

ラジウム水飲用による中毒

Poisoning from drinking radium water

Gettler AO, Norris C*. J Am Med Assoc 100:400-2,1933*

微量放射性物質塩の内用は、健康を害し致命的となりうる。これは、Martland ら [1], St. George, Gettler, Muller[2], Hoffman[3], Castle, Drinker[4], Flinn[5], 米国労働省 [6] によって、特にニュージャージー州の夜光時計文字盤作業者について確実に証明されている。

本稿記載の症例は、ラジウム水飲用によるラジウム中毒として診断され、剖検と組織の分析によって診断が確認された初の記録である点で興味深いものである。

病歴

E. M. B, 52 歳男性。体重約 110 ポンド (50kg), 高度のい痩, 貧血あり。骨壊死の治療のため入院 [7]。患者はレディソール (Radithor) というラジウム水を約 5 年間飲用していた。これは 2 オンス (60cc) のボトル 1 本に 2 μ g の放射性物質を含むとされ, 患者は約 1,400 本を飲用した。

患者は数ヶ月入院していたが, この間, 呼吸には放射能が検出がされていた [8]。死の 4 週間前に, 顎骨壊死の一部を手術で切除した。貧血, い痩は次第に進行し, 死亡時の体重はわずか 90 ポンド (41kg) であった。

剖検では [9], 顎骨の壊死, 腎皮質の腫脹, 右側頭葉形葉の脳膿瘍, 中等度の冠動脈硬化症, 中等度の大動脈結節状硬化症, 高度の (再生性) 骨髓過形成 (高度赤色骨髓) が認められた。死因は顎骨壊死, 脳膿瘍, 二次性貧血, 終末期気管支肺炎であった。これらの病態の原因となった中毒の性状を解明するために, 心, 肝, 肺, 脾, 腎, および大腿骨, 椎骨, 肋骨, 顎骨, 歯の一部を採取して分析した。

組織の処理

摘出した組織はそれぞれ秤量し, 電気炉で焼灼した。得られた焼灼灰を秤量し, 比率を計算した。骨格, 筋, 血液などの重量は推測した。これを表 1 に示す。各部位の灰を箔検電器で計測した。

*Chemical laboratories of Bellevue Hospital, the Chief Medical Examiner's Office, and Washington Square College, New York University

** 訳注: Lind 検電器。箔検電器の一種。荷電状態で開いたアルミ箔が, 放射性物質の電離作用によって放電して閉じることを利用する。箔が観察用顕微鏡内の一定数の目盛り線 (ここでは 6 から 8 までの 2 目盛り) を移動する時間を測定する (放射能が強いほど時間は短い)。Lind 検電器は, アメリカ人放射線化学者 Sam Lind が主にラジウム, ラドンの放射能測定のために発明したもので, 上下 2 つの部分から成り, 下部を測定試料に応じて交換できるのが特徴。1920 ~ 30 年頃広く使われた。[Lind SC. Practical methods for the determination of radium. I - Interchangeable electroscope and its use. J Indust Engineer Chem 7:406-10,1915]

検電器試験

計測はすべて Lind 型検電器** を使用した。まず正常リークを測定し, 2,880 秒 /10 目盛であった。次いで, 骨, 軟部組織の焼灼灰を順に検電器内において, 10 目盛当りのリーク時間を計測した。リーク時間は, 箔が目盛 6 から 8 に移動する時間を計測し, 数回計測して厳密に比較できるようにした。結果を表 2 に示す。骨灰ではリーク時間が著しく短縮し, その放射能が強いことがわかる。軟部組織灰のリーク時間はずっと長い, 正常に比べれば明らかに短縮しており, 軟部組織もある程度の放射性物質を含むことを示している。非放射性症例の骨灰, 軟部灰の値は, 正常リークと同程度であった。

写真法 (オートラジオグラフィ) による放射能の検出

操作はすべて暗室で行なった。写真フィルムは, 黒い写真用紙で覆って密封した。さまざまな骨灰, 軟部組織灰をこのフィルムの上に置き, 10 日間放置した。その後フィルムを現像, 焼き付けた結果を別掲した。得られた画像は, 骨, 軟部組織中のラジウムから放出された β 線, α 線によるものである。本症例で検査した骨はすべて, 強い放射能を示した。軟部組織は弱い放射能を示すのみであった。

骨・軟部組織中のラジウム定量

Lind 検電器は, エマネーション法によって校正した。ウラン 1.51% を含むカルノー石試料を, 200cc 丸底フラスコに入れて (硝酸バリウムで飽和した) 1:1 硝酸 100cc を加えた。これを沸騰させてエマネーションを完全に除去し, まだ沸騰温度にある状態でフラスコを密閉し, 1 週間放置してエマネーションを蓄積した。その後密閉フラスコを浄化し (二酸化炭素, 残酸, 湿気の除去), 事前に排気しておいた電離箱にエマネーションを移動した。エマネーションを 3 時間放置して周囲との平衡を待ち, 測定を開始した。検電器のリードを電離箱に接続し, 135 ボルトで 15 分間荷電し, リーク率を計測する。数回計測した平均値は, 14.2 秒 /10 目盛であった。自然リークは 2,880 秒 /10 目盛で, 有意の補正項ではなかった。

試料鉱石のウラン含有率は 1.51% なので, ウランの量は, $1 \times 0.0151 = 0.0151\text{g}$ 。

ウランに対するラジウムの比, すなわちウラン 1g と平衡状態にあるラジウム量は正確に知られており,

$$\text{Ra/U} = 3.33 \times 10^{-7}$$

しかし、エマネーションを放出するのはその 97%のみであることが知られており、前述の試料から得られる補正ラジウム量は次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{ラジウム} &= 0.0151 \times 3.33 \times 0.97 \times 10^{-7} \\ &= 4.9 \times 10^{-9} \end{aligned}$$

この量のラジウムが、14.2 秒 /10 目盛のリークとして観察されている。

焼灼灰が 1g ある場合は (ない場合は少量の試料で), カルノー石の較正と全く同じように測定した。リーク率はそれぞれに求めた。前述の較正から、ラジウム $4.9 \times 10^{-9} \text{g}$ が 14.2 秒 /10 目盛のリークを来たすことが分かっており、従ってラジウム量は以下の式で求めら

れる。

$$\begin{aligned} &14.2/10 \text{ 目盛のリーク時間} / \text{試料 (g)} \times 4.9 \times 10^{-9} \\ &= \text{焼灼杯 1g 当りのラジウム量 (g)} \\ &14.2/10 \text{ 目盛のリーク時間} / \text{試料 (g)} \times 0.0049 \\ &= \text{焼灼灰 1g 当りのラジウム量 (}\mu\text{g)} \end{aligned}$$

表 1 に、この方法で求めた骨、軟部組織の焼灼灰のラジウム含量を示す。全身のラジウム推定量は 73.66 μg であった。

本症例の病歴、症状、剖検結果、物理化学的分析は、ラジウム水中のラジウムが直接の死因であったことを明瞭に示している。

表1. エマネーション法により測定した骨、軟部組織中のラジウム量

組織	総重量(g)	焼灼量(g)	焼灼灰率(%)	組織から得た灰量(g)	灰1g当りラジウム量(μg)	全身のラジウム量(μg)
大腿骨		10.5	51.3		0.0092	
椎骨		12.5	50.8		0.0342	
肋骨		8.4	51.5		0.0039	
顎骨		6.8	44.2		0.0076	
歯		1.5	53.4		0.0149	
平均			50.2		0.0139	
全骨格	10,500*		50.2	5,271.00*	0.0139*	73.27*
心臓	250	50	0.9	2.25	0.0008	
脾	150	100	0.87	1.30	0.0009	
腎	280	145	0.64	1.80	0.0046	
肝	1,200	425	0.80	9.60	0.0012	
肺	600	540	0.82	4.02	0.0008	
筋, 血液, その他	28,000*			224.24*		
平均			0.8		0.0016	
全軟部組織	30,480*		0.8	244.11*	0.0016*	0.39*
全身ラジウム量(μg)						73.66*

* 推定値

表2. 骨、軟部組織の検電器が計測値

組織	計測量(g)	リーク (目盛数)	時間(秒)
正常リーク	対照	10	2,880
大腿骨	5.0	10	95
椎骨	6.0	10	24
肋骨	4.0	10	268
顎骨	2.5	10	76
歯	0.5	10	255
心臓	0.2	10	2,360
脾	0.8	10	1,870
腎	0.8	10	1,980
肝	0.8	10	1,650
肺	0.8	10	1,400

なぜ他にも同様の症例が見られないのかという疑問がわくところであるが、その答は以下のような点にある。第1に、ラジウム水(微量のラジウム塩を含む水)はけっこう高価であることから、裕福でなければ数年にわたって毎日飲用することができないこと、第2に、ラジウム中毒の症状は一般の医師にはまだほとんど知られておらず、正確な診断が行なわれていないことが多いことである。

要約

本稿は、微量ラジウム塩を含むラジウム水飲用による致死例で、骨、軟部組織のラジウム沈着を科学的な検査法で証明した初の報告である。

死因は、2 オンス (60cc) 当りラジウム $2\mu\text{g}$ を含むラジウム水の数年にわたる飲用によって摂取されたラジウムによる病変であった。

ラジウムの存在は、検電器および写真法によって証明された。

骨、軟部組織中のラジウムを、エマネーション法によって定量した。全身骨格に $73.27\mu\text{g}$ のラジウムが含まれていたが、軟部組織に $0.39\mu\text{g}$ のみであった。全身の総ラジウム量は 73.66mg であった。

ラジウム塩(あるいは放射性物質全般)は、血流に入ると健康を傷害し、致死的となることから、ラジウム塩を含む食物、飲料は禁止すべきである。



図 1. 大腿骨の写真像 (オートラジオグラフィ)



図 2. 顎骨の放射能

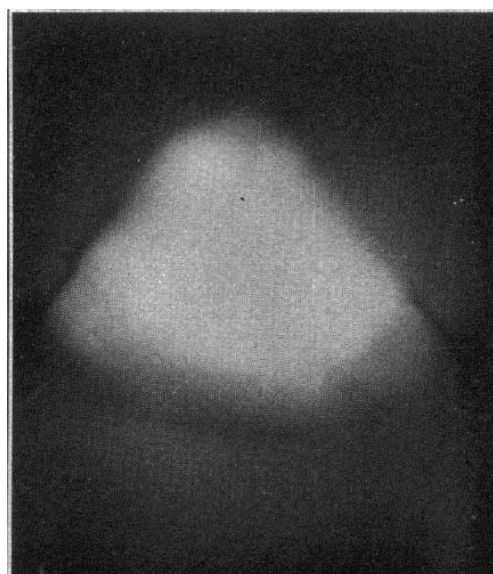


図 3. 椎骨の写真像



図 4. 歯の強い放射能

【参考文献】

1. Martland, H. S.; Conlon, Philip, and Knef, J. P.: Some Unrecognized Dangers in the Use and Handling of Radioactive Substances, with Special Reference to the Storage of Insoluble Products of Radium and Mesothorium in the Reticulo-Endothelial System, *J. A. M. A.* **85**: 1769 (Dec. 5) 1925. Martland, H. S.: Microscopic Changes of Certain Anemias Due to Radioactivity, *Arch. Path. & Lab. Med.* **2**: 465-472 (Oct.) 1926. Reitter, G. S., and Martland, H. S.: Leukopenic Anemia of the Regenerative Type Due to Exposure to Radium and Mesothorium, *Am. J. Roentgenol.* **16**: 161-167 (Aug.) 1926. Martland, H. S.: Occupational Poisoning in Manufacture of Luminous Watch Dials, *J. A. M. A.* **92**: 466, 552 (Feb. 9) 1929. Martland, H. S., and Humphries, R. E.: Osteogenic Sarcoma in Dial Painters Using Luminous Paint, *Arch. Path.* **7**: 406-417 (March) 1929.
2. St. George, A. V.; Gettler, A. O., and Muller, R. H.: Radioactive Substances in a Body Five Years After Death, *Arch. Path.* **7**: 397-405 (March) 1929.
3. Hoffman, F. I.: Radium (Mesothorium) Necrosis, *J. A. M. A.* **85**: 961 (Sept. 26) 1925.
4. Castle, W. B.; Drinker, Katherine R., and Drinker, C. K.: Necrosis of the Jaw in Workers Employed in Applying a Luminous Paint Containing Radium, *J. Indust. Hyg.* **7**: 371 (Aug.) 1925.
5. Flinn, F. B.: Radioactive Material an Industrial Hazard? *J. A. M. A.* **87**: 2078-2081 (Dec. 18) 1926.
6. U. S. Department of Labor Bulletin: Radium Poisoning, 1929.
7. Doctor's Hospital, New York, Service of Dr. Joseph S. Wheelwright.
8. Tests on expired air were made by Dr. F. B. Flinn of Columbia University.
9. Autopsy was performed by Dr. Charles Norris, chief medical examiner of New York City.