歯肉嚢内 pH に関する研究

Study of Hydrogen Ion Concentration in the Periodontal Pocket

斉藤 寛、田辺 泰一、渡辺 誠、鹿沼 晶夫

Hiroshi-Saitou, Taiichi-Tanabe, Makoto-Watanabe, Akio-Kanuma

東北大学歯学部歯科補綴学第二講座

Department of Prosthetic Dentistry,

Tohoku University School of Dentistry

(目的)

これまで、歯周組織の炎症に関して多方面からの研究が進められてきている。なかでも歯肉嚢内溶液についての多くの研究は、その内溶液が、歯周組織の状態と密接に関係していると考えられている為、生化学的な分析がなされてきた^{1,2)}。また歯周組織の炎症と歯肉嚢内溶液の水素イオン濃度についても、同様に、密接な関係が有るのではないかという推察から、比較的古くから研究がなされてきた^{3,4)}。さらに近年、pHセンサーの微少化により歯肉嚢内の水素イオン濃度が比較的容易に測定でき、いくつかの臨床的研究がなされてきている⁵⁻⁷⁾。しかしながら、一般臨床において、歯肉嚢内の水素イオン濃度に関して必ずしも一致した見解に至っていない。Borden⁴⁾ (1977) や Bickel⁵⁾ (1985) らは歯肉の炎症の程度の強いものほど歯肉嚢内 pH が高いと報告し、一方、東北大の遠藤⁶⁾ (1983) や、昭和大の片山⁷⁾ (1986) らは、正常者にくらべ、慢性辺縁性歯周炎の患者の歯肉嚢内 pH は低いと報告している。

一方、慢性辺縁性歯周炎を有する多くの患者の詳細な研究⁸⁻¹⁰⁾ から、この歯周炎は部位特異的に進行し、急性期および慢性期をくりかえしながら進行するものと考えられ、歯肉嚢内 pH の研究に、より詳細な検討が必要であることを示唆している。

本報の目的は、歯肉炎進行の中心となる急性期における歯肉嚢内 pH の変化について、動物を使用して詳細に測定し、歯肉炎症の急性期におけるその pH の基本的動態を確認することにある。動物実験においては、ヒトにおいてできない様

な重度の急性歯肉炎を誘発することができ、又、ヒトにおける複雑な歯周炎と異なり、炎症の程度、範囲、時期についてコントロールすることができ、炎症誘発と pH 測定の画一化と単純化が行い得る。

又、臨床においても詳細な測定を行い、2・3 の知見を得たので報告する。

(方法)

本実験に使用した pH センサーは、東北大の江刺・松尾らが開発した Hydrogen Ion Sensitive Field Effect Transister Electrode¹¹⁾ の pH-2135 (クラレ社製) で、このセンサーの特徴は、1) その感受部分が、幅 0.5mm 厚さ 0.2mm 長さ 約 1mm と非常に小さく、歯肉溝内に挿入する事が容易である事 2) 表面がかたい窒化珪素で被覆され、破損しにくい事 3) 電極インピーダンスが約 5k オームと非常に小さく雑音の混入が避けられる事 などがあげられ、本実験の pH センサーとして適している。測定装置はクラレ社製デジタル pH/pCO₂ モニター KR-500 を使用し、記録装置は理化電気工業社製 X-Y レコーダー RY 101 AT を使用した。pH の校正には以下の 3 つの溶液をもちいた。1 中性リン酸塩標準液 (100-7) 25°C pH6.86 2 フタル酸標準液 (100-4) 25°C pH4.01 3 ホウ酸塩標準液 (100-9) 25°C pH9.18 いずれの標準液も堀場製作所社製である。

これらの pH 標準液を用いた pH 電極の校正は、恒温槽を 37 °C に保ち、歯肉嚢の測定直前と直後の 2 回について行なった。実験直後の校正においてドリフトが認められたものは経時時間に

比例してデータの補正を行った。図-1は使用したpH測定装置である。

図 - 1

1 実験動物による歯肉の炎症誘発とその歯肉内pH

1) 機械的刺激による歯肉の炎症誘発とその歯肉内pH

臨床的に健康な歯肉を有するネコ1匹を使用し、歯肉に対して機械的刺激をあたえて、歯肉の炎症誘発実験を行い、その歯肉内pHを1週間隔で測定した。麻酔にはネプタール腹腔内麻酔をもちい、測定はネコの頭部を固定し、pHセンサーはマニピュレーターを使用して、その歯肉底部に固定し行った。

歯肉に対する機械的刺激は、アルミ箔、研磨用ストリップス1枚、研磨用ストリップス2枚をそれぞれ、実験開始1週、3週、6週後に、歯肉溝内に強く挿入し、これを固定した。本実験では右上顎Cにこの処置を施し、左上顎Cをこれの対照歯とした。

2) 外科的処置による歯肉の急性炎症誘発とその歯肉内pHの経時的变化

健康歯肉を有するネコ6匹を使用して、ヒトにおける歯肉の形態に近い形態を実験的に付与し、重度の急性歯肉炎の誘発実験を行った。この処置は両側上顎Cに、骨膜上の粘膜剥離を施し、その直下の歯槽骨を縦4mm横2mmに除去し、ストリップスを挿入して縫合した。図-2および図-3はこの処置を図示したものである。なお、歯牙上には歯肉の深さの基準となる印をほどこした。pHの計測は術後3日目から行った。そのpHの測定は、ネプタール麻酔下にてネコの頭部を固定し、pHセンサーをマニピュレーター先端に固定し、歯肉縁付近から歯肉底部までのpHを連続的に行った。さらにこれを7日、14日、21日、28日、35日、42日

後についても測定した。

重度の急性歯肉炎誘発のための術式 No.1

図 - 2

重度の急性歯肉炎誘発のための術式 No.2

図 - 3

3) 外科的処置による歯肉の急性炎症誘発とその歯肉内pHの初期における経時的变化

2) の実験と同様の方法で、ネコ1匹を使用し、急性炎症誘発の処置を行った。処置後1日目、2日目、3日目の炎症の初期についてpHの測定をおこない、炎症発生のごく初期におけるpHについて各深さごとに測定を行った。

2 ヒトにおける歯肉内pH

1) 正常歯肉溝内pH

20才代の健康人7人の臨床的的正常歯肉溝内pHと唾液および血液のpHについて測定を行った。被験歯は上顎左右中切歯または左右側切歯で、歯肉溝の測定部位は、近心部、遠心部、および唇側中央部の3点とした。唾液の測定は閉口状態にて舌背上で測定し、血液は耳珠を切開し直接測定した。

2) 慢性辺縁性歯周炎の歯肉内pH

2名の重度慢性辺縁性歯周炎の患者の歯肉内pHについて測定を行った。

重度慢性辺縁性歯周炎を有する患者 54才 女

性（S-1）の上顎前歯部の詳細な臨床症状と、その歯肉嚢内pHについて測定した。pHの測定は、日の異なる2回について行った。またその測定は、各歯面において、歯肉縁に近い部位と、中間部および歯肉嚢底部の3点について行った。ただし、Pocketの深さの小さいものに関しては、歯肉縁に近い浅い部位についてのみ、測定を行った。

もう1名は、慢性辺縁性歯周炎を有する患者60才男性（S-2）で、その詳細な臨床症状とそのpHを測定した。

（結果）

1 実験動物による歯肉の炎症誘発とその歯肉嚢内pH

1) 機械的刺激による歯肉の炎症誘発とその歯肉嚢内pH

機械的刺激に伴ない変化を示したポケット内pH

図 - 4

図-4は、この実験の結果である。縦軸はpHで、被験歯のpHを対照歯のpHから引いた値である。*印は炎症誘発の処置をおこなったことを表している。このグラフから、軽度の歯肉炎の誘発に伴い、実験開始2週間後および3週間後の同部位のpHが対照部位とくらべてわずかに低くなり、機械的刺激の増加にともない実験開始5週間後および6週間後には、はっきりしたpHの低下がみられる事がわかる。この事から、このような歯肉の炎症の誘発に伴い、歯肉嚢内pHが低下することが実験的にわかった。

2) 外科的処置による歯肉の急性炎症誘発とその歯肉嚢内pHの経時的变化

実験初期において、多くの箇所ではそのpHの最低値が6.5を下まわり、中にはpH6.00という非常に低い値を示したものが存在した。一方実験後期においては、pH6.5前後に留まるものと、pH7前後に回復するものが存在した。又、これらの測定値から、同一の歯肉嚢内においても、各高さごとのpHに大きな差がある例が多くみられることから、歯肉嚢全体を3分割し 浅層 Shallow zone 中間層 Intermediate zone 深層 Deep zone に分け、この3層について比較検討した。

図 - 5

図 - 6

図-5は各層の経日的変化を示したグラフである。Deep zoneとIntermediate zoneは、外科的処置を加えて3日目には比較的低いpHを示し、日数経過とともに、そのpHは回復していった。一方、Shallow zoneにおいては、処置後3日後に僅か低いだけであまり変化は見られ

ないように思われる。図-6は各層の全測定値の平均値とその標準偏差である。pHの平均値は Deep zone が最も低く、Shallow zone が最も高い値を示した。特に Shallow zone の平均値は他の2つに対して危険率1%で有意差が認められた。

3) 外科的処置による歯肉の急性炎症誘発とその歯肉嚢内pHの初期における経時的变化

図-7は、この結果である。日数経過とともに歯肉嚢内pHは非常に低下していった。また、歯肉縁部のpHは、他の部に比べて高い値を示した。

以上、これらの動物実験から、次の結果を得た。

1 人為的に誘発された歯肉炎によって、その歯肉嚢内pHが低下した。

2 人為的に重度の急性歯肉炎を誘発させた歯肉の歯肉嚢内pHは、3日目までは急速に低下し、以後日数の経過とともに、そのpHは回復していった。

3 比較的深い歯肉嚢においては、その深さによりpHに相違が見られた。具体的には、歯肉嚢深部の方が歯肉縁部に比べ低い値を示した。

2 ヒトにおける歯肉嚢内pH

1) 正常歯肉嚢内pH

図-8は、この結果である。臨床的正常歯肉の歯肉嚢内pHは近心部 6.86 唇側中央部 7.23 遠心部 7.01 となり、唾液のpHは 6.58 血液のpHは 7.35 であった。近心部と遠心部とのpHに

は有意の差が認められないものの、他の全ての平均値に危険率5%で有意の差が認められた。

図-8

2) 慢性辺縁性歯周炎の歯肉嚢内pH

表-1は、(S-1)における結果である。この患者の歯周炎の特徴は、高度の水平的および垂直的骨吸収を示し、各部位のPocketの深さは、非常に大きく、排膿、出血をともなっていた。しかしながら頬側においては、その炎症が軽微で、同一の歯牙においても部位によってその歯肉の炎症の進行や程度が同一ではないことがわかった。

図-9は、初診時と次回来院時の歯肉嚢内の測定値の平均値および標準偏差を表す。白抜き棒グラフは、歯肉嚢底部のpHで、灰色の棒グラフは中間部のpHで、黒の棒グラフは歯肉縁付近のpHである。歯肉嚢底部は他の部位と比べて、やや高いpHを示した。細い棒グラフは歯肉縁付近での各歯面のpHの内分けである。歯肉縁付近のpHにおいては、比較的炎症の進行が進んでいない頬側のpHが特に高い傾向を示し、危険率1%で有意差が認められた。これらのすべての傾向は初診時、次回来院時ともに同じ傾向を示した。

表-2は(S-2)における結果である。右上顎側切歯と異なり、左上顎側切歯はPocketの深さが大きく、また排膿を伴っていた。そしてこの部位は非常に高いpHを示した。これは、動物実験の結果や前述の辺縁性歯周炎の患者とはまったく異なった結果とすることができる。

重度慢性辺縁性歯周炎を有する患者 (S-1 52 y ♀) の各部位における臨床症状とポケット内 pH

	mobility	side	redness	swelling	pus flow	bleeding before measure.	bleeding after measure.	Pocket depth (mm)	first exp.			second exp.		
									margin	middle	bottom	margin	middle	bottom
3]	m ₁	m	++	++	+	+	+	6	5.90	6.20	6.30	6.42	6.49	6.58
		b	±	±	-	-	-	2	5.99	-	-	6.42	-	-
		d	+	+	+	+	+	5	5.70	5.70	5.78	6.09	6.09	6.36
		l	+	+	+	+	+	7	5.63	5.73	5.80	5.98	6.18	6.39
2]	m ₂	m	+	+	+	+	+	6	6.34	6.42	6.10	6.47	6.57	6.66
		b	±	±	-	-	-	3	6.66	-	-	6.22	-	-
		d	+	+	+	+	+	7	6.06	6.20	6.30	6.15	6.03	5.96
		l	+	+	+	+	+	7	5.81	6.00	6.39	6.16	6.10	6.54
1]	m ₂	m	+	+	+	+	+	8	5.55	5.65	5.70	6.06	6.30	6.58
		b	±	±	-	-	-	3	6.90	-	-	6.73	-	-
		d	+	+	+	+	+	5	6.22	6.30	6.20	6.51	6.48	6.50
		l	+	+	+	+	+	6	6.20	6.27	6.32	6.15	6.17	6.41
2]	m ₁	m	+	+	+	-	-	6	6.30	6.29	6.31	6.34	6.28	6.24
		b	±	±	-	-	-	5	6.22	-	-	6.89	-	-
		d	+	+	+	+	+	10	6.32	6.37	6.44	6.22	6.77	6.68
		l	+	+	+	-	-	8	6.17	6.48	6.66	6.21	6.15	6.53
3]	m ₂	m	+	+	+	-	-	7	6.10	6.30	6.92	6.58	6.89	6.72
		b	-	-	-	-	-	1	6.70	-	-	6.90	-	-
		d	+	+	+	+	+	7	6.62	6.60	6.53	6.91	6.92	6.88
		l	+	+	+	+	+	10	6.48	6.48	6.53	6.43	6.35	6.78

表 - 1

図 - 9

重度慢性辺縁性歯周炎を有する患者 (S-2 60 y ♀) の各部位における臨床症状とポケット内 pH

	mobility	side	redness	swelling	pus flow	bleeding before measure.	bleeding after measure.	Pocket depth (mm)	pH
									margin
2]	m ₁	m	+	+	-	-	-	1.0	7.74
		b	+	+	-	-	-	1.5	7.32
		d	+	-	-	-	-	2.0	7.10
		l	+	-	-	-	-	1.5	7.54
2]	m ₁	m	+	+	+	+	+	5.0	8.04
		b	+	+	-	-	-	1.5	9.18
		d	+	+	+	-	-	3.0	9.40
		l	+	+	±	-	-	3.0	8.82

表 - 2

以上、臨床実験から次の結果をえた。

1 臨床的的正常歯肉溝内 pH は各歯面ごとに異なり、特に隣接面部の pH は、唇側面部の pH より低いことが解った

2 慢性辺縁性歯周炎の場合、同一の歯牙においても、各歯面ごとにその隣接歯肉の炎症状態は大きく異なり、又、その歯肉嚢内 pH も各部によって大きく異なっていた。特に隣接面部の pH は、1 の結果と同様、唇側面部の pH より低いことが解った。

3 慢性辺縁性歯周炎において、歯肉嚢内 pH は、正常者に比べ極めて低い値を示すもの、又、極めて高い値を示すものの両者が観察された。

(考察)

動物実験において人工的な歯肉嚢を形成し、外科的侵襲をあたえて、炎症の誘発を試みた。この処置によって確実に高度の歯肉炎が惹起されることが解った。処置後 3 日目まではそのポケット内 pH の顕著な低下が見られ、以後その pH のゆるやかな回復が認められた。この結果は、動物の胸腔や皮下など、他の組織での炎症に関する pH の研究結果と類似している。Menkin¹²⁾ (

1936) は、イヌの胸腔内に松やにを注入して、同部位の pH の低下を報告している。また、Edlow¹³⁾ (1971) は、ウサギの皮膚に物理的な侵襲を加えて、同部位の pH の低下を報告している。両者はともに、この pH の変化が、約 3 日目に最低値を取り、それ以後回復したと報告している。これらの pH の変化は、炎症組織の生化学的反応に起因しているものと思われる。

また、動物実験において、歯肉嚢内の測定部位により、その pH の値に相違がみられた。すなわち歯肉縁付近の Shallow zone の pH が最も高く Intermediate zone や Deep zone の pH は低い傾向が認められた。一般に炎症が限極している場合、その炎症の中心部分とその周囲には、水素イオン濃度に勾配を有すると考えられ¹⁴⁾、この動物実験の場合、その処置内容から考え、その炎症の中心が深部または中間部にあると考えられる。

この様な動物実験から、炎症の程度や範囲、炎症の時期によりその pH が異なり、その病理組織像と密接に関連している事が示唆される。

一方、臨床におけるヒトの歯肉嚢内 pH は、動物実験における pH の動態と異なり、より複雑な様相を呈する事が解った。前歯の正常歯肉溝内 pH には、各歯面において特異性が存在し、又、慢性辺縁性歯肉炎を有する患者の歯肉嚢内 pH は、正常歯肉溝内 pH に比べ非常に低い値のものや、非常に高い値のものが存在した。ヒトにおける慢性辺縁性歯肉炎の歯肉嚢内の pH は、炎症による生化学的反応による pH の変化のほかに、他の多くの因子による影響^{15, 16)}や、外部環境からの影響¹⁷⁾が考えられ、今後とも詳細な検討が必要であると思われる。

今回の動物実験における歯肉炎とヒトにおける辺縁性歯周炎の両者には、発症原因の相違、組織抵抗性の相違、炎症反応性の相違などがあると考えられるが、ヒトの慢性辺縁性歯肉炎の急性期には、動物実験に類似した pH の現象がおこるものと考えられる。そして又、今回のヒトにおける pH の測定実験は、急性および慢性の様々な様相を呈するヒトの歯肉の炎症の一部分を捉えたものと思われる。

(文献)

- 1) Goldman & Cohen,: 歯周治療学. 5th edition. 医歯薬出版, 東京, 1979, 25-27.
- 2) Ramfjord & Ash,: Periodontology and Periodontics. 1st edition. 医歯薬出版, 東京, 1984, 66-67.
- 3) B.K.Forsher, A.G.Paulsen, and W.C.Hess,: The pH of the periodontal pocket and the glycogen content of the adjacent tissue. J.Dent.Res., 33:444-453, 1954.
- 4) S.M.Borden, L.M.Golub, and I.Kleinberg,: The effect of age and sex on the relationship between crevicular fluid flow and gingival inflammation in humans. J.Periodontal Res., 12:160-165, 1977.
- 5) M.Bickel, and G.Cimasoni,: The pH of human crevicular fluid measured by a new microanalytical technique. J.Periodontal Res., 20:35-40, 1985.
- 6) 遠藤英昭,: ヒト歯肉溝および歯周ポケット内のpHと pO_2 . 歯周誌, 25:688-708, 1983.
- 7) 片山茂樹, 河江信, 芝嶋彦,: 支台歯における歯周組織の評価 第1報 歯肉溝および歯周ポケット内のpH値について. 補綴誌, 30:671-678, 1986.
- 8) J.M.Goodson,: Patterns of progression and regression of advanced destructive periodontal disease. J.Clin.Periodontology, 9:472-481, 1982.
- 9) A.D.Haffajee,: Comparison of different data analyses for detecting changes in attachment level. J.Clin.Periodontology, 10:298-310, 1983.
- 10) S.S.Socransky,: New concepts of destructive periodontal disease. J.Clin.Periodontology, 11:21-32, 1984.
- 11) K.Shimada, M.Yano, K.schibatani, Y.Komoto, M.Esashi, and T.Matsuo,: Application of catheter-tip i.s.f.e.t. for continuous in vivo measurement. Med.& Biol. Eng.& Comput., 18:741-745, 1980.
- 12) V. Menkin, and C.R. Warner,: Study on inflammation X III. carbohydrate metabolism, local acidosis, and the cytological picture in inflammation. Am.J.Path., 13:25-43, 1936.
- 13) D.W.Edlow, and W.H.Sheldon,: The pH of inflammatory exudates. P.S.E.B.M., 137:1328-1332, 1971.
- 14) H.Schade,: Die Physikochemie der Entzündung. Verh.d.Deutsch.Pathol. Ges., 19:69-79, 1923.
- 15) L.M.Golub, S.M.Borden, and I.Kleinberg,: Urea content of gingival crevicular fluid and its relation to periodontal disease in humans. J.Periodontal Res., 6:243-251, 1971.
- 16) 今野寿一,: 歯槽囊漏患者, 盲囊内容物のペーパークロマトグラフィーによる検索. 口腔病会誌, 27:392-410, 1960.
- 17) M.Bickel, J.L.Munoz, and P.Giovannini,: Acid-base properties of human gingival crevicular fluid. J.Dent.Res., 64: 1218-1220, 1985.