

歯肉血流におよぼす機械的刺激の影響

Effect of Mechanical Stimulation on Gingival Blood Flow

渡部恵子・金子(山口)和美・片岡あい子・嶋野浪江・西口栄子

Keiko Watabe, Kazumi Kaneko (Yamaguchi), Aiko Kataoka, Namie Simano, Eiko Nishiguchi

(湘南短期大学歯科衛生学科)

緒言

平成11年歯科疾患実態調査¹⁾によれば、歯肉になんらかの所見のある者は72.9%を示し、その内45歳～54歳がもっとも高率で88.4%を示している。また中等度歯肉炎の基準の一つとされている4 mm以上の歯周ポケットを有する者は32.5%となっている。前回調査の平成5年歯科疾患実態調査²⁾では歯肉に所見のある者は総数で68.1%であり、4.8%の増加を示している。

炎症型の歯周疾患はこれら歯肉炎と、歯肉炎がさらに進行し病変が歯周組織におよび、歯槽骨の吸収などが生じたものをいい、特異的な病原因子と宿主応答能力や感受性の違いにより変化する多因子性の疾患である。又、生活習慣病として捉えられているため、「健康日本21」報告書³⁾では専門家等による支援とともに自己管理(セルフケア)能力の向上を目標に置いている。

セルフケアによる歯周疾患予防を考えた時、歯周疾患は病態の進行により血行障害を伴うことが考えられるため、血行を良くして歯肉の活性化を図ることが歯周疾患予防につながると考える。そこで我々は歯周疾患予防法の一つとして、歯肉の血流を増加させる因子を検討した。

機械的刺激としてのブラッシングによる歯肉血流増加の方法については多くの研究者によって研究され、嶋井ら⁴⁾は磁気歯ブラシにより歯肉血流量が増加することを報告し、田中ら⁵⁾⁶⁾はイヌを使って歯肉微小循環に効果を及ぼす方法

としてブラッシングによる効果を明らかにし、さらに埴岡ら⁷⁾⁸⁾は歯ブラシの刺激以外の方法として音波振動シリコンゴムブラシや脈動ジェット水流における刺激効果を認めている。又、香月ら⁹⁾はトゥースピックによる血流促進効果を報告している。

又、機械的刺激としての咀嚼による微小循環への効果として佐々木¹⁰⁾、安部¹¹⁾らはガムを使って脳血流への有効性を報告している。

今回我々は歯周疾患予防の観点から、歯肉の微小循環を改善し血流促進を図る方法として、ブラッシングと咀嚼をとりあげその効果を観察した。

対象と方法

1. 対象

某短期大学女子2年生のうち、全身的に健康であり、正常歯列・健康な歯肉を有することを条件とし、さらに本研究の目的を理解し賛同を得られた者を対象とした。

2. 歯肉血流量の測定

歯肉血流量の測定はレーザードップラー血流計(ADVANCE LASER FLOWMETER:ALF21D)を用い、測定結果の解析にはPowerLab/4 STを用いた。

被験者の姿勢は座位とし、プローブの固定は被験者によるHAND法¹²⁾とした。すなわち、プローブを左手で持ち、2.3 歯間唇側の付着歯肉

部にあて、中指で歯面に固定してプローブの歯肉への接触圧の一定化を図った。また、口唇による加圧を防ぐため、示指で上唇の排除を行った。この操作に際してはプローブを背面でワイヤーを用いて補強し、固定を容易にした(図1)。

食品は咀嚼開始から終了(嚙下開始)までの平均血流量を測定した。

3. ブラッシング

(1)各自が日常的に使用している歯ブラシで、上顎および下顎臼歯部のブラッシング(スクラビング法:歯ブラシの毛先を歯面に直角に当てると同時に辺縁歯肉にも軽く接触させ、小さな往復運動を行う¹³⁾)を行い、安定時の平均血流量を測定した。

(2)ブラッシング条件の細分化

① 歯ブラシの刷毛の硬さの比較

ふつう(Butler社、GUM#211)とやわらかめ(同#233)を使用した。

② ブラッシングの方法の比較

スクラビング法(前述)とバス法(歯ブラシの毛先を歯軸に対して45°の角度で歯肉にあて、静かに歯周ポケットに挿入し、近遠心方向の微振動を与える¹³⁾)を使用した。

③ ブラッシング部位の比較

上顎臼歯部、下顎臼歯部、上顎右側中切歯、上顎左側中切歯、下顎右側中切歯とした。臼歯部のブラッシングは、血流計センサー固定の関係上いずれの場合も右側とし、第一大臼歯を代表歯とした。

4. ブラッシング圧の測定

ブラッシング圧の測定には、歯みがき圧指導

器(コマツ株)を用い、被験者のブラッシング時の平均的な数値を検査者が読みとった。測定にあたっては、ブラッシング圧が恣意的になることを避けるため、被験者からは数値を確認できない状態とした。

5. 試料

柳沢ら¹⁴⁾による「物性による食物分類(噛みごたえ度)」により、バナナ(噛みごたえ度2)、羊羹(練り羊羹、米屋株噛みごたえ度4)、きゅうり(噛みごたえ度6)、乾パン(三立製菓株、噛みごたえ度8)、さきいか(噛みごたえ度10)を用い、その他ガム(粒状ガム、XYLISH、明治製菓株式会社)を用いた。

試料の条件は日常の一口量とし、①さきいか:1本、②ガム1粒、③バナナ:直径約3cm×1.5cm、④羊羹:8ツ切り、17mm×17mm×19mm、⑤きゅうり:直径約2.5cm×1.5cm、⑥乾パン:1個とした(図2)。

③から⑥の4食品について、嚙下するまでの咀嚼回数を検査者が下顎の動きで測定した。

6. 有意差の検定

血流増加率は[(負荷後-負荷前)/負荷前]とし、百分率で表示した。

有意差の検定はstudent's t-test, one-way ANOVA, 相関係数を用いた。

結果

1. ブラッシングによる影響

1) 日常使用している歯ブラシによる観察

血流量は上下顎とも、コントロール(ブラッシング前)と比較して1%の危険率で有意に高

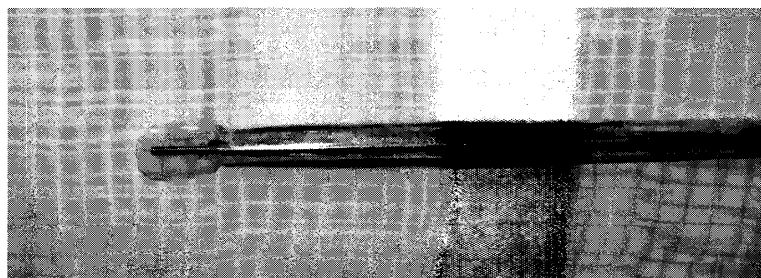


図1. プローブ(背面)

値を示したが、上顎の血流増加率（平均±標準誤差）は 245.7 ± 22.50 、下顎の血流増加率は 279.3 ± 28.76 であり、両者の間に有意な差は認められなかった（表1）。

2) 細分化した条件での観察

A 歯ブラシの硬さによる観察

刷毛の硬さの異なる歯ブラシでの比較では、有意差の検定にあたってそれぞれの項目を統合するために、前段階として個々に有意差が無いことを確認した。すなわち、歯ブラシの刷毛の硬さにおいては、硬さ「ふつう」の上顎臼歯部スクラビング法とバス法間、下顎臼歯部スクラビング法とバス法間、硬さ「やわらかめ」の上顎臼歯部スクラビング法とバス法間、下顎臼歯部スクラビング法とバス法間で有意差が無いことを確認したうえで統合した。次に、硬さ「ふつう」の上顎臼歯部と下顎臼歯部間、硬さ「やわらかめ」の上顎臼歯部と下顎臼歯部間でそれぞれ有意差が無いことを確認したうえでさらに統合し、最終的に硬さ「ふつう」と「やわらかめ」として検定を行った。以下、ブラッシング

の方法、ブラッシング部位についても同様な方法で有意差が無いことを確認した後、統合して検定を行った。

その結果、硬さが「ふつう」のものの血液増加率は 107.5 ± 9.28 、「やわらかめ」のものの血流増加率は 103.6 ± 7.75 で、刷毛の硬さによる有意差は認められなかった（表2）。

B ブラッシングの方法による観察

スクラビング法による血流増加率は 106.9 ± 7.79 、バス法による血流増加率は 104.2 ± 9.27 で、ブラッシングの方法による有意差は認められなかった（表3）。

C ブラッシング部位による観察

上顎と下顎の比較では、上顎臼歯の血流増加率は 101.5 ± 8.37 、下顎臼歯の血流増加率は 109.7 ± 8.71 で、上顎と下顎に有意な差は認められなかった（表4）。又、前歯と臼歯の比較では前歯の血流増加率は 83.8 ± 8.99 、臼歯の血流増加率は 105.6 ± 11.68 で、前歯と臼歯の間に有意な差は認められなかった（表5）。

2. 咀嚼による影響

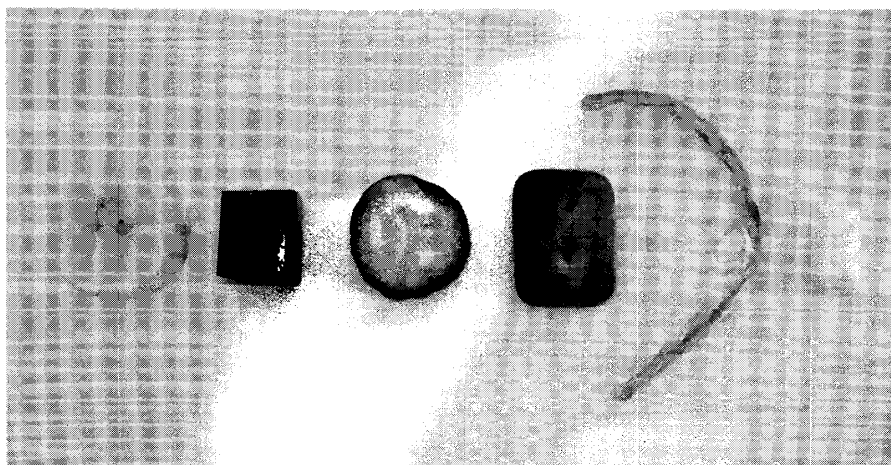


図2. 一口量の各種試料

表1. ブラッシング部位による歯肉血流量の変化

ブラッシング部位	ブラッシング前	ブラッシング後	増加率 (%)
上顎臼歯部	11.81 ± 0.55	$38.94 \pm 2.66^{**}$	245.68 ± 22.50
下顎臼歯部		$40.86 \pm 2.57^{**}$	279.26 ± 28.76

N = 46

M ± SE NS : not significant, ** : P < 0.01

1) イカ、ガムの影響

イカ、ガムの血流量はそれぞれ49.3±2.58、44.9±2.69で、コントロール（摂食前）との比較では、共に1%の危険率で有意に高値を示した。イカとガムの血流増加率はそれぞれ362.9±29.08、368.2±28.72であり、両者の間には有意な差は認められなかった（表6）。

空嚙み（試料を用いず咀嚼運動のみ行う）とイカ、ガムを比較した結果を表7に示す。空嚙みを測定した対象17例について検討したため全体の結果（表6）と異なっているが、コントロールと空嚙み、イカ、ガムでは、血流量は1%の危険率でコントロールに比べて空嚙み、イカ、ガムが有意に高値を示した。一方、空嚙みの血

流増加率は88.9±21.77であり、イカ、ガムの血流増加率429.4±45.32、459.1±48.82と比較すると、両者とも1%の危険率で空嚙みよりイカ、ガムの方が有意に高値を示した。

2) 各種食品の影響

血流に及ぼす各食品の効果について観察した（表8）。

コントロールとの比較では、どの試料においても血流量は1%の危険率でコントロールに比べ有意に高値を示したが、各試料間の血流増加率の比較では、バナナ234.3±21.87、羊羹258.2±22.02、きゅうり291.1±25.83、乾パン306.2±27.42、ガム258.0±30.39、軟化ガム267.9±30.80であり、分散分析を行った結果、有意な差は認

表2. 歯ブラシの刷毛の硬さによる歯肉血流増加率の比較

N=112

硬さ	歯肉血流量 (ml/min)	増加率 (%)	
ふつう	20.88±1.03	107.53±9.28	NS
やわらかめ	20.37±0.85	103.56±7.75	

M ± SE NS : not significant

表3. ブラッシング法による歯肉血流量増加率の比較

N=112

ブラッシング法	歯肉血流量 (ml/min)	増加率 (%)	
スクラビング法	20.82±0.88	106.93±7.79	NS
バス法	20.43±1.01	104.17±9.27	

M ± SE NS : not significant

表4. ブラッシング部位による歯肉血流量増加率の比較(1)

N=112

部位	歯肉血流量 (ml/min)	増加率 (%)	
上顎白歯	20.10±6.33	101.49±8.37	NS
下顎白歯	21.15±1.02	109.66±8.71	

M ± SE NS : not significant

表5. ブラッシング部位による歯肉血流量増加率の比較(2)

N=56

部位	歯肉血流量 (ml/min)	増加率 (%)	
上下顎前歯	17.94±0.76	83.80±8.99	NS
上下顎白歯	20.74±1.31	105.64±11.68	

M ± SE NS : not significant

表 6. 咀嚼による歯肉血流量の変化

N=54

食品	摂食前	摂食後	増加率 (%)
イカ	11.42 ± 0.51	49.32 ± 2.58**	362.86 ± 29.08
ガム		49.90 ± 2.69**	368.24 ± 28.72

M ± SE NS : not significant, ** : P < 0.01

表 7. 空噛みと食品の血流増加率の比較

N=17

食品	摂食前	摂食後	増加率 (%)
空噛み	12.32 ± 0.95	22.29 ± 2.32**	88.93 ± 21.77
イカ		61.54 ± 4.03**	429.43 ± 45.32
ガム		63.74 ± 3.88**	459.05 ± 48.82

M ± SE NS : not significant, ** : P < 0.01

表 8. 咀嚼による歯肉血流量の変化

N=28

食品	噛み応え度	歯肉血流量 (ml/min)	増加率 (%)
コントロール	—	10.26 ± 0.46	—
バナナ	2	33.49 ± 2.16 **	234.32 ± 21.87
羊羹	4	36.70 ± 2.66 **	258.20 ± 22.02
きゅうり(生)	6	39.45 ± 2.76 **	291.06 ± 25.83
乾パン	8	40.09 ± 2.44 **	306.18 ± 27.42
ガム(軟化まで)	—	35.67 ± 2.78 **	258.03 ± 30.39
ガム(軟化後)	—	36.83 ± 2.95 **	267.93 ± 30.80

M ± SE NS : not significant, ** : P < 0.01

表 9. 咀嚼回数と歯肉血流増加率の相関

N=28

	バナナ		羊羹		きゅうり		乾パン		ガム	
	増加率 (%)	咀嚼回数	増加率 (%)	咀嚼回数	増加率 (%)	咀嚼回数	増加率 (%)	咀嚼回数	増加率 (%)	咀嚼回数
M	238.88	28.46	261.55	32.46	294.00	37.46	311.05	39.68	263.28	54.25
SE	24.41	1.48	22.80	1.81	26.03	1.41	29.46	1.91	33.00	7.10
r	0.0943	NS	0.1520	NS	0.0881	NS	0.3071	NS	0.0790	NS

NS: not significant

められなかった。

次に、咀嚼回数と血流増加率の相関について検討した結果、いずれの試料も有意な相関は認められなかった (表 9)。

考察

歯周疾患予防の手段として、歯肉の活性化を図る一つの方法として機械的刺激をとりあげた。日常動作の中で歯肉に直接機械的刺激を与えるのは、口腔が大きな運動をすること、また歯肉に直接物が接触することである。これには摂食、

会話、口腔清掃などが考えられるため、この内、咀嚼とブラッシングの効果を検討した。

今回我々は、付着歯肉での HAND 法による血流測定を行った。血流測定部位による変動について Baab ら¹⁵⁾は付着歯肉において変動が小さいことを報告し、高須賀ら¹²⁾は辺縁歯肉と歯間乳頭部を比較して辺縁歯肉の方が高い値を示す傾向があると報告している。また、血流測定時のプローブの固定について埴岡ら¹⁶⁾は測定結果は HAND 法よりステントを作製して固定する方法の方が安定すると報告し、香月ら¹⁷⁾は、HAND 法の再現性は信頼し得る範囲内であるとしている。これらの報告はいずれも刺激直後の血流変化を観察したものであるが、本実験においては刺激を与えている間の変化の観察を試みたため、刺激を妨げず、かつ影響を受けにくい方法として付着歯肉での HAND 法を用いた血流測定を選択した。

その結果、ブラッシングによる機械的刺激を与えたときは、刺激を与える前とくらべて血流量が有意に増加することを認めた。この結果は、小野¹⁸⁾の結果と一致した。そこで、ブラッシングの要素について条件を設定して観察を行った。

歯ブラシの刷毛の硬さによる観察では「ふつう」と「やわらかめ」の間には有意な差は認められなかった。

ブラッシングの方法の観察では、スクラビング法とバス法を比較したが、両者の間に有意な差は認められなかった。

ブラッシング部位の観察では上顎と下顎の比較および前歯部と臼歯部の比較を行ったが、いずれも有意な差は認められなかった。

また、ブラッシング圧と血流増加率との相関を検討したところ、ブラッシング圧（平均±標準誤差）は 51.7 ± 2.47 、血流増加率は 106.9 ± 7.68 、相関係数は 0.00015 で有意な相関は認められなかった。

これらのことから、ブラッシングによる機械的刺激が与えられること自体が有用であり、今

回検討した刷毛の硬さ、ブラッシング法、ブラッシング部位は二義的なものであることが示唆された。

食品については噛みごたえ度を要素としてとりあげ、噛みごたえ度2, 4, 6, 8, 10について代表的な食品5種を使用し、ガムについてはこの表の分類対象外であったが、咀嚼刺激を与えるものとして検討を加えることとした。ガムは咀嚼開始後硬さが急激に変わって抵抗が小さくなる点があり、そこまでを「ガム」とし、その後を「ガム（軟化後）」として分けて検討した。

その結果、咀嚼による機械的刺激を与えたときは、全試料について、刺激を与える前と比較して有意に血流量が増加することを認めた。しかし、試料間の噛みごたえ度による有意な差は認められなかった。これには食品の特性が関与していると考えられる。すなわち、噛みごたえがある硬い食品であっても、粉碎されやすいものは粉碎後の低い血流増加と平均化され、その結果として持続的に高めの血流量を保つ食品と有意な差が生じなかったと考えることができる。

また空噛みと試料を用いた場合で有意な差が認められたことから、単なる咀嚼運動としての顎の動きではなく、物を噛みしめる作用が有効であることが示唆された。

ガムについての観察では、龍川ら¹⁹⁾がガムの硬さと咬筋部皮膚血流量が関連することを報告しており、類似した結果となっている。

ガム（軟化）の血流増加率は 258.0 ± 30.39 であり、練り羊羹の 258.2 ± 22.02 に最も近い値であったことから、噛みごたえ度は4に相当すると考えられるが、摂食による血流の増加は嚥下によって終了するのに比べ、ガムを噛むという行為は持続時間を長く保つことができる。齊藤²⁰⁾は、現代食の1回あたりの咀嚼回数と時間は平均620回、11分と報告しており、咀嚼1回あたりの時間は1.06秒であった。一方、本実験でガムを軟化させるまでに要した回数は 54.3 ± 7.10 回、時間は 50.3 ± 5.51 秒であり、咀嚼1回あたりの

時間は 0.9 ± 0.15 秒であった。これを単純に1食あたりの620回の咀嚼に換算すると9分37秒に相当する。通常、軟化したガムを噛むスピードはもう少し遅くなると思われるが、血流増加を目的として噛むのであれば、長時間の設定が可能になるので、歯周疾患予防に効果があることが示唆された。

本実験でのコントロール（刺激前）の血流量の平均は10.3から12.3であり、香月ら¹⁷⁾が短大女子学生の上顎中切歯間唇側歯間乳頭での基準値とした14.1に比べて低い値となった。体位等、一致した諸条件下での観察ではないため、今後の検討が必要であると考えられる。

また、本実験での血流量増加率の平均の最小は、前歯部ブラッシング時の83.80%であり、最大はガム咀嚼時の459.05%であった。鴨井ら⁴⁾はステント法で磁気歯ブラシを用いて30秒のブラッシングを行った直後の増加率を68.1%と報告しており、我々の結果は異なる傾向を示した。これは、前述のように我々が刺激を与えている間の観察を行った結果と考えることができる。

以上、歯肉の血流を活性化する方法としての機械的刺激のうち、ブラッシングと咀嚼をとりあげ観察したが、ブラッシング、咀嚼共に効果が認められた。

ガムを噛むことによる血流増加の経時的変化を観察し、効果的に日常にとり入れる方法について、また、食品の硬さと血流量について、今後さらに検討する必要があるものと考えられる。

結論

機械的刺激としてのブラッシングおよび咀嚼の歯肉血流に及ぼす効果を観察した。

1. ブラッシング、咀嚼共に、コントロールとの比較では血流量を有意に増加させた。
2. ブラッシングでは刷毛の硬さ、ブラッシング法、ブラッシング部位において有意な差は認められなかった。
3. 咀嚼においては試料間に有意な差は認めら

れなかった。

4. ガム（軟化）は噛みごたえ度4の食品に相当する血流増加を示した。

文献

- 1) 厚生労働省医政局歯科保健課編：平成11年
歯科疾患実態調査報告、財団法人口腔保健
協会、東京、2001
- 2) 厚生省健康政策局歯科衛生課編：平成5年
歯科疾患実態調査、財団法人口腔保健協会、
東京、1995
- 3) 財団法人健康・体力づくり事業財団：健康
日本21 (21世紀における国民健康づくり運
動について)、2000
- 4) 鴨井久博、佐藤聡、岡部俊秀、岡田裕香子、
吉田聡、鴨井久一：日歯周誌、35(1),253-
262,1991
- 5) Tanaka,M.,Hanioka,T.,Kishimoto,M.and Shi-
zukuisi,S. : Comparisons of modalities of me-
chanical stimulation with a toothbrush on
improvement of oxygen sufficiency in dog
gingival, J.Clin.Peridontol.,24,632-635,1997
- 6) 田中宗雄、埴岡隆、高谷桂子、零石聰：イ
ヌの実験的歯周炎歯肉へのブラッシングに
よる機械的刺激の臨床的効果、口腔衛生学
会雑誌、48,143-145,1998
- 7) Hanioka,T., Nagata,H., Murakami,Y., Tama-
gawa,H. and Shizukuishi,S. : Mechanical
stimulation by toothbrushing increases oxy-
gen sufficiency in human gingival, J.Clin.
Periodontol., 20,591-594,1993
- 8) 埴岡隆、小島美樹、戎井直子、零石聰：音
波振動シリコンゴムブラシおよび脈動ジェ
ット水流による歯肉機械的刺激の歯肉微小
循環機能に及ぼす効果、口腔衛生会誌、
52,482-483,2002
- 9) 香月真理子、日高三郎、大内紘三、稲葉修：
トゥースピックによる歯間乳頭マッサージ
の血流促進効果の評価、口腔衛生会誌、
52,186-189,2002
- 10) 佐々木淳：ガムによる咀嚼運動がヒト脳組
織内ヘモグロビン量の変化におよぼす影響、
口病誌、68(1),72-81,2001
- 11) 阿部敦、百瀬敏光、奥真也、熊倉嘉貴、水
野晋二、小島良紀、飯田恭人、窪田金次郎、大
友邦：¹⁵O-H₂O-PETによるチューインガム咀
嚼の脳血流へ及ぼす影響の測定-SPMによ
る解析、核医学、38(5),622,2001
- 12) 高須賀三郎：Laser Doppler 血流計による前
歯部歯肉毛細血管血流量測定に関する基礎
的研究、日大歯学、62,20-28,1988
- 13) 全国歯科衛生士教育協議会編：歯科保健指
導、142、医歯薬出版、東京、2003
- 14) 柳沢幸江、田村厚子、寺元芳子、赤坂守人：
食物の咀嚼筋活動量、および食物分類に関
する研究、小児歯科学雑誌、27(1),74-84,1989
- 15) Baab,D.A,Oberg,P.A.&Holloway,G.A. :
Gingival Blood Flow Measured with a Laser
Doppler Flowmeter, J.Periodont.Res, 21,73-
85,1986
- 16) 埴岡隆、田中宗雄、岸本美香子、高谷桂子、
零石聰：レーザードップラー血流計による
歯肉血流の層別測定、口腔衛生会誌、
47,739-741,1997
- 17) 香月真理子、堀部晴美、東納恵子：短大女
子学生の健康な歯間乳頭部の血流測定、日
歯学誌、28(2),36-40,1999
- 18) 小野和宏：ヒト歯および歯肉への機械的刺
激による歯肉の反射性血流増加について、
口科誌、39(2),389-404,1990
- 19) 瀧川博嗣：レーザードップラー血流計によ
る歯肉、口蓋粘膜および皮膚面の血流測定
に関する補綴学的検討、補綴誌、36,41-
52,1992
- 20) 斉藤滋：ひみこのはがい〜ぜ。デンタルダ
イヤモンド社、東京、1994