歯周疾患における画像工学的定量定性評価に関する研究

第2報 Wiener spectrum の管電圧および濃度依存性について

三 辺 正 人 児 玉 利 朗 菅 谷 彰 田 村 利 之
古 郷 辰 二 友 松 栄 子 大 石 俊 一 鹿 島 勇 一*
菊 池 一 好* 堀 俊 雄

神奈川歯科大学保存科第2講座

(主任：堀 俊雄教授)

*神奈川歯科大学放射線学教室

(主任：東 与光教授)

(昭和60年1月22日受付)

Imaging Technologic Study of Periodontal Disease

2. Effect of K.V. and Density Change on the Wiener Spectrum

Masato MINABE, Toshiro KODAMA, Akira SUGAYA, Toshiyuki TAMURA,
Tatsuji KOGO, Eiko TOMOMATSU, Shunichi OISHI, Isamuichi KASHIMA*
Kazuyoshi KIKUCHI* and Toshio HORI

Department of Periodontology, Kanagawa Dental College

(Chief : Prof. Toshio HORI)

*Department of Oral Radiology, Kanagawa Dental College

(Director : Prof. Tomomitsu HIGASHI)

It is necessary to investigate the voltage and density dependence of the Wiener spectrum, because these factors are considered to have a direct influence when the bone trabecular pattern after bone graft is analyzed by the Wiener spectrum method.

Changes in the Wiener spectrum based on variations in voltage and optical density were determined with the use of X-ray films of the edentulous mandibular

bone obtained by standardized radiography.

The results of the experiment showed that the Wiener spectrum is influenced more greatly by optical density than by voltage. The influence of this factor was particularly greater for the range of spatial frequency above 5 LP/mm, representing noise components, than for that under 5 LP/mm, representing bone trabecular components.

Key words : Wiener spectrum, Voltage density dependence, Spatial frequency

索引：画像上の骨変化に関する最大情報量を得る為の適切な撮影条件を決定する為に、ウィーナースペクトル法に直接影響を及ぼすであろうと考えられる管電圧及び、濃度依存性について基礎実験を行った。

実験は、規格撮影された人体摘出下顎骨のX線写真を使用し、管電圧及び、写真濃度を変化させた時のウィーナースペクトルの変化について検討を行った。結果として、ウィーナースペクトルは、管電圧よりも写真濃度に影響を受けることがわかった。特にその影響は、骨梁成分を示す空間周波数0～5 LP/mm よりも、ノイズ成分を示す高周波領域5～25 LP/mm において大であった。

索引用語：ウィーナースペクトル、管電圧・濃度依存性、空間周波数

本論文の要旨は、1983年度第51回神奈川歯科大学学会例会、第26回秋季日本歯周病学会総会にて報告した。

緒 言

我々は、骨移植の予後評価法として、ウィーナースペクトル法¹⁾の応用とその評価方法について報告した²⁾。この中で、骨移植後の骨梁変化をウィーナースペクトル法により解析するには、(1) 物理的、化学的条件の検討。(2) 幾何学的条件の検討。(3) ミクロデンシトメーターによる走査部位の再現性に関する検討が必要であることを示唆した。中でも、ウィーナースペクトル法は、本来、画質の粒状性の物理的評価に用いられている方法であり、写真濃度を一定に保った状態での評価が原則とされている³⁾。そこで今回は、物理的条件の検討として、ウィーナースペクトル法に直接影響をおよぼすであろうと考えられる管電圧および、濃度依存性について検討したので、その結果を報告する。

材料と方法

1. 撮影方法および撮影条件

撮影は、軟組織を仮定した Mix D、計測のマーカースとしてアマルガムを打ちこんだ人体摘出下顎骨、そしてフィルムホルダーの3つをセットとして、規格撮影装置にて撮影を行った(図1-a, b)。

撮影装置は、ゼネラルエレクトリック 1000 デンタル撮影装置を使用した。撮影条件は、管電流を 10 mA 一定とし、管電圧を 50 kVp から 100 kVp まで 10 kVp 毎に変化させ、照射時間 0.08 sec から 0.7 sec で撮影を行った。なお、フィルムは、コダック社製ウルトラスピードフィルム D.F.-57 を用いた。そして得られたX線フィルムの中から、写真濃度の異なるものを、各電圧毎にそれぞれ 4 枚ずつ、合計 24 枚選び出した。

2. 写真濃度測定

得られたX線フィルムについて、濃度計(サクラ PDA 65)を使用して、フィルム上の縦方向のポイント間を 10 回計測し、平均拡散濃度を求めた。

3. ウィーナースペクトルの測定

フィルム上のイメージを縦方向のポイント間を中心にして、0.5 mm 間隔ごとに、走査距離 10 mm で、5 回繰り返しミクロデンシトメーター(ナルミ商会, NLM ハイフォン7型)で走査した。走査条件は、アパチャーサイズ(25×450 μ)、データー数 512、サンプリングインターバル 0.02 mm で行った。そして、得られた光強度分布情報をデジタルボルトメーター(ヨコカワヒューレイトパ

図 1-a 左からフィルムホルダー、人体摘出下顎骨、MixD を示す。

図 1-b 規格撮影を行なっているところを示す。

ッカー 9455 A) で、デジタル化し、そのシグナルをコンピュータ(ヨコカワヒューレイトパッカー 9826 A)で処理することによりウィーナースペクトルを求めた。またウィーナースペクトルは、プロッター(ヨコカワヒューレイトパッカー 9876 A)でグラフ化した。

結 果

1. 管電圧および照射時間を変化させた時の写真濃度

表 1 は、規格撮影を行って得られた 50 kVp から 100 kVp までの各電圧毎の写真濃度を示す。

表 2-a は、管電圧依存性の解析のために 50 kVp から 90 kVp まで 10 kVp 毎に電圧を変化させたことを示し、濃度を一定とするため、濃度 1.0 に近似する条件のフィルムを選んだ。表 2-b は、濃度依存性の解析のために使用したフィルムの写真濃度を示す。管電圧 90 kVp で撮

表 1 規格撮影を行なって得られた各管電圧毎のX線写真濃度

Optical density					
50KVp 10mA	60KVp 10mA	70KVp 10mA	80KVp 10mA	90KVp 10mA	100KVp 10mA
0.67	1.17	0.90	0.66	1.52	1.17
0.76	0.95	1.33	0.74	0.73	0.67
0.96	0.78	0.76	1.00	0.96	0.76
1.34	1.34	1.10	0.83	1.30	1.30

表 2-a 管電圧依存性の解析の為に使用したX線写真濃度

b 濃度依存性の解析の為に使用したX線写真濃度

Optical density		
KVp 10mA		90KVp 10mA
50	0.96	1.52
60	0.95	0.73
70	0.90	0.96
80	1.00	1.30
90	0.96	

a

b

影した中から、写真濃度 0.73 から 1.52 までの濃度範囲におけるイメージについて解析を行った。なお、管電圧 100 kVp においては、濃度 1.0 に近似する値が得られなかったため、管電圧依存性の解析には使用しなかった。図 2-a, b は、濃度依存性の解析のために使用された X 線写真で、図 2-a は、濃度 0.73、図 2-b は、濃度 1.52 である。

2. ウィーナースペクトルの管電圧および濃度依存性について

図 3-a は、管電圧を 50 kVp から、90 kVp まで、10 kVp 毎に変化させた時のウィーナースペクトルを示す。縦軸は、ウィーナースペクトル、横軸は、空間周波数 (LP/mm) を示す。管電圧を変化させた時のスペクトルの変動は、高周波領域で幾分ばらつくものの、比較的小さいことが解る。図 3-b は、管電圧 90 kVp 一定とし、写真濃度を 0.73 から 1.52 まで、0.2 から 0.3 ずつ変化させた時のウィーナースペクトルを示す。濃度が高くなるとともに、ウィーナースペクトル値も高くなる傾向を示し、その変動も大きいことが解る。図 4-a は、管電圧

図 2-a 濃度 0.73 の X 線写真

図 2-b 濃度 1.52 の X 線写真

の変化によるウィーナースペクトルの変動を、スペクトル曲線のある周波数域で積分した値の平方根、すなわち、特定周波数域に注目した濃度の標準偏差値 (R.M.S.; Root Mean Square) で表示したものである。横軸は管電圧 (kVp)、縦軸左は、高周波領域 (5~25 LP/mm) の R.M.S., 右は、低周波領域 (0~5 LP/mm) の R.M.S. を示している。R.M.S. は管電圧が高くなると、低周波領域では、下降する傾向を示し、高周波領域では、上昇する傾向を示す。しかし、その変動量は、比較的小さいことが解る。図 4-b は、ウィーナースペクトルの濃度依存性を示したもので、横軸が、写真濃度、縦軸左が高周波領域の R.M.S., 右が低周波領域の R.M.S. を示す。R.M.S. は、高周波領域、低周波領域ともに、ほぼ直線傾向を示し、低周波領域よりも高周波領域が、写真濃度に大きく影響されることが解る。

図 3-a 管電圧を変化させた時のウィーナースペクトルの変動

図 3-b 写真濃度を变化させた時のウィーナースペクトルの変動

考 察

ウィーナースペクトル法による骨梁パターンの解析は、X線写真上で骨梁の濃度を直接測定し、そのランダムな濃度変化を空間周波数成分毎に定量評価する方法である。従って、骨梁コントラスト値を測定する際、骨梁

自体の濃度変化以外のいわゆるバックグラウンドの濃度変化が存在すると、真の骨梁の濃度変化を解析することが困難になる。このバックグラウンドの濃度変化に寄与する因子には、(1) 物理的因子として、照射線量、管電圧の変化、散乱線の影響、(2) 化学的因子として、現象条件等の変化、(3) 骨塩量の経時的変化、解剖学的骨形態の影響などが考えられる。今回は、このうち、照射線量およ

図 4-a 管電圧を変化させた時の R.M.S. 値の変動

び、管電圧を変化させた時のウィーナスペクトルへの影響を知る目的で実験を行った。今回の実験では、濃度および、管電圧の変化がウィーナスペクトルにおよぼす影響を、ウィーナスペクトルと R.M.S. 値で定性定量的に評価した。R.M.S. 値の評価では、特に空間周波数成分を 0~5 LP/mm と、5~25 LP/mm に分けて解析したが、これは、(1) デンタルフィルムをそのままマイクロデンシトメーターで走査する場合には、5~6 LP/mm が解析能の限界であること⁴⁾、(2) デンタルフィルムの有する骨梁情報が、6~7 LP/mm を限界とするといわれていることに基づいたためである。つまり、0~5 LP/mm の低周波領域を骨梁成分、5~25 LP/mm の高周波領域をノイズ成分と考えた。なお、入力画像として、直接デンタルフィルムの骨梁情報量成分を入力すると、(1) 高周波領域の画像成分の判別が困難になる。(2) フィルムの粒状性が、スペクトル成分に混入する⁵⁾として、川津ら⁶⁾は、拡大投影型マイクロデンシトメーターを、デフォーカスの状態で走査し、フィルムの粒状性を除くとともに、高周波伝達特性の低下をできるだけおさえて、骨梁の解析を試みている。

ウィーナスペクトルの濃度依存性を調べるための写真濃度の値は、最小 0.73, 最大 1.52 としたが、これは、視覚的に X 線フィルムを読影するのに適した濃度が、0.8~1.5 の範囲であることに基づいた⁷⁾。一般に、経時的な X 線写真濃度の変化は、0.2~0.3 とされているので、実際には、濃度変化の範囲は、今回の実験で設定した範

図 4-b 写真濃度を変化させた時の R.M.S. 値の変動
 囲より狭いと考えられる。

ウィーナスペクトルの濃度依存性に関しては、ウィーナスペクトルは、濃度が高くなるにつれて、上昇する傾向を示した (図 3-b)。これを、R.M.S. 値の変化でみると、高周波成分において、特にその影響を大きく受けていることが解る (図 4-b)。このことは、低周波領域の変化を解析する際には、通常の経時的濃度変化の範囲内であれば、ウィーナスペクトルへの影響は小さいことを示している。しかし、前述したように、バックグラウンドの濃度変化に寄与する因子は多く、照射線量は、一定にして撮影することが必要と思われる。

ウィーナスペクトルの管電圧依存性に関しては、そのスペクトルの変動は、低周波成分、高周波成分ともに比較的小さい (図 3-a)。しかし、R.M.S. 値でみると、管電圧の上昇に伴い、低周波領域では、下降する傾向を示し、高周波領域では、上昇する傾向を示した。(図 4-a) この変動に関与する因子としては、骨梁コントラストとフィルムの粒状性が考えられる。一般に、骨梁コントラストの低下に影響をおよぼす散乱線の増加は、特に軟組織の影響が大きく、管電圧依存性は小さいことが報告されている⁸⁾が、低周波領域における R.M.S. 値の低下傾向は、管電圧の上昇による散乱線の増加が、骨梁コントラストを低下させたものと思われる。また、80 kVp で、R.M.S. 値が一端上昇するのは、濃度 1.0 前後の領域では、特性曲線の平均勾配が、80 kVp で最大になることにより、写真コントラスト出現能が、最大になることと関係しているものと思われる⁶⁾。これに対して、高周波

領域では、撮影系のボケの要素、骨梁自体のX線透過性の増大により、骨梁コントラストは一層低下するはずであるが、実際には、R.M.S. 値は、上昇傾向を示した。この理由としては、5 LP/mm 以上の領域では、フィルムの粒状成分が、スペクトル成分にかなり混入しているためと考えられる。つまり、管電圧を上昇させると、骨梁コントラストは低下するが、低周波領域では、骨梁コントラストに、また、高周波領域では、ノイズ成分に大きく依存することが解った。

実際の生体でのX線撮影でも、低電圧の方が、より大きな写真コントラストが得られ、高電圧では、特に高周波領域での写真コントラストの低下が著しいことから、管電圧を上げることは、骨梁の画像診断には、不利とされている⁶⁾。しかしながら、ウィーナスpekトルに対する管電圧依存性は、照射線量の増加による濃度依存性に比して、小さいことが解った。今後は、更に、照射線量以外のバックグラウンド濃度に影響を与える因子と、ウィーナスpekトルとの関連性や、フィルムの粒状性雑音の混入に、大きな影響をおよぼす走査アパチャーサイズとウィーナスpekトルとの関連性についての検討が必要と思われる。

結 論

1. ウィーナスpekトルは管電圧よりも、写真濃度に影響されることが解った。
2. 写真濃度の変化は、骨梁成分を示す空間周波数領域 0~5 LP/mm よりも、むしろ、ノイズ成分である高周波領域に影響をおよぼすことが解った。
3. 骨梁変化として注目すべき 5 LP/mm までの領域の変化を観察する場合は、管電圧および、濃度の変動がある程度におさえることにより可能であることが解っ

た。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究を行なう機会を与えて頂き、御指導、御教示を頂きました。化成オプトニクス小田原工場技術部青木雄二主任に深く感謝致します。

文 献

- 1) M. Hino : Spectrum analysis, Statistic library publish, Japan, 1982.
- 2) 三辺正人, 田村利之, 菅谷 彰, 福田忠彰, 鹿島勇一, 堀 俊雄 : 歯周疾患における画像工学的定量定性評価に関する研究. 第1報 : 骨移植材への応用について. 日歯周誌, 26 : 71-77, 1984.
- 3) 画質の基礎知識, FUJI FILM TECHNICAL COMMUNICATION, 1984, 19
- 4) 三辺正人, 他 : 歯周疾患における画像工学的定量定性評価に関する研究 (第3報). 日歯周誌, 26 : 620, 1984.
- 5) 山田英彦, 他 : 光学的フーリエ変換による口内法X線写真の画像解析. 城歯大紀要, 9 : 231-236, 1980.
- 6) 川津泰一 : 口内法X線写真における顎骨骨梁の写真コントラストの測定, ならびにそれに対する散乱線の影響. 歯放, 24 : 1-20, 1984.
- 7) 安藤正一 : 口内法撮影の映像構成に関する研究. 歯科月報, 36 : 60-62, 1962.
- 8) 岡野友宏, 房安欣三, 榎本 晃, 他 : 口内法X線撮影における線質, 照射野の大きさおよび焦点皮膚間距離と入射線量との関係. 歯放, 17 : 101-110, 1977.