

ミネラルウォーター —健康にとって美味しい水は名水か—

安井 昌之
医療法人 安井内科

2008.7.4 受理

1. はじめに

水道水を嫌って、ミネラルウォーターと称してペットボトルの飲料水の需要が年々増加している。徹底した汚染物質の除去や、味覚的に美味しい水を求める風潮がある。しかし、ミネラルが関与する中枢神経変性疾患で、発症後 3 年で死亡する筋萎縮性側索硬化症 (ALS: アミトロ) や、パーキンソン痴呆症候群の世界の 3 大多発地 (グアムや紀伊半島南部、西ニューギニア、図 1) の環境分析から、飲料水がこれらの病因に起因すると考えられている。つまり河川水や土壌中の低カルシウム (Ca)・低マグネシウム (Mg)、高アルミニウム (Al) 含有量が、それら疾患の病因に関与していると推定されている。

これら疾患の中枢神経組織で Ca 代謝異常が存在し、他のミネラル代謝にも影響を及ぼすことが判明したほか、紀伊半島 ALS 多発地を中心に多く発生している脊椎靭帯石灰化症の脊椎骨と脊椎靭帯の Ca、Mg 量の分析の結果、ALS の中枢神経組織での類似性が判明した。そのため今後、カルシウム、マグネシウムなど、ミネラルの摂取異常が病因に関連する疾患の存在する可能性が示唆され、味覚よりミネラルバランスのとれた水について注目する必要がある。

2. 神経変性疾患と環境要因

東北地方から九州に至る河川の化学成分と脳卒中の死亡統計の関係を調査した Kobayashi¹⁾ が「水の硬度の高い地域では脳卒中や虚血性心疾患による死亡率が低い」と報告した。この現象をアメリカの週刊誌 *Times* に「硬い水は血管を軟らかくする」というタイトルで報じ、飲料水と疾病の関係が世界的に注目された。

20 世紀に入り既に筋萎縮性側索硬化症 (ALS) が

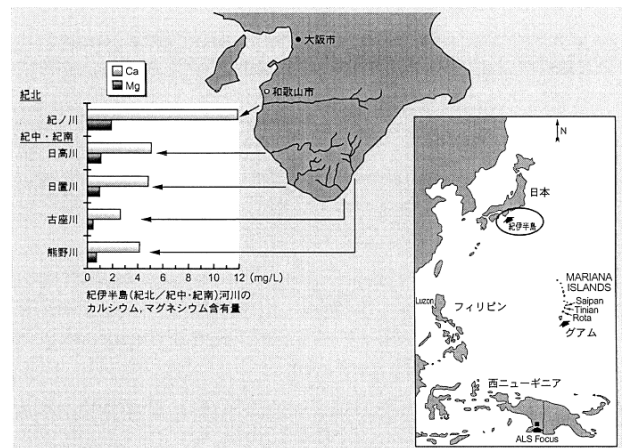


図 1 筋萎縮性側索硬化症 (ALS) の世界 3 大多発地 (紀伊半島、グアム、西ニューギニア) (右図) と、紀伊半島河川の紀北地方と紀南地方のカルシウム、マグネシウム含有量の差異 (左図)

神経変性疾患多発地での河川の低カルシウム、低マグネシウムが指摘され、かつグアムではボーキサイトからの粉塵中の高アルミニウムが認められた。

紀伊半島と、グアムに多発すると推定されていたところ、アメリカ NIH (公衆衛生院) により、紀伊半島とグアムにおける疫学的環境分析を実施し、河川、土壌、飲料水の低カルシウム (Ca)、低マグネシウム (Mg) と高アルミニウム (Al) が指摘された^{2,3)}。

グアムでの神経変性疾患は ALS のほか、parkinsonism-dementia (パーキンソン痴呆症候群; PD) が多発し、それらの病因の一つにミネラル代謝異常が報告^{4,5,6)}された。しかし、最近では飽食の時代に入り、食事や生活様式の西洋化、交通手段の進歩によりこれらの地域での発生頻度も低下している^{7,8)}。

3. 水の硬度の影響

水の硬度は飲料水中のカルシウムイオン (Ca²⁺) とマグネシウムイオン (Mg²⁺) の合計量を、これに対応する CaCO₃ の濃度 (ppm) で表されるが、硬度が高いとアルカリ性の硬水となり、味がよくない。軟水

表1 ミネラル欠乏食によるラットの飼育実験 (ミネラル: mg/100g, ビタミン: IU/100g)

飼育食	ミネラル								ビタミン	
	Ca	Mg	Al	Mn	Zn	Na	K	P	A	D3
(A) 標準食	1250	300	10	10	4	240	500	660	1200	240
(B) 低Ca食	3	300	10	10	4	240	500	660	1200	240
(C) 低Ca-Mg食	3	2	10	10	4	240	500	660	1200	240
(D) 低Ca-Mg+高Al*食	3	2	194	10	4	240	500	660	1200	240

* Al は乳酸アルミニウム

は酸性で、硝酸塩や塩酸塩が多く含まれ、一般において水とされる。

Kobayashi の報告¹⁾によると、平均的な含有量はCa 5.0~9.9 mg/L、Mg は1.0~2.9 mg/L、Na は3.0~7.9 mg/L、pH は6.9~7.2 等であった。諸外国に比べて硬度が低い日本の河川水はCa イオンがMg イオンより約5 倍多く、5 対1 の割合である。河川水のミネラル含有量は飲料水のミネラル濃度に平行した結果が得られている^{9,10)}。およそ1 リットルの河川水からはCa が10mg、Mg は2mg が供給されると考えてよい。陸水の場合、硬度は琵琶湖の水で35、アメリカでは120 前後、イギリスでは硬度の高い地域で300、低い地域でも30 を示しており、欧米では硬水が主である¹¹⁾。

Schroeder (1960)¹²⁾ はアメリカ49 州の飲料水の硬度と循環器疾患患者の年齢を調整した死亡率との関係を調査し、水の硬度と死亡率に負の相関があることを報告した。つまり、水の硬度の高い地域では脳卒中のみならず、虚血性心疾患(心筋梗塞)による死亡率が低い。

4. 神経変成疾患と環境類似のミネラル偏食動物実験

環境要因のミネラルの影響を検証するため、体重200g 前後 Wistar ラット雄28 匹を各7 匹ずつ無作為にA~E の5 群に分け、90 日間Ca、Mg、Al の濃度の異なる飼料で飼育した。表1 に示す通り、A 群は標準食(コントロール)、B 群は低Ca 食、C 群は低Ca・Mg 食(紀伊半島食)、D 群は低Ca・Mg+高Al 食(グアム食)、E 群は低Mg 群をそれぞれ与えた。

体重経過(図2) で注目すべきことは、低Mg 食群(E 群) は飼育開始1 ヶ月過ぎから順次、死亡しデータ処理に至らなかった。B 群の低Ca 食群は実験期間に死亡することなく、むしろ標準食と同様の体重増加を示した。観察できた行動上の変化として、低Ca・低Mg 食+高Al 食群(D 群) の飼育後半で皮膚や尾に噛み合った形跡があり、攻撃性を認めた。

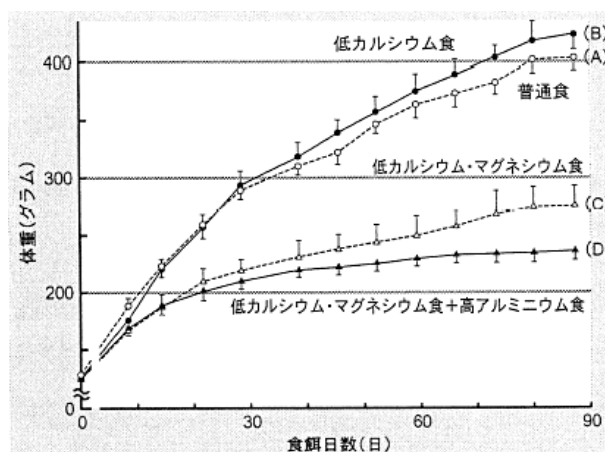


図2 ミネラル偏食ラットの体重経過

低Ca 食で飼育ラットは標準食ラットと同様に成長するが、低Mg 食ラットは90 日間生きながらえず、途中で突然死するので統計処理ができない。

各組織中の分析は、Mg 含有量 ($\mu\text{g/g}$ 乾燥重量) はプラズマ発光分析法(ICP)、Ca、Zn、Al は放射化分析非破壊法で測定した^{5,6,13)}。

(1). 紀伊 ALS のカルシウム、マグネシウム

①中枢神経組織(CNS; central nervous system) 17 部位全体のCa 平均含有量は、コントロールに比し有意に高値であったが($p<0.05$, 図3 (a))、各部位群ごとにCa 量を検討すると灰白質、白質、脊髄では有意差がみられなかった。

一方、②灰白質、白質、脊髄、CNS 17 部位全体でのMg の平均含有量はコントロールに比し低値を認めた($p<0.01-0.05$, 図3 (b))。

(2). ラット

①血液中のミネラルはCa、Mg 濃度は食餌内容を反映したが、Al では有意差を認められなかった(図4)。

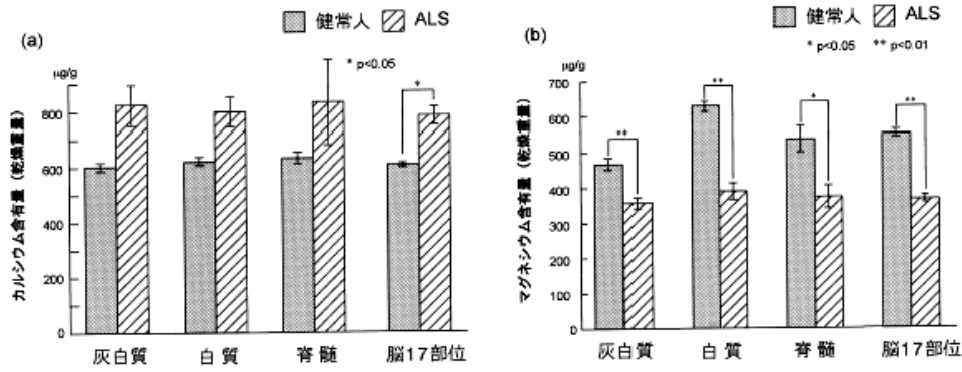


図3 紀伊筋萎縮性側索硬化症6例と中枢神経病変のないコントロール5例の灰白質、白質、脊髄、CNS 17部位での (a) Ca、(b) Mg含有量 (mean±SE)

ALSではCNS 17部位全体のCa平均含有量はコントロール群に比し有意に高値だったが、各部位ごとに検討すると灰白質、白質、脊髄では有意差がみられなかった。マグネシウムではコントロール群に比し低値を認めた。

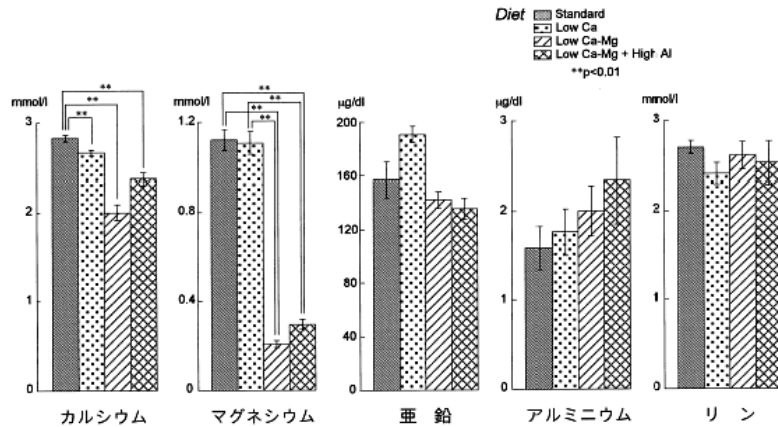


図4 ミネラル偏食ラットの血液中のカルシウム、マグネシウム、亜鉛、アルミニウム、リンの濃度 (mean±SE)

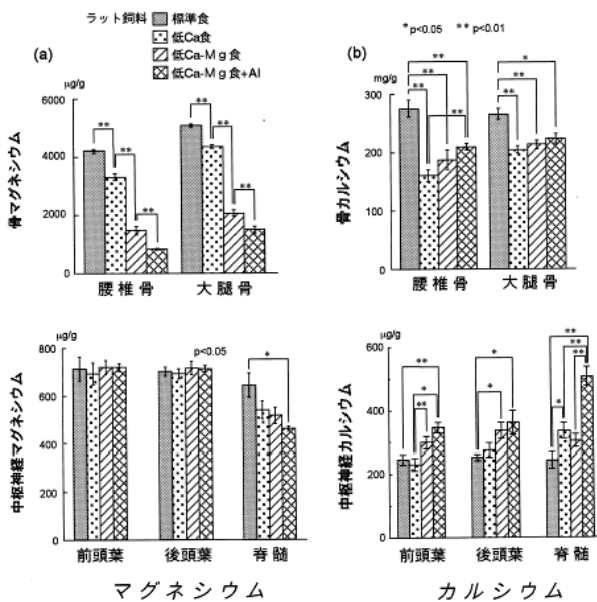


図5 ミネラル偏食ラットの骨(腰椎骨、大腿骨)と中枢神経(前頭葉、後頭葉、脊髄)におけるカルシウム、およびマグネシウム含有量 (mean±SE)

偏食ラットの腰椎骨梁骨および大腿骨(皮質骨)のCa、Mg、亜鉛含有量は低値で、一方、中枢神経組織のCa量はミネラル偏食群では高値で、Alを負荷すると中枢神経のCa量がさらに上昇した。

図5に示す通り、②偏食ラットの腰椎骨梁骨および大腿骨(皮質骨)のCa、Mg、亜鉛含有量は低値で、一方、中枢神経組織のCa量はミネラル偏食群では高値で、Alを負荷すると中枢神経のCa量がさらに上昇した。また中枢神経組織のMg量は低Ca・Mg+高Al食群の脊髄で低値、亜鉛含有量はミネラル偏食群で低値を認めた。

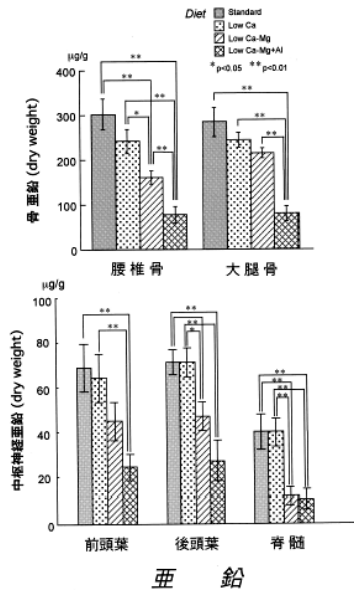


図6 ミネラル偏食ラットの骨（腰椎骨；大腿骨）と中枢神経（前頭葉；後頭葉；脊髄）における亜鉛含有量（mean±SE）

ラットを低Ca・低Mgで飼育すると、骨のMg量（図4(b)）と相関的に骨や中枢神経の亜鉛量も低下する。パーキンソン痴呆症候群とグアムALS群で亜鉛含有量が低下した分析結果と類似した。

図6に示しているように、亜鉛は生体内では骨で調節され、ラットを低カルシウム-マグネシウム食で飼育すると、骨のマグネシウム量と相関的に亜鉛量も低下する。亜鉛はマグネシウムの生物学的作用を補償する。また臨床的にBurnet、Constantinidisらは亜鉛が中枢神経組織で低下すると痴呆を惹起する可能性を推察し^{14,15}、アルツハイマー病治療に亜鉛の応用を唱えている¹⁵。一方、亜鉛と逆相関的に中枢神経組織のAl、Mnは高値を示し（図7）、透析脳症での脳内Al高値と類似する。

(3) ALS多発地での新しいカルシウム代謝異常疾患：脊椎靭帯石灰化症（図8）

脊椎靭帯石灰化症の発症頻度の高い地域ではALSの発症頻度も高く、この事実から脊椎靭帯へのCa沈着の要因をCa及びMgの代謝異常に起因すると考えられる¹⁶。つまり①脊椎骨のCa量においても脊椎靭帯石灰化症はコントロールに比較して $p<0.05$ の有意差を示した。②脊椎靭帯石灰化症はコントロールに比して、靭帯および骨のMg量は共に有意に低値であった（ $p<0.01$, $p<0.05$ ）。このことはALS例でも骨は非薄となり、軟部組織のMg含量が低下する結果と一致する¹⁷。

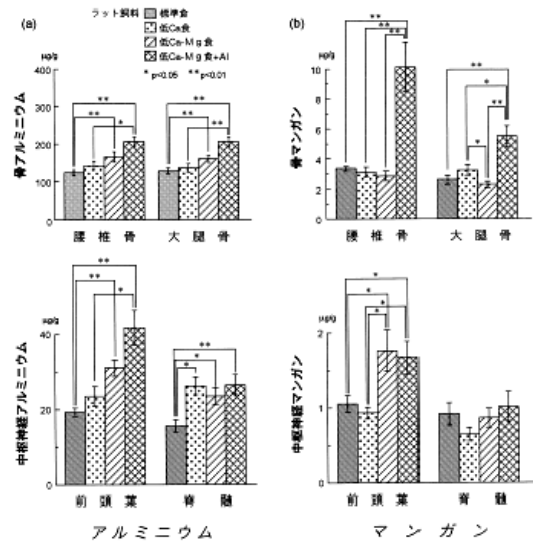


図7 ミネラル偏食ラットの骨（腰椎骨、大腿骨）と中枢神経（前頭葉、脊髄）におけるアルミニウム、マンガン含有量（mean±SE）

ラットを低Ca・低Mgで飼育すると、亜鉛（図6）と逆相関的にアルミニウム、マンガン量が骨や中枢神経で増加する。

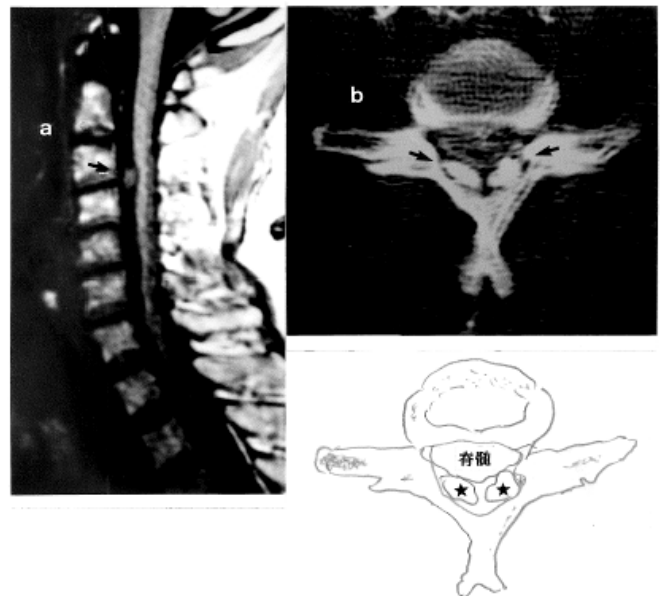


図8 脊椎靭帯石灰化症、69歳男性、頸髄MRIの(a)矢状断と(b)水平断。

靭帯への石灰沈着（矢印；星印）が脊髄を圧迫し、頸髄は狭小化しているが、まだ歩行可能である。

4. おわりに

和歌山県南部（紀南地方）の河川水のカルシウム、およびマグネシウム含有量は全国平均に比較して低値であるにも拘わらず、味覚的に美味しいことが指摘されていた。紀南地方の古座川上流に点在する山奥の村

落は、海岸への道路は未整備だった昭和 30 年代までは自給自足を強いられていた。そのため古座川の水で生育し、収穫した作物は低ミネラルで、当該住民は鮎などの川魚を食べる他は、Ca や Mg を豊富に含んだ魚介類を食べる頻度に恵まれず、ミネラル補給は乏しい環境であった。ちなみに淀川の水で飼育したメダカを古座川の水に移すと、僅か数日の生命でしかない。

一方、ミネラル偏食の動物実験では、低 Ca 食で飼育したラットは標準食で飼育ラットに比較して体重変化なく、実験期間を全うしたにもかかわらず、低 Mg で飼育ラットは 30 日を過ぎた頃から順次突然死し、過剰な Ca の重要視に警鐘を鳴らし、ミネラルバランスの意義が示唆された。

その他、ミネラル偏食ラットの亜鉛や Al などの Ca や Mg 以外のミネラルにも変動した結果を得た。また同様に神経変成疾患のミネラル代謝が種々のミネラル変化を示しているように、各疾患でのミネラル代謝は複雑化したメカニズムが働き、単独のミネラルだけを検討することは今後の避けるべき課題と考えられる。

文 献

- 1) Kobayashi J : On geographical relationship between the chemical nature of river and death-rate from apoplexy. *Berichte Ohara Institute*, **11**: 12-21, 1957
- 2) Garruto RM : Pacific paradigms of environmentally-induced neurological disorders: Clinical, epidemiological and molecular perspectives. *Neurotoxicology*, **12**: 347-377, 1991
- 3) Kimura K : Studies of amyotrophic lateral sclerosis in the Kozagawa district of the Kii Peninsula, Japan (Epidemiological, genealogical and environmental studies). *Wakayama Med Rep*, **9**: 177-192, 1965
- 4) Yasui M, Ota K, Garruto RM : Aluminum deposition in the central nervous system of patients with amyotrophic lateral sclerosis from the Kii Peninsula of Japan. *Neurotoxicology*, **12**: 615-620, 1991
- 5) Yasui M, Kihira T, Adachi K, Suzuki Y : Magnesium and calcium contents in CNS tissues of amyotrophic lateral sclerosis patients from the Kii Peninsula, Japan. *Eur Neurol*, **32**: 95-98, 1992
- 6) Yasui M, Ota K, Garruto RM : Concentration of zinc and iron in the brains of Guamanian patients with amyotrophic lateral sclerosis and parkinsonism-dementia. *Neurotoxicology*, **14**: 445-450, 1993
- 7) Garruto RM, Yanagihara R, Gajdusek DC :

Disappearance of high-incidence amyotrophic lateral sclerosis and parkinsonism-dementia on Guam. *Neurology*, **35**: 193-198, 1985

- 8) 安井昌之 : 一生を決める一杯の水、中経出版、東京、2002、p22-28
- 9) 安井昌之 : 飲料水などのミネラルの神経・骨への影響—飲料水用の素材として海洋深層水を考える—、*沿岸海洋研究*, **40** : 49-58, 2002
- 10) 安井昌之 : 飲料水とミネラル、ミネラルの事典 (糸川嘉則編)、朝倉書店、東京、2003、p487-519
- 11) Aschengrau A, Zierler S, Cohen A : Quality of community drinking water and the occurrence of late adverse pregnancy outcomes. *Arch Environ Health*, **48**: 105-113, 1993
- 12) Schroeder HA : Relation between mortality from cardiovascular disease and treated water supplies. *JAMA*, **172**: 1902-1908, 1960.
- 13) Alfassi ZB, Yasui M : Determination of trace elements in biological samples- Neutron activation analysis. In, *Mineral and Metal Neurotoxicology (Yasui M et al ed)*, CRC Press. Boca Raton, p45-59, 1996
- 14) Burnet FM : A possible role of zinc in the pathology of dementia. *Lancet I*, 186-188, 1981
- 15) Constantinidis J : Zinc-toxicity in Alzheimer's disease: An emerging hypothesis. In, *Mineral and Metal Neurotoxicology (Yasui M. et al ed)*, CRC Press. Boca Raton, p147-156, 1996
- 16) Yasui M, Yoshida M, Ota K : Effects of low calcium and magnesium dietary intake on the central nervous system tissues of rats and calcium-magnesium related disorders in the amyotrophic lateral sclerosis focus in the Kii Peninsula ALS focus. *Magnesium Res (Paris)*, **10**: 39-50, 1997
- 17) Garruto RM, Plato CC, Yanagihara R et al. : Bone mass in Guamanian patients with amyotrophic lateral sclerosis and parkinsonism-dementia. *Am J Phys Anthropology*, **80**: 107-113, 1989

Effects of Minerals in Drinking Water on Bone and Central Nervous System

Masayuki Yasui

Yasui Clinic, Wakayama 640-8482, Japan

A condition of unbalanced minerals was found in soil and drinking water from three amyotrophic lateral sclerosis (ALS) foci on Guam, in the Kii Peninsula and in West New Guinea with a low concentration of calcium and magnesium coupled with a high concentration of aluminum and manganese. The current epidemiological studies in the Western Pacific including the Kii Peninsula of Japan, have suggested that environmental factors contribute to the pathogenetic process of ALS and parkinsonism-dementia (PD). Six Kii cases with ALS showed higher Ca and lower Mg contents in the central nervous system (CNS) tissues than those of neurologically normal controls. The author subsequently designed an animal study to experimentally ascertain the mineral or metal deposition in CNS tissues under various dietary regimens using rats. The experimental results suggest that unbalanced minerals and/or metals lead to the accumulation not only of Ca, but also Mn, and Al, and diminution of Mg and Zn in CNS tissues and bones of rats and humans on these dietary regimens, with implication for long-term neuronal degeneration and accumulating CNS deficit.