best expressed as the value obtained after 10 seconds.

3. The correlation between the capacitance and the clinical findings was evaluated at 500 sites. The correlation was the highest in GI followed by PII, GBI and PD, suggesting the utility of this method in the detection of initial gingival inflammation.

Key words : Gingival crevicular fluid, Electrolyte, Capacitance

要旨：歯肉溝滲出液の静電容量を測定し、歯周疾患の診査を行う目的で、歯肉溝に挿入可能なセンサを有する測定器を製作した。

歯周疾患に罹患した患者を被検者として、パーソナルコンピュータで測定器を制御し、0.1秒に1回、データを採取した結果、測定部位の歯肉炎指数が高いほど測定値が大きく、測定値の増加傾向も長く続くことが示され、安定性から判断し、一定時間経過後の測定値で滲出液量を表現する場合には10秒間が望ましいことが示された。

10秒間に滲出した歯肉溝滲出液の静電容量と臨床所見の相関を500部位について測定し検討した結果、歯肉炎指数、歯垢指数、歯肉出血指数、歯肉溝の深さの順で相関が強く、本測定法は歯肉の初期の炎症を検知することに有効であることが示唆された。

索引用語：歯肉溝滲出液，電解質，静電容量

緒 言

歯周疾患の原因の大部分は細菌ならびにその産生物に起因するものであり，これらの細菌の集合体であるプラークと歯周組織は歯肉溝において接している。歯肉溝とは，歯表面，接合上皮，歯肉溝上皮の3つの性格の異なる組織に囲まれた空間で，この中に滲出する液体は歯肉溝滲出液と呼ばれる。滲出液は歯肉溝を構成する接合上皮が物質透過性を有するために歯周組織から滲出するものであり¹⁾，このことは，歯肉溝滲出液の成分が血清に類似し，これに炎症性浸潤細胞や組織代謝産物が加わったものであることから推察される。換言するならば，滲出液は歯周組織の炎症状態を反映するものであり，この観点から，近年多方面からその特性ならびに成分に関する検討がなされている。しかしながら，滲出液はその量が極めて微量であるため，分析には細心の注意と精度の高い装置が必要となり，滲出液の分析を歯周疾患の診査項目のひとつとして加えるのに困難であるのが現在の実情である。

一方，滲出液量は，歯肉の炎症程度と強い相関性を有することが知られており²⁾，その測定が簡便に行えれば臨床的に有意義であると考えられる。そこで著者は，滲出液中に血清と同様の電解質が存在することに着目し，その電気的特性を測定することにより滲出液量を把握しようと試みた^{3,4)}。その結果，単位時間中に滲出する滲出液の静電容量を測定することは，臨床所見との相関性の検討において，歯周疾患の診査法として有効な方法であることが認められた。

本研究では，現在までの臨床応用上問題となった諸点に検討を加え，測定装置に制御用コンピュータを接続し，情報を機能的に収集した結果，滲出過程について興味ある知見を得た。さらに，広範囲な症例につき臨床所見との比較検討を行ったので報告する。

実験材料および方法

1. 測定装置の構成

図1は本測定装置の構成を示すものである。装置は，発振回路，センサならびに基準回路，整流回路，分流器，デジタル表示回路および評価用ボード，パーソナルコン

図1 測定装置の構成

図2 歯肉溝におけるセンサの概念図

ピュータから成る。測定装置の電源として，9V 乾電池を2個使用する。

1) 発振回路

発振回路は，測定時の比例関係を取りやすいことを重視し，波形率の問題がないことから，交流電圧を方形波として発振することとした。本回路によれば，発振周波数は C_1 , R_1 により任意に設定される。

2) センサならびに基準回路

センサは，図2に示すように，直径 0.15 mm の陽極と，直径 0.4 mm，内径 0.2 mm の中空の陰極を同軸に組み込んだもので，両極は 0.3 mm の距離で固定され，陽極の軸面はテフロンで電氣的に絶縁がなされている。材質は両極ともステンレス鋼である。このセンサを電解質溶液中に浸漬すると，両極間に電解質の存在す

図 3 R_1 と発振周波数の関係

る、いわゆるコンデンサとなる。この静電容量を C_x とし、発振周波数 f の交流電圧 E を加えると、電流 I は以下の式で求められる。

$$I = K \cdot f \cdot E \cdot C_x$$

ここで K は測定装置の定数であり、 K , f , E は一定であるとすれば、電流 I は静電容量 C_x に比例する。

基準回路 C_s は、電池の電圧変動などにより生ずる表示値の誤差を校正する容量既知のコンデンサで、必要に応じ、センサと回路を切り換える。

3) 整流回路

センサよりの電流を全波整流する回路である。

4) 分 流 器

電流を電圧に変換する回路である。

5) デジタル表示回路

入力された電圧の一定時間内のパルスを測定し、基準電圧値と比較することにより等比例の線点間の電圧値に修正してデジタル表示するものである。なお、本回路には時限制御回路が付属し、設定した時間経過後に表示を固定することが可能である。

6) A/D コンバータ

パーソナルコンピュータへの出力時に使用する。測定器本体とはコネクタにより接続されており、データの転送を要さない場合には切り離して本体の表示回路を使用して測定する。

図 4 表示値と発振周波数の関係

7) 評価用ボード

シリアル I/O ポートとして日本テキサスインスツルメント社製 TMS 9995 評価用ボード TMAM 6095-J を使用した。

8) 制御用コンピュータ

日本 IBM 社製パーソナルコンピュータ 5550 ワークステーションを使用し、RS 232C を介して接続した。ソフトウェアにより、データ採取時期、採取時間を制御した。本測定系においては、0.1 秒に 1 回、20 秒間のデータ採取を設定した。

2. 測定装置の調整

発振回路中の C_1 を 100 pF に固定し、 R_1 を変化させたところ、図 3 に示す発振特性が得られた。使用周波数を決定するために予備実験を行い、歯肉溝滲出液の静電容量は、10 秒間で測定した場合、大半が 0 から 2,000 pF の間に分布することが判明した。この結果基準コンデンサ C_s は 1,000 pF に設定し、使用周波数はこの基準値を中心として、100 pF, 2,000 pF, 3,000 pF の負荷を与えたときの表示値の再現性が最も高くなる周波数を選定することとした。発振周波数の変動に伴う表示値の変化は、図 4 に示すとおりであり、10kHz~20 kHz の間が表示値と実際に負荷したコンデンサの容量との誤差が少なく、測定に適すると判断された。

さらに、歯肉溝滲出液のモデルとして、生理食塩液をセンサの電極間に介在させ、発振周波数を変えて測定し

図5 生理食塩液の測定値と発振周波数の関係

た結果、図5に示すとおり、周波数が高いほど表示値は安定するが、反面測定感度は低下することが判明した。また、他の機械器具に用いられている商用周波数の倍数に一致するとその影響を受けるため、これらの条件を勘案し、本測定器における発振周波数は16.6 kHzに設定した。

3. 実験方法

1) 静電容量と滲出時間との関係について

(1) 被検者

被検者は、日本歯科大学歯学部附属病院歯周病科に来院した患者で、全身的疾患を有さない者4名から4点測定によりLöeとSilnessの歯肉炎指数⁶⁾が0, 1, 2を示す部位を各々3部位ずつ選択し、被検部位とした。

(2) 測定方法

図6に示す方法で各部位1回ずつ20秒間測定した。対照として4倍希釈生理食塩液を使用し、併せて測定を行った。

2) 静電容量と臨床所見との関係について

(1) 被検者

被検者は、日本歯科大学歯学部附属病院歯周病科に来院した患者で、全身的疾患を有さない者30名（男性13名、女性17名、年齢28歳～57歳、平均40.4歳）を選択した。測定は4点法で行い、修復物を装着された部位は除外した。歯肉溝滲出液の静電容量の測定は初診時に

図6 パーソナルコンピュータを使用した測定法

図7 時間経過による測定値の変動

図 8 GI と測定値の関係

表 1 GI による測定値の変化

GI	n	Mean	S.D.
0	54	20.1	11.3
1	290	57.8	21.8
2	145	114.2	30.2
3	11	181.7	23.4

図 9 GBI と測定値の関係

表 2 GBI による測定値の変化

GBI	n	Mean	S.D.
0	172	45.0	27.2
1	328	87.6	40.7

結 果

行い、併せて臨床所見の評価を行った。

(2) 測定方法

測定する歯肉溝はスプレーにて十分洗浄し、簡易防湿を施し、エアーにて軽く乾燥させる。直ちに、センサを軽く抵抗を感じるところまで歯肉溝内に挿入し、測定器を作動させる。10秒後に表示値が固定されたことを確認したうえでセンサを取り出し、測定を終了する。

(3) 臨床所見の評価

以下の項目について同一人が診査を行った。

① 歯肉炎指数 (GI)

Löe と Silness の歯肉炎指数を用いて評価した。

② 歯肉出血指数 (GBI)

日歯大式規格荷重プローブを用いたプロービング⁶⁾により、10秒後に出血の見られなかったものを0、10秒以内に出血の見られたものを1と評価した。

③ 歯垢指数 (PII)

Silness と Löe の歯垢指数⁷⁾を用いて評価した。

④ 歯肉溝の深さ (PD)

日歯大式プローブを用いて測定し、1mmの単位で記録した。

1. 静電容量と滲出時間との関係について

GI 0 の場合、センサの挿入とほぼ同時に測定値の増加があった後、20秒後に至るまで大きな変化を認めなかった。

GI 1 の場合、センサの挿入とほぼ同時に測定値の増加があった後、10秒後に至るまで徐々に増加し、その後20秒に至るまで大きな変化を認めなかった。

GI 2 の場合、センサ挿入後5秒間に大きな増加を認め、その後20秒に至るまで僅かな増加傾向を認めた。

対照として測定した希釈生理食塩液については、センサ挿入後5秒間で測定値が安定し20秒後に至るまで僅かな減少傾向を認めた。

各群において、典型的な変化を認めた例を図7に示す。

2. 静電容量と臨床所見の関係について

(1) GI について (図8, 表1)

相関係数は0.80で、各群間に危険率1%で統計的に有意な差を認めた。

(2) GBI について (図9, 表2)

相関係数は0.48で、各群間に危険率1%で統計的に

図 10 PII と測定値の関係

表 3 PII による測定値の変化

PII	n	Mean	S.D.
0	208	50.0	30.0
1	263	85.2	38.9
2	24	113.0	39.4
3	5	189.0	14.1

有意な差を認めた。

(3) PII について (図 10, 表 3)

相関係数は 0.52 で, 各群間に危険率 1% で統計的に有意な差を認めた。

(4) PD について (図 11, 表 4)

相関係数は 0.28 で, 各群間の有意差検定の結果は表 5 に示したとおりである。

考 察

歯肉溝滲出液の存在を歯周疾患と関連づけて考究しようとする試みは, 既に 30 年以上にわたり多くの研究者によりなされている。

滲出過程については, Egelberg⁸⁻¹⁰⁾ が歯肉血管網の観察から正常な歯肉と慢性炎症を有する歯肉では, 血管網の形態が異なり, 炎症がある場合には, ループ状の形態をとり, 血管の透過性が亢進することを示し, 滲出液の滲出との関連を説明している。さらに, 高橋ら^{11,12)} は, 同じくイヌの歯肉の電子顕微鏡による観察により, 接合上皮の連続した細胞間隙に遊走性の白血球を認めることから, 正常な歯肉においても, 白血球は歯肉溝に遊出し

図 11 PD と測定値の関係

表 4 PD による測定値の変化

PD (mm)	n	Mean	S.D.
1	41	33.6	28.2
2	114	66.6	32.2
3	65	66.1	41.2
4	107	78.3	41.7
5	97	86.1	44.0
6	61	83.0	41.3
7	13	93.0	56.4
8	2	72.5	62.9

ていること, さらに, その由来は上皮基底膜直下の毛細血管であることを説明している。加えて上皮直下の血管は有窓性であり, 滲出液の滲出に有利であることも証明している。

滲出液量の研究に関しては, 同一被検者の 24 時間の測定結果¹³⁾や, 月経周期との関連の研究¹⁴⁾により, 同一被検者における滲出液量は, 測定条件により変動のあることを示している。さらに機械的刺激によっても増加することが知られている¹⁵⁾。しかしながら, 滲出液量に変動を与える最大の因子は炎症の発現である。神山ら¹⁶⁾ は, 実験的歯肉炎の発症過程において, 滲出液量を測定

表 5 各 PD における測定値の有意差検定

PD (mm)	2	3	4	5	6	7	8
1	**	**	**	**	**	**	NS
2		NS	*	**	*	*	NS
3			NS	*	*	*	NS
4				NS	NS	NS	NS
5					NS	NS	NS
6						NS	NS
7							NS

** : significant difference at $P < 0.01$ * : significant difference at $P < 0.05$

NS : not significant

し、3週間の期間中増加傾向を認めたことを報告し、Lindhe ら¹⁷⁾は、イヌの実験的歯周炎の成立過程において、初期では著明な増加を示し、プラーク沈着と密な相関があると述べている。滲出液の増加は、炎症の発現に伴う血管網の形態ならびに血管壁の透過性の変化によるものと考えられ、ヒスタミンが滲出液の成分中に含まれ、その濃度と液量、病態との間に相関性があること¹⁸⁾、局所塗布により液量を増加せしめること¹⁹⁾から、これらの変化にはケミカルメディエーターが関与すると考えられている。

一方、日常臨床において歯肉の炎症を診査し、記録する指標としては、GI, GBI などのプロービングによる診査が一般的であるが、これらの指標は、早期の歯肉の炎症の存在を把握することに関しては、必ずしも適した方法とは言いがたい。さらに客観性を望むことも困難である。これに代わるものとして、歯肉の炎症により滲出液量が増加することが注目され、診査項目として測定が行われるようになった。

滲出液量を測定するにあたり、歯肉溝より採取する方法が問題になる。この採取法には濾紙、ガラスやプラスチックの細管を歯肉溝に挿入し採取する方法、歯頸部に適合したレジンの隔壁内に液体を還流して回収する方法などがある。このうち、液量の測定に目的を限局した場合には、濾紙を用いるのが適切とされている²⁰⁾。

濾紙で採取された滲出液の量を測定する方法には、化学天秤で検量する方法、吸着した成分を染色し、その範囲を計測する方法などがあったが、近年では、電気的に濾紙中の滲出液量を読み取る方法が普及している。

この方法の原理は、滲出液を含む濾紙を電極の間に挟むことにより、その水分量を電流変化に置き換えて測定し、表示するものである。この利点は、精度が高いにも

かかわらず装置が小型軽量で、チエアーサイドの測定に適していること、測定済みの濾紙を分析過程に回せば、液量測定と成分分析が同一の濾紙でできることである。このことは、基礎的研究には非常に有利であるが、反面、臨床的な液量測定に目的を限定した場合には濾紙が介在する点で操作が煩雑となることが欠点である。

著者らはこの点に改良を加え、ポケットプローブサイズのセンサを濾紙のかわりに歯肉溝に挿入し、滲出液量の変化を捕らえる方法を考案した。

この方法は、滲出液量を水分量としてではなく、その中に含まれる電解質量として読み取り、静電容量として表示するものである。

歯肉溝滲出液の成分は、基本的にはその由来となる血清に類似した構成を示すが、滲出過程で加わった組織代謝産物や、細菌産生物が存在することに差を認める。このことから電解質も滲出過程で通過する組織の細胞内電解質が加わることになり、常に一定の構成ではない。したがって、液量を精確に表現することは困難であるが、滲出液中の電解質量は歯肉に炎症を有する場合には増加する傾向があり^{21~24)}、滲出液量そのものの増加と相まって、単位時間中に滲出した電解質量が多いほど歯肉の炎症程度の大きいことが推察される。

開発にあたり、濾紙を用いる従来の方法の測定器を試作し、臨床所見との関連を比較検討した³⁾。この結果は、従来の滲出液量の測定に関する報告と一致するもので、静電容量測定による滲出液の評価も、臨床上有効な診査法であることが示唆された。

次にセンサをポケットプローブタイプのものに交換し、再び臨床所見との比較を行ない同様な結論を得た⁴⁾。濾紙を使用しないこと、電解質量を基準としていることにより、微小液量測定器として他の目的に転用することが不可能となるものの、測定操作が簡便になること、装置が小型化されることにより、臨床的な有用性は増加することが本法の利点である。

一方、提起された問題点の一つは、センサ電極部の折損である。歯肉溝に挿入可能な電極の大きさには限界があり、使用できる材質にも制限があるため、これに対しては、陽極陰極の距離を短縮(0.5→0.3 mm)することで対処した。これによって予測される感度の低下と強度の増加の妥協点を試行錯誤し、回路の修正で改造前の測定値に近づけ解決を計った²⁵⁾。この改善により、本法のいま一つの問題点、即ち測定時に歯肉溝より出血を来すと測定値が低下することが減少した。これはセンサ先端形状の変更により、上皮下結合組織の抵抗力の減少した

炎症の存在する部位においても、測定により上皮を損傷する機会が減じたためと考えられる。しかしながら、重度な炎症部位の測定における出血による測定値の低下は今後の検討課題になることが認められた。

これら測定器本体に対する検討に加え、今回はパーソナルコンピュータによる測定器の制御を試みた。この目的は、測定データの整理、保存を効率化すること、0.1秒に1回という短時間のインターバルでデータを読み込むことにより、滲出特性の検索を可能にすることである。

測定値と滲出時間の関係を検討した結果、歯肉の炎症を臨床的に認めない部位においては測定開始1秒後には上昇傾向が終息し、以後安定した数値を維持するのに対し、炎症を認める部位においては、測定値の上昇する時間が炎症の程度が高いほど、また静電容量が高くなるほど長くなる傾向を認めた。しかしながら、後者においても5秒後には急速な上昇傾向が終息し、緩やかな増加に移行することが認められた。

GI3の部位においては、測定値の分散が大きく、曲線に収束せしめることが困難であったため本実験においては除外した。GI2の部位においても、一部に測定値の分散傾向を認めたことから、この現象は前述の測定時の歯肉からの出血による影響と考えられた。静電容量の測定を任意の時間で断層的に捕らえた場合、このような変化を正確に把握することは困難であり、従来の測定法における限界が示唆され、一方、ソフトウェアにこれらの条件を設定した場合には、出血部位のデータ除外や、反対に記録が可能であることから、測定器の制御にコンピュータを利用することは有用であることが示された。

しかしながら、軽度ないしは中等度の炎症の診査に関しては、5秒以降任意の設定時間で測定を行えば、安定した成績を得られることが示され、臨床において重視される初期の病変の捕捉には一定の時間経過後の測定値を記録する従来の方法で十分対処できることも証明された。

近年パーソナルコンピュータは小型化が進み、診療室への導入も散見されつつあるが、診査システムとした場合、インターフェイスも含めると相当の容積となり、チェアサイドの使用に適するとは言い難い。この観点からすれば、現状においては、広範囲な症例に対する診査ならびに記録を主体とする場合にはコンピュータによる制御を併用し、対象が限定された診査についてはチェアサイドでの利便を重視し、測定器本体のみを使用するという形で目的に応じて使い分けることが必要であると

思われる。そこで今回は、以上の特性を踏まえ、従来よりの測定法をより有効に行うべく検討を加えた。

臨床において滲出液の診査は、1歯4点、あるいは6点の測定点で連続的に行うものである。測定にあたっては、洗浄、乾燥をその度繰り返すことを原則としている。このため全顎の測定時間を短縮するには、センサの挿入から読み取り終了までの時間が短い方が望ましい。そこで最適な測定時間について検討を行った。

単位時間中に滲出した滲出液量を測定することは、乾燥を終了した時点から計時されていることを意味する。したがって、実際の測定においては、歯肉溝上皮を損傷しないように注意深くセンサを歯肉溝底に位置づけるために相当の時間を費やすこととなる。

これらの操作は熟練にともない短時間でできる様になるものの、短縮にも限りがあり、今回の0.1秒間隔での測定においても、操作に熟達した検査者が測定したにもかかわらず、5秒後に至るまではセンサの移動によると思われる測定値の急激な変動を示すエラー表示が散見された。

一般的な測定法となることを目的とするならば、熟練を要するような操作時間では望ましくなく、滲出特性のうえでは5秒以降任意の時間設定で測定が可能であると判明しても操作上の余裕を与える見地から、乾燥から測定終了に至る時間設定は10秒間と定めた。

このことは10秒を経過すると同一のセンサ位置を維持することが困難になることにもよるものである。

以上の条件設定により、外来患者歯肉溝500部位につき10秒間に滲出した滲出液の静電容量を測定し、臨床所見との相関を検討した結果、GI、PII、GBIの順で相関が強く、PDとの相関が最も弱いとの結果を得た。

歯肉の炎症を表わす指数であるGIは、辺縁歯肉の発赤腫脹を肉眼で認めた場合1となり、臨床的に正常な歯肉は0である。今回、0のときにも測定値の過半数は電解質を検知していた。臨床的に炎症を有さない接合上皮からも白血球の遊走が認められることから、臨床的に正常な歯肉の具備する条件とは、滲出液を認めないものではないことが示唆された。また、GIと正の相関を示していることから、滲出液量の測定と同様、本測定法も歯肉の初期の炎症を検知することに有効であることが示された。

PIIとの相関が強かったことに関してはプラークの沈着が上皮直下の毛細血管の透過性を亢進させる引き金になることから、滲出性炎症の進行過程としてGI、GBIと同様に説明できるものである。

PD との相関は他の臨床所見と比較して弱いものであったが、これは Mann の報告²⁶⁾と一致するところであり、歯周ポケットの深さは歯肉の炎症が長期にわたって残存した結果を反映しているものであることから、現存する炎症の程度との相関が密ではないものと考えられる。しかしながら、臨床的に正常範囲である 1~2 mm の歯肉溝と、4 mm 以上の歯周ポケットについて比較すると滲出液の静電容量は 4 mm 以上の群の方が高い値を示しており、深い歯周ポケットではその底部に歯肉の炎症を有するものが多いことを示している。このような直視困難な部位での炎症の検知に GBI と併せて静電容量の測定を行なうことは歯周疾患の診査において有効であると考えられる。

今回の測定においては、洗浄後も歯肉溝に持続的な出血を認め、明らかな測定値の低下を示すものは除外した。しかしながら、深いポケットでは出血の有無を確認しにくい実際の炎症程度より測定値が低値を示している可能性は否定できない。このような部位の測定におけるセンサの位置決めに当たってはより慎重さを要するが、将来的には、滲出特性の違いをプログラムし、出血部位をチェックする方法が最も効果的であると思われる。そこで、現状においてはプローブによる診査を併用することが望ましい。

以上の結果により、単位時間中に滲出する歯肉溝滲出液の静電容量を測定することは、その基盤となる滲出液量の診査と同様に歯肉の炎症程度を反映する診査指標となりうることを示唆され、濾紙法による液量測定に比較して簡便であることから、臨床上有意義な診査法であることが認められた。さらに、パーソナルコンピュータと連携することにより、時間経過と滲出量の関連を記録することが可能となり、滲出特性の解明にも有効と考えられる。また、他の診査項目に対するセンサの開発、接続により、コンピュータを核とした診断補助システムを形成することも可能であり、引き続き臨床応用への検討を加える所存である。

結 論

歯肉溝に挿入可能なセンサを有する静電容量測定器を製作し、歯肉溝滲出液の静電容量を測定した結果、以下の結論を得た。

1. パーソナルコンピュータで測定器を制御し、0.1 秒に 1 回、データを採取した結果、測定部位の GI が高いほど測定値が大きく、測定値の増加傾向も長く続くこ

とが示された。

2. 測定値の安定性から判断し、一定時間経過後の測定値で滲出液量を表現する場合には 10 秒間が望ましいことが示された。

3. 10 秒間に滲出した歯肉溝滲出液の静電容量と臨床所見の相関を 500 部位について測定し検討した結果、GI, PII, GBI, PD の順で相関が強く、本測定法は歯肉の初期の炎症を検知することに有効であることが示された。

謝 辞

稿を終るにあたり、本研究の遂行に際し、ご協力をいただいた山浦製作所株式会社ならびに教職員各位、妻裕子に深く感謝いたします。なお、本研究は文部省科学研究費補助金 (No. 617 71555) の援助を受けたものであることを申し添え、ここに謝意を表します。

文 献

- 1) Brill, N. and Krasse, B.: The passage of tissue fluid into the clinically healthy gingival pocket. *Acta. Odont. Scand.*, 16: 233-245, 1958.
- 2) Björn, A.L., Kogh, G. and Lindhe, J.: Evaluation of gingival fluid measurements. *Odont. Revy*, 16: 300-307, 1965.
- 3) 吉永英司, 浜野泰子, 朝日出祥一, 鴨井久一: 歯肉溝滲出液測定器の臨床試用。一静電容量の検討一。日歯周誌, 23: 659-663, 1981.
- 4) 吉永英司, 浜野泰子, 鴨井久一: 静電容量測定器による歯周組織診査。日歯周誌, 24: 607-613, 1982.
- 5) Löe, H. and Silness, J.: Periodontal disease in pregnancy. I. Prevalence and severity. *Acta. Odont. Scand.*, 21: 533-551, 1963.
- 6) 高須賀慎二, 花村裕之, 本田 忍, 吉永英司, 保母良基, 亙理 滋, 鴨井久一: Gingival bleeding index の再評価について。日歯周誌, 23: 664-668, 1981.
- 7) Silness, J. and Löe, H.: Periodontal disease in pregnancy. II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta. Odont. Scand.*, 22: 121-135, 1964.
- 8) Egelberg, J.: The blood vessels of the dento-

- gingival junction. *J. Periodont. Res.*, 1 : 163-179, 1966.
- 9) Egelberg, J. : Permeability of the dento-gingival blood vessels. II. Clinically healthy gingivae. *J. Periodont. Res.*, 1 : 276-286, 1966.
 - 10) Egelberg, J. : Permeability of the dento-gingival blood vessels. III. Chronically inflamed gingivae. *J. Periodont. Res.*, 1 : 287-296, 1966.
 - 11) 高橋常男, 横地千仞, 高橋和人 : 歯肉内縁上皮の超微構造の立体的観察. 歯基礎誌, 19 : 241-263, 1977.
 - 12) 高橋常男, 横地千仞, 高橋和人 : 内縁上皮下の血管の電顕的観察. 歯基礎誌, 20 : 327-340, 1978.
 - 13) Bissada, N., Schaffer, E.M. and Haus, E. : Circadian periodicity of human crevicular fluid flow. *J. Periodontol.*, 38 : 36-40, 1967.
 - 14) Lindhe, J., Attström, R. and Björn, A.L. : The influence of progestogen on gingival exudation during menstrual cycles. A longitudinal study. *J. Periodont. Res.*, 4 : 97-102, 1969.
 - 15) Brill, N. : Effect of chewing on flow of tissue fluid into human gingival pockets. *Acta. Odont. Scand.*, 17 : 277-284, 1959.
 - 16) 神山義信, 浅沼 勝, 徳嵩昇一, 前田久美子, 梁川誠郎, 堀内 博 : ヒトの実験的歯肉炎における Bleeding Index について. 日歯周誌, 23 : 518-525, 1981.
 - 17) Lindhe, J., Hamp, S.E. and Löe, H. : Plaque induced periodontal disease in beagle dogs. A 4-year clinical, roentgenographical and histometrical study. *J. Periodont. Res.*, 10 : 243-255, 1975.
 - 18) 奥村和道 : 歯周疾患と Histamine との関係 1. 歯周疾患患者の全唾液および歯周 pocket 浸出液中の Histamine 量. 日歯周誌, 17 : 208-215, 1975.
 - 19) Egelberg, J. : Permeability of the dento-gingival blood vessels. IV. Effect of histamine on vessels in clinically healthy and chronically inflamed gingivae. *J. Periodont. Res.*, 1 : 297-302, 1966.
 - 20) Cimasoni, G. : Crevicular fluid updated, Karger, Basel, 1983, 29-44.
 - 21) 松江一郎 : 歯石除去の研究 第3報. 口病誌, 34 : 452-460, 1967.
 - 22) Kaslick, R., Chasens, A.I., Mandel, I.D., Weinstein, D., Waldman, R., Pluhar, T. and Lazzara, R. : Quantitative analysis of sodium, potassium and calcium in gingival fluid from gingiva in varying degrees of inflammation. *J. Periodontol.*, 41 : 93-97, 1970.
 - 23) Kaslick, R., Chasens, A.I., Mandel, I.D., Weinstein, D., Waldman, R., Pluhar, T. and Lazzara, R. : Sodium, potassium and calcium in gingival fluid ; A study of the relationship of the ions to one another, to circadian rhythms, gingival bleeding, purulence, and to conservative periodontal therapy. *J. Periodontol.*, 41 : 442-448, 1970.
 - 24) Bang, J., Cimasoni, G., Rosenbusch, C. and Duckert, A. : Sodium, potassium and calcium contents of crevicular exudate ; Their relations to gingivitis and periodontitis. *J. Periodontol.*, 44 : 770-774, 1973.
 - 25) 吉永英司, 斉藤泰子, 鴨井久一 : ペリオメーター®の試用経過と改良点について (抄録). 日歯保誌, 26 : 652, 1983.
 - 26) Mann, W.V. : The correlation of gingivitis pocket depth and exudate from the gingival crevice. *J. Periodontol.*, 34 : 379-387, 1963.