

辺縁歯肉の光透過性に関する組織学的 ならびに色彩学的検討

佐 藤 理一郎

岩手医科大学歯学部歯科補綴学第二講座

(主任 : 石橋寛二教授)

[受付 : 1988年10月15日]

抄録 : 本研究の目的は辺縁歯肉の色調を的確に評価するうえで重要な歯肉の光透過性に関する組織学的要素ならびに歯肉色の色成分を分析, 検討することである。

実験材料として雑種成犬を用い, 口腔生体顕微鏡所見から健康と判断された辺縁歯肉を対象とし, メラニン沈着の認められる群と認められない群に分けた。測色にはライトガイド方式色差計 CD-270 を用い, 白色および黒色の色票を歯肉溝内に挿入した際の色差 dE を光透過性の程度を表す指標とした。

光透過性に及ぼす組織学的要素として, Melanin 群ではメラニン沈着密度および毛細血管面積密度が, Non-melanin 群では毛細血管面積密度が最も関与していた。光透過性に及ぼす歯肉色の色成分として Non-melanin 群では明度および彩度が関与していたが, 色相との関連は認められなかった。Melanin 群ではいずれの色成分においても一定の傾向はみいだせなかった。

Key words : marginal gingiva, light transmission, color variables, stepwise regression analysis.

緒 言

辺縁歯肉の色調は健康状態を判定する指標の一つとして, また最近では審美性との関わりで注目されており, 適切な補綴処置を行う上で歯肉の色調を正確に判断することは重要な課題である。しかし, 炎症に伴う歯肉の色調変化には多くの要素が関与することから, その色調を正確に把握するためには種々な条件が明らかにされなければならない。色知覚と言う概念は, 光刺激に対する視知覚であり, 光に及ぼされた影響によって色知覚は変化する^{1~4)}。したがって, 歯肉の色調を的確に判定するためには光に対する歯肉の性質を調べるのが重要となる。炎症

に伴う辺縁歯肉の偏色内容について追究した石川⁵⁾は, 光透過性が色調変化の発現に重要な役割を果していることを示唆した。しかし, この辺縁歯肉における光透過性の成因や程度に関連する背景についてはまだ不明な点が多い。

今回, 著者は辺縁歯肉の色調をよりの確に判定する条件を明らかにするために, 辺縁歯肉の光透過性について組織学的要素および歯肉の色成分との関連から分析, 検討した。

実 験 方 法

1. 実験装置

1) 測色装置および測色方法

測色装置は, 歯肉を的確に観察できるように

A histological and colorimetric study concerning light transmission of the marginal gingiva.

Riichiro SATO.

(Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka 020)

岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 13 : 252-261, 1988

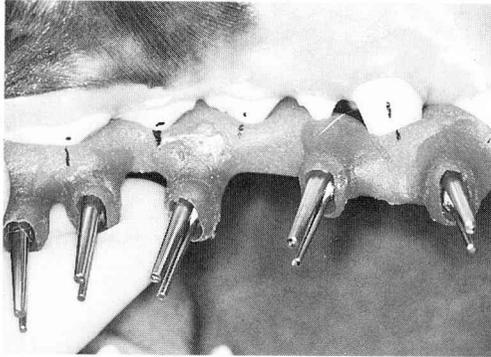


Fig.1 Fixation apparatus used for the CD-270 colorimeter light guide chip.

当教室で改良したライトガイド方式色差計 CD-270 (村上色彩技術研究所製) を用い、 2×3 mm の楕円形の測色範囲を有する辺縁歯肉測色用ライトガイド M を使用した。本装置は外部照明の影響を受けることなく歯に近接した微小部位の歯肉を的確に測色することが可能であり、その特性および測色精度に関してはすでに報告した^{6,7)}。

歯肉を同一条件で測色するために、金属性のアタッチメントを備えた固定装置を使用し、歯肉から約 $100 \mu\text{m}$ 離れた非接触、乾燥状態で測色した (Fig.1)。なお、表色系は CIELAB を使用した^{8,9)}。

2) 毛細血管観察装置

毛細血管の観察には口腔生体顕微鏡 M-100 型を用いた^{10,11)}。本装置は視野角前方斜視 240 度に設定された投射光線型生体顕微鏡で、観察倍率は 100 倍、実視野直径 0.7mm 、観察深度 0.5mm の性能を有している。光源としては 450W のクセノンアークランプを使用した。

2. 実験動物および観察部位

実験には肉眼的にメラニン沈着が認められない淡紅色の歯肉部を有する雑種成犬 3 頭、およびメラニン沈着の認められる歯肉部を有する 2 頭を用いた。観察部位として下顎第一大臼歯の近心および遠心、下顎第四前臼歯、上下顎第三前臼歯、上下顎第二前臼歯、上下顎犬歯、上顎第三切歯の辺縁歯肉を対象とした。4~5 週間一日おきにスクレーピングおよびブラッシングを

繰り返した後、臨床的に健康と判断され、さらに口腔生体顕微鏡により毛細血管係蹄の形態に複雑な屈曲や交叉、吻合などが認められない辺縁歯肉 73 部位を対象とした。なお、実験はペントバルビタールナトリウム $2.5\text{mg}/\text{kg}$ の静脈内注射を施した全身麻酔下で行った。

3. 分析内容

1) 歯肉色および光透過性の分析

辺縁歯肉の測色は歯肉縁から根尖側に 2mm 、近遠心的に 3mm の範囲で測色し、辺縁歯肉の色成分として明度 (L)、彩度 (C)、色相 (H) を求めた。

辺縁歯肉の光透過性の程度を分析するために、歯肉溝内に約 2mm の深さで幅 2mm 、厚さ $90 \mu\text{m}$ の白色および黒色の色票を挿入し歯肉色を測色した (Fig.2)。白色の色票を挿入した時の歯肉色に対する、黒色の色票を挿入したときの歯肉色の色差 dE を測定し、その大きさから光透過性の程度を判定した。

2) 組織学的要素の分析

辺縁歯肉の光透過性に関連すると思われる組織学的要素として以下の項目について分析した。

- ① 歯肉縁から 1mm の位置における辺縁歯肉の厚さ
- ② 上皮錯角化および角化層の厚さ
- ③ 上皮層の厚さ
- ④ 結合組織層の厚さ
- ⑤ 結合組織乳頭部の先端までの長さ
- ⑥ 歯肉溝上皮の厚さ
- ⑦ メラニン沈着密度
- ⑧ 毛細血管面積密度

組織標本の作製にあたっては、屠殺後上下顎を切断し、中性緩衝ホルマリン液 (pH7.4, 4°C) にて固定した後、迅速脱灰液にて脱灰を行った。その後、各々の辺縁歯肉を歯軸中央線に沿って注意深く切断し、水洗、脱水後パラフィンに包埋した。マイクロームで薄切する際は標本を含んだパラフィンブロック面がマイクローム切断面に対して平行な位置を保つように設定した。各部位ごとに、 $4-5 \mu\text{m}$ の標本を 20 枚作製し、通法に従いヘマトキシリン・エオジン染色を行っ

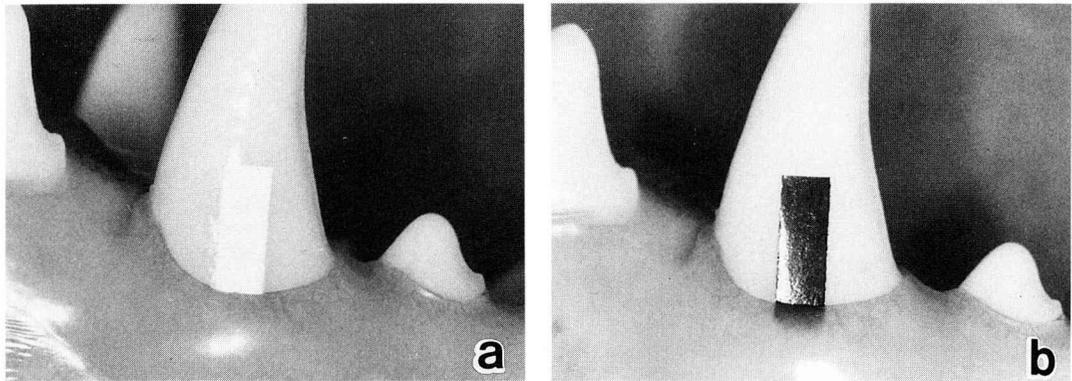
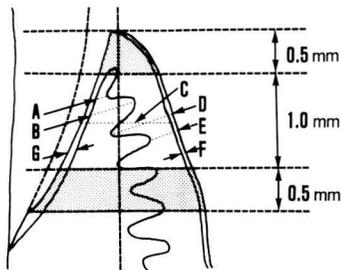


Fig.2 a) Application of the cellulose oxide coated white chip into the gingival sulcus.
 b) Application of the cellulose oxide coated black chip into the gingival sulcus.

た。

光学顕微鏡下における組織標本のオリエンテーションは、クロス型接眼マイクロメーターを用いて行った。辺縁歯肉の厚さは歯肉頂部から1.0 mmの位置で計測し、上皮層、結合組織層、上皮錯角化および角化層の厚さ、結合組織乳頭部の先端までの長さは歯肉頂部から0.5-1.5mmの範囲で行い、それぞれを5回計測し、その平均値を用いた (Fig.3)。



- Width of connective tissue layer : $(A+B)/2$
- Width of epithelial layer : $(D+E)/2$
- Length to connective tissue papillary tip : B
- Thickness of the marginal gingiva : C
- Width of parakeratinized-keratinized layer : F
- Width of sulcular epithelium : G

Fig.3 Schematic drawing of the orientation and measured histological regions of the marginal gingiva. The region between the grey bands was considered for measurement, and the broken line dividing the marginal gingiva in half was used as the marker for orientation.

また、メラニン沈着面積に関しては測色部位の標本にマッソン染色を施し、同標本を漂白しメラニン沈着を確認した後、画像解析装置IBAS-2000にて計測した。なお、0.5mm²以下および100mm²以上の面積を有する沈着物は自動的に除去され、その他のアーティファクトは手動で除去した (Fig.4)。各々の上皮層の面積に対するメラニン沈着面積の割合をメラニン沈着密度とした。

毛細血管面積に関しては、口腔生体顕微鏡M-100型によって得られた画像から画像解析装置IBAS-2000を用いて同一視野内に占める面積を測定し、視野面積に対する割合を毛細血管面積密度とした (Fig.5)。

4. 統計学的分析方法

辺縁歯肉の光透過性について、組織学的要素ならびに色彩学的要素との関連を調べるため、東北大学大型計算機センターのASP統計パッケージを用い、相関分析および段階式重回帰分析¹²⁾を行った。

結 果

1. 基本統計処理

対象とした辺縁歯肉73部位に対して、各分析項目についての異常データを除外し、合計68部位の辺縁歯肉をMelanin群とNon-melanin群に分類した。Table 1にはMelanin群および

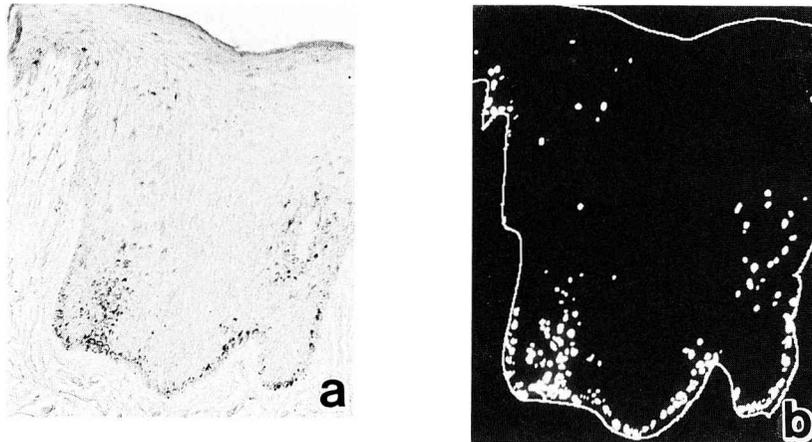


Fig.4 a) A display of the melanin pigmentations located in the basal lamina of the epithelium by the Masson staining method. ($\times 50$)
 b) Graphic data processing of the melanin pigmentations located in the same region. ($\times 50$)

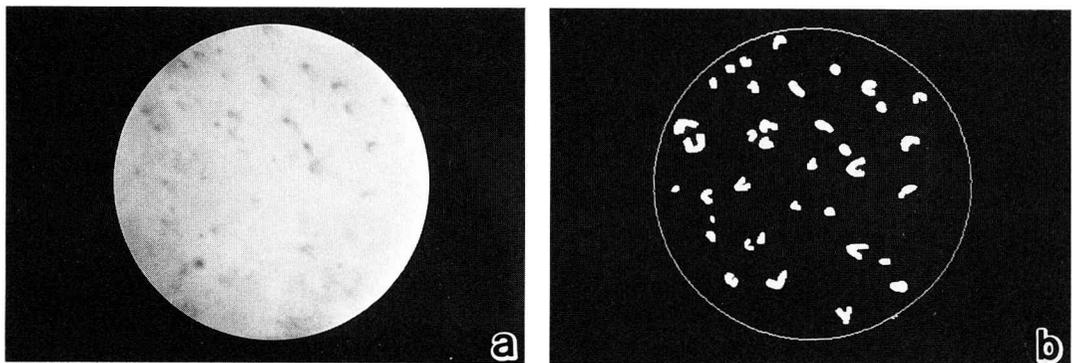


Fig.5 a) Photograph of the marginal gingiva capillaries taken by the oral-biomicroscope M-100.
 b) Graphic data processing of the marginal gingiva capillaries located in the same region.

Non-melanin 群における各組織学的要素および歯肉色の色成分に関する結果を示す。各分析項目における分布曲線を求め正規性の検定を行った結果、錯角化と角化層、および歯肉溝上皮層の厚さを除きすべての項目において正規分布を示した。よって、錯角化と角化層、および歯肉溝上皮層の厚さに関しては統計分析から除外した。

2. 辺縁歯肉の光透過性と組織学的要素との関連

相関分析の結果、Melanin 群において光透過性に最も高い相関関係を示す組織学的要素はメラニン沈着密度であり (相関係数 $r = -0.84$),

ついで毛細血管面積密度 ($r = -0.62$) であった (Table 2)。また、それぞれの偏相関関係を分析した結果、両者ともお互いに因果関係があることを示した。しかし、他の組織学的要素と光透過性との相関関係は低かった。段階式重回帰分析の結果、毛細血管面積密度の方がメラニン沈着密度と比較して関与の度合いがやや大きいことが示された。

一方、Non-melanin 群における各要素の相関関係は毛細血管面積密度 ($r = -0.68$)、結合組織乳頭部の先端までの長さ ($r = -0.51$)、辺縁歯肉の厚さ ($r = -0.44$)、結合組織の厚さ

Table 1. The basic statistics of the histological and color variables.

Variables	Non-melanin group		Melanin group	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Melanin*	—	—	3.54	1.35
Capillary*	6.03	1.56	6.64	1.11
Thickness**	0.54	0.13	0.58	0.14
Epithelium**	0.21	0.07	0.21	0.06
Connective**	0.29	0.11	0.34	0.13
Parakeratin**	0.02	0.01	0.01	0.01
Papillary**	0.40	0.13	0.47	0.15
Sulcular**	0.04	0.01	0.04	0.01
Transmission	6.28	2.16	2.80	1.80
Lightness	39.73	2.02	29.99	2.45
Chromaticity	9.31	2.65	6.46	1.65
Hue	23.81	6.93	26.89	6.24

Unit : *Area%, **mm

Table 2. The correlation and partial correlation statistics of the histological and color variables in relation to gingival light transmission.

Variables	Non-melanin group		Melanin group	
	Corr.	Par. cor.	Corr.	Par. cor.
Melanin	—	—	-0.84	-0.71
Capillary	-0.68	-0.52	-0.62	-0.85
Connective	-0.43	0.00	-0.05	-0.30
Thickness	-0.44	0.73	-0.02	0.31
Epithelium	-0.09	-0.02	-0.23	-0.36
Papillary	-0.51	-0.77	-0.14	-0.09
Lightness	0.44	0.38	0.16	0.20
Chromaticity	-0.32	-0.23	-0.02	-0.17
Hue	0.05	0.10	0.16	0.15

($r = -0.43$) の順であった (Table 2)。これらにおける偏相関関係を分析した結果、それぞれの要素はお互いに関係し合っているという結果が得られた。なお、Melanin 群及び Non-melanin 群で光透過性と高い相関関係を示した毛細血管面積密度とメラニン沈着密度の回帰直線を Fig.6 に示した。

Melanin 群および Non-melanin 群における組織学的要素から求められる辺縁歯肉の光透過性の重回帰式は次の通りであった。

Melanin 群

$$dE = 10.40 - 0.64M - 0.95C$$

(t tests $p < 0.01$, $R^2 = 0.84$)

Non-melanin 群

$$dE = -5.62 - 0.44C + 105.99T - 105.65P$$

(t tests $p < 0.01$, $R^2 = 0.83$)

dE : 辺縁歯肉の光透過性

M : メラニン沈着密度

C : 毛細血管面積密度

T : 辺縁歯肉の厚さ

P : 結合組織乳頭部の先端までの長さ

この重回帰式から毛細血管面積密度とメラニン沈着密度は辺縁歯肉の光透過性に関与することがわかり、その他の組織学的要素はそれほど関与しないことが判明した。なお、この重回帰式から得られた危険率 1% での基準化した残差

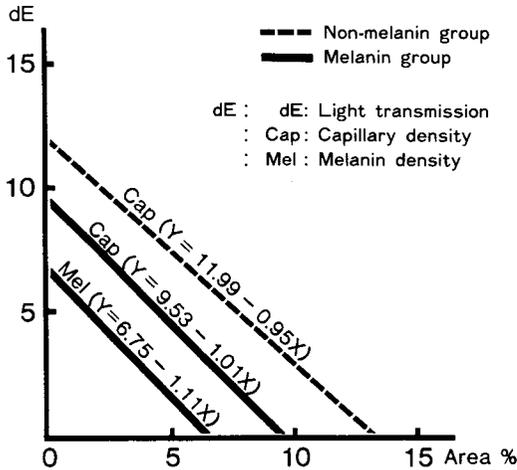


Fig.6 Regression lines of the capillary and melanin densities in correlation to gingival light transmission of the marginal gingiva.

の分布ヒストグラム (Fig.7a, b) から重回帰式の信頼性が確認された。

3. 辺縁歯肉の光透過性と歯肉色の関連

辺縁歯肉の光透過性と各色成分を Melanin 群と Non-melanin 群に分け、各々の相関関係および偏相関関係を示す (Table 2)。その内容として、Non-melanin 群における歯肉色の各色成分と光透過性との相関係数は明度(L)において $r=0.44$ 、彩度 (C) において $r=-0.32$ であり、これらの偏相関関係を分析した結果、明度および彩度はお互いに関係合っていた。しかし、色相に関しては $r=0.05$ とほとんど相関関係が認められなかった。

Non-melanin 群および Melanin 群における光透過性と明度および彩度の相関関係を回帰直線して Fig.8 に示す。Melanin 群においては各色成分はすべて相関関係が低かった。

Melanin 群では重回帰式の危険率が $p<0.05$ より大きいため適切でないと判断し、Non-melanin 群においてのみ光透過性と明度および彩度との重回帰式を求めた。

$$dE = 12.15 - 0.24R + 0.31L$$

(t tests $p<0.05, R^2=0.83$)

dE : 辺縁歯肉の光透過性

R : 辺縁歯肉の彩度

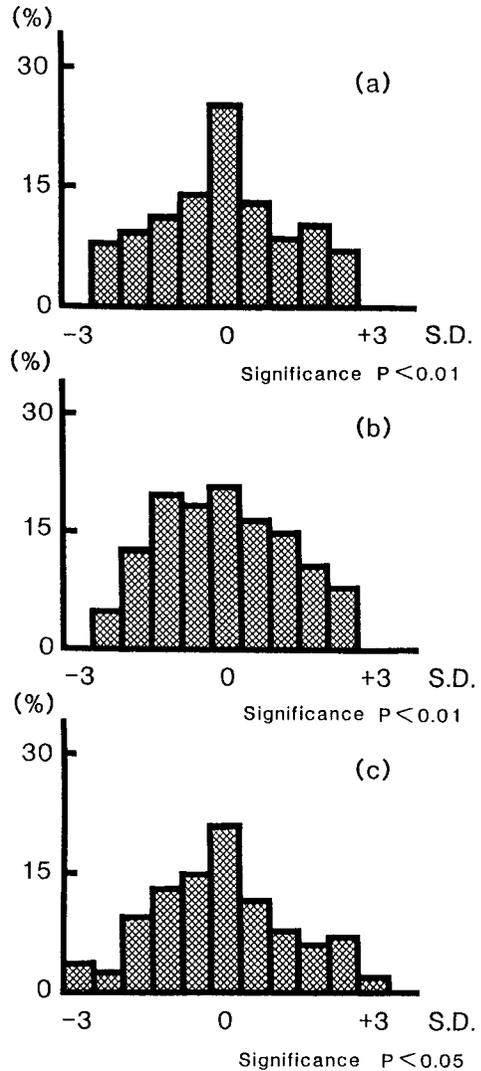


Fig.7 Residual histograms from the stepwise regression equations of the histological and color variables in relation to gingival light transmission.

- a) Histological non-melanin group
- b) Histological melanin group
- c) Color non-melanin group

L : 辺縁歯肉の明度

この重回帰式から明度と彩度が辺縁歯肉の光透過性に関与することがわかり、色相はそれほど関与しないことがわかる。なお、この重回帰式から得られた危険率5%での基準化した残差の分布ヒストグラム (Fig.7c) から、重回帰式の

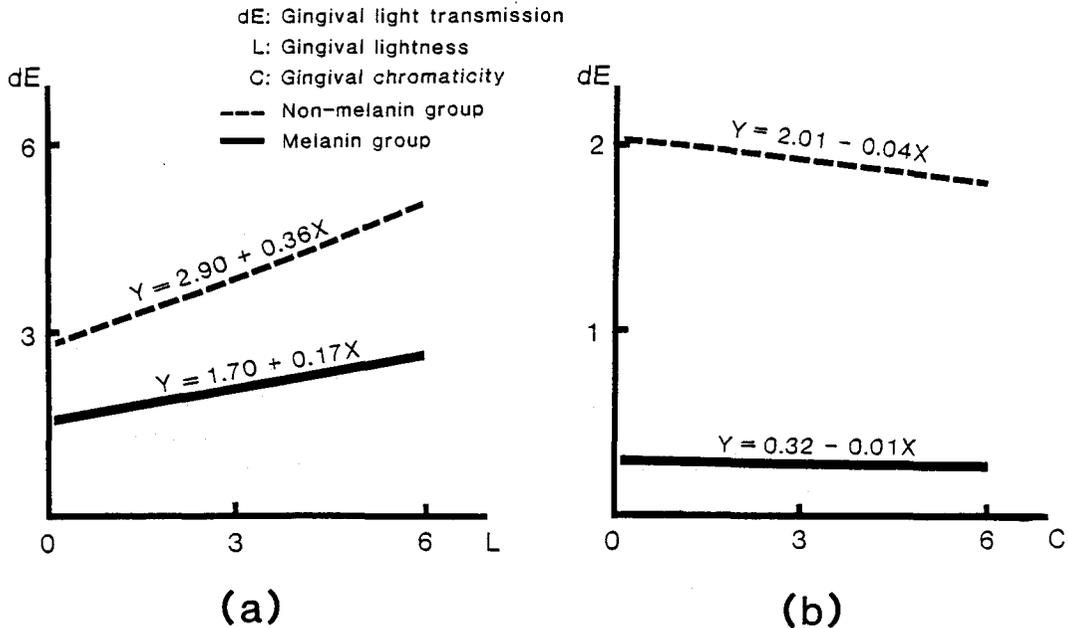


Fig.8 a) Regression lines of gingival lightness in correlation to gingival light transmission of the marginal gingiva.
 b) Regression lines of gingival chromaticity in correlation to gingival light transmission of the marginal gingiva.

信頼性が確認された。

考 察

1. 辺縁歯肉の光透過性に関する組織学的要素

歯肉は半透明な軟組織であり、一般に健康な歯肉色は薄いピンクから濃い青紫までの広い色彩範囲を有している¹³⁻¹⁵⁾。その成因には様々な組織学的要素が関与すると考えられるが、中でもメラニン色素の影響に関しては古くから多くの研究がなされている¹⁶⁻²⁰⁾。本実験ではメラニン色素のある群 (Melanin 群) とない群 (Non-melanin 群) とに分類し、辺縁歯肉の光透過性と組織学的要素との関連を検討した。

相関分析により、Melanin 群においては毛細血管面積密度とメラニン沈着密度が辺縁歯肉の光透過性に最も影響する要素であり、両者の増加に伴い光透過性は減少することがわかった。また、メラニン沈着密度は毛細血管面積密度より光透過性に強い影響を与えることが示された。すなわち、①光透過性の平均値は Melanin 群が Non-melanin 群より低く、メラニン沈着密

度がその原因と考えられること、②メラニン沈着密度の相関係数と偏相関係数の差は毛細血管面積密度における差よりも低く、メラニン沈着密度は光透過性に関して独自に影響していると考えられること、③光透過性におけるメラニン沈着密度と毛細血管面積密度の回帰直線の相等性の検定を行った結果、前者の方が低い光透過性を示し、メラニン沈着密度は光透過性に強い影響を与えていること、④Melanin 群および Non-melanin 群における毛細血管面積密度の回帰直線の相等性の検定を行った結果、前者の方が低い光透過性を示し、これらの回帰直線の傾斜角度とメラニン沈着密度の回帰直線の傾斜角度はほぼ同様であること、などがその理由である。

以上のことから、毛細血管面積密度およびメラニン沈着密度は光透過性に強く関与する要素であるが、単独作用ではメラニン沈着密度が毛細血管面積密度より強い影響を与え、総体的には毛細血管面積密度の方が関与の度合いが大きいと言える。

Non-melanin 群における光透過性と組織学的要素との相関関係は、高い順に毛細血管面積密度、結合組織乳頭部の先端までの長さ、辺縁歯肉の厚さ、結合組織層の厚さであり、中でも毛細血管面積密度は光透過性に関する独自の影響力が最も高かった。また、段階式重回帰分析の結果、毛細血管面積密度は最も光透過性に関与する要素であり、毛細血管面積密度の増加に伴い辺縁歯肉の光透過性は減少する。重回帰式の係数によれば結合組織乳頭部の長さや辺縁歯肉の厚さも光透過性に大きな影響を与える要素であるが、お互いに相殺する関係にあるため、毛細血管面積密度が最も関与する要素となる。

光を皮膚に入射した場合、Tyndall 現象として入射光が散乱、反射し、皮膚色を形成すると言われてきた²¹⁾。また、皮膚と歯肉色の構成要素は本質的には同種であり、血流量や血色素(ヘモグロビン)^{21~26)}、メラニン^{18, 21, 22)}、カロチン^{18, 21, 22)}、角化層の厚さ^{22, 24)}などが歯肉色に影響すると考えられている。メラニン色素の最大吸収点は、歯肉分光反射率曲線によると410nmを含む広範囲の吸収帯であることから²²⁾、今回も多く光の反射率が妨害されているものと考えられる。またその他の要素としてメラノイド、カロチン、カロチノイド、エライデンなどの吸収帯も存在するため、歯肉の反射光はこれらの要素の合成波として考えなければならない^{13, 19)}。

これまで上皮層の厚さ、結合組織層の厚さおよび結合組織乳頭部の先端までの長さなどは歯肉色に影響する組織成分と思われてきた。Orban²⁷⁾は歯肉色は上皮における顆粒層と角質層の厚さによるとしているし、Baumgartner²⁸⁾やWentz^ら¹⁶⁾は結合組織乳頭部の形態によって歯肉が変化するのではないかと推察している。

本研究において歯肉色に関連すると考えられる組織学的要素を取り上げ、光透過性との関連を分析すると同時に歯肉色との関連についても分析した結果、毛細血管面積密度とメラニン沈着密度が大きく関与していることが示された。

今回、上皮錯角化および角化層の厚さは

0.01-0.03mmを示し、スクレーリングおよびブラッシングによって歯肉溝上皮の厚さも均一になったため、辺縁歯肉の光透過性にそれほど影響がないものと考えられた。しかし、炎症を伴う場合にはこれらの組織学的要素も考慮する必要があるだろう。

近年、辺縁歯肉の色調に関して、炎症に伴う変化^{5, 22, 23, 26, 28)}や陶材焼付製造冠に代表される歯冠補綴物の装着による影響^{29~31)}などの観点から論じられるようになってきた。その場合の歯肉色の変化を的確に評価するためには、辺縁歯肉の有する光透過性が重要な要素であることが報告された⁵⁾。しかし、この光透過性は、辺縁歯肉の厚さ、上皮の厚さや角化程度、血液色素、色素沈着などによる内容を総合的に捉えたもので、どの要素が強く関わっているかは明らかでなかった。本研究により、歯肉の光透過性に対して、毛細血管の状態とメラニンの沈着程度が大きく影響することが示され、辺縁歯肉の光透過性による偏色内容を追究する上での有用な条件が明らかになったものとする。

2. 辺縁歯肉の光透過性に関与する色彩学的要素

辺縁歯肉における光の透過性の度合によって、歯肉の色調は変化するものと考えられる^{5, 29~31)}。すなわち色成分である明度、彩度および色相が変化すると肉眼的に視覚する色は異なる。また色調の変化を考える場合、光透過性が高い歯肉では歯肉内の様々な変化が色調変化として直接的に歯肉色に反映されやすく、一方光透過性が低い歯肉の変化が直接歯肉色の変化としては現れにくい⁵⁾。今回、辺縁歯肉の光透過性と明度、彩度、色相との関連について分析した結果、明度と彩度が光透過性に影響する要素であり、特に前者の影響が強いことが確認された。明度は透過性と正の相関関係があり、明度の増加に伴い辺縁歯肉の光透過性が増加する。しかし彩度に関しては、Non-melanin 群の場合、彩度の増加に伴い光透過性が低下した。このような傾向はヒトの歯肉でも確認されている⁵⁾。一方、Melanin 群では重回帰式が成り立たなかったことから、メラニン色素の影響が大きいものとする

えられる。特に、メラニン色素は光を吸収または妨害するため、特徴的波形の喪失などが生じて測色が困難になることが考えられる。両群における光透過性と明度および彩度との重回帰直線をそれぞれ比較してみても、両者とも Melanin 群の方が dE 値が低く、同時に回帰直線の傾斜が小さいことからメラニン沈着が大きく影響したと推察される。

結 論

辺縁歯肉の光透過性に及ぼす組織学的ならびに色彩学的要素を分析した結果、以下の結論を得た。

1. 辺縁歯肉の光透過性に関与する主たる組織学的要素は、メラニン沈着密度と毛細血管面積密度であった。
2. 毛細血管面積密度とメラニン沈着密度の増加に伴い光透過性は減少し、前者においては関与の度合、後者においては影響力が大きかった。
3. メラニン沈着が認められない場合、辺縁歯肉の光透過性に影響する色成分は明度と彩度であり、明度が高く、彩度の低い歯肉は光透

過性が大きかった。また、その影響は明度と彩度より強くみられた。

4. メラニン沈着が認められる場合、辺縁歯肉の光透過性に対して歯肉色の色成分は関与しない傾向にあった。

本論文の要旨は、第80回日本補綴歯科学会(岐阜, 1988年10月22日)において発表した。

謝 辞

稿を終えるに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲の労を賜りました石橋寛二教授につつしんで感謝の意を表します。

御専門の立場から御校閲の労を賜りました本学歯科保存学第二講座上野和之教授、口腔解剖学第一講座野坂洋一郎教授、統計学的立場から御教授いただきました本学数学一戸孝七教授に深く謝意を表します。

また、本研究に際して、御協力をいただきました本学口腔生理学講座、電子顕微鏡室ならびに清野和夫助教授、石川成美博士をはじめとする当講座の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

Abstract : The purpose of this study is to investigate the histological and colorimetric factors involved in light transmission of the marginal gingiva. "Light transmission" was regarded as the difference in light reflection between a black and white colored chip placed in the gingival sulcus of 68 healthy marginal gingivae of adult dogs. Histological variables measured under the light microscope included thickness of the marginal gingiva, width of the epithelial layer, width of the keratinized-parakeratinized layer, width of the connective tissue layer, length to the tip of the connective tissue papillae, width of the sulcular epithelium, capillary density, and melanin density. Color variables included gingival lightness, chromaticity, and hue.

Results using stepwise regression analysis showed the most involved factors of light transmission of the marginal gingiva to be melanin density and capillary density. When the samples were divided into those gingivae having melanin pigmentations from those without, the melanin group showed melanin and capillary densities to be most involved, while the non-melanin group showed mainly capillary density. In terms of the effect of color variables, light transmission tended to increase as gingival lightness increased and chromaticity decreased. However, no apparent correlation could be obtained between hue and light transmission.

文 献

- 1) 山田幸五郎 : 光学の知識, 東京電機大学出版局, 東京, 18-48頁, 1968.
- 2) 川上元郎 : 新版色の常識, 日本規格協会, 東京, 1-88頁, 1987.
- 3) 日本色彩学会編 : 新編色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会, 東京, 11-146頁, 1980.
- 4) 江森康文, 大山 正, 深尾之介 : 色—その科学と文化, 朝倉書店, 東京, 1-83頁, 1988.
- 5) 石川成美 : 辺縁歯肉に関する色彩学的検討—透過性からみた炎症に伴う偏色内容について—, 補綴誌, 32 : 829-838, 1988.
- 6) 石川成美, 古川良俊, 伊藤創造, 中里登紀子, 根本ふみ子, 佐藤理一郎, 山岸 篤, 和賀浩幸, 畠山康人, 河原木千佳子, 石橋寛二 : 歯肉の測色に関する基礎検討—測色装置および測色方法について—, 補綴誌, 32 : 462-470, 1988.
- 7) 石川成美, 根本ふみ子, 古川良俊, 石橋寛二 : 歯肉に関する色彩学的検討—上顎前歯部歯肉の色調差について—, 補綴誌, 32 : 821-828, 1988.
- 8) Wyszecki, G. : CIE Colorimetry Committee-working program on color differences. *J. Opt. Soc. Am.* 64 : 896-897, 1974.
- 9) Judd, D.B. and Wyszecki, G. : Color in Business, Science and Industry, 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, pp 313-314, 1975.
- 10) 石橋寛二, 清野和夫, 塩山 司, 水野富夫, 古川良俊 : 橋義歯ポンティック下粘膜の炎症性変化に関する研究, 第2報 口腔生体顕微鏡による観察, 補綴誌, 26 : 1154-1163, 1982.
- 11) 清野和夫 : 橋義歯ポンティック下粘膜の病変の推移—口腔生体顕微鏡による観察—, 岩手医誌, 35 : 179-204, 1983.
- 12) 田中 豊, 垂水共之, 脇本和昌 : パソコン統計解析ハンドブックⅡ多変量解析, 共立出版株式会社, 1-262頁, 1984.
- 13) Dummett, C.O. : Oral Pigmentation. *J. Periodontol.* 31 : 356-360, 1960.
- 14) Jones, J. and McFall, W.T. : A Photometric Study of the Color of Healthy Gingiva. *J. Periodontol.* 48 : 21-26, 1977.
- 15) Wentz, F.M., Maier, A. W., and Orban, B. : Age changes and sex differences in the clinically "normal" gingiva. *J. Periodontol.* 23 : 13-24, 1952.
- 16) Brunsting, L.A., and Sheard, C. : The color of the skin as analyzed by spectrophotometric methods. II. The role of pigmentation. *J. Clin. Invest.* 7 : 575-592, 1929.
- 17) Dummett, C.O. : Oral Medicine-Abnormal Color Changes in the Gingivae. *Oral Surg.* 2 : 649-669, 1949.
- 18) Bolden, T.E. : Histology of Oral Pigmentation. *J. Periodontol.* 31 : 361-374, 1960.
- 19) Cheraskin, E. : Diagnosis of Pigmentations of the Oral Tissues. *J. Periodontol.* 31 : 375-382, 1960.
- 20) Harrison, G.A. and Owen, J.J.T. : The application of spectrophotometry to the study of skin color inheritance. *Acta Genet.* 6 : 481-485, 1957.
- 21) Volker, J.F. and Kenny, J.A. : The Physiology and Biochemistry of Pigmentation. *J. Periodontol.* 31 : 346-355, 1960.
- 22) 深井浩一 : 歯肉色に関する研究, 日歯周誌, 30 : 428-451, 1988.
- 23) 好士哲雄 : 歯肉における新微小面色彩計による測定値と毛細血管顕微鏡像および病理組織像との関係, 日歯周誌, 179-188, 1976.
- 24) 平塚欽也 : 歯肉色と歯肉毛細血管像との関連について, 日歯周誌, 13 : 49-58, 1971.
- 25) Brunsting, L.A., and Sheard, C. : The color of the skin as analyzed by spectrophotometric methods. III. The role of the superficial blood. *J. Clin. Invest.* 7 : 593-648, 1929.
- 26) Fine, S.A., Egnor, R., Fontecchio, K., Froum, S., Scopp, W.I. and Stahl, S.S. : Effect of inflammation upon human gingival oxidative metabolism. *J. Periodontal Res.* 9 : 222-226, 1974.
- 27) Orban, B. : Oral Histology and Embryology, C.V. Mosby Co., St. Louis, Missouri, 1949.
- 28) Baumgartner, W.J., Weis, R.P., and Rehyer, J.L. : The Diagnostic Value of Redness in Gingivitis. *J. Periodontol.* 37 : 294-297, 1966.
- 29) 高橋俊之 : 光電色彩計による冠合着後の歯齦の変色に関する臨床的研究, 歯科学報, 84 : 53-92, 1984.
- 30) 久野昌士, 高橋俊之, 広瀬 守, 新谷明則, 増田隆宣, 古屋 忠 : 遊離歯齦の光透過性に関する研究, 補綴誌, 29 : 1051-1061, 1985.
- 31) 鳥居一也, 高橋俊之, 羽賀通夫 : 遊離歯齦の光透過性に関する研究 (第2報)—特にジンジゴールドを応用した場合について—, 補綴誌, 30 : 1239-1249, 1986.