モアレ写真を利用したコンピューター画像 処理による歯根表面積の測定

九州歯科大学口腔解剖学第1講座 (主任: 山田 博教授)

小 林 繁・高 田 英 幸・荒 井 秋 晴
伊 東 励・山 田 博

昭和62年4月24日受付

A Convenient Computer-aided Measurement of the Dental Root Surface Area with Moiré Photographs

Shigeru Kobayashi, Hideyuki Takata, Shusei Arai,
Rei Ito and Hiroshi Yamada

First Department of Oral Anatomy (Chief: Prof. Hiroshi Yamada)
Kyushu Dental College, Kitakyushu 803, Japan

The functional forces depending on the bite, tongue and cheek, and the artificial forces caused by the prosthetic or orthodontic mechanism are absorbed by the periodontal ligament. The dental root surface area is closely related to support of the periodontal ligament. The same applies to the shape of the root, the attachment direction and the implanted condition. Few reports, however, have been made on the subject of the measurements of the root surface area. We devised a new method to measure the root surface area using computer analysis of the moiré, and gained the following conclusions;

- 1) The dental root surface area along with the computer analysis of the moiré was determined without damaging the teeth.
- 2) The sectional interval was reduced by the moiré and the precision was increased.
- 3) The method using the moiré and computer is superior in working capacity compared with past methods.

Key words: *Dental root surface area / Moiré photograph / Computer analysis*

緒 言

咀嚼圧, 舌圧および頬圧などの機能的圧力や Crown bridge, Partial denture などの補綴装置または矯正装置などを介して, 歯牙に加わる圧力は歯根膜により抵抗される。これらの圧力の歯根膜への負担能力は, 歯根

形態, 歯牙の植立方向および骨植状態などと同様に, 歯根表面積と密接な関係にある。しかし, 歯根表面積は歯根が小さく, その形態が不定形であるため, 測定困難であり, 報告例も少ない。測定方法はそれぞれ異なるが, 主に阪口 (1940)¹⁾, 山中ら (1969)²⁾, Tylman (1970)³⁾, Luthra (1974)⁴⁾, 羽賀ら (1975)⁵⁾ および

小田 (1976)⁶⁾ などの報告があるに過ぎない。

著者らは先にモアレ写真のコンピューター解析により、歯牙咬合面の立体計測を行った⁷⁾。今回この方法を応用して歯根表面積の測定を行ったので報告する。

材料および方法

計測用歯牙には、奇形や歯根部実質欠損がなく、かつ根長11mm前後の標準的な上顎中切歯10本が用いられた。

各歯牙は鮮明なモアレ縞を得るために、小林ら(1985)⁸⁾に従い Occlude によるコーティング処理が施された。続くモアレ写真撮影とコンピューターによる画像解析に用いられた装置と方法は、殆ど小林ら (1985)⁷⁾に従った。なお、モアレ写真撮影に際しては近心側の撮影終了後、歯根軸を中心に歯牙を180度回転させ、遠心側の撮影を行った。得られたモアレ像は23.3倍に拡大されトレースされた後に、コンピューターに入力された。Fig. 1に近心側のモアレ写真とそのトレース像を示した。

歯根表面積の算出法は次の通りである。

円錐台A (Fig. 2-A)を間隔 h で n 個に等分し、その一つの円錐台B (Fig. 2-B)の側面積 S_m は、下面と上面の円周をそれぞれ ℓ_m , ℓ_{m+1} とすれば(記号については Fig. 2-Bを参照)。

$$S_m = \frac{1}{2} \cdot h' \cdot (\ell_m + \ell_{m+1}) \cdots \cdots (1)$$

なお

$$r_m = \frac{\ell_m}{2\pi}, \quad r_{m+1} = \frac{\ell_{m+1}}{2\pi}$$

Fig. 1 Moiré photograph on the mesialis (A) and the trace of moiré (B)

Fig. 2 Diagrams to show the simple interest formula for the lateral area in a frustum of cone

A; a regular cone divided horizontally into n equal parts, B; a regular cone divided vertically into k equal parts

$$a = r_m - r_{m+1} = \frac{\ell_m - \ell_{m+1}}{2\pi}$$

故に

$$h' = \sqrt{a^2 + h^2} = \sqrt{\frac{(\ell_m - \ell_{m+1})^2}{4\pi^2} + h^2}$$

(1)に代入して

$$S_m = \frac{(\ell_m + \ell_{m+1})}{2} \cdot \sqrt{\frac{(\ell_m - \ell_{m+1})^2}{4\pi^2} + h^2}$$

従って、円錐台Aの側面積 S は

$$S = S_1 + S_2 + \cdots + S_m + \cdots + S_n \\ = \sum_{m=1}^n S_m$$

以上の事から、一つの円錐台の側面積 S_m は、区分求積法により下面と上面の周長および高さが決定されれば算出できる。従って、下面周長 ℓ_m と上面周長 ℓ_{m+1} はモアレ縞からコンピューターによって求め、高さ h はモアレの格子ピッチとした。この操作を歯根の近心側と遠心側でそれぞれ行い、得られた両者の面積を合計して、歯根の表面積 S とした。

他方、以上の方法によって得られた結果を比較検討す

るため、同一歯牙にアルミニウム箔と薄いワックスプレート(厚さ0.30mm)を歯根に巻き付けて、歯根表面積を求める方法を平行して行った。巻き付けられた両者の各面積はデジタイザーを使って、Cosmozone 98 system 1によって求められた。

結果および考察

1. 機械的および人為的誤差

モアレ縞を利用して歯根表面積を求めるための各処理段階で、機械的あるいは人為的なさまざまな誤差が考えられる。特に、歯牙をコーティングするときの膜厚による誤差、モアレ縞の太さとそのトレース時の誤差、およびデジタイザーの感度とそれを使ってコンピューターへ入力する時の誤差などがある。膜厚についてはなるべく薄くコーティングし、トレース時の誤差については1本のモアレ縞の間をなるべく正確にトレースするように心がけた。

デジタイザー感度と入力時の人為的誤差について、理論的に周長の知られている5つの同心円を実際に入力することにより検討した。その結果、理論的周長とコンピューターを使って求めた周長との間には有意な誤差が認められなかった(Table 1)。

Table 1 Results of the tests of precision

No.	Theoretic value	N	M±SE
1	12.560	24	12.576±0.018
2	25.120	24	25.214±0.016
3	37.680	24	37.809±0.014
4	50.240	24	50.350±0.012
5	62.800	24	62.943±0.020

SE, Standard error

定型テスト・ピースを用いて全処理段階に含まれる誤差の検討を行ったこれまでの報告では、Jepsen (1963)⁹⁾と小田ら(1982)¹⁰⁾が membrane technique 法でそれぞれ誤差1%と4.2±0.3%で、小田(1976)⁶⁾が膜重量換算法で0.7%であったとしている。

著者らが今回行った誤差の検討は、操作上の全ての誤差について行ったものではない。本検定による誤差は殆ど認められなかったが、今後著者らの方法においても、定型テスト・ピースを用いて真の表面積との誤差の検討を行わなければならない。

2. 歯根表面積

今回使用した10本の歯牙の大きさを Table 2 に示し

た。

これらの歯牙を用い、歯根の近心側と遠心側におけるモアレ縞の周長を求め、それらの周長から各歯根の表面積を算出した(Table 3)。なお、Table 3 にはモアレ縞によって得られた表面積(以下、モアレ法という)のほかに、アルミニウム箔を使って求められた表面積(アルミホイル法)とワックスプレートにより得られた表面積(ワックスプレート法)の結果もそれぞれ併記した。

Table 2 Measurements (mm) of the teeth

No.	Lt	Lr	Md	Ld
1	22.5	11.3	6.8	6.6
2	21.6	11.0	6.5	6.4
3	24.2	11.0	5.8	6.7
4	21.6	11.0	6.6	6.4
5	21.3	11.2	5.9	5.1
6	21.8	10.6	5.7	6.2
7	21.4	11.4	6.6	6.4
8	21.6	11.6	6.2	6.2
9	20.6	11.5	6.3	6.7
10	22.2	11.7	5.8	5.9

Lt, Length of tooth; Lr, Length of root; Md, Mesiodistal diameter of root at the cervix; Ld, Labiolingual diameter of root at the cervix

Table 3 Measurements of the dental root surface area by the methods of moiré (MO), aluminium foil (AF) and wax-plate (WP)

No.	MO	AF	WP
1	175.2	173.7	205.1
2	133.2	173.1	200.1
3	148.8	200.0	213.0
4	165.3	181.8	202.0
5	149.5	159.1	176.7
6	180.6	169.4	170.7
7	175.1	169.3	213.1
8	167.1	189.3	200.7
9	165.2	168.9	199.1
10	136.7	150.0	167.2
M±SE	159.7±5.0	173.5±4.3	194.8±5.1

SE, Standard error

これらの方法により求められた歯根表面積の各平均値はモアレ法で最も小さく (159.7mm^2)、アルミホイル法 (173.5mm^2)、ワックスプレート法 (194.8mm^2) の順に大きくなった。これは求積方法と材質の相違によるものと思われる。表面に縞を投影して求めるモアレ法の結果より、歯牙に巻き付けて求めるアルミホイル法が、またアルミホイル法より材質が厚く伸張し易いワックスプレート法が、それぞれ過大評価になることは容易に予想できる。

しかし、個々の歯牙についてみると、歯牙番号 No. 6 と No. 7 では必ずしも上述の傾向を示していない。これは、両歯の歯根表面が他の歯牙に比べて凹凸に富んでいるためと思われる。また、歯牙番号 No. 2 と No. 3 では、これらの歯牙の大きさが他の歯牙と比べて大差ないにもかかわらず、モアレ法による結果が他の2方法による結果よりかなり小さい値を示した (Table 3)。これは、両歯牙の歯根形態が他の歯牙に比べ角張っており、モアレ縞が辺縁部で密になるため、縞の正確なトレースが困難で、やや過小評価になったものと思われる。

他方、これまでに報告された中から、我々と同様な区分求積法を応用した山中ら (1969)²⁾と羽賀ら (1975)⁵⁾は、歯根を小さな円柱の和と仮定している。従って、この方法は我々が円錐台の和と仮定したのに比べ、理論的により大きな誤差を生じると考えられる。更に、彼らの方法は処理段階が複雑であり、両者の結果も大きく異なっている。

また小田ら (1982)¹⁰⁾は、歯根面への密着性に問題のある阪口 (1940)¹⁾の方法や、操作性に問題のある小田 (1976)⁶⁾の方法に比べ、酢酸ビニルと α -シアノアクリレート系モノマーを用いた彼らの方法が簡便で精度も高いことを指摘している。

そこで、小田ら (1982)¹⁰⁾と我々のモアレ法 (Table 3) とにおける上顎中切歯の歯根表面積の平均値を比較すると、前者が 203.0mm^2 、後者が 159.7mm^2 であった。供試された歯牙が異なるため、これらの値を直接比較することはできない。しかし、前者の平均根長が 14.4mm であるのに対して、後者のそれが 11.2mm と短く、また各歯牙の形態が異なることなどと考えあわせると、両者の求積方法の違いによる差は小さいと考えられる。

以上の事から、今回用いたモアレ縞による面積の求め方は、まだ問題が残されているものの、操作性に優れ、比較的精度が高いことから、非常に有効な方法であると考えられる。

結 論

モアレ縞を利用したコンピューター画像処理により、上顎中切歯における歯根表面積を求める方法について考察した。操作上含まれる誤差については今後まだ検討を加えなければならない。しかし、モアレ縞による歯根表面積の計測法はメッキ法などに比べ操作性が簡単で、比較的高い精度を持つなどの点で有効な手段と考えられた。

引 用 文 献

- 1) 阪口 勇：本邦人永久歯歯根表面積の研究。口病誌 14：93—95, 1940.
- 2) 山中喜男・梅村和弘・佐藤孝一・猪瀬勝也・吉中光六：永久歯歯根表面積の研究 (第1報)。歯科学報 69：827—832, 1969.
- 3) Tylman, S.D. and Tylman, S.G. : *Theory and practice of crown and bridge prosthodontics*. 6th ed., The C.V. Mosby Company, St. Louis. : 190—193, 1970.
- 4) Luthra, S.P., Narayan, I. and Subrahmanyam, N. : Root surface area measured by benzen absorption method. *J. Prosthet. Dent.* 31 : 185—189, 1974.
- 5) 羽賀通夫・腰原 好・山中喜男・黒須 誠・佐藤正行・佐々木 康・五十嵐 栄：永久歯歯根表面積の研究 (第2報)。補綴誌 18：250—259, 1975.
- 6) 小田展生：ヒトの歯根表面積に関する研究。九州歯会誌 30：582—599, 1976.
- 7) 小林 繁・塘 総一郎・野代悦生・山田 博：コンピューター画像処理によるモアレ写真を利用した歯牙咬合面の立体計測法。九州歯会誌 39：477—480, 1985.
- 8) 小林 繁・杉原瑛治・塘 総一郎・大津隆一・山田 博：モアレ写真撮影における歯牙表面のコーティング方法。九州歯会誌 39：474—476, 1985.
- 9) Jepsen, A. : Root surface measurement and a method for X-ray determination of root surface

area. *Acta Odont. Scand.* 21:35—46, 1963.

- 10) 小田 茂・長田 豊・飯田美智子・田口章太・村岡宜明・小鷲悠典・木下四郎：歯根表面積に関する研究
第1報 測定方法と歯根総表面積．日歯周誌 24:285—292, 1982.