フラップ手術後の歯肉血流の推移について

笹本 幸資 佐藤 聡 伊藤 弘 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4年3月6日受付)

The Study on the Change of Gingival Blood Flow after a Flap Surgery

Koji SASAMOTO, Soh SATO, Hiroshi ITO and Kyuichi KAMOI

Department of Periodontology, The Nippon Dental University, School of Dentistry at Tokyo

2-3-16, Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan

(Chief : Prof. Kyuichi KAMOI)

Twenty patients with periodontal disease who needed periodontal surgery on the upper anterior teeth were selected for the present study, and changes in blood flow volume during wound healing after flap operation were observed using a laser speckle blood flowmeter.

Ten adults with clinically healthy gingiva were used as a preliminary experimental group. Changes in pulse rate, blood pressure and blood flow volume were serially determined on days 0, 3, 5, 7, 14, 21 and 28. Measurement of the blood flow volume was performed at the sites of gingival attachment to the central buccal incisor and canine of the upper jaw using a holder devised for this purpose. Clinical parameters, i.e., plaque control record (PCR), gingival index (GI) and probing depth (PD), were also determined at the same site. In the experimental group, the preoperative value was defined as the value obtained by measurement on day 0. Flap operation was performed on the upper anterior teeth, and postoperative changes in blood flow volume were determined and compared according to a procedure similar to that used in the preliminary experimental group. The following results were obtained :

1) Measurement of clinical parameters showed PCR to be 0% and GI to be 0 in the preliminary experimental group and PCR to be 0% and GI to be 0.95 ± 0.70 in the experimental group. The preliminary experimental group exhibited no daily variations in blood flow volume immediately below the gingiva during the measurement period. No correlations were found between blood flow volume and pulse rate or blood pressure.

2) During wound healing after a flap operation, blood flow volume immediately below the gingival epithelium showed two types of changes : increased and decreased blood flow in the early postoperative period as compared with preoperative levels. The mean PD value was 2.89 ± 0.42 mm in the increased blood flow group and 3.97 ± 0.76 mm in the decreased blood flow group.

3) In the increased blood flow group, blood flow volume significantly increased on postoperative days 3, 5 and 7 as compared with preoperative levels ($p < 0.01$).

4) In the decreased blood flow group, blood flow volume was significantly decreased on postoperative days 14, 21 and 28 as compared with preoperative levels ($p < 0.01$).

Key words : Flap operation, Wound healing, Gingival blood flow velocity

要旨：上顎前歯部に歯周外科治療を必要とする歯周疾患の患者 20 名を選び、フラップ手術後の創傷治癒過程における血流量の変化をレーザースペックル血流計を用いて観察した。

予備実験群として臨床的に健康な歯肉を有する成人 10 名を対象とし、脈拍、血圧および血流量の変化を 0 日、3 日、5 日、7 日、14 日、21 日、28 日と経日的に測定をおこなった。血流量の測定では、測定部位の上顎切歯群および犬歯部の頬側中央部の付着歯肉部に、保持装置を作製し測定をおこなった。また、臨床パラメータとしては測定部位の plaque control record (PCR), gingival index (GI), およびプロービングデプス (PD) を測定した。実験群では、0 日の値を術前値とし、上顎前歯部にフラップ手術をおこなった。さらに予備実験群と同様の実験計画で、術後の血流量の変化を比較観察し、以下の結果を得た。

1) 臨床パラメータは、予備実験群で PCR 0%, GI 0, 実験群では PCR 0%, GI 0.95 ± 0.70 であった。予備実験群では、測定期間において歯肉直下血流量の経日的変化は認められず、脈拍および血圧と血流量との相関関係についても認められなかった。

2) フラップ手術後の創傷治癒過程において歯肉上皮直下の血流量の変化は、術前の測定値に比較し術後早期に増加または、減少する型の 2 相に分けられた。さらに 2 相に分けられた群の PD の平均値は、増加群で 2.89 ± 0.42 mm, 減少群で 3.97 ± 0.76 mm であった。

3) フラップ手術後の血流増加群では、術後 3 日、5 日および 7 日において、術前の血流量と比較して増加し有意差が認められた ($p < 0.01$)。

4) フラップ手術後の血流減少群では、術後 14 日、21 日および 28 日において、術前の血流量と比較して減少し有意差が認められた ($p < 0.01$)。

索引用語：フラップ手術、創傷治癒、歯肉血流量

結 言

フラップ手術は、歯周疾患により破壊された歯周組織の再生を期待する代表的な外科処置である。むしろその創傷治癒における組織修復過程については、病理組織学的研究を中心として数多く報告されてきた^{1,2)}。

組織の創傷治癒過程における血管の新生は、再生組織への水分や栄養物の供給、さらには、組織の代謝産物を輸送する機能をも有している。さらに歯肉上皮下の毛細血管が、炎症の変化^{3,4)}あるいは創傷治癒の過程^{1,2)}において変化を示し、さらにこの変化が、血流の変化として起こることも報告されている⁵⁾。しかし、正常歯肉⁶⁾あるいは歯肉の炎症状態と血流量との関係⁷⁾についての報告は見られるが、歯周組織の創傷治癒過程においての変化について究明した報告は、ほとんど見られない。

また、臨床において創傷治癒過程におけるこれら組織変化を捉える方法としては、発赤、腫脹、出血など主観的検索方法を中心としており、これらを客観的に捉える方法は現在のところ見当たらない。

従来、血流量の測定には、放射性同位元素を用いた

クリアランス法^{8,9)}、水素ガスクリアランス法^{10,11)}、熱拡散を利用した交叉熱電対法¹²⁾など侵襲的あるいは非侵襲的方法が用いられてきた。しかし、血流測定の臨床的応用による理想的な形は、非侵襲的方法であり、測定機器の操作が簡便でしかも、再現性があり、また迅速かつ連続測定が可能であり、さらに測定が短時間内におこなえることである。近年、血流測定の理想的な条件を多く認める測定装置として、レーザードップラー効果を応用した血流計が注目されるようになってきた。レーザードップラー法¹³⁾による微小循環での血流計測への応用は、1975 年に Stern¹⁴⁾ がヒトの指で経時的な血流動態を測定し報告して以来、この方法は Holloway ら¹⁵⁾、Nilsson ら¹⁶⁾ によって改良され、臨床にも応用されるようになり、今日までに即時応答性の優れた新手法として、皮膚¹⁷⁾、消化管粘膜¹⁸⁾、肝臓¹⁹⁾ など広い組織にわたりすでに実用化されている。

本実験の血流量の測定には、従来のレーザードップラー血流計の精度や安定性に改良を加えたものを用いた。すなわち、レーザースペックル血流計を用い、フラップ手術後の創傷治癒過程における歯肉表層下の血流量の変化を経日的追及したのでその大要をここに報告する。

測定器具および方法

1. 血流測定装置

血流測定装置は、レーザー表層血流計 LC-1(キャノン社製、東京)を使用した(図1)。レーザー表層血流計の原理は、半導体レーザーより発せられた波長 750 nm の近赤外光をグラスファイバーを通し、プローブ先端より歯肉内部に侵入させ、毛細血管内を流れる赤血球によって周波数シフトを起こさせる。さらにその後、シフトした周波数を持つレーザー光は、歯肉により干渉しあい周囲に時間的にランダムに変動するスペックルパターン(光強度ゆらぎ)を生じさせる。このように血流により得られるスペックル信号は、別のグラスファイバーを通し、光電子増倍管(PM)で電流信号に変換される。この周波数分布勾配は、100 Hz と 640 Hz の2つの帯域フィルター(BPF)と絶対値回路を経由させることにより、デジタル化され両者の平均値パワーの比として計算され血流量として出力される構造となっている(図2)。本血流計の測定プローブの

図1 レーザー表層血流計装置

図2 レーザー表層血流計装置のダイアグラム

先端には、直径 2 mm の小形プリズムを内蔵し、その先端より半径 0.5 mm の半球形部分の範囲について測定をおこなうものである。

2. 測定方法

測定に際しては、同一部位での測定が可能となるよう歯科用レジン UNIFAST®(GC 社、東京)にて保持装置を作製した。保持装置により測定プローブの側面の保持をおこない歯肉表面には、可及的に圧が加わらないようにした(図3, 4)。

なお、経日的な血流量の測定は、患者の了解のもとにおこなった。

1) 予備実験群の測定法

実験に際して、測定日のちがいによる血流量の変化がないことを確認する目的で、全身疾患を有せず臨床的に健康な歯肉を有する成人 10 名(男性 5 名、女性 5 名、24~30 歳、平均 26.1 歳)を対象とし測定をおこなった。被験部位は、上顎切歯群および上顎犬歯の頰側中央部の付着歯肉で、プロービングデプスおよび X 線写真を参考に保持装置を作成し測定をおこなった(図3, 4)。

測定は図5に示すタイムスケジュールに従っておこなった。

全期間を通じ温度による血流量の変化を減少させる目的から、測定 30 分前より飲食および口腔含嗽を中止させ、さらに血流量測定前には、脈拍、血圧の測定を血圧監視装置 TM-2720(エー・アンド・デイ社製、東京)にておこなった。臨床パラメータとしての plaque control record (PCR, O'Leary, 1978)²⁰⁾, gingival index (GI, Löe & Silness, 1963)²¹⁾ およびプロービングデプス (PD) は、血流量測定後に測定をおこなった。

図3 保持装置と測定プローブとの関係

図4 口腔内における測定プローブとその保持装置

た。また、血流量の測定に際しては、仰臥位にて5分間安静を保たせた後、測定をおこなった。実験期間を通じ被験者には、手用歯ブラシ GUM® #211 (Butler 社, U.S.A.) によるプラークコントロールをおこなわせた。

2) 実験群の測定法

被験者は、日本歯科大学歯学部附属病院歯周病科外来患者 20 名 (男性 12 名, 女性 8 名, 20~66 歳, 平均 47.7 歳) で初期治療終了後、再評価にて上顎前歯部に歯周外科治療が必要と診断された患者を対象とした。被験部位は、上顎切歯群および上顎犬歯の頬側中央部の付着歯肉で、PD および X 線写真を参考に保持装置を作製し測定をおこなった。

測定は図5に示すタイムスケジュールに従っておこなった。

全期間を通じ温度による血流量の変化を減少させる目的から、測定 30 分前より飲食および口腔含嗽を中

血流量：◎ 血圧：★ 脈拍：●
臨床パラメータ (PCR, PD, BOP, GI)：○

図5 実験スケジュール

止させ、さらに血流量測定前には、脈拍、血圧の測定を血圧監視装置 TM-2720 にておこなった。臨床パラメータとしての PCR, GI, および PD の測定は、フラップ手術の術前の血流量測定後に測定をおこなった。フラップ手術は、ウィドマン改良法に準じておこなった。縫合は、歯間縫合をおこない、歯周パックの使用はおこなわず、さらに術後1週間は、イソジンガーグル® (明治製菓, 東京) による含嗽を毎食後おこなわせ、その後は、手用歯ブラシ GUM® #222 (Butler 社, U.S.A.) によるプラークコントロールをおこなわせた。

3. 統計処理法

統計処理は、Kendall の相関係数と t 検定をおこなった。

結 果

1. 予備実験群の結果

測定部位の臨床パラメータは、RCR 平均 0%, GI 平均 0 であった。測定期間において、被験者間における血圧、脈拍と血流量との相関関係は認められなかった (表1)。また、血流量の経日的な変化では、同一被験者では差は認められないものの各被験者間の差が大きかった。したがって本研究においては、その差をなくし、血流量を 1.0 とし、比によって経日的な変化を求めた。その結果、血流量の経日的な変化では統計的に有意の差は認められなかった (図6, 7)。

2. 実験群の結果

術前における臨床パラメータとして、測定部位の PCR は平均 0%, GI は平均 0.95 ± 0.7 であった。測定期間中の血圧および脈拍と血流量との相関関係は認められなかった (表2)。術後3, 5日では、術前の測定

表 1 予備実験における脈拍、血圧の変化

被 験 者 n=10	初日(0日)			3日			5日			7日			14日			21日			28日		
	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期
平均	1.84	73.0	115.2 63.4	2.13	71.9	116.3 67.8	1.90	75.1	122.3 67.7	2.02	70.7	119.1 64.0	1.94	70.8	115.8 61.4	2.09	71.9	110.7 60.3	2.09	70.4	109.3 59.3
標準	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
偏差	0.63	10.8	8.6 13.4	0.68	10.4	13.4 8.4	0.58	7.9	8.3 10.3	0.69	8.1	8.0 7.4	0.74	10.4	12.2 10.5	0.83	9.2	7.4 7.9	0.74	8.7	7.4 8.0

表 2 実験群における脈拍、血圧の変化

患 者 n=20	0日			3日			5日			7日			14日			21日			28日		
	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期	血 流 量	脈 拍 (回/分)	血 圧 (mmHg) 収縮期 拡張期
平均	2.10	79.6	125.9 80.9	2.46	73.9	129.6 82.7	2.31	73.2	133.7 82.8	2.10	75.6	131.6 85.3	1.83	71.3	133.3 83.6	1.72	75.4	132.7 85.6	1.75	68.0	128.5 84.5
標準	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
偏差	0.97	17.0	14.7 16.5	0.94	8.7	15.4 13.3	0.79	8.8	21.8 13.9	0.73	12.0	24.6 18.5	0.74	20.9	25.2 16.9	0.61	12.6	22.4 22.4	0.55	24.7	12.7 13.7

値と比較して血流量が増加し、統計的に有意差が認められた($p < 0.01$)。術後7日を経過すると、血流量は、術前の測定値と比較して統計的に有意差は認められなくなった(図8, 9, 表3)。

実験群における、血流量の分布傾向は、術前の測定値に対して、術後3日、5日に現れる初期の変化より、血流量の増加傾向を示す増加傾向群、および減少傾向を示す減少傾向群に分類された。増加傾向群における平均PDは、 2.89 ± 0.42 mm, 減少傾向群では 3.97 ± 0.76 mm となった(図10)。血流量において、増加傾向群の分布は、術後3日、5日、そして7日において増加分布傾向を示し、術前と比較して統計的に有意の

差を認めた($p < 0.01$)。術後14日以降より血流量は術前の測定値に近づいた値となり、統計的に有意の差は認められなかった(図11, 12, 表4)。減少傾向群における血流量の分布は、術後3日、5日、7日において術前の測定値との間には、統計的に有意の差を認めなかった。一方、14日以降において、血流量の分布は減少傾向を示し、統計的に術前の測定値と比較して有意の差を認めた($p < 0.01$) (図13, 14, 表5)。

考 察

血流量の測定法としては、今日、熱流解析法¹²⁾があり、これは外界へ放散する熱の流れを解析する方法、また、¹³³Xe クリアランス法^{8,9)}と水素ガスクリアランス法^{10,11)}は、放射性同位元素の局注あるいは吸入により皮内に飽和した水素ガスの濃度が、血流により減少していく状態を経時的に測定し、クリアランス曲線を求めて血流量を算出する方法などが応用されている。しかし、これらの方法は、比較的複雑な機器が必要で、さらに操作も煩雑である。

血流測定の理想的な形は、非侵襲的であること、簡便であること、再現性があること、連続した計測が可能であること、さらに測定が短時間に容易におこなうことができるものなどである。本研究に用いたレーザースペックル血流計は、レーザードップラー血流計の精度や安定性に改良を加えたもので、これらの目的に合致しているものと考えられる。

Holloway ら¹⁵⁾は、彼らが開発したレーザードップ

図6 予備実験群における血流量の分布

図7 予備実験群における血流量の推移

ラー血流計と ^{133}Xe クリアランス法との比較実験をおこなっており、ヒトの前腕における 16 の測定値の結果より両測定法の相関係数は、0.89 でかなり高い正の相関性を認めたと述べている。

図 8 実験群における血流量の分布

しかし、従来のレーザードップラー血流計は、以下のような理由により使用を大きく制約されている。1) 高い光量を得るために大口径のプラスチックファイバーを用いているため、機械的振動により衝撃性のノイズが発生し、これが血流による信号よりも大きなモード雑音が発生してデータを不安定にし、回復に時間がかかり、測定値の変動が大きいこと。また、2) 使用されているフォトダイオードの信号レベルが低いため、それを増幅する際に雑音が混入し、測定値のドリフトが起きること²²⁾などである。これに対し本実験に用いたレーザースペckル血流計では、直径 $10\text{ }\mu\text{m}$ の通信用の石英ファイバーを使用することによりこれらのノイズの発生を防ぎ、安定したデータが得られるように配慮されている。さらに、本血流計ではレーザースペckル現象を利用し、得られる周波数分布勾配を 100 Hz と 640 Hz の 2 つの対域フィルターと絶対値回路を経由させ、デジタル化したうえで両者の平均パワーの比を計算し血流量として出力しており²³⁾、測定値の安定性、再現性において非常に高い信頼性が得られている。藤居ら²⁴⁾は、この原理を用いた血流計と従来の血流計とを比較し、本実験装置がデータの迅速性と

図 9 実験群における血流量の推移

表 3 血流の予備実験群と実験群（全体）との比較

	0	3	5	7	14	21	28(日)
予備実験群	1.00	1.18 ± 0.25	1.05 ± 0.18	1.08 ± 0.23	1.07 ± 0.21	1.13 ± 0.19	1.15 ± 0.18
実験群	1.00	1.37 ± 0.65	1.22 ± 0.46	1.16 ± 0.45	0.94 ± 0.40	0.95 ± 0.37	0.96 ± 0.20

Significant difference from initial value (* : $p < 0.01$)

図 10 術前の基準値に対し、増加傾向を示した群 (Increased influence, II) と減少傾向を示した群 (Decreased influence, DI) との血流量の分布とロービングデプスの平均値との関係

図 11 実験群における血流の増加傾向群の分布

図 12 実験群における血流の増加傾向群の推移

表 4 血流の予備実験群と実験群 (血流の増加傾向群) との比較

	0	3	5	7	14	21	28(日)
予備実験群	1.00	1.18 ± 0.25	1.05 ± 0.18	1.08 ± 0.23	1.07 ± 0.21	1.13 ± 0.19	1.15 ± 0.18
実験群	1.00	1.76 ± 0.48	1.49 ± 0.37	1.34 ± 0.39	1.10 ± 0.41	1.17 ± 0.33	1.08 ± 0.23

Significant difference from initial value (*: $p < 0.01$)

安定性において優れていることを報告している。一方、レーザースペckル現象を応用した血流計の欠点として考えられることは、血流量が絶対値として表示され

ないということである。小野ら²⁵⁾は、*in vitro* の測定において検討した結果、血流量と血流計表示値との間には、正の相関関係が得られたと述べている。このことは、よりレーザースペckル現象を応用した血流計の表示値が局所の血流量の変化に反映するかを示唆するものである。

測定方法としては、経時的な観察に際し、測定プローブの保持安定さらに再現性が重要な問題としてあげられる。測定部位において歯肉下の血管の走行は、細動脈、あるいは細静脈が緩やかな血管叢を形成し^{26,27)}、さらにそこから長いヘアピン様の終末毛細管係路が交差したり、からまったりしながら走行しており^{28,29)}、必ずしも歯肉と平行に関係にあるとは言えない。小野ら²⁵⁾は、断面積 8.1 mm^2 のチューブのなかに家兎血液を流し、レーザースペckル血流計の測定プローブの角度をそれぞれ 90° , 60° , 30° と変化させたときの、血流量と血流計表示値との相関関係について検討をおこなった。その結果、それぞれの測定プローブの角度においてデータは、安定しており大きな差は、認められなかったと報告している。

本研究では、あらかじめ測定プローブが測定部位の

図 13 実験群における血流の減少傾向群の分布

図 14 実験群における血流の減少傾向群の推移

表 5 血流の予備実験群と実験群（血流の減少傾向群）との比較

	0	3	5	7	14	21	28(日)
予備実験群	1.00	1.18 ± 0.25	1.05 ± 0.18	1.08 ± 0.25	1.07 ± 0.21	1.13 ± 0.19	1.15 ± 0.18
実験群	1.00	0.77 ± 0.32	0.83 ± 0.25	0.88 ± 0.40	0.71 ± 0.26	0.62 ± 0.13	0.76 ± 0.21

Significant difference from initial value (*: $p < 0.01$)

歯肉に対し、直角となるよう歯科用レジンにて保持装置を作成し、測定をおこなっており測定範囲内における測定プローブの角度については、再現性があるものとなっている。

すでにレーザードップラー現象を応用した血流計を用いて皮膚¹⁷⁾、消化管粘膜¹⁸⁾、肝臓¹⁹⁾における血流測定を行った報告があり、これらの報告において測定プローブは、測定部位に接触した状態で測定をおこなっている。山倉ら⁷⁾は、レーザードップラー血流計を用い、歯肉毛細血管の血流量と臨床的パラメータとの関係について基礎的な研究を行い、その中で測定プローブが歯肉表面に接したことについて、軽度ながら虚血を引き起こす可能性があることを述べている。Baabら⁶⁾は、歯肉の血流量について測定をおこない、その中で測定部位から0.5~1.0 mm プローブを離し、非接触として測定をおこなっている。さらに藤田ら³⁰⁾は、拍動心筋組織の血流量について非接触型プローブと、密着型プローブにより測定をおこなった。その結果、非接触型プローブを用いた群では、密着型プローブを用いた群に比べ血流量が低値を示したと報告している。さらに密着型プローブ使用群においては、その値が水素クリアランス法の計測値と良好な相関関係を示したのに対し、非接触型プローブを用いた群では、個々の回復曲線は、著しく異なり相関性も有意ではなかったと報告している。また、その理由として非接触型プローブ群では、心筋とプローブとの間に0.5 mm 程度の間隙が生じ、そのため組織への照射光と組織から送られてくる受信信号の捕捉が、減弱するためと考察している。

本研究において測定プローブは、保持装置によりプローブ側面の保持をおこない歯肉表面には、可及的に圧が加わらないよう密着して測定をおこなっており、非接触による測定よりも測定値に及ぼす影響は少ないものと考えられる。

さらに口腔内の環境温度の変化による血流量の変動、つまり加温、加冷による微小循環系血管の管径の変化による動静脈吻合 (arteriovenous anastomoses, AVA) 部の開口数の増減が血流量に関与すると考えられており、これについて Baab ら⁶⁾は、温度の変化が血流量に影響を及ぼすこと、さらに咬合圧による血流量の現象についても報告しており、本実験では、これらの影響を考慮し、測定前の30分間の飲食および含嗽は中止させ、さらに測定時には咬合圧が加わらないよう開口状態にて測定を行った。

一般に上皮下の血管系は、概ね浅層より 1) 結合組織乳頭層の毛細血管係締、2) 乳頭下層の細動静脈網、3) 結合組織中層の細動静脈網の3層から成っており、乳頭層の毛細血管係締は、乳頭下層の細動静脈網から分岐して上皮方向へ直立に林立しており³¹⁾、その形態は口腔上皮下においても同様と考えられる。今回用いたレーザースペックル血流計の測定範囲は、上皮より半径約0.5 mmの半球形の範囲とされ、結合組織乳頭層の毛細血管係締、部位によっては乳頭下層の細動静脈網までこの範囲に含まれると考えられ、ほぼ従来のレーザードップラー現象を応用した血流計と同様と考えられ、本血流計においても結合組織の上1/2程度の深度、つまり主に上皮直下の血管網の血流を検出しているものと推定される。

血液量あるいは血流速度には、自然動揺が見られ、その動揺には、心拍の影響から起こる拍動性の動揺、呼吸から起こる呼吸性の動揺、それに微小循環網における血管運動から起こる動揺の3つが知られている。その中でも、血管運動から起こる動揺は、微小循環単位ごとに独立し毎分1~4回の周期を有している³²⁾。Baab ら⁶⁾は、歯肉(歯間乳頭部、遊離歯肉部、付着歯肉部)および歯槽粘膜における血流量の比較測定をおこない、その結果、歯肉において拍動性動揺は、遊離歯肉部に見られ、血管による動揺は、おもに歯間乳頭部で観察された。また付着歯肉部では、動揺の振幅は小さく、拍動性動揺の影響もあまり受けないと述べている。

本実験における血流量の測定は、上顎中側切歯部および犬歯部の付着歯肉においておこなった。これは、以下の理由から再現性のあるデータを得るためである。1) 同部位における付着歯肉幅の平均が口腔内頬側において一番広いこと、2) スtentにより測定プローブの保持が容易なこと、3) Baab ら⁶⁾の報告から拍動性動揺の影響をあまり受けにくいこと。以上のことからである。

今回測定をおこなった付着歯肉下の乳頭下固有層では、細動脈、あるいは細静脈が緩やかな血管層を形成している^{26,27)}。さらにそこから終末毛細血管係締が長いヘアピン様に交差したり、からまつたりしながら各結合組織乳頭内へと伸展している。毛細管係締には、上行性の動脈腕と下降性の静脈腕とがあり、その直径は平均約10 μm (5~20 μm の範囲) である^{28,29)}と報告されている。さらに歯肉表面1 mm²当たりの係締の数は、実際に存在する結合組織乳頭の数よりも少ない約

46²⁸⁾, ないし 60²⁹⁾と報告されている。また, 今回測定をおこなったヒト中切歯部辺縁歯肉さらに側切歯部辺縁歯肉では, それぞれ 53 (26~77 の範囲) および 63 (35~89 の範囲) と報告されている²⁹⁾。Gaetgens ら³³⁾は, ネコ腸管膜の微小血管における血流速度の測定を行い, その結果, 直径 20 μm 以上の細動脈では, 心因に起因する脈動が顕著であるが, 毛細血管では, ほとんど定常な流れが認められたと報告されている。

今回, 実験期間を通し血流量に加え, 脈拍および血圧の測定をおこなった。しかしその結果において, 血流量と脈拍さらに血流量と血圧 (拡張期, 収縮期) とともに全期間を通じ有意な相関関係は認められなかった。このことより本実験に用いた血流計の測定範囲のほとんどが結合組織繊維頭層の毛細血管係締であることが考えられた。

信藤ら¹⁾は歯肉における血管の新生機序を, 既存血管の先端から細胞が増殖し毛細管の伸長を主体とする elongation type と, 新しい毛細管の出芽, 分枝を主体とする sprouting type とに分け, 上皮下毛細血管は, 主に elongation によって血管新生が始まると述べている。丹田²⁾は歯肉剥離掻爬術後の微細血管構築について報告しており, 術後 5 日から 7 日では歯肉辺縁部に活発な上皮の伸長が見られ, 主に elongation type の血管新生過程を経て血管球に変化していると報告している。

本実験結果では, 術前の血流量を基準に術後の血流量の変化について, 観察をおこなった。その結果, 全体としては術後 3 日から 5 日において術前に比べ有意な血流量の増加傾向が認められ, その後, 術前の測定値に近づく傾向が認められた。しかし, 術前の血流量を基準にした場合, 術後早期 (3 日, 5 日) において増加傾向を示す群と減少傾向を示す群とが認められた。増加傾向を示す群では, 全体の血流量の変化と同様の傾向を示し, さらに術前の血流量と比較し, 術後 3 日から 7 日まで統計学的に有意に増加傾向を示した。一方, 減少傾向を示す原因としては, 1) 術後の疼痛や情動ストレスによって血管が敏感に反応し, 顕著な収縮を来し血流量が減少する。これは強い情動ストレスによって骨格筋血流量では著しく増加するのに対し, 皮膚などの末梢血管において起こる³⁴⁾。2) 減少傾向を示した群の平均プロービングデプスが, 増加傾向を示す群に比較し深い傾向にあり, このことより術前の基準において既に高い血流量の状態にあった。ま

た, 測定部周囲に炎症性の血管に富んだ組織が存在し, これがフラップ手術時に除去されることにより, その間隙に, 術後早期に血管の再生が起こり, 表層の血管への血流の供給が減少していると考えられる。いずれにしても減少傾向を示した群では, 術前の測定値に対して術後 14 日以降, 術前の測定値よりも減少する傾向を示し, このことから術前に炎症が存在していたことが予測された。

本実験において創傷治癒後の歯肉の状態を客観的な数値として表わすことができた。しかし, 歯周疾患に罹患して来院する患者の正常な血流量の測定は, 不可能であり初期治療終了後の血流量が, 本来の正常値にどの程度近いかを判断する事も困難である。今後は, この二つの傾向を示す治癒傾向が, 歯周外科後の創傷治癒にいかに関与を及ぼすかを検討する必要があるものと考えられる。

結 論

1. 予備実験群の被験歯においては, 日差における歯肉上皮直下の血流量の変化は, 認められず, 脈拍, 血圧と血流量との相関関係は認められなかった。
2. フラップ手術後の創傷治癒過程において歯肉上皮直下の血流量変化のパターンは, 術前の測定値に比べ, 増加および減少する場合の 2 相に分かれた。増加傾向群における PD は, $2.89 \pm 0.42 \text{ mm}$ であり, 減少傾向群における PD は, $3.97 \pm 0.76 \text{ mm}$ であった。
3. フラップ手術後の測定値に比べ血流増加群においては, 術後 3 日, 5 日そして 7 日に, 術前の血流量と比較して, 統計的に有意の差を認めた ($p < 0.01$)。
4. フラップ手術後の測定値に比べ, 血流減少群においては, 14 日以降において, 術前の測定値に比べて統計的な有意差を認めた ($p < 0.01$)。

文 献

- 1) 信藤孝博, 西川義公, 長谷川善則, 丹田博巳, 柳原一晃, 大西和久, 今井久夫, 山岡 昭: 歯周外科処置後の創傷治癒に関する実験的研究—治癒過程における血管新生機序—。日歯保誌, 30: 1079-1094, 1987。
- 2) 丹田博巳: 歯肉剥離掻爬術後の微細血管構築の変化について。日歯周誌, 31: 100-118, 1989。
- 3) Hock, J. and Nuki, K.: A vital microscopy study

- of the morphology of normal and inflamed gingiva. *J. Periodont. Res.*, 6 : 81-88, 1971.
- 4) Nuki, K. and Hock, J. : The organization of the gingival vasculature. *J. Periodont. Res.*, 9 : 305-313, 1974.
 - 5) Kaplan, M.L., Jefcoat, M.K. and Goldhaber, P. : Blood flow in gingiva and alveolar bone in beagles with periodontal disease. *J. Periodont. Res.*, 17 : 384-389, 1982.
 - 6) Baab, D.A., Oberg, P.A. and Holloway, G.A. : Gingival blood flow measured with a laser doppler flowmeter. *J. Periodont. Res.*, 21 : 73-85, 1986.
 - 7) 山倉久史, 岡田菜穂子, 戸塚明美, 大竹 徹, 宮下元, 長谷川紘司 : レーザー・ドップラー血流計を用いた歯肉毛細血管血流量の基礎的研究. *日歯周誌*, 28 : 646-653, 1986.
 - 8) Tsuchida, Y. and Tsuya, A. : Measurement of skin blood flow in delayed deltopectoral flaps. using local clearance of 133 Xenon. *Plast. Reconstr. Surg.*, 62 : 763-770, 1978.
 - 9) Hock, J., Nuki, K., Schlenker, R. and Hawks, A. : Clearance rates of Xenon-133 in noninflamed and inflamed gingiva of dogs. : *Archives of Oral Biology*. 25 : 445-449, 1980.
 - 10) Aukland, K., Bower, B.F. and Berliner, R.W. : Measurement of local blood flow with hydrogen gas. *Circ. Res.*, 14 : 164-187, 1964.
 - 11) 猪岡英二, 鈴木典夫, 丸山幸夫他 : 水素ガス・クリアランス法による心筋局所血流の測定. *脈管学*, 13 : 361-364, 1973.
 - 12) Clarke, N., Shephard, B. and Hirsch, R. : The effects of intra-arterial epinephrine and nicotine of gingival circulation. : *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 52 : 577-582, 1981.
 - 13) Yeh, Y. and Cummins, H.Z., : Localized fluid flow measurements with an He-Ne laser spectrometer. *Appl. Phys. Lett.*, 4:176-178, 1964.
 - 14) Stern, M. : In vivo evaluation of microcirculation by coherent light scattering. *Nature*. 254 : 56-60, 1975.
 - 15) Holloway, G.A., Watkins, D.W. : Laser Doppler measurement of cutaneous blood flow. *J. Invest. Dermatol.* 69 : 306-309, 1977.
 - 16) Nilsson, G.E., Tenland, T. and Oberg, P.A. : A new instrument for continuous measurement of tissue blood flow by light beating spectrometry. *IEEE Trans Biomed Eng.* 27 : 12-16, 1980.
 - 17) Stern, M.D., Lappe, D.L., Bowen, P.D., Chimosky, J.E., Holloway, G.A. Jr, Keiser, H.R. and Bowman, R.L. : Continuous measurement of tissue blood flow by laser-Doppler spectroscopy. *Am. J. Physiol.*, 232 : H441-H448, 1977.
 - 18) Shepherd, A.P. and Riedel, G.L. : Continuous measurement of intestinal mucosal blood flow by laser-Doppler velocimetry. *Am. J. Physiol.*, 242 : G668-G672, 1982.
 - 19) Arvidsson, D., Svensson, H. and Haglund, U. : Laser-Doppler flowmetry for estimating liver blood flow. *Am. J. Physiol.*, 254 : G471-476, 1988.
 - 20) O'Lery, T.J., Drake, R.B. and naylor, J.E. : The plaque control record. *J. Periodontol.*, 43 : 38, 1972.
 - 21) Löe, H. and Silness, J. : Periodontal disease in pregnancy. I. Prevalence and severity. *Acta Odont. Scand.*, 21 : 533-551, 1963.
 - 22) 野平久仁彦, 新富芳尚, 大浦武彦, 他 : レーザードップラー血流計 Periflux の使用経験. *形成外科*. 27 : 311-317, 1984.
 - 23) Fujii, H., Asakura, T., Nohira, K., et al. : Blood flow observed by time-varying laser speckle. *Optic Letters*, 10 : 104-106, 1985.
 - 24) 藤居 仁, 朝倉利光, 野平久仁彦, 新富芳尚, 大浦武彦 : レーザースペckル現象を用いた皮膚血流測定 (III) 一 半導体レーザーの利用一. *日本レーザー医学会誌*, 5 : 343-346, 1985.
 - 25) 小野一郎, 大浦武彦, 山本有平, 村住昌彦, 藤居仁, 朝倉利光 : レーザースペckル血流計の性能に関する基礎的検討とこれを用いた有茎皮弁の予後判定. *形成外科*, 32 : 137-145, 1989.
 - 26) Franke, J. : Ueber die Struktur und Funktion der Endstrombahn bei parodontalen Erkrankungen. *Dt Zahnärztl Z*, 19 : 177-192, 1964.
 - 27) Kindlova, M. : The blood supply of the marginal periodontium in *Macacus rhesus*. *Archs Oral Biol*, 10 : 869-874, 1965.
 - 28) Forsslund, G. : The structure and function of the capillary system in the gingiva in man. *Parodontologie*, 14 : 137-147, 1960.
 - 29) Kamijo, Y., Suzuki, K., Takahashi, K., Wakatuki, E., Maeda, T. and Takeishi, J. : Morphological studies on the capillary system in the gingiva in man by means of capillary microscopy. *Bull Tokyo Dent Coll*, 5 : 149-169, 1964.
 - 30) 藤田憲弘, 森田久樹, 中島 茂, 水重克文, 平尾健一, 千田彰一, 松尾裕英 : レーザードブラー法による拍動心筋組織血流の測定に関する研究. *脈管学*, 31 : 253-262, 1991.
 - 31) 三木吉治 : 皮膚循環 : 現代皮膚科学大系 第 3 巻 C, (山村雄一ほか編), 中山書店, 東京, 1980, 123-155.
 - 32) 沖野 遙, 菅野基晃, 松尾裕英 : 微小循環心臓血管系の力学と基礎計測, 第一版, 講談社サイエンティフィク, 東京, 1980, 337-372.
 - 33) Gaetgens, P., H.J. Meiselman and H. Wayland :

Erythrocyte flow velocities in mesenteric microvessels of the cat, *Microvas. Res.*, 2 : 151-162, 1970.

34) Ludbrook, J. and A.H. Vincent : The effects of mental arithmetic on hand blood flow. *AJEBAK*, 52 : 679-686, 1974.

連絡先 :

日本歯科大学歯学部歯周病学教室

〒102 東京都千代田区富士見 2-3-16