

歯肉のインピーダンス測定法の基礎的研究

第2報 口腔内諸組織、特に歯肉インピーダンスの部位的変動について

鈴木 隆平 孝清 松本 範雄
林 謙一郎 八幡 文和

岩手医科大学歯学部口腔生理学講座 (主任: 鈴木 隆教授)

[受付: 昭和53年5月31日]

抄録: 三田の考案による装置を用い、口腔内軟組織とくに歯肉のインピーダンス ($|Z|$) を計測した。使用した周波数は主に 3 Hz で、直径 5 mm の木綿糸の束を関電極とした。軟組織のうち、最高値 (17.4 K Ω) を示すのは硬口蓋で、最低値 (5.0 K Ω) は舌根で計測された。交流の周波数をかえると、その増加とともに $|Z|$ は減少し、部位差を表わす最適周波数は 3 Hz であった。歯肉 $|Z|$ の男女平均値はそれぞれ 7.0 K Ω と 9.3 K Ω で女性の $|Z|$ が高い。歯肉 $|Z|$ の日内変動は規則的で早朝時に高く、午後になると低値に安定する。摂食、会話、刷牙などは $|Z|$ を低下させ、睡眠は $|Z|$ を上昇させる。歯肉の左右対称部位の $|Z|$ はほぼ等値で、その差は 20% を越えることは少ない。上顎の歯肉 $|Z|$ は舌側と唇側を比較すると舌側で高値を示す。永久歯の萌出直前の歯肉 $|Z|$ は高いが、萌出直後に急速に低下する。歯の病的動揺度が増大するとその部の歯肉 $|Z|$ は減少する。上記の事実は、歯肉 $|Z|$ の計測を臨床診断へ応用する可能性を暗示する。

緒 言

生体膜、特に皮膚のインピーダンス (impedance) の絶対値 $|Z|$ は、体表の部位¹⁾により著るしく異なり、皮膚下の組織損傷または炎症²⁻⁴⁾により著明な変化をきたすことが知られている。従って、近年、 $|Z|$ の測定は臨床診断の補助的手法⁵⁻¹¹⁾として重要な意義を持つようになってきた。

しかし、歯科学領域では僅かに歯牙そのものの直流電気抵抗値の測定¹²⁻¹⁴⁾と歯髄疾患診断への応用¹⁵⁻¹⁷⁾に関する報告があるだけで、口腔内軟組織の $|Z|$ 測定に関する報告は未だになされていらない。

著者等はさきに、第1報¹⁸⁾で、口腔内軟組

織、特に歯肉 $|Z|$ の測定法と、電極特性に系統的吟味を加えた成績を発表した。その内で Cotton-Wick 電極は口腔粘膜の $|Z|$ 測定に最適であり、本法の測定条件や誤差範囲とその応用性を明らかにした。

本論文では、正常歯肉 $|Z|$ を中心に測定し、日内変動、乳歯萌出期、乳歯永久歯交換期の $|Z|$ 変動につき興味のある成績を得たので報告する。

実 験 方 法

測定法の原理ならびに実験方法の詳細は第1報¹⁸⁾と同じであるから、その要点と手技、ならびに関電極、不関電極について概略を述べる。

発振器に可変抵抗と生体を直列に繋ぎ、その

Fundamental studies on a convenient method for the measurement of electrical impedance in human gingiva. Part 2: Regional differences of electrical impedance in normal gingiva.

Takashi A. SUZUKI, Kosei TAIRA, Norio MATSUMOTO, Kenichiro HAYASHI and Fumikazu YAHATA.
(Department of Oral Physiology, Iwate Medical University School of Dentistry, Morioka 020)

*岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 3 : 145-159, 1978

回路に正弦波交流を流す。その際、可変抵抗器の両端と生体の電極間に生ずる電位差をそれぞれ陰極線 oscilloscope の X 軸と Y 軸に入力し、Lissajous を描かせる。得られる楕円形の長軸を45度になるよう可変抵抗器を調整すれば、その可変抵抗器の読みは生体の $|Z|$ を表わす。発振器よりの出力電圧は 40 nV で、測定に使用した周波数は主に 3 Hz であるが必要によってはその他に 1 Hz より 100 KHz まで任意の周波数を選択できる。

図 1 のように、被検者は椅子に坐臥し、飽和食塩水で満たしたステンレス製不閉電極槽 (20

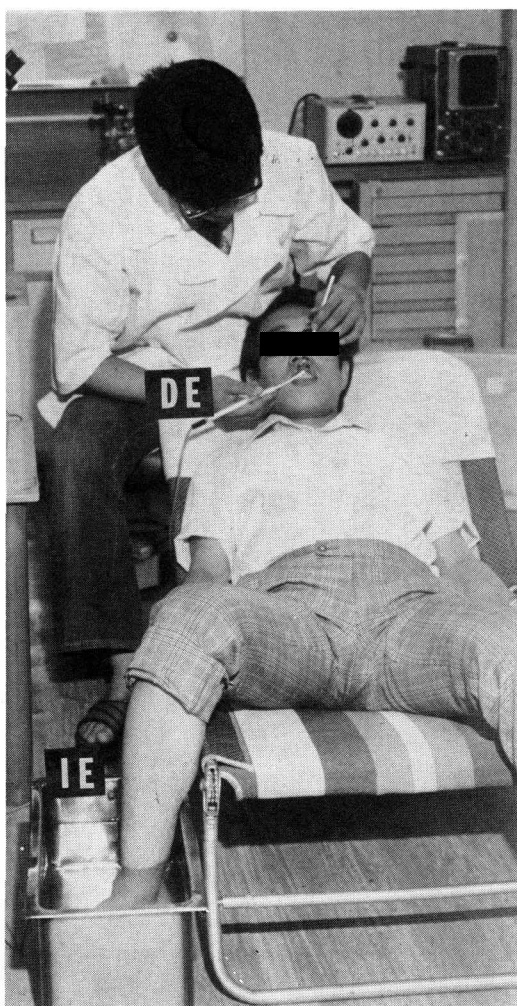
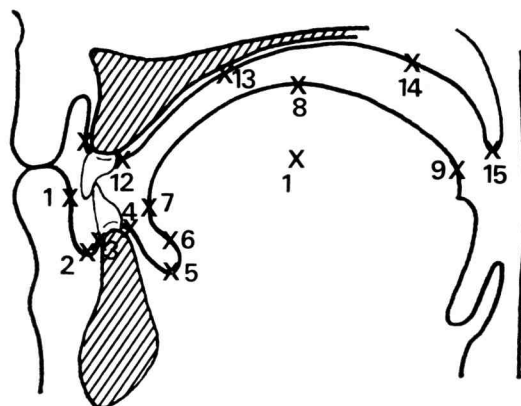


図 1 歯肉 impedance の測定風景
IE ; 不閉電極, DE ; 閉電極, cotton-wick 電極をホルダーに装着したもの。

× 40 × 25 cm) に右足を十分に浸す。閉電極としては、脱脂のための充分煮沸処理した約 50 本の木綿糸を銀・塩化銀ベルトで外径約 3 mm に緊縛したもの (Cotton-Wick 電極, 後ではイオン導入用触手 PYO-2 を代用) を電極ホルダーに装着し、生理食塩水に浸して後、歯肉の歯間乳頭部に軽く当てた。また、上記不閉電極槽の使用が不可能の被検者 (多くは乳児であったが) では大きな Ag-AgCl 電極 (4 × 8 cm) を右側上腕部に電極糊で接着し、その上をさらに生理食塩水に浸した包帯で固定した。これにより可及的に、分極と電極の固有抵抗を少なくした。

測定の際は①皮膚温度と同一の食塩水を用い



1. tunica mucosa labium inferioris
2. muco-gingival junction
3. gingiva (labial side)
4. gingiva (lingual side)
5. caruncula sublingualis
6. facies inferior linguae
7. apex linguae
8. dorsum linguae
9. radix linguae
10. margo linguae
11. gingiva (labial side)
12. gingiva (lingual side)
13. palatum durum
14. palatum molle
15. uvula
16. tunica mucosa buccinator

図 2 口腔内軟組織の impedance 測定部位

1. 下唇粘膜, 2. 下唇前庭円蓋, 3. 下顎唇側歯肉歯間乳頭, 4. 下顎舌側歯肉歯間乳頭, 5. 舌下小丘, 6. 舌下粘膜, 7. 舌尖, 8. 舌背, 9. 舌根, 10. 舌側縁, 11. 上顎唇側歯肉歯間乳頭, 12. 上顎舌側歯肉歯間乳頭, 13. 硬口蓋, 14. 軟口蓋, 15. 口蓋垂, 16. 頬粘膜

ること、②関電極の圧力と接触面積(約直径5mm)を一定に保つこと、③測定時間を一定にし(約10秒)、測定回数を定数化すること、④口唇は、デンタルミラーなどで挙上し、関電極と口唇粘膜の接触をさけることなどの諸点に留意した。

ここで、 $|Z|$ の読みは総合 impedance を表わしているが、特に断りのない限り歯肉 $|Z|$ と見なすものとした。総合 $|Z|$ は歯肉 $|Z|$ と電極固有 $|z|$ の和で表わされるから電極の固有 $|z|$ は歯肉 $|Z|$ に比し、negligible small であることを前提とした。

しかし、歯肉 $|Z|$ と云ってもその内には可成りの電極固有 $|z|$ が含まれていることを念頭におかれない。

実験成績

I 口腔内軟組織の impedance

Impedance 軌跡の成績から知られるように、生体膜の $|Z|$ は、周波数に依存して変化する。従って、測定に使用する周波数を3Hzから30KHzまで九段階に分け、口腔内軟組織の $|Z|$ を計測した。表1は、そのうち健康な成人男女(学生：平均22.3才)それぞれ5名の被検者につき、3Hz, 100Hz, 1KHz, の周波数を代表的にとりあげ、下唇粘膜、下唇前庭円蓋、下顎唇側歯間乳頭、下顎舌側歯間乳頭、舌下小丘、舌下粘膜、舌尖、舌背、舌根、舌側縁、上顎唇側歯間乳頭、上顎舌側歯間乳頭、硬口蓋、軟口蓋、口蓋垂、頬粘膜など16点(図2)の口腔内粘膜 $|Z|$ の平均値と最大値、最小値を示す。

概観して、その最高値と最低値から知られるように、両者にはかなりの巾がみられ、個人差が認められる。男女5名という小数例から結論することははなはだ危険であるが、硬口蓋を除きどの組織においても、男性の $|Z|$ の平均値は女性のそれよりやや小さい。しかしながら下顎の唇側および舌側歯間乳頭、舌根部等の3Hzに対する $|Z|$ は5.0~5.72K Ω と低く、硬口蓋のそれは12.76~17.44K Ω で極めて高い。この傾向は、性別にかかわらず明瞭に認められて

いる。従って口腔内粘膜の $|Z|$ はおよそ5K Ω から12.76K Ω であって、皮膚のそれに比し著るしく低い。

上述の部位的変動を容易に理解できるように上記測定部位を表わしている図2の番号を横軸として各部位の平均 $|Z|$ をplottしたのが図3A・Bのインピーダンス—部位曲線($|Z|$ —部位曲線)である。便宜のため下唇粘膜から舌下小丘(1~5)までをgingival area(G), 舌下粘膜から舌側縁(6~10)をlingual area(L), そして硬口蓋から頬粘膜(13~16)までをpa-

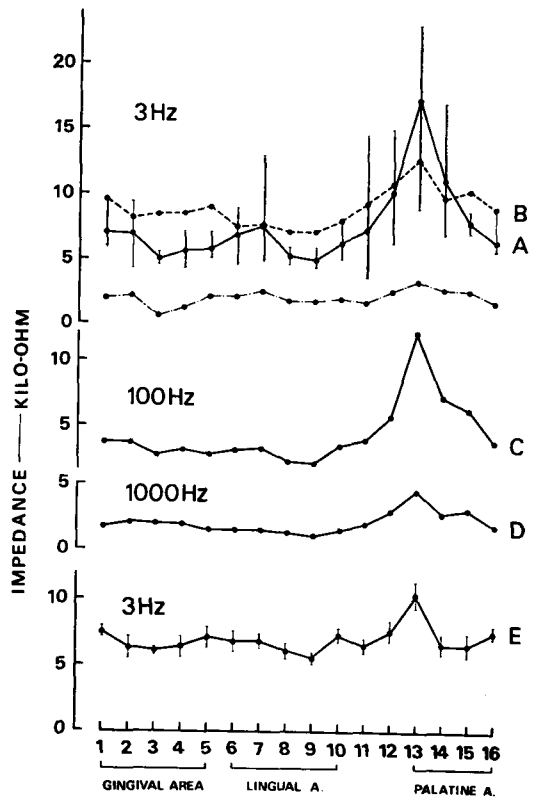


図3 口腔内軟組織の impedance 一部位曲線
 A. 男性被検者5名の平均値、縦線；最高値と最低値(3Hz 正弦波交流)
 B. 女性被検者5名の平均値 一・一鎖線；reactance 一部位曲線(3Hz)
 C. 100Hzの交流に対する男性被検者5名の平均値
 D. 1000Hzの交流に対する男性被検者5名の平均値
 E. 男性被検者1名5回測定の平均値と標準偏差。
 横軸；口腔内軟組織の部位番号(図2と同じ)、
 縦軸；impedance K Ω (A, B, C, D, E), reactance K Ω (鎖線)。

表1 口腔内軟組織の impedance, および reactance 率の変化

No.	Region	Impedance (K Ω) and reactance factor for 3 Hz A. C.					
		5 males			5 females		
		max.	min.	mean	max.	min.	mean
1.	tunica mucosa labium inferioris	9.40 (0.30)	6.00 (0.29)	7.04 (0.28)	14.10 (0.55)	5.80 (0.46)	9.56 (0.40)
2.	muco-gingival junction	9.40 (0.36)	4.30 (0.31)	6.92 (0.32)	13.00 (0.51)	6.40 (0.26)	8.16 (0.40)
3.	gingiva (buccal side)	5.60 (0.25)	4.60 (0.21)	5.00 (0.26)	9.30 (0.40)	7.70 (0.50)	8.52 (0.41)
4.	gingiva (lingual side)	7.20 (0.11)	4.30 (0.12)	5.72 (0.22)	10.00 (0.54)	7.70 (0.51)	8.58 (0.45)
5.	caruncula sublingualis	7.10 (0.33)	5.10 (0.45)	5.78 (0.37)	14.10 (0.31)	7.10 (0.54)	9.00 (0.43)
6.	facies inferior linguae	9.00 (0.36)	4.60 (0.28)	6.88 (0.31)	7.60 (0.36)	6.30 (0.51)	7.54 (0.49)
7.	apex linguae	13.00 (0.34)	5.00 (0.31)	7.62 (0.35)	9.70 (0.50)	6.80 (0.38)	7.72 (0.46)
8.	dorsum linguae	6.00 (0.41)	4.60 (0.28)	5.30 (0.35)	10.30 (0.61)	5.50 (0.44)	7.20 (0.53)
9.	radix linguae	6.00 (0.50)	4.40 (0.49)	5.00 (0.37)	10.70 (0.63)	5.50 (0.45)	7.14 (0.54)
10.	margo linguae	7.90 (0.25)	5.10 (0.40)	6.36 (0.32)	11.70 (0.61)	6.60 (0.45)	8.06 (0.46)
11.	gingiva (buccal side)	14.60 (0.26)	3.70 (0.11)	7.33 (0.24)	11.70 (0.50)	7.70 (0.49)	9.44 (0.43)
12.	gingiva (lingual side)	15.00 (0.19)	6.30 (0.53)	10.24 (0.26)	13.70 (0.49)	9.40 (0.41)	10.90 (0.41)
13.	palatum durum	23.00 (0.16)	14.00 (0.23)	17.44 (0.20)	14.70 (0.25)	11.00 (0.46)	12.76 (0.34)
14.	palatum molle	17.00 (0.18)	7.00 (0.31)	11.18 (0.25)	12.00 (0.30)	8.30 (0.31)	9.84 (0.39)
15.	uvula	8.80 (0.25)	7.10 (0.19)	7.92 (0.35)	14.30 (0.44)	8.60 (0.43)	10.36 (0.44)
16.	tunica mucosa buccinator	9.00 (0.24)	5.80 (0.28)	6.44 (0.28)	12.00 (0.45)	7.30 (0.38)	8.92 (0.39)

latine area(P), に分けて観察するとG部の|Z|一部位曲線は凹状に変化し唇側歯間乳頭は最も低い。L部のそれは舌根で最低で、P部については硬口蓋が常に最高値を示している。このG, L, P部の部位的特性は個々の被検者でも明瞭に認められるところであって(図2E)個人差, 性別にかかわらず殆ど一定である。このように|Z|一部位曲線の形が一定であることは興味深い。さらに、G部の歯肉(部位番号3, 4)および上顎の歯肉(部位番号11, 12)の|Z|に着目すると、そのいずれもは、唇側よりも舌側が高く、上顎歯肉の|Z|は下顎のそれより大き

いことがうかがわれる。また、L部(部位番号7~10)の|Z|についても、舌尖、舌側において高く、舌根部に行くに従って低くなっている。このように、同一組織であっても、著明な部位差が認められるのは注目し値することで、歯肉の|Z|を精査する端緒となった。図3, C, D, は通電々流の周波数を100Hz, 1KHzとしたときの|Z|一部位曲線で、口腔内軟組織の各部位の|Z|は周波数の増加とともに著明に減少し(100Hzで約40%, 1KHzで約10%), |Z|の部位差も不明瞭になることを表をしている。この事実は、口腔内軟組織|Z|の部位差を知る

Noは部位番号で図2参照, max; 最大値, min; 最小値, mean; 平均値

Impedance (KΩ) and reactance factor for 100Hz A. C.						Impedance (KΩ) and reactance factor for 1 KHz A. C.					
5 males			5 females			5 males			5 females		
max.	min.	mean	max.	min.	mean	max.	min.	mean	max.	min.	mean
4.30 (0.40)	3.20 (0.51)	3.70 (0.48)	4.60 (0.49)	2.30 (0.43)	3.68 (0.44)	1.90 (0.63)	1.60 (0.45)	1.74 (0.56)	1.70 (0.49)	1.40 (0.41)	1.56 (0.46)
4.30 (0.38)	2.60 (0.36)	3.68 (0.39)	4.60 (0.49)	2.60 (0.44)	3.92 (0.43)	3.20 (0.51)	1.60 (0.43)	2.10 (0.49)	2.00 (0.51)	1.30 (0.40)	1.74 (0.47)
4.40 (0.41)	2.50 (0.33)	2.78 (0.29)	3.80 (0.29)	2.90 (0.38)	3.40 (0.34)	2.60 (0.49)	1.50 (0.41)	2.02 (0.44)	2.20 (0.40)	1.60 (0.40)	1.88 (0.43)
3.30 (0.33)	2.00 (0.28)	3.14 (0.36)	4.40 (0.31)	2.70 (0.26)	3.32 (0.30)	2.50 (0.38)	1.60 (0.31)	1.96 (0.36)	2.10 (0.45)	1.50 (0.30)	1.76 (0.36)
3.00 (0.36)	2.30 (0.34)	2.72 (0.36)	3.80 (0.49)	2.40 (0.34)	3.32 (0.38)	1.60 (0.41)	1.40 (0.41)	1.48 (0.44)	1.80 (0.50)	1.30 (0.36)	1.60 (0.46)
4.70 (0.60)	2.20 (0.42)	3.12 (0.46)	3.30 (0.45)	1.90 (0.41)	2.42 (0.43)	1.70 (0.45)	1.30 (0.46)	1.48 (0.46)	1.50 (0.49)	1.10 (0.34)	1.28 (0.44)
4.30 (0.50)	2.50 (0.49)	3.32 (0.46)	3.90 (0.30)	2.60 (0.46)	3.24 (0.42)	1.70 (0.59)	1.30 (0.40)	1.56 (0.53)	1.60 (0.56)	1.20 (0.49)	1.44 (0.49)
2.50 (0.43)	2.00 (0.41)	2.30 (0.40)	2.80 (0.45)	2.10 (0.40)	2.46 (0.43)	1.50 (0.55)	1.00 (0.36)	1.32 (0.45)	1.30 (0.46)	1.10 (0.44)	1.20 (0.45)
2.60 (0.38)	1.70 (0.36)	2.14 (0.38)	2.30 (0.40)	1.80 (0.38)	2.04 (0.39)	1.20 (0.44)	1.00 (0.38)	1.10 (0.43)	1.80 (0.33)	0.90 (0.39)	1.16 (0.38)
4.60 (0.48)	2.60 (0.40)	3.48 (0.45)	4.80 (0.45)	2.60 (0.41)	3.42 (0.41)	1.70 (0.59)	1.30 (0.46)	1.52 (0.52)	1.70 (0.55)	1.10 (0.44)	1.40 (0.49)
6.10 (0.39)	2.00 (0.34)	3.94 (0.40)	4.30 (0.34)	3.00 (0.39)	3.50 (0.34)	2.60 (0.40)	1.60 (0.41)	1.98 (0.43)	2.50 (0.43)	1.70 (0.38)	2.04 (0.42)
8.30 (0.29)	3.60 (0.29)	5.78 (0.32)	6.20 (0.33)	3.60 (0.41)	4.90 (0.33)	4.10 (0.73)	2.00 (0.41)	3.04 (0.56)	2.80 (0.51)	1.80 (0.44)	2.52 (0.47)
16.30 (0.43)	10.40 (0.40)	12.16 (0.37)	7.60 (0.30)	4.30 (0.29)	6.56 (0.34)	5.80 (0.76)	3.70 (0.76)	4.62 (0.73)	3.10 (0.66)	2.70 (0.55)	2.84 (0.62)
9.60 (0.29)	4.30 (0.38)	7.18 (0.35)	7.40 (0.33)	2.60 (0.33)	4.78 (0.32)	3.60 (0.68)	2.10 (0.56)	2.84 (0.62)	3.30 (0.54)	2.00 (0.54)	2.48 (0.55)
8.50 (0.35)	5.40 (0.36)	6.28 (0.40)	8.60 (0.40)	3.20 (0.34)	5.36 (0.33)	4.80 (0.64)	1.70 (0.41)	3.08 (0.61)	2.50 (0.56)	2.20 (0.54)	2.36 (0.56)
4.40 (0.45)	3.20 (0.38)	3.82 (0.38)	5.60 (0.49)	3.50 (0.40)	4.24 (0.42)	2.00 (0.63)	1.60 (0.44)	1.86 (0.54)	2.30 (0.60)	1.40 (0.50)	1.86 (0.53)

には3Hzのような低周波電流が最適であることを示しているに他ならない。従って、今後、歯肉|Z|を測定するに当っては、極く特殊な場合を除き、正弦波交流の周波数を3Hzに固定することとした。

一方、表Iから知られる如く、reactance率の大きさは|Z|の大小と無関係で、男性被検者では、2、3の例外を除き0.2~0.45であり、女性では0.3~0.5の間に分布している。そして、reactance率の大小と口腔内軟組織の部位差との間には特異な関係を見え出しにくい。なお、周波数を100および1000Hzに上げると、それぞ

れの|Z|は著るしく減少するが、reactance率はほとんど変わらない。したがって、reactance(KΩ)を計算し、reactance一部位曲線を求めると、図3鎖線のように平坦化して部位的特性を表わしにくくなる。これは、口腔内粘膜の部位的特性を検索する手段として位相差を計り、reactance成分を計算することは無意味に近いことを示している。したがって、以下の歯肉|Z|の計測には、特別のことがない限り、位相差を勘案しないこととした。

II 歯肉 impedance

前述の如く表Iから、歯肉|Z|には部位差

(部位番号 3, 4, 11, 12) が存在することが示唆された。この示唆を実証するため歯肉各部位の |Z| の実測を試み、まず小数例で日内変動、brushing 効果など歯肉 |Z| の変動因子を詳細に検討してのち、多数例につき、部位差や乳歯萌出時の変動、そして乳歯永久歯交換期の変動などを調査した。

1) 日内変動 :

まず始めに、年齢 21 才から 48 才の 5 名の被検者につき、午前 9 時から午後 9 時まで、1 時間おきに 12 時間の日内変動を 1 週間くりかえし計測した。測定部位は上、下顎、唇側および舌側第 1 切歯の歯肉歯間乳頭の 4 点で、1 点につき 2 度ずつ、3 Hz 正弦波交流に対する |Z| を求めた。また被検者は |Z| の計測時以外は努めて平常の研究室業務を続けるようにした。

図 4 は、その代表例であって、時刻と測定開始後の時間を横軸にとり、縦軸に歯肉の |Z| を

plott したものである。同図において A は日内変動の激しい例を、B では変動の少ない例を表わしている。図から知られるように、日内変動には個人差があり、A では約 9 KΩ から 4.2 KΩ へ、B では約 7 KΩ から 5 KΩ へ変化する。それぞれの変動率は 53% から 28% の間にあるが、2 例とも早朝時に高く、午後 2 時以降最小値に安定する。注目すべきは早朝時の最高値と正午から午後 1 時にかけて起る |Z| の低下で、前者は、睡眠と後者は正午後の摂食と関係があるように思われた。これは、日内変動の検索中たまたま、発見された午睡後の |Z| の上昇と、不用意にとった間食後にみられた |Z| 変動から注意を引き、次の Brushing 効果の成績の項で実証された。また、皮膚 |Z| は室温と逆比例することが知られているから、室温を計測してみたが(図 4, 点線)、室温と歯肉 |Z| との間には関連はなさそうに思われた。

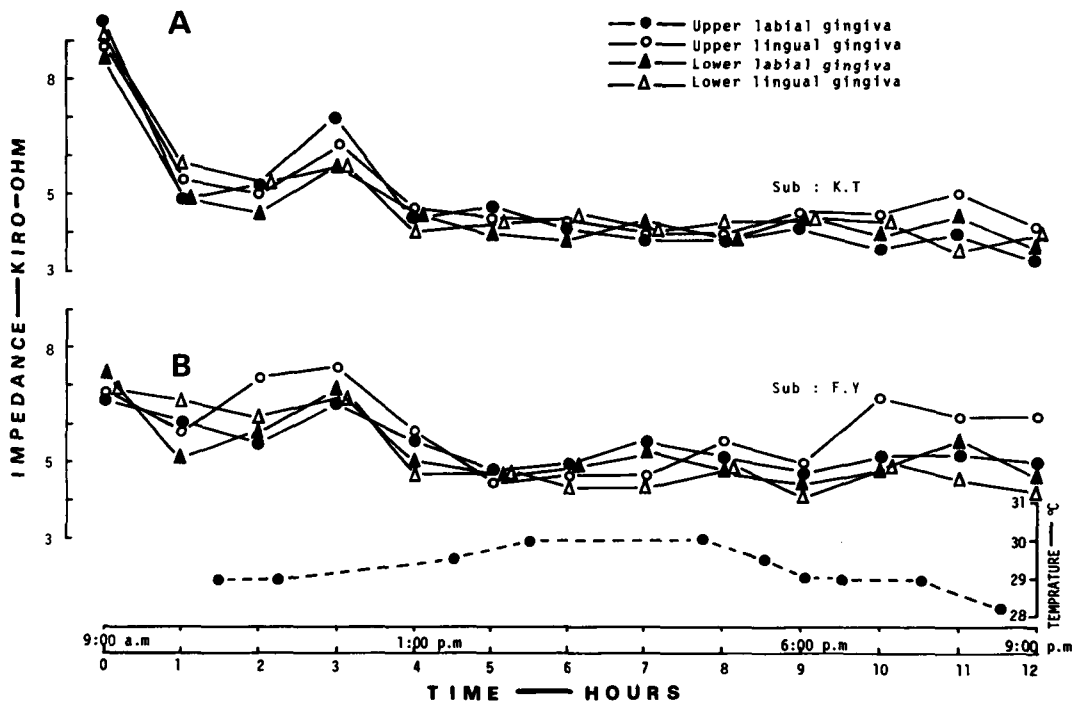


図 4 歯肉 impedance の日内変動

横軸；測定時刻と測定開始後の経過時間 (単位—時)，縦軸；中切歯部の歯肉歯間乳頭の impedance (KΩ)，および室温 (単位—℃)

A；日内変動の大きい被検者の例，B．日内変動の小さい被検者の例，いずれも 5 回測定の前平均値を示す。—●—上顎唇側歯肉，—○—上顎舌側歯肉，—▲—下顎唇側歯肉，—△—下顎舌側歯肉

2) **Brushing 効果と歯肉 |Z| の変動因子 :**

1) の成績から歯肉 |Z| の日内変動が安定する午後 1 時以降を選び、通常用いる brush で刷掃をくりかえし、睡眠をとり歯肉 |Z| に及ぼす効果を調査した。なお、この際、|Z| の人工的変動をさけるため、摂食をしないまま、実験を午後 11 時まで継続するが、睡眠は翌朝まで十分とるよう心がけた。図 5 はその成績の 1 例で、時刻と測定開始後の時間を横軸にとり、縦軸に歯肉 |Z| を plott して brushing 効果と睡眠による |Z| の変動を表わしたものである。

図から知られるように 1 時間毎に行われた 3 回の brushing では、いずれの場合も歯肉 |Z| は急速に低下する。1 回目は 0.5 KΩ, 2 回目は約 1.3 KΩ, 3 回目は平均 1.8 KΩ ずつの減少で、これは、刷掃前の歯肉 |Z| に対し、それぞれ、約 8, 20, 26% の |Z| の減少に相当する。この刷掃による変動率の増大は刷掃の回数

を増すごとに著るしくなる。これは刷掃回数に比例して上皮脱落が増大するからであろう。また、brushing 効果の回復過程は比較的早く、約 50 分で旧値に戻ることが多い。しかし、3 回目以降の brushing 効果は永続的で約 7 時間ほど互って歯肉の低値が続く。この低値の続いている状態で、4 回目の刷掃を行うとき、歯肉 |Z| はわずかに増大するが、この現象については明確な理由が分らない。ただ、被検者は 3 回目の刷掃のときから、歯肉に疼痛を訴えており、4 回目の刷掃は短時間で軽くすませたため、歯肉の上皮脱落が殆ど起らず、刷掃前と同じ粘膜の状態が保てたからと思われる。

なお、長い会話も、歯肉 |Z| を減少させる。これは図に示していないが第 1 時限、100 分間の講義の前後に |Z| を測ったところ、|Z| は約 20% 減少していた。いずれにしろ、歯肉表層の磨擦と適度の唾液分泌は歯肉 |Z| の減少を惹起

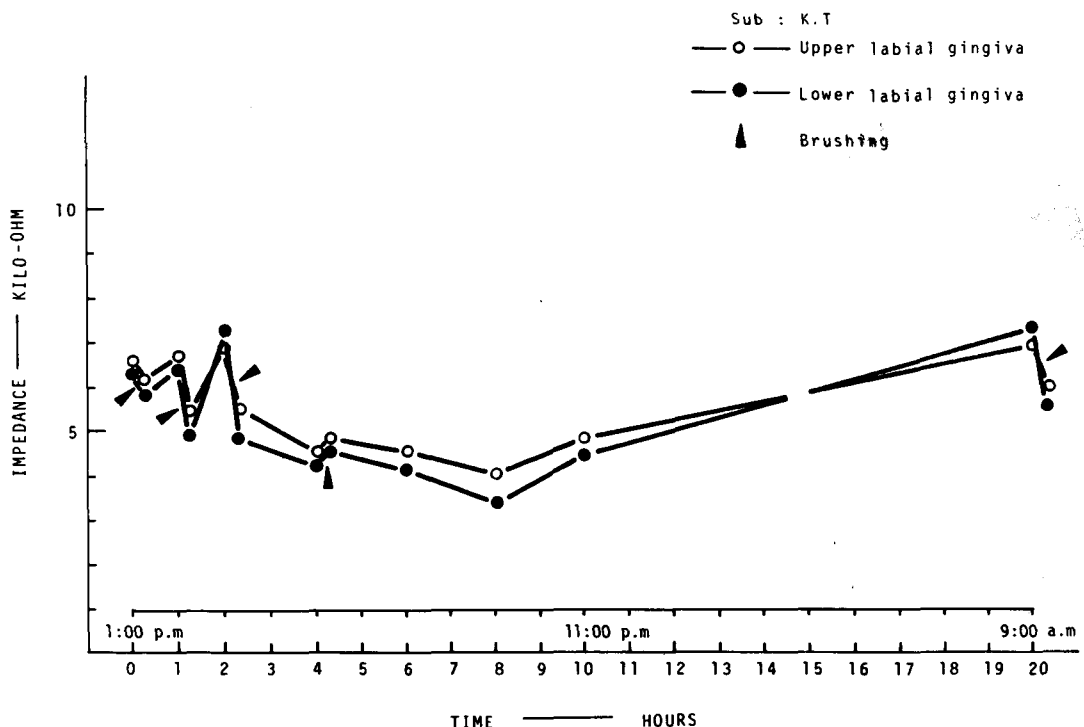


図 5 刷掃効果と睡眠による歯肉 impedance の変化
 横軸；測定時刻と実験開始後の時間、縦軸；歯肉 impedance (KΩ) .
 一○一上顎唇側歯肉、一●一下顎唇側歯肉、▲刷掃による |z| の変化を表わす。

するものと思われる。

次いで睡眠効果について触れると図5は入睡前、午後11時の歯肉|Z|は約4.6KΩであったものが8時間の睡眠後約7KΩに増大したことを表わしている。この睡眠による|Z|の変化率は、約52%増に相当する。このような睡眠で起る|Z|の変動は15分程度の仮眠から認められ、3~4時間の睡眠で殆ど一定となる。このようにして増大した|Z|は翌朝の刷掃により、また減少することが図から知られよう。

以上の事実から歯肉|Z|の変動因子としては、摂食、会話、刷掃、睡眠などを挙げることができる。前3者は減少的に後者は増大的に働くと思われる。

3) 部位差

年令22才から28才までの男女学生72名につき、3Hz交流を用いて、歯肉|Z|の部位差を計測した。測定点は1被検者につき上・下顎の唇側および舌側の中切歯間(1.1)左右の犬歯第1小白歯間(3.4)左右の第1・第2大臼歯間(6・7)の歯肉歯冠乳頭部合計20点である。その測定順序は上顎唇側歯肉の中央部から左右交互に測り、逐次、上顎舌側歯肉、下顎唇側歯肉、同舌側歯肉に移り同じ手順ですすめた。日内変動の成績から、測定時刻を午後2時から4時までの間と限定し、1被検者につき2 seriesの実測を繰り返す、その平均値を求めた。

図6図は測定部位の符号を横軸にとり、縦軸に、それぞれの部位で得られた歯肉|Z|をplottしたものである。Aは上顎の唇側、および舌側歯肉で得られた|Z|一部位曲線を表わし、Bは下顎で得られたそれを表わしている。いずれも同1被検者で計測したものである。まず、唇側・舌側歯肉の|Z|差につき述べると、上顎舌側歯肉の|Z|(黒丸)は高く変動巾が大きく約7.5KΩから12.3KΩに分散するが、上顎唇側のそれ(白丸)は著るしく低くて、変動巾も少く5~6.2KΩの間に分布する。それに対し下顎では唇側、舌側ともにその|Z|は低く、6.1~7.2の範囲に分散して、その変動巾も小さい。

つまり、上顎では唇側と舌側歯肉の|Z|には

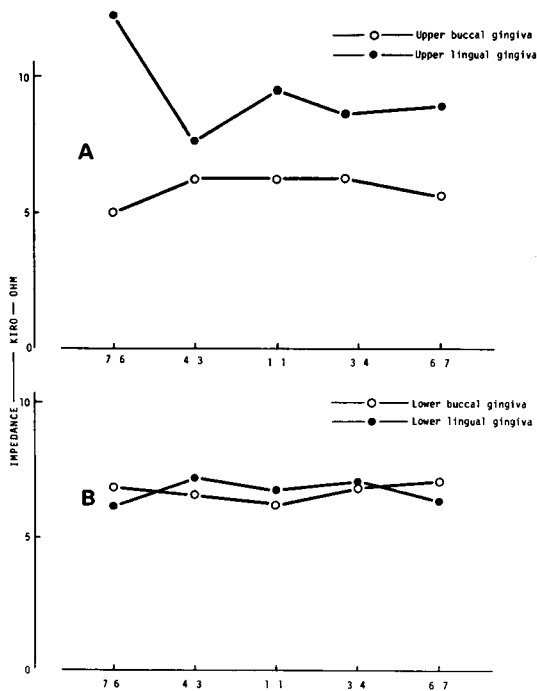


図6 歯肉 impedance の部位変化
横軸；歯肉部位， 1.1；中切歯歯肉歯間乳頭部， 3.4；又は4.3；犬歯・第1小白歯間歯肉歯間乳頭部， 6.7又は7.6；第1・第2大臼歯間歯肉歯間乳頭部の部位を表わす。
縦軸；歯肉 impedance (KΩ)， 一○一唇側歯肉 一●一舌側歯肉。

著るしい差が存在するが、下顎については大差が認められ難い。この傾向は、他の被検者についても広く認められるところであって、表IIの成績から推察される。同表は72名の被検者につき、唇側歯間乳頭と舌側歯間乳頭の|Z|を比較した結果を示す。男女とも上顎では全例で舌

表II 唇側歯肉と舌側歯肉対称部位間の impedance 値の比較

LとBはそれぞれ舌側歯肉|Z|と唇側歯肉|Z|の大きさを表わす。被検者；男性60名、女性12名、計72名

		L>B	L=B	L<B
male	maxi.	60 (100%)	0 (0)	0 (0)
	mandi.	53 (88.3%)	5 (8.3)	2 (0.3)
female	maxi.	12 (100%)	0 (0)	0 (0)
	mandi.	11 (91.7%)	1 (8.3)	0 (0)

TOTAL 72

表Ⅲ 上顎と下顎の歯肉対称部位間の impedance 値の比較
 M_{AXI} ; 上顎歯肉 |Z|, M_{ANDI} ; 下顎歯肉 |Z|, 被検者数は表Ⅱと同じ。

	maxi. > mandi.	maxi. = mandi.	maxi. < mandi.
male	37 (61.7%)	22 (36.7)	1 (1.6)
female	6 (50.0%)	6 (50.0)	0 (0)

TOTAL 72

表Ⅳ impedance一部位曲線の型の出現例数と出現率
 Straight ; 直線型, concave ; 凹型, convex ; 凸型, M-type ; M字型, W-type ; W字型,
 others ; その他の型, 被検者数は表Ⅱと同じ。

sex	region \ type		straight	concave	convex	M-type	W-type	others	total
	maxi.	mandi.							
male	buccal	straight	25 (41.7%)	11	3	2	6	13	60
		lingual	50 (83.3)	2	5	0	0	3	60
	lingual	straight	30 (50.0)	0	11	8	1	10	60
		convex	51 (85.0)	2	4	1	0	2	60
female	buccal	straight	7 (58.3)	2	0	1	1	1	12
		convex	9 (75.0)	0	3	0	0	0	12
	lingual	straight	7 (58.3)	0	4	0	0	1	12
		convex	10 (83.3)	0	2	0	0	0	12

側歯間乳頭の |Z| が高い。下顎での比較では男性60例中53例 (88.3%) で舌側 |Z| が高く、どちらも云えないもの 5例 (8.3%) その反対に唇側が高いものは2例 (0.3%) であった。女性下顎では12例中、11例 (91.7%) で舌側が高く、どちらも云えないもの 1例 (8.3%) があつた。要するに、上顎では舌側歯間乳頭の |Z| は唇側のそれに比し、常に高いと云い得るが、下顎については、その傾向はやや不明瞭となる。

次いで上・下顎歯肉間の |Z| 差につき述べると、表Ⅲの如くである。男性被検者60例中、上顎歯肉 |Z| が、大きいもの37例、反対に下顎歯肉 |Z| の高いもの僅かに1例で、残りの32例は上・下顎歯肉間に著明な相異を認め難かつた。女性被検者12例では、上顎歯肉 |Z| の大きいもの6例、上・下顎間の歯肉 |Z| に有意の差の認め難いもの6例の成績であつた。したがって、おおよそ、男性被検者の上顎歯肉 |Z| は、下顎のそれに比し、高いと云い得る。

|Z|一部位曲線の形について観察すると、図6Aの舌側歯肉でみられる如く、おおよそ、W型を呈するもの、同図唇側歯肉の如く凸型をする

もの、また同図B舌側歯肉の如くM型をなすもの、同唇側のそれの如く、凹型を呈するものなどと、6種程に大別できる。これらの曲線は次のことを示唆する。すなわち左右対称部位の歯肉 |Z| はほぼ等しく、左右差の著るしい上顎舌側歯肉 |Z| についてみても (図6A), その差は僅かに犬歯第1臼歯間乳頭で約12%, 第1・第2大臼歯間乳頭で30%程度である。しかし、後者のように大きい左右差は他の被検者では殆ど見られず、平均的には、その差は20%を越えることはめつたにない。これら |Z|一部位曲線の型の出現率を示したものが表Ⅳである。男女・上・下顎とも直線状の |Z|一部位曲線を示すものが1番多く、次いで男性下顎唇側歯肉では凸型、同じく上顎唇側でW型を呈するものが多かつた。しかし、全体的には、特定の部位で、1定の型の |Z|一部位曲線を得られるとは結論され難い。

4) 乳歯萌出期、前歯群交換期の変動

年齢による歯肉の |Z| 変動を観察する際、低年齢期で起る乳歯萌出、乳歯永久歯交換などの特別な動態につき留意する必要がある。

歯肉 |Z| の年齢変化については他の論文で述

べるが、本論文では、特に乳歯萌出期と前歯群交換期の歯肉|Z|の変動につき調査した。

乳児院(各年令男女2~3名)、保育園(各年令男女各5名)小学校(各学年男女各50名)の乳児、児童約654名の協力を仰いで計測を行った。各年令層の被検者を均等に確保することは困難であり、室温、測定時刻、測定法(不閉電極)など必ずしも同じでないから sampling に不備のあることを免れない。

まず7ヶ月から1年6ヶ月程度の乳児につき、下顎前歯部(唇側)歯肉|Z|を計測すると歯の萌出の極く初期にはやや低いが、歯冠が露出すると、その部位の歯肉|Z|は、やや高くなる。この結果は、1乳児につき、継時的に測定したのではなく、各月令、年令層の乳児一人一人のデータを比較して得られたものである。

前歯群交換期における、上顎、唇側、歯肉の|Z|一部位曲線を表わしたものが図7である。いづれも測定点は上顎唇側の中切歯乳頭部、および左右、中切歯、側切歯、犬歯の付着歯肉部の7点である。同図においてA曲線は、う蝕のない3才児の乳歯列につき測定したもので、|Z|は約5KΩで|Z|一部位曲線は straight type を表わしている。B・Cはともに6才児の|Z|一部位曲線である。同じ6才児でもBでは左右両側の永久中切歯は $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{3}$ だけ萌出し、乳側切歯は、強度のう蝕で脱落した例である。乳歯脱落部の付着歯肉の|Z|は他より明瞭に低いことが窺われる。この事実は乳歯のみならず、永久歯の脱落部位でも確認されたことである。しかし、Cでは、左右側とも永久中切歯は完全に萌出が完了し、乳側切歯が脱落后、正に永久歯が萌出直前の状態の症例である。この場合、辺縁歯肉は未だ融合して、歯冠が歯肉下で白色に見える状態であるがその部の付着歯肉の|Z|は著るしく高かった。Dは10才児の|Z|一部位曲線で、切歯交換は完全に終了しているが、永久犬歯は $\frac{1}{6}$ ~ $\frac{1}{3}$ 程度萌出している例を表わしている。この例で、たとえ永久歯が $\frac{1}{6}$ でも萌出してしまうと、その部の付着歯肉の|Z|は他のそれと大差なくなることが知られよう。

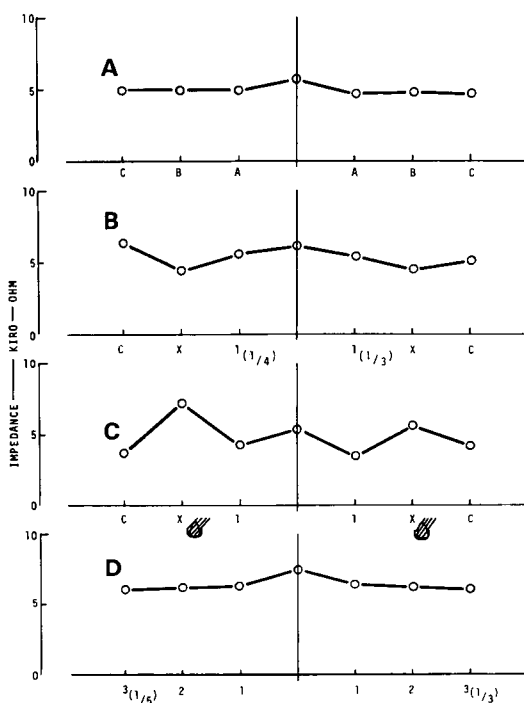


図7；前歯群交換期の歯肉 impedance の変化
横軸；乳歯(A, B, C)および永久歯(1, 2, 3；中切歯、側切歯、犬歯部)の歯列弓を表わす。縦軸；歯肉 impedance (KΩ)。

X；脱落歯を表わす。；永久歯萌出直前の状態、 $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ はそれぞれ萌出の程度を表わす。
A曲線；3才児、乳歯萌出後の impedance 一部位曲線、B曲線；6才児・左右側の乳側切歯の脱落した歯列を表わす。C曲線；6才児・左右側の永久側切歯が萌出直前の状態を表わす。D曲線；10才児の歯列を持った被検者前歯群がすべて萌出した状態を表わす。

つまり、永久歯歯牙の萌出直前の付着歯肉の|Z|は比較的高いが、萌出直後|Z|は減少し、 $\frac{1}{6}$ 以上の萌出が完了すると、その部の歯肉|Z|は殆ど正常値に回復することが知られよう。

5) 歯の動揺度と歯肉|Z|

臨床診断への応用の可能性を予測する目的でまず、歯周疾患につき歯の動揺度と歯肉|Z|の相関について調べた。症例は咀嚼障害と歯肉出血を主訴として本学附属病院第2保存科を訪れた41才の主婦である。歯槽膿漏のため、その歯列弓は種々の動揺度(I-III度)を持つ歯で構成されていた。柔らかいブラシで良く刷掃せしめてから、上・下顎とも、各歯の唇側の辺縁歯肉

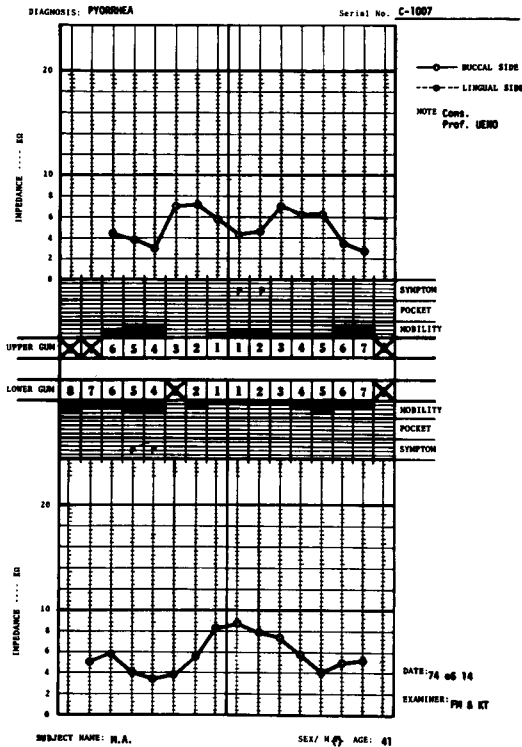


図8 歯槽膿漏患者の impedance
—動揺度—歯肉部位図

横軸；歯列番号； 縦軸；歯肉 impedance(KΩ), Mobility； ヒストグラムの高さで歯の動揺度を表わす。

から付着歯肉にわたる部分の|Z|を2回ずつ測定した。図8はその結果を表わす部位—impedance—動揺度図である。

同図の中央部の数字は歯列番号を示し、それに隣接して上下に動揺度、歯周ポケット、歯周症状、|Z|一部位曲線などを表わしている。上半部は上顎、下半分は下顎で得られた成績である。動揺度はⅣ度に分け分類しているが、一見して動揺度の増加とともに|Z|が低下していることが知られよう。図8において、動揺度Ⅲを示す部位の歯肉|Z|は約2~4KΩの範囲で極めて低く、次いで動揺度Ⅱの部位は3.5~5.5KΩの値を示す。動揺度Ⅰ以下では6~8KΩと大略正常値を現わしている。この事実は歯の動揺度とその部位の歯肉|Z|の値には、或る程度の相関があることを示唆する。しかし、一般に歯槽膿漏は老年者に多く、老年者の歯肉|Z|は

高値(8~15KΩ at 3Hz)を示すから、正常歯肉部位の|Z|を測るか、舌尖又は軟口蓋の|Z|を測って、その比から動揺度との関連を検討する必要がある。

舌尖および軟口蓋を対照として選ぶ理由は図3から知られる如く、それらの|Z|は正常歯肉の|Z|に近く、男女差も比較的少ない部位だからである。上述の如く歯の動揺度と歯肉|Z|の間に相関を認められると云うことは、歯肉に症状を来たす歯周疾患についても|Z|変化を来たす可能性を暗示する。これら歯周疾患の成績については、第3報で触れることにしたい。

考 案

著者らの文献検索によれば、口腔内軟組織の|Z|測定に関する報告は未だになされていない。従って、直接比較できるデータがないので、類似性を持つ皮下結合組織や体腔内臓器の成績と比較し、次いで最も良く調査されている皮膚の成績と比較を試み考察を加えたい。ここで、生体膜の|Z|は電極の材質、面積、使用電流(直流または正弦波交流)および周波数により著るしく異なるので、これらの要素に特に留意する必要がある。

皮下組織、本腔臓器|Z|との比較

児島他²⁾は細い極針および電極面積1cm²の銀・塩化銀電極を用い、佐藤他¹⁹⁾²⁰⁾も96mm²≒100mm²の銀・塩化銀電極を使って、それぞれ、胸腔、腹腔臓器の|Z|を測定している。彼らの成績で共通して云えることは、空気を含む肺および血液の含有量に富む実質性臓器の|Z|は高く、中空性の胃、腸、膀胱の|Z|はやや低く皮下組織は最も低いことである。これを数値で示すと、3Hz交流に対する|Z|は、肺で1,750Ω¹⁹⁾²⁰⁾、肝、脾、腎等で700~1200Ω²⁾、胃腸と皮下組織の|Z|はそれぞれ300~500Ω²⁾¹⁹⁾²⁰⁾でほとんど一致している。本実験では口腔内軟組織の極く小部分、特に歯間乳頭部歯肉の|Z|を計る目的のため、その電極直径を5mmとしなければならない制約があった。かかる条件ではBlank and Finesinger²¹⁾の電極有効面

積は $19.6\text{mm}^2 \approx 20\text{mm}^2$ であるから、彼我の電極面積比は約 5 : 1 となる。ここで生体膜 $|Z|$ は使用する電極の面積に逆比例¹⁾²¹⁾ するから、便宜的に著者らの実測値の $1/5$ を考慮におくと、児島他²⁾、佐藤他¹⁹⁾²⁰⁾ の成績と対比できそうである。著者らの口腔内軟組織のうち、見かけ上の $|Z|$ の最低のものは $5,000\Omega$ (舌根部) で最高のもは $17,440\Omega$ (硬口蓋) であった。したがって、これから電極の固有 $|z| = 800 \sim 1,200\Omega$ を差引くと、その実 $|Z|$ は概略約 $4,000\Omega \sim 15,000\Omega$ となる。そこで、これを児島、佐藤らと同じく 100mm^2 の電極を用いたと仮定し舌根、硬口蓋で得られるであろう $|Z|$ に換算すると、 $4,000/5 \sim 15,000/5 = 800 \sim 5,000\Omega$ と云うことになる。これは前述の実質臓器や肺の $|Z|$ に相当する。このように、歯肉は比較的高い $|Z|$ を示すのは意外であった。口腔内軟組織は外見上、単純な粘膜から構成されているので、その $|Z|$ は比較的低く、部位変動も少ないものと想定されたが、体腔臓器の $|Z|$ に比し、かなり巾広い $|Z|$ を持つことになる。多分、これは舌下小丘、舌、軟口蓋、口蓋垂などを除いて、歯肉、硬口蓋等は特別の粘膜下組織を持たず、歯槽骨または上顎骨口蓋の骨膜と直接結合している特殊性によるのかもしれない。〔註：児島他、佐藤他の論文には電極固有 $|z|$ の記載がないので、その固有 $|z|$ は無視できる程小さいものと做した。〕

皮膚 $|Z|$ との比較

皮膚 $|Z|$ は直流または交流で多くの研究者により測られている。¹⁾⁷⁾ そのうち、測定法も電極も近似のものにつき比較することとする。藤巻¹⁾ は直径 3cm の銀・塩化銀電極を脱脂綿で包んだものを用い、健康被検者の体表各部位の $|Z|$ を測定した。それによると、3Hz 交流に対する最高値は下肢 (腓腹筋) の $|Z|$ で $152\text{K}\Omega$ 、最低値は外陰部 $|Z|$ で $4\text{K}\Omega$ であった。さきに児島他および佐藤他の成績と比較したと同じ方法を取り、いま、藤巻の直径 3cm の電極を歯肉 $|Z|$ の測定に用いたものと仮定し (実際には歯肉に直径 3cm の電極を当てることは不可能であるが) 計算すると、口腔内軟組織の最低

$|Z|$ は約 $0.11\text{K}\Omega$ 、最高 $|Z|$ でも約 $0.42\text{K}\Omega$ と云うことになる。これは藤巻の皮膚 $|Z|$ の最も低い外陰部 ($4\text{K}\Omega$) や最も高い腓腹筋 ($152\text{K}\Omega$) の成績と較べても、その約 $1/40$ の値となる。つまり、口腔内軟組織の $|Z|$ は極めて低いことになる。これは、皮膚に微小な損傷でもあれば、その $|Z|$ は著るしく減少する事実¹⁾²⁴⁾ や皮下結合組織の $|Z|$ は極めて低いこと²⁾ からも推論される。

さらに、藤巻は交流周波数と体表 $|Z|$ との関係を調べ、皮膚の部位差を表わす最適周波数は 3Hz であることを指摘した。著者らの口腔内軟組織 $|Z|$ の部位差を表わす成績もこれと一致して、図 3 から知られるごとく 3Hz が最適周波数と結論された。

また、 $|Z|$ の性差については Gerstner²²⁾ と長田²³⁾ は男性の皮膚 $|Z|$ は女性のそれより大きいと報告し、藤巻¹⁾ は体表部位によって一概に云えないと記載している。著者らの成績では硬口蓋で Gerstner、長田の成績と一致して男性の $|Z|$ は大きく、歯肉では反対に女性の $|Z|$ が男性のそれより大きかった。この歯肉の成績は藤巻の手掌、足底、顔、頸などの成績と一致する。

一方、交流周波数の変化による体表各部位の $|Z|$ の変動は、これまた藤巻の成績と一致して、3Hz より 100KHz までの範囲では周波数の増加とともに $|Z|$ は減少した。しかしながら reactance 率については、Rein²⁴⁾、Gildemeister²⁵⁾ および藤巻¹⁾ は皮膚 $|Z|$ の大きさと平行的に変化すると述べている。口腔内軟組織ではこれに反し、その reactance 率は $|Z|$ の大小にかわりなく一定の傾向が見られた。体腔臓器の種類によっては $|Z|$ の増大とともにその位相角は減ずるもの、増加するものなど報告¹⁹⁾ されているので、この点、前記の矛盾は考慮外に置いてもよさそうである。しかし、使用する周波数と reactance 率は無関係に一定値をとると云う現象については、Rein²⁴⁾、Gildemeister²⁵⁾、藤巻¹⁾ の成績と一致した。

大庭²⁶⁾、中西²⁷⁾ は体表の左右対称部位の直流電気抵抗はほぼ等しいことを報告し、藤巻¹⁾ は

交流で正常皮膚の対称部位の左右差はどんなときでも30%を越えないことを強調している。著者らの歯肉で計測した|Z|一部位曲線について、この左右対称部位の相異を勘案すると、|Z|一部位曲線の殆んどは、straight, convex, M一字型, W字型(表IV参照)を呈し、そのいづれも左右対称性を保持している。正常歯肉については、|Z|の左右差は20%を越えることはなかった。

日内変動について

歯肉|Z|の日内変動を来たす因子としては、摂食、会話、刷掃、睡眠などを挙げることができ、前三者は減少的に睡眠は増大的に働くことをすでに述べた。前三者はいづれも歯肉マッサージまたは上皮脱落がその原因と考えられた。皮膚|Z|についてはこのような摂食、会話、刷掃の作用に関する知見の記載は見当らない。ただ驚くべきことに、睡眠は皮膚の直流抵抗値を増大するという。¹⁾ この事実は歯肉で観察された現象と一致するが、その|Z|増大の理由については今のところ説明が困難である。

皮膚|Z|の変動因子としては発汗、室温、入浴などが報告¹⁾されている。これに反し、室温は図4から知られるごとく、歯肉|Z|に対して余り影響を及ぼさない。

いづれにしろ、歯肉|Z|の日内変動は口腔の自浄作用と何らかの関連をもち、歯肉|Z|の高低は刷掃の度合や歯肉マッサージ効果の客観的指標となり得るのではないかと考えている。

臨床診断への応用の可能性について

皮膚の直流抵抗の変化や、交流に対する|Z|変動を疾病の診断に役立てようとする意図は古くから持たれていた。Richterら²⁸⁾、Jesperら²⁹⁾は末梢神経損傷により、その支配領域の皮膚に境界の鮮明な抵抗値の高い部分を見出すことを報告した。一方、児島らは表在性腫瘍を持つ患者を主に、265例の皮膚|Z|を測定し、次の結論を得た。1) 発育の進んだ癌腫や皮膚と癒着のある場合はその部の皮膚|Z|は著明に低下する。2) 急性化膿性疾患は全例において|Z|が変化し、炎症の軽微のうちは低いが、そ

の炎症が表面に波及し、発赤腫張熱感が生ずると|Z|は逆に高くなる。などである。

歯科領域では歯牙そのものの電気抵抗R(大多数は直流に対する)を計測した仕事¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾はあるが、歯肉|Z|を対象とした報告は未だ知られない。Mumford¹⁵⁾は象牙質Rはう蝕の進行とともに低下し、約2,100K Ω から露髄で僅かに31K Ω に変化することを報告し、加藤¹³⁾も同様の現象を報告している。同じく、鈴木¹⁵⁾は感染根管治療を目的とし、イオン導入的に通電を試みた実験を初めとして、一連の多くの仕事を行っている。砂田¹⁷⁾も根管長を測定する手段として直流、または400Hzの交流を使っていることは有名である。これらは、いづれも歯牙Rを指標に診断または治療に役立てることを目的とした実験であった。

すでに云及したように腫瘍または炎症によりその近傍の皮膚|Z|に著るしい変化を来たすのであれば、歯肉に歯周病の症候を認めるとき、歯肉|Z|もまた変化するとの想定が許される。その歯肉|Z|の変動を精細に検討し、歯周病疾患との関連を予備的に知ることこの実験目的の一つであった。手始めに、咀嚼障害と歯肉出血を主訴とする症例につき、歯の動揺度とその部の歯肉|Z|の相関を調べたところ、動揺度の悪化とともに歯肉|Z|は著明に低下することが確認された。今後は種々の歯周疾患につき歯肉|Z|の計測を行うつもりである。

総括および結論

Lissajous 図形法を用い、口腔内軟組織とくに歯肉の impedance の絶対値|Z|を計測し、次の結果を得た。(関電極: cotton-wick, $\phi = 5$ mm, 使用周波数; 3 Hz)。

1) 口腔内軟組織のうち、最高値(17.4K Ω)を示すものは硬口蓋で、最低値(5.0K Ω)は舌根で計測された。2) 軟組織|Z|の部位差を表わす最適周波数は3 Hzであり、周波数の増加とともに|Z|は減少した。3) 歯肉|Z|は男女平均7.0~9.3K Ω で、女性の歯肉|Z|は男性のそれに比し高かった。4) 歯肉|Z|の日内

変動は早朝時に高く、午後に低値に安定する。摂食、会話、刷牙は歯肉|Z|の減少因子として働くが、睡眠は増大因子として働く。5) 歯肉|Z|部位差は左右対称的で、上顎の|Z|は下顎のそれより高く、同じ上顎でも舌側歯肉|Z|は唇側|Z|より高かった。6) 永久歯の萌出直前の歯肉|Z|は高いが、萌出直後に著るしく低下す

る。7) 歯の動揺度の悪化に比例し歯肉|Z|は低下した。

稿を終るに当り、歯周疾患の被検者をお世話下さった保存学第二講座上野和之教授に感謝致します。

Abstract : By means of an apparatus designed by MITA, the electrical impedance and reactance factor to sinusoidal alternating current were determined at 16 regions of the soft tissue in human oral cavity, especially including the normal gingiva. The frequency of current was mainly fixed at 3 Hz and a cotton-wick ($\phi = 5$ mm) was employed as a different electrode. The results obtained in this paper were as follows :

1) Within the oral cavity, it was indicated that impedance value for 3 Hz varied depending on the local characteristics of the mucous membrane and showed highest (17.4 K Ω) at the surface of the hard palate and lowest (5 K Ω) at the tongue root. This local dependency of the impedance was clearly observed in all subjects. 2) When the frequency of the current was varied from 3 Hz to 30 kHz, the impedance value determined at a given mucous membrane was decreased with increase in frequency. 3 Hz alternating current was found as a most adequate frequency for detection of the local dependency. 3) The mean values of gingival impedance determined in 10 healthy subjects, 5 male and 5 female students, were about 7 K Ω for male and 9.3 K Ω for female indicating that the gingival impedance of the female was higher than that of the male. 4) Daily variations of the gingival impedance observed in interdental papilla showed a typical changes which indicated the highest value in early morning and became stable at low value in later afternoon. The diminutive effect on the daily variations was produced by eating, speaking and tooth brushing, while the augmentative effect induced by sleeping. 5) The regional differences in impedance value were observed between the two symmetrical part of attached gingiva. The differences were always below 20%, however, the differences between the lingual and buccal gingiva were remarkably observed in maxilla. 6) Developmental change of the gingival impedance was determined during the tooth crown emerge through fusion of oral and enamel epithelium into the oral cavity. The gingival impedance increased gradually before eruption of the tooth and then decreased abruptly at an early stage of tooth eruption. 7) Finally, the relationship between the impedance changes and the pathologic tooth mobility was studied in several patient with periodontal diseases. When the tooth mobility was increased, the impedance value of its surrounding gingiva was proportionally decreased.

参 考 文 献

- 1) 藤巻延吉 : 正常皮膚インピーダンス (第2報) 特に部位の特徴, 岩手医誌, 12 : 1166-1185, 1961.
- 2) 児島渡, 松谷裕之, 熊谷幹一, 藤巻延吉 : 外科疾患とインピーダンス, 外科, 17 : 842-849, 1955.
- 3) 重松康 : 人体インピーダンスの臨床的研究(II) 放射線障害皮膚の電気的特性について, 日放会誌, 16 : 1125-1136, 1957.
- 4) 三田俊定, 藤巻延吉, 佐藤忠一, 二唐東朔 : 皮膚インピーダンス測定の一方法, 岩手医誌, 13 : 1127-1137, 1961.
- 5) Kubicek, W. G., Kinnen, E. and Edin, A. : Calibration of an impedance pneumograph. *J. appl. Physiol.* 19 : 557-560, 1964.
- 6) Hamilton, L. H., Beard, J. D. and Kory, R. C. : Impedance measurement of tidal volume and ventilation. *J. appl. Physiol.* 20 : 565-568, 1965.
- 7) Kira, S., Fukushima, S., Kitamura, S. and Ito, A. : Transthoracic electrical impedance variations associated with respiration. *J. appl. Physiol.* 30 : 820-826, 1971.

- 8) Go, K. J., Van der Veen, P.H., Ebels, E. J. and Woundenbergh, F. : A study of electrical impedance of oedematous cerebral tissue during operations. *Acta Neurochir.* 27 : 113-124, 1972.
- 9) Van der Veen, P. H., Go, K. G., Zuideveen, F., Buiters, D. and Van der Meer, J. : Electrical impedance of cat brain with coldinduced edema. *Exp. Neurol.* 40 : 675-682, 1973.
- 10) Gazzanica, A. B., Bartlett, R. H. and Shobe, J. B. : Bilateral impedance rheography in deep venous thrombosis. *Arch. Surg.* 106 : 835-837, 1973.
- 11) 菊池 眞, 星野悦子, 山田明夫, 三浦 茂, 伊藤寛志, 山越憲一, 小林 勝, 熊本三矢戒 : インピーダンス法を用いたテレメーター方式による心拍出量の連続監視, 医用電子と生体工学, 12 : Suppl. 30-31, 1974.
- 12) 野村浩道, 坂田三弥, 伊藤秀三郎 : 歯の電気伝導能についての一・二の知見, 歯科学報, 64 : 433-437, 1964.
- 13) 加藤一男 : 歯牙の熱伝導度及び電気抵抗について, 総合医学, 12 : 1099-1101, 1955.
- 14) Klein, H. : Physico-chemical studies on the structure of dental enamel III. A method for determining the rate at which a salt may penetrate the enamel. *J. Deut. Res.*, 10 : 727-731, 1931.
- 15) 鈴木賢策 : Iontophoresis に関する実験的研究 (特に根管治療に関連して), 口腔病学誌, 16 : 411-429, 1942.
- 16) Mumford, J. M. : Relationship between the electrical resistance of human teeth and the presence and extent of dental caries. *Brit. Dent. J.*, 100 : 239-244, 1956.
- 17) 砂田令男 : 根管長の新しい測定法について, 口腔病理学会雑誌, 25 : 161-171, 1958.
- 18) 鈴木 隆, 八幡文和, 平孝 清, 松本範雄, 林謙一郎 : 歯肉の Impedance 測定法の基礎的研究, 第1報, 測定法と電極特性の吟味, 岩医大歯誌, 1 : 88-102, 1976.
- 19) 佐藤忠一, 平野三千代, 石塚恒雄, 布川茂樹, 佐藤 匡, 池田嘉光, 松本博隆, 荻田洋二, 三田光男 : 容積導体の構成要素としての生体組織インピーダンス, 医用電子と生体工学, 11 : Suppl. 212-218, 1973.
- 20) 佐藤忠一, 平野三千代, 石塚恒雄, 三田光男, 松本博隆, 荻田洋二, 鴻巣 武, 佐々木 峻 : 生体内容積導体の組織的不均一性による心起電力の体表面伝達への影響, 医用電子と生体工学, 14 : Suppl., 301-302, 1975.
- 21) Blank, I. H. and Finesinger, J. E. : Electrical resistance of the skin. Effect of size of electrodes, exercise and cutaneous hydration. *Arch. Neurol. Psychiat.*, 56, 544-557, 1946.
- 22) Gerstner, H. and Gerbstädt, H. : Der Wechselstromwiderstand der menschlichen Haut. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* 252, 111-122, 1949.
- 23) 長田泰公 : 人体皮膚の電気抵抗に関する研究, 公衛院研報, 1 : 84-89, 2 : 1-4, 2 : 5-10, 1952.
- 24) Rein, H. : Electrophysiologie der Haut, Jadassohn's HB. d. Haut u. Geschlechtskrankheiten, 1, 43-63, 1929.
- 25) Gildemeister, M. : Die passive-elektrischen Erscheinungen in Tier- und Pflanzenreich. *Bethe's HB d. normalen und pathologischen Physiol.*, VIII/2 657-696, 1929.
- 26) 大庭 寛 : 正常な人体皮膚の電気抵抗について, 医学研究, 25 : 61-75, 1955.
- 27) 中西孝雄 : (a)新しい電気抵抗測定法とその臨床的応用(Ⅰ) 日本生理誌, 21, 1279-1287, 1959. (d)同上(Ⅱ)同誌, 21, 1288-1302, 1959.
- 28) Richter, C. P. and Katz, D.T. : Peripheral nerve injuries determined by the electrical skin resistance method. *J. A.M.A.* 122, 648-651, 1943.
- 29) Jasper, H. and Robb, P. : Studies of electrical skin resistance in peripheral nerve lesions. *J. Neurosurg.* 2, 261-268, 1945.