透析患者の骨関節症状の grade scoring と、 各種パラメータ (MD & MD/MS 法) の検討

堀江 正宣 長谷川 正広 小林 覚 根笹 信一

篠田 孝 栗山 学* 河田 幸道*

大雄会第一病院泌尿器科透析センター 岐阜大学泌尿器科*

key words : 透析骨関節症, 疼痛 score, microdensitometry

〈要旨〉

当院透析患者 187 例のうち検討可能であった 107 症例 (男 65 例, 女 42 例) を対象として, 骨関節症の疼痛の程度 (疼痛 score) で I から IV 群の病態群に分類した。この病態群で MD 法の各パラメータおよび血液生化学検査値の相関を検討した。年齢, 透析歴では I 群から IV 群になるにつれて高齢で長期透析歴を有していた。MD 法の各パラメータは, 疼痛程度が最も強い IV 群で低値をとり, 無痛群である I 群で高値をとった。すなわち, 疼痛 score が高得点であるほど MD 法によると骨膜萎縮度が進行していることが認められた。骨モニターである AI-P とアミロイド骨症の指標とされる β_2 -MG は各群間で有意差を認めなかった。C-PTH および HS-PTH は, PTX 症例を除外しても無痛群である I 群で最も高値をとり III-I 群間, II-I 群間で有意差を認めた。BGP も同様に I 群で高値を示した。これは無痛群で骨代謝が盛んなこと, 有痛群であるほど low turnover bone の傾向にあることが示唆された。血清アルミニウムも IV 群で最も高値を示し, 当院の患者の疼痛原因と PTH および BGP の上記の結果に影響を与えているものと考えられた。

各群間で有意差を認めた骨密度の近似値である Σ GS/D を MD 法のパラメータの代表として, AI-P, PTH, BGP, β_2 -MG と直線回帰の相関を求めてみると, いずれも相関は認めなかった。

目的変数を疼痛 score で分類した病態群として, 多変量解析した結果においても, 疼痛 score は臨床的に有用と考えられた。

Evaluation of microdensitometry parameters of chronic hemodialysis patients grouped by pain grade score

Masanobu Horie, Masahiro Hasegawa, Satoru Kobayashi, Shinichi Nezasa, Takashi Shinoda, Manabu Kuriyama*, Yukimichi Kawada*

Department of Urology and Dialysis Center, Daiyukai Daiichi Hospital ; Department of Urology, Gifu University School of Medicine*

One hundred seven patients (65 males and 42 females) out of 187 patients treated by means of hemodialysis have been sampled to investigate correlations between pain grade score, bone microdensitometry (MD) parameters and blood biochemical studies. The patients were divided into the following 4 groups on the basis of pain grade score, Group 1, pain score 0 ; Group 2, pain score 1~7 ; Group 3, pain score 8~14 ; Group 4, pain score more than 15 points. Both age and duration of hemodialysis were greater in Group 4 than in any other pain score group. MD parameters were positively correlated with all of the pain groups. We were unable to detect any significant correlation between AI-P, or β_2 -MG and pain groups. C-PTH, HS-PTH and BGP (osteocalcin) levels in Group 1, the pain-free group, were higher than in any other pain score group. Parathyroidectomy (PTX) was performed in 10 cases, and with the exception of these 10 cases, serum levels of C-PTH, HS-PTH and BGP were examined, and

the results were the same. The serum Al levels in Group 4 were the highest in all of the pain score groups. This suggests that long-term hemodialysis might result in low bone turnover. We conclude that MD parameters and pain grade score are useful in following ROD in long-term hemodialysis patients.

緒言

血液透析長期施行例の増加に伴い、患者の日常生活で腎性骨異常栄養症 (ROD) がその重要な合併症として問題となってきた。一般には、ROD の骨関節症状は大きく分けて、二次性副甲状腺亢進症 (2° HPT) による線維性骨炎とアルミニウム (Al) 蓄積などが原因となる骨軟化症に分けることができる¹⁻³⁾。そこで著者らは今回 ROD の自覚症状特に疼痛に注目し、骨関節症状の疼痛の grade score を定め、疼痛の程度によって分けた病態群間で各種検査値の比較検討を試みた。

対象および方法

透析患者 187 例のうち検討可能であった 107 症例 (男 65 例, 女 42 例) を対象とした。骨関節痛を表 1 のように 4 grade, 7 部位で判定しその総得点で、表 2 のごとく無痛群から強度疼痛群までの I ~ IV 群に分類する。疼痛 score および各種検査値は観察期間の平均値を採用し、井上ら⁴⁾の方法に準じた中手骨の microdensitometry (MD & MD/MS 法) のパラメータとの相関性と有効性を検討した。MD 法⁴⁾のパラメータとしては、MCI,

GSmax, GSmin, Σ GS/D を、MD/MS 法⁵⁾では前記以外に μ' , I を代表値とした。生化学検査は ROD に関係すると思われる Al-P, C-PTH, HS-PTH, β_2 -MG, Ca×P, BGP (osteocaltin) を検討対象とした。なお生化学検査値は各々 1 年間の平均値を採用した。

結果

1. 各群の背景因子

骨関節症状の自覚症状で分けた 4 群の年齢と透析歴を表 3 に示した。各群間で t 検定をしてみると、年齢では IV 群 (61.17±12.58 歳) と I 群 (48.67±11.38 歳) および II 群 (55.30±10.94 歳) と I 群で 5% 以下の危険率で有意の差を認めた。透析歴では、IV 群 (13.00±5.51 年) と II 群 (7.23±4.14 年), III 群 (12.06±4.87 年) と II 群, III 群と I 群 (8.00±4.17 年) 間で有意の差を認めた。すなわち、高齢で透析歴が長くなるほど、疼痛の程度が強度になる傾向を認めた。

2. 疼痛の grade score と MD & MD/MS 法の各種パラメータ

表 4 は、井上ら⁴⁾の方法に基づき、Aluminium stepwed-

表 1 疼痛の grade score

総合評価					評 価
Grade	0	1	2	3	
部位					
指 (手のこわばり)	ほとんどなし	少しあるが気になる程度	午前中であるが午後消失	一日中あり	
手 関 節	〃	〃	動かすとき痛みがある	何もしなくても痛みがある	
肘 関 節	〃	〃	〃	〃	
肩 関 節	〃	〃	〃	〃	
腰, 股関節	〃	〃	〃	〃	
膝 関 節	〃	〃	〃	〃	
足 関 節	〃	〃	〃	〃	

表 2 病態群の分類

群	I	II	III	IV
重症度	軽	度	中等度	強 度
Score	0	1 ~ 7	8 ~ 14	15 以上
疼 痛	弱			強

表 3 病態群の背景因子

Group	年 齢	透 析 歴
IV (n = 6)	61.17±12.58	13.00±5.51
III (n = 17)	52.00±10.41 *	12.06±4.87 *
II (n = 57)	55.30±10.94 *	7.23±4.14 *
I (n = 27)	48.67±11.31	8.00±4.17

* p < 0.05

表 4 MD 法

Group	MCI	GSmax	GSmin	ΣGS/D
IV (n = 6)	0.348±0.059	2.572±0.314	1.307±0.451	1.730±0.317
III (n = 17)	0.393±0.095	2.911±0.494	1.701±0.478	2.066±0.405
II (n = 57)	0.431±0.076	3.140±0.367	1.879±0.436	2.238±0.325
I (n = 27)	0.439±0.081	3.315±0.420	1.973±0.540	2.357±0.390

* p < 0.05

表 5 MD/MS 法

Group	MCI	GSmax	GSmin	ΣGS/D
IV (n = 6)	0.338±0.067	2.855±0.373	1.635±0.561	2.025±0.382
III (n = 17)	0.427±0.091	3.216±0.509	2.095±0.636	2.398±0.473
II (n = 57)	0.451±0.082	3.491±0.527	2.393±0.588	2.651±0.466
I (n = 27)	0.452±0.078	3.500±0.465	2.345±0.662	2.628±0.450

Group	ΣGS	μ'	I
IV (n = 6)	17.697±4.253	0.553±0.026	43.187±14.444
III (n = 17)	21.165±4.515	0.585±0.086	48.865±15.196
II (n = 57)	23.361±4.472	0.622±0.097	52.389±15.854
I (n = 27)	23.152±4.383	0.626±0.085	52.161±13.758

* p < 0.05

図 1 Correlation between ΣGS/D and μ'

図 2 Correlation between BGP and C-PTH

ge を用いて第 2 中手骨中心の X 線撮影を行い、MD 法による X 線解析を行って、その代表的パラメータを呈示した。MCI は IV-II、IV-I、III-I 群間で、5% 以下の危険率で有意差を認めたが、GSmax は IV-II、IV-I、III-II、II-I 群間で、ΣGS/D は IV-III、IV-II、IV-I、III-I 群間で有意差を認めた。すなわちどのパラメータも疼痛の grade score の高い IV 群で最も低値を示し、無痛群である I 群で高値を示した。

GSmax と ΣGS/D が各群間で比較的に有意差があって、各群を区別しうるパラメータといえるが、今回の検討で

は、単位骨幅当りの平均骨塩量の指標である ΣGS/D を以下、MD 法の代表パラメータとする。

表 5 は、multiple scanning による同じ手背一手掌の X 線フィルムの photodensitometry の成績である⁵⁾。MCI, GSmax, GSmin, ΣGS/D は、表 4 の成績と同様の結果であった。ΣGS/D と μ' (骨密度の指標) とは、 $Y = 0.1339 X + 0.2689$, $r = 0.7085$, $p < 0.01$ となってよく相関する (図 1)。

今回の検討では、I (断面 2 次モーメントの指標) およびレーダーチャートの検討は省略する。

表 6 血液生化学検査

Group	Al-P (K-A unit)	β_2 -MG (ng/ml)	Ca×P
IV (n = 6)	9.47±6.45	54.63±19.38	61.25± 4.98
III (n = 17)	7.95±3.30	54.36±13.71	64.41±13.39
II (n = 57)	7.97±3.13	51.48±12.52	56.98±13.46
I (n = 27)	8.78±3.51	50.89±14.19	58.48±18.77

Group	C-PTH (ng/ml)	HS-PTH (ng/ml)
IV (n = 6)	4.19±6.34	18.13±26.02
III (n = 17)	3.44±2.51	12.90± 8.81
II (n = 57)	4.67±8.30	15.18±17.16
I (n = 27)	7.54±9.13	27.14±27.19

* p < 0.05

表 7 PTX 例除外血液生化学検査

Group	Al-P (K-A unit)	Ca×P	C-PTH (ng/ml)	HS-PTH (ng/ml)	PTX 例
IV (n = 5)	10.08±6.90	60.50± 5.14	4.91±6.72	22.56±27.35	1
III (n = 13)	7.29±6.46	65.87±13.77	3.78±2.50	15.13± 8.10	4
II (n = 53)	7.70±2.81	56.58±13.42	3.70±4.04	15.74±17.23	4
I (n = 26)	8.54±3.36	56.99±13.00	6.31±6.74	28.15±27.29	1

* p < 0.05

表 8 血清 BGP

Group	BGP (ng/ml)
IV (n = 5)	63.33±88.25
III (n = 16)	55.12±42.85
II (n = 56)	64.23±53.78
I (n = 27)	98.74±96.93

* p < 0.05

表 9 血清アルミニウム

Group	アルミニウム (μ g/dl)
IV (n = 5)	8.24±2.36
III (n = 16)	4.71±2.93
II (n = 44)	4.88±2.19
I (n = 23)	4.14±2.13

* p < 0.05

3. 疼痛の grade score と血液生化学検査

骨モニターである Al-P およびアミロイド骨症の指標であろう β_2 -MG は各群間で有意差を認めなかった。Ca×P 値は、I 群で 58.48±18.77、II 群で 56.98±13.46、III 群で 64.41±13.39、IV 群で 61.25±4.98 であり、I-IV、I-III 群間および、II-III 群間で有意の差を認めた。Grade score の強度群で高値になる傾向を認めた (表 6)。

一方、C-PTH および HS-PTH は、表 6 のごとくそれぞれ IV 群で 4.19±6.34 ng/ml、III 群で 3.44±2.51 ng/ml で、II 群で 4.67±8.30 ng/ml、I 群で 7.54±9.13 ng/ml であって、III-I 群間と、II-I 群間で有意に無痛群である I 群で高値を示した。なお、HS-PTH は pg/ml 表示を ng/ml 表示にしている。PTX 症例で術後 PTH は

低値をとることから、PTX の影響を除くために PTX 症例を除外した結果を表 7 に呈示する。PTX 症例は、total で 10 例であり、I、IV 群でそれぞれ 1 例と II、III 群で 4 例ずつ認めている。この結果でも I 群が最も高値を示し、C-PTH は I 群 6.31±6.74 ng/ml、II 群 3.70±4.04 ng/ml となって I-II 群間で有意差を認めた。また、HS-PTH も I 群は 28.15±27.29 ng/ml と群間で最も高値を示し I-II、I-III 群間で有意差を認めた。

次に、bone Gla-protein ; BGP (osteocalcin) を測定し群間比較を試みた。BGP は γ カルボキシグルタミン酸 (Gla) を含む骨のビタミン K 依存性カルシウム結合蛋白である。BGP の定量はオステオカルチン I-125 キットを用いた。BGP も PTH と同様、I 群 (無痛群) で最も高値 (98.74±96.93 ng/ml) を示し、II 群 (64.23±

図 3 Correlation between $\Sigma GS/D$ and Al-P, β_2 -MG, C-PTH, BGP

表 10 重回帰分析—単相関係数—

説明変量	目的変量 group 単相関係数	信頼度
透析歴	0.306	**
年齢	0.211	*
D	-0.009	NS
d	0.203	*
MCI	-0.245	*
GSmax	-0.283	**
GSmin	-0.233	*
$\Sigma GS/D$	-0.266	**
骨 pattern	0.339	**
Al-P	-0.019	NS
C-PTH	-0.11	NS
HS-PTH	-0.138	NS
β_2 -MG	0.097	NS
BGP	-0.193	NS
HCT	0.176	NS
Aluminium	0.18	NS
Ca×P	0.139	NS

** $P < 0.01$ * $P < 0.05$

表 11 重回帰分析—重回帰係数—(目的変量: group)

変量番号	標準偏重回帰係数	偏重回帰係数	信頼度
1. (透析歴)	0.194124	0.0322735	NS
2. (年齢)	0.260028	0.0179731	**
4. (d)	-0.211161	-0.17789	NS
9. (骨 pattern)	0.431825	0.181132	**
14. (Ca×P)	-0.27424	-3.124 E-03	**
15. (BGP)	0.28243	3.677 E-03	**

定数: 0.79 定数: 0.797494 ** $P < 0.01$

回帰式

$$Y = 0.1797x_1 + 0.1811x_2 - 0.0031x_3 + 0.0037x_4 + 0.7974$$

(x_1 : 年齢, x_2 : 骨 pattern, x_3 : Ca×P, x_4 : BGP)

β_2 -MG, C-PTH, BGP のいずれとも相関関係を認めなかった。

5. 疼痛 score による群別 (group) の意義の検討 (重回帰分析)

目的変量を病態群 (group) として、これに影響を与える因子 (透析歴, MD 法の各種パラメータ, 血液生化学検査値など) を説明変量として宮崎マイコンソフトを用いて重回帰分析を行った。

まず, 単相関分析では, group をよく説明する変量としては, 表 10 のごとく透析歴, 年齢, d, MCI, GSmax, GSmin, $\Sigma GS/D$, 骨 pattern で有意差を認めたが, Al-P, PTH, BGP 等の血液生化学データとは有意差を認めなかった。

次に, group を目的変量として多変量解析を行った。表 11 で示したように, 年齢 (x_1), 骨 pattern (x_2), Ca×P (x_3), BGP (x_4) を説明変量として, 回帰式 $Y = 0.1797x_1 + 0.1811x_2 - 0.0031x_3 + 0.0037x_4 + 0.7974$ が求められた。

53.78 ng/ml), III群 (55.12 ± 42.85 ng/ml) との間で 5% 以下の危険率で有意の差を認めた (表 8)。BGP と C-PTH の相関係数 r は 0.4418 で $Y = 3.8813 + 58.3810$, $P < 0.01$ で, 比較的よく相関する (図 2)。最後に, 血清 Al 値の検討では, 疼痛の最強群である IV 群で 8.24 ± 2.36 $\mu\text{g/dl}$ と高値を示し, それぞれ III (4.71 ± 2.93 $\mu\text{g/dl}$), II (4.88 ± 2.19 $\mu\text{g/dl}$), I 群 (4.14 ± 2.13 $\mu\text{g/dl}$) で有意差を認めた (表 9)。

4. $\Sigma GS/D$ と各種血液生化学検査値

透析骨関節症の grade score と良好な相関を認めた $\Sigma GS/D$ は, 群別比較ではなく全症例で代表的血液生化学検査との相関を検討してみると, 図 3 のように Al-P,

考察

慢性透析患者が骨折や骨変形あるいは骨痛や関節痛をしばしば合併することは事実であり、10年以上の長期透析患者が増加した現在、renal osteodystrophy (ROD) は最大の合併症といって過言ではない^{6,7)}。

RODの診断は原因が多岐にわたるため、骨痛、筋力の低下を主体とする臨床症状、骨代謝関連因子である種々の血液生化学検査、画像診断、骨生検等を組み合わせて行うべきと考えられる。しかし、上記検査法のどれも病態をとらえるのに万能とはいかない。そこで我々は、臨床症状の骨痛と関節痛の定量化を試み(疼痛 score)、今回は MD 法の各種パラメータと血液生化学検査値のいずれが疼痛 score による病態群 (I-IV群) をよく説明し得るかを検討した。

1. 透析歴と年齢

骨関節症状の自覚症状(疼痛 score) で分けた4群の年齢と透析歴の検討では、疼痛程度が甚だしくなるIV群ほど、各群を構成する患者の透析歴と年齢の平均は高くなる。すなわち高齢で透析歴が長くなるほど疼痛の程度が強くなり、RODの要因として、透析歴と年齢は重要なものと考えられる⁷⁾。

2. MD & MD/MS 法の各種パラメータ

自覚症状である疼痛 score は変化し得るものであり、疼痛 score による群別間の骨パラメータの検討は恒常的なものとはいえない。しかし、透析医療の現場で患者が訴える ROD に関する苦痛の最大のものは痛みである。敢えて本検討をした次第を述べておきたい。保険医療の制約もあって MD 法による骨パラメータの測定は年1~2回であってその際に疼痛 score もとることにした。どのパラメータも疼痛 score の高いIV群で低値を示し無痛群であるI群で高値を示したことは、MD 法のパラメータが ROD の経過観察の指標として有用であると思われる。また、GSmax と Σ GS/D が各群間で有意差を認めたこと、骨塩量の近似値である Σ GS/D が⁵⁾現在著者らが検討中である DEXA (dual energy X-ray absorptiometry) と関係があるので以下 Σ GS/D を MD 法の代表パラメータとする。

3. 血液生化学検査の検討

骨パラメータであろう Al-P, β_2 -MG, Ca×P, PTH (C-PTH, HS-PTH), BGP (osteocalcin), Aluminium (Al) の各群間での検討では、興味ある結果が得られた。Al-P と β_2 -MG は有意差を認めなかった。Ca×P値は疼痛強度群ほど高値をとり、従来から指摘されているように十分なコントロールが必要であることが再認識された。PTH の検討では、PTH 症例を除外した結果でも、C-PTH, HS-PTH とともに当院の症例では無痛群であるI

群で最も高値をとりII群、III群間で有意の差を認めた。また BGP の測定結果も PTH と同様であった。

一般に PTH は uremic toxin の一種であり、骨代謝に対する作用は、初めに骨芽細胞に作用し、cyclic AMP を増加させ、破骨細胞を活性化させるといわれている^{8,9)}。また BGP はビタミンK依存性 γ -carboxyglutamic acid 蛋白で、骨芽細胞によって産生させるといわれている¹⁰⁾。従って、著者等の検討でも PTH と BGP は正の相関関係が得られたことは、北ら¹¹⁾の成績と同様である。今回の結果では、I群のみが骨芽細胞および破骨細胞の活性が活発であって、疼痛群では骨代謝が低く厳密な意味ではないが low turnover bone といわざるを得ない。最近 ROD は low turnover bone にも関心が払われ、添田ら¹²⁾は、10年以上の透析患者の中で INS-PTH が 120 pg/ml 以下の症例22例を集計して骨低回転骨症に注目すべきであると述べている。平沢¹³⁾も、C-PTH が 1.2 ng/ml 以下の症例では上皮小体機能はむしろ低下していると述べている。また、今回の血清 Al の測定結果では、IV群で $8.24 \pm 2.36 \mu\text{g/dl}$ とどの群間に対しても有意に高値を示した。当院の骨関節症状の主たる原因がアルミニウム骨症であることが示唆されるとともに、IV群での PTH および BGP の低値の原因と考えられる¹²⁾。Cournot-Witmer ら¹³⁾によれば、Al は骨の mineralization front に沈着することにより骨の代謝が障害されるという。我々は今回 Δ Al の測定も、骨生検も施行していないので断言できないが、長期透析患者の骨関節症の原因のひとつとして low turnover bone の存在を強調しておきたい。

4. 疼痛 score の臨床的意義

以上の検討の結果、骨関節症の疼痛を定量的に疼痛 score であらわし群別化することは意義あることで、臨床上治療効果の判定に応用し得る。疼痛 score によって分けた病態群 (group) を目的変数として多変量解析した結果でも、年齢、骨 pattern, Ca×P 値, BGP が説明変数として重要であった。今後、疼痛 score と MD 法等の骨パラメータの経時的な検討が必要と思われる。

まとめ

1. 透析患者を疼痛 score で群別すると、各群間で、透析歴、年齢、MD 法の各パラメータは有意差を認めたが、Al-P, β_2 -MG は有意の差を認めなかった。各血液生化学データと MD 法のパラメータの間には相関を認めなかった。

2. C-PTH, HS-PTH, BGP は無痛群であるI群でむしろ高値を示し、ROD の原因として low turnover bone の存在を示唆した。

3. 当院の検討では、疼痛の最強群であるIV群は、他

の群に比して有意に血清 Al 値が高くアルミニウム骨症が示唆された。同時にこのことが2の結果を招いたものと推測された。

4. 目的変量を疼痛 score で分類した病態群として、多変量解析した結果においても、疼痛 score は臨床的に有用であると考えられた。

本論文の要旨は第35回日本透析療法学会総会で発表した。最後に MD 法, MD/MS 法については、東洋醸造 KK および帝人 KK の研究所に深甚の謝意を表したい。

文献

- 1) 平沢由平：透析患者の骨病変。臨床透析 1：129-134, 1985
- 2) Otto SM, Maloney NA, Coburn JW, Alfrey AC, Sherrard DJ：The prevalence of bone aluminium deposition in renal osteodystrophy and its relation to calcitriol therapy. N Engl J Med 307：709-717, 1982
- 3) 川口良人, 尾田芳隆, 今村典嗣, 相沢純男, 藤巻 博, 木村靖男, 小路 良, 重松 隆, 小椋陽介, 宮原 正：腎性骨異常栄養症におけるアルミニウム骨症に関する研究。第3回腎と骨代謝研究会記録, p 83-85, 1985
- 4) 井上哲郎, 串田一博, 宮本繁仁, 矢島秀世, 伊丹康人, 山下源太郎：X線像による骨萎縮判定の試み。骨代謝 3：187-195, 1980
- 5) 小口茂樹：第2中手骨X線写真を用いた骨評価方法の研究。日整会誌 61：1389-1404, 1987
- 6) 添田耕司, 小高通夫, 田畑陽一郎, 林 春幸, 伊藤 靖, 今関英男, 磯野可一, 嶋田俊恒, 桜井信也, 入江康文, 鹿島 孝, 横関一雄：10年以上透析例の現状と合併症の検討—社会復帰と腎性骨異常栄養症を中心に—。透析会誌 19：1145-1153, 1986
- 7) 杉崎弘章, 中島正良, 国友哲之輔, 丸山京子：10年以上血液透析症例の骨萎縮と骨代謝関連因子との関係。透析会誌 20：147-152, 1987
- 8) Massry GM：Parathyroid hormone and the uremic manifestations. Contrib Nephrol 20：84, 1980
- 9) Martin JT, Partridge DN：Initial event in the activation of bone cells by parathyroid hormone, prostaglandins and calcitonin. Hormonal control of calcium metabolism, (ED) Cohn VD, Talmage VR, Mathews LJ, Excerpta Medica, p 147-155, 1980
- 10) Lian JB, Friedman PA：The vitamin K dependent synthesis of γ -carboxyglutamic acid and by bone microsomes. J Biol Chem 253：6623, 1978
- 11) 北 裕次, 阿部富弥, 鳥住和民, 森山正史, 清水映二, 岡本幸春, 太田喜一郎：血中オステオカルチンの腎不全透析患者における骨代謝の臨床意義について。腎と透析 21：68-72, 1986
- 12) 添田耕司, 小高通夫, 田畑陽一郎, 林 春幸, 伊藤 靖, 今関英男, 磯野可一, 藤井京子, 嶋田俊恒, 桜井信也, 入江康文：骨低回転が示唆された10年以上血液透析例の検討。腎と骨代謝 1：121-126, 1988
- 13) Cournot-Witmer G：Aluminium osteopathy. Contrib Nephrol 38：59, 1984