

Commodities, Markets, and Uses. In: Kogel JE, Trivedi NC, Barker JM, Krukowski ST. eds. Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets, and Uses. Colorado, USA. SME, 2006;44:755–67

- 5) Pyrophyllite Mineral Data. [Online] [cited 2023 Nov 22]; Available from: URL: <http://www.webmineral.com/data/Pyrophyllite.shtml>
- 6) Ali MA, Ahmed HAM, Ahmed HM, Hefni M. Pyrophyllite: An economic mineral for different industrial applications, Appl Sci 2021;11:11357
- 7) 有田健一, 西本幸男, 西田修実, 蠟石肺の肺機能成績. 呼吸 1988;7:70–5
- 8) Yoshimi S. An autopsy case of pyrophyllitosis, Pathol Int, 1956;6:613–23.
- 9) 粟井和夫, 山根浩介, 西岡康二, ほか. ろう石肺の高分解能CTによる解析. 日本医学放射線学会雑誌 1991;51:656–62
- 10) Arita K, Nishida O, Kobayakawa T, et al. Chest x-ray findings on pyrophyllitosis. Hiroshima J Med Sci 1981;30:203–13.
- 11) Zhang WC, Zhang QF, Song ZF. Studies on the hazardous effects and the maximum allowable concentration of pyrophyllite dust, Biomed Environ Sci 1997;10:377–86
- 12) Song ZF. [Comparative study of harmful effect of pyrophyllite dust in two mines]. Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi 1991;25: 225–7. [in Chinese]

生物学的許容値 (2024) の提案理由

2024年5月22日
日本産業衛生学会
許容濃度等に関する委員会

**鉛および鉛化合物
(アルキル鉛化合物を除く)
Pb
[CAS No. 7439-92-1]
尿中デルタアミノレブリン酸
2 mg/g·Cr
試料採取時期：特定せず**

日本産業衛生学会の許容濃度は、2016年に 0.03 mg/m^3 に改定され¹⁾、生物学的許容値 (血液) は、2013年に $15 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ が提案されている²⁾。しかし生物学的許容値の尿中デルタアミノレブリン酸 (ALA-U) は1994年以降見直されておらず³⁾、近年、測定法も改良され、測定精度も高まっていることから見直しを検討した。

1. 物理化学的性質ならびに用途

鉛は、原子番号82、原子量207.2、融点 327.5°C 、沸点 $1,749^\circ\text{C}$ 、比重11.34 (20°C) を示す青灰色または銀灰色を呈する柔らかい金属である。4種の安定な自然同位元素 (質量数204, 206, 207, 208) があり、主に硫化物である方鉛鉱として産出する。鉛の化合物には2価と4価があり、2価の化合物 (第一鉛化合物) の方が安定で、第一鉛化合物が酸化されると4価の第二鉛化合物が得られる。無機の鉛塩、硫化鉛及び酸化物は水に対する溶解度が低いですが、硝酸塩と塩酸鉛塩は例外的に易溶性である。鉛の有機酸塩のうち酢酸鉛は易溶性であるが、シュウ酸鉛は不溶性である^{4,5)}。

鉛は低融点で柔らかく加工しやすいこと、また高比重で水中でも腐食されにくく、採鉱・精錬も簡単であることから、古代より陶磁器の釉薬、料理器具、塗料、化粧品、水道管などに幅広く用いられてきた。国内でも昭和の後半まで水道配管やガソリンのオクタン価改質剤として使用されてきたが、徐々に無鉛化が進められ、現代では鉛蓄電池の電極、合金、光学レンズやクリスタルガラスの鉛ガラス、車錆止顔料 (鉛丹、亜鉛化鉛、クロム酸鉛)、銃弾、防音・制振シート、放射線遮断材、美術工芸品などに用いられている。現在の年間の鉛消費量は28.5万t (2020年、非鉄金属等需給動態統計) で、蓄電池用がそのほとんどである。

特殊健康診断受診者数は、47,726名 (2022年) であり、近年減少傾向にある。血中鉛 (Pb-B) 検査結果の濃度分布は、分布1 ($20 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 以下) が95.9%、分布2

(20~40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 以下) が3.5%, 分布 3 (40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 超過) が0.6%であり, ALA-U 検査結果の濃度分布は, 分布 1 (5 mg/l 以下) が99.7%, 分布 2 (5~10 mg/l 以下) が0.2%, 分布 3 (10 mg/l 超過) が0.1%であった⁶⁾. 作業環境測定結果 (2013年) は, 管理濃度が 0.05 mg/m^3 に対し, 第 1 管理区分が77.4%, 第 2 管理区分が11.8%, 第 3 管理区分が10.8%であった⁷⁾.

2. 吸収・分布・蓄積・排泄

職業性ばく露の際には, 無機鉛は経気道および経口・消化管より吸収されるが, 特に呼吸器からの吸入が重視される. 気中鉛の濃度が低い場合は, 消化管からの吸収は無視できない⁸⁾. 気中鉛の成人肺内沈着率は30~50%であり⁴⁾, 肺胞に達した鉛粒子の40~50%が吸収される⁹⁾. 吸収されなかった鉛は気道粘膜細胞の線毛運動あるいはマクロファージの捕捉等により肺外に排出される. 経口的に摂取された鉛は約10%が吸収される. 吸収された鉛は, 血液および肝・腎臓等の軟部組織へ速やかに取り込まれた後, 骨組織に緩慢に再分布される. 骨はヒトの生涯の大部分を通じて鉛を蓄積し, 鉛の内生的なばく露源となる. 鉛は主に腎と消化管から排泄される. 血中鉛の半減期は約28~36日であり, ヒトの骨中鉛の生物学的半減期は約7年といわれる¹⁰⁾.

3. ばく露と生物学的指標, 健康影響との関係

生物学的指標である ALA は, ポルフィリン代謝におけるデルタアミノレブリン酸脱水酵素 (ALAD) 活性阻害の結果の蓄積物であり, 鉛による貧血に関連する健康影響指標である. 成人でヘモグロビン濃度が低下する血中鉛濃度の閾値は 50 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ といわれる⁴⁾. よって, ALA はこれよりも早期の影響を示す指標となる. 労働者における Pb-B と ALA-U の関係は1950年代から検討されており, ALA-U の増加を誘発する Pb-B レベルも1970年代半ばから検討されている⁴⁾. このころの測定には比色法が使用されていた. 両者の回帰分析の結果では, ALA-U は Pb-B が 40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 以上で有意に増加することを示す結果が多い¹¹⁻¹³⁾. ALA-U は Pb-B が 30~45 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 未満では変化しないといわれていた¹⁴⁾. Pb-B 20 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 未満のばく露では, ALA-U が減少したという報告もある¹⁵⁾.

1990年以降は, 岡山ら¹⁶⁾によって開発された蛍光 HPLC 法による結果が報告されている. すると, これまでの比色法の測定精度には問題があることがわかってきた¹⁷⁾. 間もなく蛍光 HPLC 法を使用し, 血中 (ALA-B), 血清 (ALA-S), 血漿 (ALA-P) の分析も試みられ, Pb-B, ALA-U との関係が検討されている. ALA-U の再評価のためには, 蛍光 HPLC 法による許容濃度付近の低濃度ばく露者や非ばく露対照者の ALA-U 濃度を参照すること

とした.

低濃度ばく露者の ALA-U に関しては以下の報告がある. Tabuchi らは, 199名の男性作業場で Pb-B と ALA-U の関係を見た. Pb-B で 10 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ごとに 8 群に分け ALA-U を比較したところ, Pb-B が 1 から 10 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (平均5.8) のばく露群では, ALA-U が $0.83 \pm 0.14\text{ mg}/\text{g}\cdot\text{Cr}$ に対し, 11~20 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (平均16.2) のばく露群では, $1.00 \pm 0.36\text{ mg}/\text{g}\cdot\text{Cr}$ で, 10 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 以下群と比べ ALA-U の有意な増加を示した. 同時に行った比色法では, ALA-U は Pb-B が 20 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 以上のばく露群から有意な増加を示した¹⁸⁾.

Takebayashi らは, ALA-U, B を216名の男性作業員 (平均 Pb-B 37 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) で測定し, ALA-B は ALA-U よりも鋭敏なばく露指標であると述べているが, 測定の対象者には低濃度ばく露者は少なく, Pb-B 14 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 以下群は 5 名で, ALA-U は $0.8 \pm 0.2\text{ mg}/\text{g}\cdot\text{Cr}$ であった¹⁹⁾.

Sakai らは, 作業員191名を Pb-B 濃度で11群に分け比較したところ, ALA-U は, 最低ばく露群 (平均 Pb-B 3.8 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) で $0.66 \pm 0.27\text{ mg}/\text{g}\cdot\text{Cr}$ であり, 平均 Pb-B 17.4 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 群の $0.87\text{ mg}/\text{g}\cdot\text{Cr}$ と比べ, 有意な差を示した. ALA-P は, より低いばく露群で最低ばく露群と有意な差を示した²⁰⁾.

Murata らは, 186名の作業員 (平均 Pb-B 17.1 (2.1~62.9) $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) においてベンチマーク法により, ALA-U の増加閾値を求めた. その結果, ALA-U のカットオフ値は $1.43\text{ mg}/\text{g}\cdot\text{Cr}$ で, Pb-B は 20.9 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ となった. また作業員のうち Pb-B 40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ 以下の作業員群に絞ると, カットオフ値は $1.1\text{ mg}/\text{g}\cdot\text{Cr}$, Pb-B は 8.8 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ になることを示している²¹⁾.

Fukui らは, 2,500名ほどの作業員 (Pb-B 幾何平均 7.2 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, 幾何標準偏差1.959) の結果から, Pb-B と ALA-U の関係では, Pb-B が 5 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ から 40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ の増加で, ALA-U の増加は 0.5 mg/l であった. Pb-B と ALA-U の 3次回帰式では, Pb-B が 26 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ から ALA-U が増加することを示している. この式から, Pb-B 15 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ における ALA-U 推定値は, 1.49 mg/l であった. また, ALA-U を比重補正した値では, 3次回帰式で 16.6 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ が増加点であり, Pb-B 15 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ における ALA-U 推定値は, 1.05 mg/l であった²²⁾.

非ばく露者に関しては, Endo らは, 岡山らの方法の反応液の組成を改良し回収率を改善し, 40名の非ばく露者の ALA-U を, $1.1 \pm 0.4\text{ mg}/\text{g}\cdot\text{Cr}$ (0.1~2.3) と報告している²³⁾.

Oishi らは, 418名の作業員 (男253, 女165) と227名の対照者 (男138, 女89) で, ALA-U, P を測定し, 対照者群の ALA-U は $0.9 \pm 0.3\text{ mg}/\text{g}\cdot\text{Cr}$ (0.3~2.85) としている²⁴⁾.

近年の結果では, Ono ら²⁵⁾は, 最近の低濃度ばく露作

業者における Pb-B と ALA-U の関係を再評価した。日本の鉛蓄電池・製錬工場の男性作業員 704 名の延べ 10,015 データ (Pb-B 幾何平均 $16.7 (1.0-108) \mu\text{g}/100 \text{ ml}$) と鉛作業に従事する前の男性 169 名の延べ 169 データ (Pb-B 幾何平均 $2.2 (0.5-9.0) \mu\text{g}/100 \text{ ml}$) を対照者とした。対照者群の ALA-U は幾何平均 $0.90 \text{ mg/l} (0.3-3.06)$ で、非喫煙者では 0.88 mg/l 、喫煙者では 0.95 mg/l であった。測定値は、尿比重 1.020 で補正されている。対象者の平均値 + 2SD は 1.842 mg/l となり、これを基準値とした場合に、基準値を超える労働者の割合を、作業員群を Pb-B $5 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ ごとに分けた群で比較した。その結果、Pb-B $25-30 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 群で 13.6% と有意な増加を示した。ALA-U と Pb-B の回帰式は、3 次回帰式が最もあてはまり、この式から ALA-U の増加は Pb-B $16.2 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ からとなる。

Hasegawa らは、低濃度ばく露作業員 155 名の Pb-B と ALA-U の量反応関係を検討した。Pb-B レベルで 6 群 (5 未満, 5~9, 10~14, 15~19, 20~24, 25 以上 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$) に分類し、ALA-U を Pb-B $5 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 未満群と各濃度群とを比較した。各群の ALA-U の推定周辺平均 (95% 信頼区間) は、Pb-B $5 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 未満群の $1.4 (1.3-1.6) \text{ mg/l}$ と比べ、20~24 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 群は $1.8 (1.5-2.1) \text{ mg/l}$ 、25 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 以上群で $2.6 (1.9-3.6) \text{ mg/l}$ と有意に高かった。Pb-B $5 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 未満群の ALA-U の推定周辺平均の 95% 予測区間の上限は、 4.6 mg/l となる²⁶⁾。

4. 測定上の注意

測定には従来は比色法²⁷⁾が使用されていたが、岡山らはアセチルアセトンとホルムアルデヒドを用いて ALA を蛍光誘導体化し、HPLC で分離定量する方法を開発した^{16, 28)}。現在は蛍光 HPLC 法が主流である。この方法により比色法では取り込まれていた尿中物質の影響を排除することができ、ALA-U が 5 mg/l 以上の場合、両測定法による ALA-U の値はほぼ一致したが、ALA-U が 5 mg/l 以下の場合、蛍光法による測定値は比色法による測定値の 2/3 から 1/2 であった^{23, 29, 30)}。他にも、Pb-B が低い場合、HPLC による ALA-U の測定値は比色法による測定値の 1/3 であったとの報告¹⁸⁾や蛍光 HPLC 法と比色法の差は 1.4 mg/l という報告がある²²⁾。比色法ではアミノアセトンなどのピロール類が生成し、尿中物質の測定を高めるといった欠点がある¹⁷⁾。したがって、比色分析による先行研究の低 Pb-B 領域における ALA-U は、見直す必要がある。

蛍光誘導体生成の過程では、反応時間は 10 分以上必要であり、蛍光誘導体は遮光低温 (4°C) で 8 時間程度安定だが、昼光下室温では 3 時間で半減したという報告がある^{30, 31)}。遮光 15°C では、24 時間安定であった²³⁾。

ALA-U は難病のポルフィリン症でも増加する。また、

ALA の塩酸塩は光線力学診断用剤として、リン酸塩は健康食品としても使用されている³²⁾。

5. 生物学的許容値の提案

ALA は鉛ばく露によるポルフィリン代謝への影響指標である。従来の研究結果からは鉛ばく露が Pb-B で 30~40 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 以上で増加するといわれていたが、ALA の測定方法が改良され選択性や感度が改善したことによる値の低下や作業現場のばく露レベルが低下してきていることから、改めて見直す必要がある。Pb-B がばく露指標であることに比べ、そのばく露の影響を早期に客観的に表す指標として ALA の意味がある。

測定対象物質は従来からの尿に加え全血、血漿、血清も測定されているが、侵襲の少ない尿の測定に利点がある。そのため、近年の日本人を対象とした ALA-U の結果から検討する。非ばく露者の上限値や Pb-B の生物学的許容値が $15 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ であることから、 $15 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 程度での ALA-U 値も考慮すべきと考えた。非ばく露者または Pb-B $10 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 以下の作業員の値は、 $0.83 \pm 0.14 \text{ mg/g-Cr}$ 、 $0.8 \pm 0.2 \text{ mg/g-Cr}$ 、 $0.66 \pm 0.27 \text{ mg/g-Cr}$ 、 $1.1 \pm 0.4 \text{ mg/g-Cr}$ 、 $0.9 \pm 0.3 \text{ mg/g-Cr}$ の報告がある。それぞれ、平均 + 2SD は、1.1, 1.5, 1.9, 1.2, 1.5 mg/g-Cr となる。最近の研究からは、非ばく露対照者の 95% 上限値は 1.8 mg/l で、3 次回帰式から Pb-B が $16 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 以上で増加が始まることから、 1.84 mg/l が影響の閾値と考えている。また、低ばく露群の上限値は 4.6 mg/l との報告もある。この両者の、尿中 Cr 濃度を 1.2 g/l とすれば、それぞれ、1.5, 3.8 mg/g-Cr となる。

以上から ALA-U の生物学的許容値を 2 mg/g-Cr とする。評価にあたっては、Pb-B と合わせて検討することが望ましい。

6. 他機関の提案値

ALA についてはない

7. 勧告の履歴

2013年 血液中鉛濃度 $15 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$

1994年 血液中鉛濃度 $40 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 血液採取時期特定の必要なし

血液中プロトポルフィリン $200 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 赤血球または $80 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 血液採取時期特定の必要なし (継続曝露 1 か月以降)

尿中デルタアミノレブリン酸 5 mg/l 尿採取時期特定の必要なし (継続曝露 1 か月以降)

文献

- 1) 日本産業衛生学会許容濃度等に関する委員会。許容濃度 (2016) の提案理由。鉛および鉛化合物 (アルキル鉛を除

- く). 産業衛生学雑誌 2016;58:222-8.
- 2) 日本産業衛生学会許容濃度等に関する委員会. 生物学的許容値 (2013) の提案理由. 鉛および鉛化合物 (アルキル鉛を除く). 産業衛生学雑誌 2013;55:214-21.
 - 3) 日本産業衛生学会許容濃度等に関する委員会. 許容濃度暫定値 (1994) の提案理由. 鉛および鉛化合物 (アルキル鉛を除く). 尿中デルタアミノレブリン酸. 産業医学 1994;36:278-82.
 - 4) Environmental health criteria 165: Inorganic lead. Geneva: IPCS, World Health Organization, 1995.
 - 5) Summary of data reported and evaluation: Inorganic and organic lead compounds, IARC 2006;87:370-8.
 - 6) 令和4年 労働安全衛生法による健康診断結果について. 労働衛生管理 2023;34:25-31.
 - 7) 労働衛生のしおり 平成27年度, 2015.
 - 8) Karita K, Shinozaki T, Tomita K, Yano E. Possible oral lead intake via contaminated facial skin. *Sci Total Environ* 1997;199:125-31.
 - 9) Booker DV, Chamberlain AC, Newton D, Stott AN. Uptake of radioactive lead following inhalation and injection. *Br J Radiol* 1969;42:457-66.
 - 10) Christofferson JO, Ahlgren L, Schütz A, Skerfving S, Mattsson S. Decrease of skeletal lead levels in man after end of occupational exposure. *Arch Environ Health* 1986;41:312-8.
 - 11) Selander S, Cramer K. Interrelationships between lead in blood, lead in urine, and ALA in urine during lead work. *Br J Ind Med* 1970;27:28-39.
 - 12) Haeger-Aronsen B. An assessment of the laboratory tests used to monitor the exposure of lead workers. *Br J Ind Med* 1971;28:52-8.
 - 13) Tola S, Hemberg S, Asp S, Nikkanen J. Parameters indicative of absorption and biological effect in new lead exposure: prospective study. *Br J Ind Med* 1973;30:134-41.
 - 14) Roels HA, Lauwerys R, Buchet JP, Vrelost MTH. Response of free erythrocyte porphyrin and urinary delta-aminolevulinic acid men and women moderately exposed to lead. *Int Arch Arbeitsmed* 1975;34:97-108.
 - 15) Makino S, Tsuruta H, Takata T. Relationship between blood lead level and urinary ALA level in workers exposed to very low levels of lead. *Ind Health* 2000;38:95-8.
 - 16) 岡山 明, 林 克膜, 後藤 稔. 医学のあゆみ 1986;139:845-6.
 - 17) Witting U, Binding N, Muller G. Evaluation of a new specific analysis of urinary delta-aminolevulinic acid in man. *Int Arch Occup Environ Health* 1989;59:375-83.
 - 18) Tabuchi T, Okayama A, Ogawa Y, et al. A new HPLC fluorometric method to monitor urinary delta-aminolevulinic acid (ALA-U) levels in workers exposed to lead. *Int Arch Occup Environ Health* 1989;61:297-302.
 - 19) Takebayashi T, Omae K, Hosoda K, Satoh T, Hamaguchi T, Sakurai H. Evaluation of δ -aminolevulinic acid in blood of workers exposed to lead. *Br J Ind Med* 1993;50:49-54.
 - 20) Sakai T, Morita T. δ -Aminolevulinic acid in plasma or whole blood as a sensitive indicator of lead effects, and its relation to the other heme-related parameters. *Int Arch Occup Environ Health* 1996;68:126-32.
 - 21) Murata K, Sakai T, Morita Y, Iwata T, Dakeishi M. Critical dose of lead affecting δ -aminolevulinic acid levels. *J Occup Health* 2003;45:209-14.
 - 22) Fukui Y, Miki M, Ukai H, Okamoto S, Takada S, Ikeda M. Comparison of colorimetric and HPLC methods for determination of δ -aminolevulinic acid in urine with reference to dose-response relationship in occupational exposure to lead. *Ind Health* 2005;43:691-8.
 - 23) Endo Y, Okayama A, Endo G, Ueda T, Nakazono N, Horiguchi S. Improvement of urinary δ -aminolevulinic acid determination by HPLC and fluorescence detection using condensing reaction with acetylacetone and formaldehyde. *Jpn J Ind Health* 1994;36:49-56.
 - 24) Oishi H, Nomiya H, Nomiya K, Tomokuni K. Fluorometric HPLC determination of delta-aminolevulinic acid (ALA) in the plasma and urine of lead workers: biological indicators of lead exposure. *J Anal Toxicol* 1996;20:106-10.
 - 25) Ono A, Horiguchi H. Reassessment of the threshold of the blood lead level to increase urinary δ -aminolevulinic acid based on their relationship in recent lead workers in Japan. *J Occup Health* 2021;63:e12202.
 - 26) Hasegawa K, Toubou H, Mizuki M, Tsukahara T, Nomiya T. Association between relatively low blood lead levels and urinary δ -aminolevulinic acid concentrations among male workers at a Japanese battery factory. *J Occup Health* 2024; (in press).
 - 27) Tomokuni K, Ogata M. Simple method for determination of urinary δ -aminolevulinic acid as an index of lead exposure. *Clin Chem* 1972;18:1534-8.
 - 28) Okayama A, Fujii S, Miura R. Optimized fluorometric determination of urinary delta-aminolevulinic acid by using pre-column derivatization and identification of the derivative. *Clin Chem* 1990;36:1494-7.
 - 29) Tomokuni K, Ichiba M, Hirai Y, Sugimoto K, Yoshida T, Hirata M. Comparison between the fluorometric HPLC method and the conventional method for determining urinary δ -aminolevulinic acid and coproporphyrin as indices of lead exposure. *Int Arch Occup Environ Health* 1988;61:153-6.
 - 30) Tomokuni K, Ichiba M, Hirai Y. Measurement of δ -aminolevulinic acid (ALA) by fluorometric HPLC and colorimetric methods. *Ind Health* 1992;30:119-28.
 - 31) Tomokuni K, Ichiba M, Hirai Y, Hasegawa T. Optimized liquid-chromatographic method for fluorometric determination of urinary δ -aminolevulinic acid in workers exposed to lead. *Clin Chem* 1987;33:1665-7.
 - 32) 5-ALA とは. SBI ファーマ株式会社. [Online] [cited 2024 May]; Available from: URL: <https://www.sbipharma.co.jp/about-5-ala/>