

牙瓷中天然铀含量及所致口腔粘膜的照射剂量

程杰 张连平 李福生 陈英民 林俊明 陈跃 杨娟娟

(山东省医科院放射医学研究所, 济南 250062)

半个世界以前为使瓷牙呈现人牙齿的色泽, 齿科材料中就开始加铀。1946 年美国原子能委员会提出牙瓷中铀的辐射问题, 50 年代美国原子能委员会和牙科工业部门提出铀在牙瓷粉和瓷牙中的重量百分数不应超过 0.05%, 1974 年美国核管理委员会规定, 无论是国产的还是进口的瓷牙或牙瓷粉含铀重量百分数不应超过 0.05%^[1]。1982 年 UNSCEAR 报告指出在西德和美国瓷质牙科材料中的铀重量浓度受到法律限制, 西德规定不超过 0.10%, 美国规定不超过 0.05%。

1 牙瓷中天然铀含量

70 至 80 年代国外对瓷牙和瓷牙粉中含铀量做了大量的调查工作。1974 年 O' Rirdan 和 Hunt 在美国对五个牌号的 20 个瓷牙粉分析表明, 其中 17 个平均含铀量为 0.014% (重量比), 2 个含铀量为 0.1%^[2]。1981 年 Schmir 在西德测得牙瓷中平均含铀量为 0.03%, 无一样品超过 0.1%^[3]。1980 年 Sairenji 报道 4 个牌号瓷牙料平均含铀量与波动范围分别为 $3.6 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ($0.33 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1} \sim 10 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)、 $18 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ($0.69 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1} \sim 81 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)、 $9.4 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ($2.5 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1} \sim 14 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)、 $82 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ($11 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1} \sim 205 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)^[4]。1980 年 Shimizu 报道日本市场出售的 4 种牌号瓷牙含铀量分别为 ①Shofu—Ace 为约 $5.2 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, ②G. C. Livden 约 $47 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, ③Shofu—Real 约近 $342 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, ④Jrubyte. Bioblend 为约近 $235 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[5]。1980 年 Noguchi 报道 Enamel, Dentin, Effect, Color 和 Gun 5 个牌号的瓷牙粉中含铀量为 $1 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 至 $1090 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间, 用作瓷牙冠表层的瓷牙粉中含铀量高达 ($345 \sim 1090$) $\times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[6]。1982 年 Sairenji 报道了在瑞典销售的 4 种牌号的瓷牙粉和瓷牙中的含铀量范围分别是: Anatoppearl 为 ($23 \sim 186$) $\times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, Myerson 为 ($35 \sim 137$) $\times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, Candulor 为 ($15 \sim 45$) $\times 10^{-6} \text{g}$

$\cdot \text{g}^{-1}$ 和 Vivopearl 为 ($20 \sim 53$) $\times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[7]。近几年来由于在瓷牙粉中少加铀或不加铀的呼声较高^{[8][9]}, 瓷牙粉中改用锆或钨替代铀也可以使瓷牙呈现近似人牙齿的色泽。所以在我们调查的 6 个国家瓷牙粉中含铀量比以前国外调查的结果偏低, 调查的国内外 17 个牌号的瓷牙粉分别是美国的 Biobond、Jelenko、Pearlite、德国的 Vita、日本的 Vintage、Uni Bond、Kik Gingival、Kik Incisal, 列支登士敦的 Ivoclar, 中国的 8 个牌号瓷牙粉共计调查了 129 个样品。从表 1 可

表 1 瓷牙粉中含铀量

国名	样品 个数	含铀量 ($10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	
		范 围	平 均 值
中 国	18	1.39~33.89	7.06
中国(瓷牙)	12	0.72~9.22	2.84
美 国	27	2.06~532.00	27.37
德 国	30	2.11~47.6	10.35
日 本	6	2.78~17.6	5.82
列支登士敦	36	0.67~57.0	3.94

见美国瓷牙粉中含铀量较高, 平均值达到 $27.37 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。我国瓷牙粉和瓷牙中含铀量较低, 平均值分别为 $7.06 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $2.84 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 这与中国瓷牙粉和瓷牙中不加或少加铀可能有关。

2 牙瓷中铀所致口腔粘膜的受照剂量

牙瓷中的铀及其子体产生的 β 射线对口腔粘膜的照射剂量估算较为复杂, 目前尚未见有统一的方法。Thompson 报道牙瓷中²³⁸U 含铀量与其致口腔粘膜的照射剂量成正比, 根据以前多次调查报道, 推算了含 0.1% 铀的牙瓷对口腔粘膜的照射剂量在 $25 \sim 30 \text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$ (表 2)。参照 NCRP95 号报告中含 0.02% 铀的牙瓷 β 射线所致口腔粘膜的年剂量当量为 $5 \text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$, 估算了笔者调查的国内外含铀牙瓷所致口腔粘膜的剂量当量见表 3。考虑到皮肤的权重因子 (W_T) 为 0.01, 口腔粘膜基底细胞的权重因子 (W_T) 又为皮肤的 0.01, 所以口腔粘膜基底细胞的权重因子 (W_T) 为 10^{-4} ^[11], 由此算出国内外牙瓷中铀所致口腔粘膜的有效剂量当量见表 4。

结果表明美国牙瓷中铀所致口腔粘膜的有效剂量当量最高为 $2725\text{nSv} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

O' Riordan 报道含 0.1% 铀的牙瓷, 其 α 粒子对口腔粘膜的照射剂量为 6Sv, Papastefanou 提出含 0.05% 铀的牙瓷产生的 α 粒子照射剂量为 4Sv, 虽然牙瓷中铀的 α 粒子对口腔粘膜产生较大的照射剂量, 但是由于 α 粒子的最大射程仅为 $30\mu\text{m}$, 而口腔粘膜的基底细胞深度却在 $30\mu\text{m}$ 以上^[13]。所以 α 粒子的能量在口腔粘膜基底细胞上方就已耗尽^[13]。况且口腔中的唾液、牙膜、牙垢和烟草残屑形成个防辐射层^[14], 美国北卡罗里达州大学的研究表明该防辐射层大约为 $120\sim$

$220\mu\text{m}$, 这个防辐射层对 α 粒子也能起到屏蔽作用。所以含铀牙瓷的 α 粒子不致对口腔粘膜产生明显的危害。

表 2 牙瓷中铀所致口腔粘膜的照射剂量

作者或 刊物名称	时间 (年)	含铀量 %	剂量 $\text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$	含铀量 %	剂量 $\text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$
O'Riordan ^[2]	1974	0.10	$2.8\text{Rem} \cdot \text{a}^{-1}$	0.10	28
Thompson ^[10]	1976	0.02	$0.5\text{Rem} \cdot \text{a}^{-1}$	0.10	25
NCRP56 ^[11]	1977	0.10	$2.8\text{Rem} \cdot \text{a}^{-1}$	0.10	28
佐藤乙丸 ^[12]	1981	0.10	$2.75\text{Rem} \cdot \text{a}^{-1}$	0.10	27.5
UNSCEAR	1982	0.10	0.03Gy	0.10	30.0
NCRP95 ^[11]	1987	0.02	$5\text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$	0.10	25

表 3 牙瓷中铀产生的口腔粘膜剂量当量

$\text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$

项目	中国	中国(瓷牙)	美国	美国*	德国	日本	列支登士敦
样品数	18	12	27		30	6	36
最大值	8.47	2.30	133.01	27250	11.90	440	14.25
平均值	1.76	0.71	6.84		2.59	1.46	0.98

* 国外调查数据估算结果

表 4 牙瓷中铀所致口腔粘膜的有效剂量当量

$\text{nSv} \cdot \text{a}^{-1}$

项目	中国	中国(瓷牙)	美国	美国	德国	日本	列支登士敦
样品数	18	12	27		30	6	36
最大值	0.85	0.23	13.30	2725.0	1.19	0.44	1.42
平均值	0.18	0.07	0.68		0.26	0.15	0.10

* 国外调查数据估算结果

3 牙瓷中铀对口腔粘膜的有效剂量当量评价

Wrizon 提出牙瓷中加入的铀浓度虽然很低, 但是可使口腔粘膜组织受到持续的照射剂量。UNSCEAR1982 年报告称英国国家辐射防护委员会曾建议在英国停止使用有放射性荧光的瓷质牙料, 1981 年英国在国际标准化组织技术委员会 (ISO/TC) 第 106 次口腔学会中建议牙瓷物质中铀-238 的浓度不得超过 $0.1\text{Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[10]。1989 年国际标准化组织 (ISO/DIS) 提出牙瓷中不应加入放射性物质^[15], 但是目前尚未发现比铀的荧光更好的替代物, 因此在牙瓷中添加少量的铀仍为世界各国所采用。

根据放射实践的正当化、放射防护的最优化和个人剂量限值三位一体的较完整的现代化剂量限量体系, 应最大限度的限制放射线对镶牙公众的照射, 并使必要的照射保持在可以合理达到尽可能低的水平 (ALARA 原则)。防止有害的非随机效应, 并限制随机

效应发生率, 使之达到被认为可以接受的水平。1982UNSCEAR 报告指出在美国和西德瓷质牙料中的铀重量浓度受到法律限制, 其重量百分比在西德不超过 0.1%, 在美国不超过 0.05%。此数值对口腔粘膜的有效剂量当量分别为 $2.5\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $1.25\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$, 国内外调查的牙瓷中铀所致人口腔粘膜的有效剂量当量最大值为 $2.725\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$, 上述有效剂量当量数值远远低于我国 (GB4792-84)《放射卫生基本标准》规定的公众个人年剂量限值 ($1\text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$), 比 NRPB-CS2^[16] 和 OECD-NEA^[17] 标准制定的一般含放射性物质产品的剂量控制要求 $5\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$ 还低, 也低于 IAEA80 号出版物规定的豁免剂量当量 $10\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[18], 所以无论是美国和西德提出的牙瓷中铀的最大限量, 还是国内外市场销售的瓷牙粉和瓷牙中铀对口腔粘膜的有效剂量当量都在国内外有关文件提出的允许范围以内, 对公众来讲是安全的。

参考文献

- 1 NCRP Report No. 56: 40
- 2 O'Riordan. M. c. Radioactive flourescers in dental porcelains. NRPB—R25. 1974
- 3 Schmier, H. Uran in keramischen gegenstanden STHBericht 12/1981 (1981)
- 4 Sairenji. Determination of uranium content in dental porcelains by means of the fission track method and estimation of radiation dose to oral mucosa by radioactive elements. Health physics, 1980, 38: 483
- 5 Shimizu. M. Distribution of uranium in dental porcelains by means of the fission track method. Radioisotopes, 1980, Jul, 29 (7): 326
- 6 Noguchi. K. Non—destructive neutron activation analysis of dental porcelain powders. Radioisotopes, 1980, Jun 29 (6): 261
- 7 Sairenji. E. Uranium content in porcelain denture teeth and in porcelain powders for ceramic crowns. Acta Odontol Scand, 1982, 40 (5): 333
- 8 J. J. G. Durocher. Determination of the alpha from dental prostheses INIS—mg—12870 (85) 9693. 1991. 10. 14.
- 9 Dental ceramic fused to metal restorative materials. Draftinternational standard ISO/DIS

9693. 1991. 10. 14
- 10 D. L. Thompson. Recommendations on the use of uranium in porcelain teeth. Burear of Radiological Health Food and Drug Administration Rockville. Maryland
- 11 NCRP Report No. 95: 42
- 12 佐藤乙丸, 放射性, コンシューマプロダクト Radioisotopes. 1981, July 30: 56
- 13 Buckley, D. W. et al, Environmental assessment of consumer products containing radioactive material. NUREG/CR—1775 (1980) § 4 Dental Products
- 14 Thompson. D. L. Uranium in dental porcelain. U. S. Department of Health, Education and Welfare (FDA) 76—8061
- 15 Report of the meeting of SCZ/WGI. Dental ceramics 1991 ISO/TC 106/SC 2/WGI
- 16 NRPB—GS2: Criteria of acceptability relating to the approval of consumer goods containing radioactive substances. 1983
- 17 OECD—NEA: A guide for controlling consumer products containing radioactive substances. 1985
- 18 IAEA. Safety series No. 89 (1988): Principles for the exemption of radiation sources and practices from regulatory control.

(1995 年 12 月 27 日收稿)

(上接 156 页)

实际上, 在我们日常监测的水样中也从未见过这样高和这样低的饮用水总 α 值。为了找出差异过大的原因, 笔者利用现有的条件作了如下实际研究。

2 不同刻度源对总 α 值的影响实验

2.1 仪器与方法 用 FJ—2603 型 $\alpha\beta$ 弱放射性测量装置、采用三种标准源; (1) 样本加入一定量的标准铀溶液; (2) 标准铀矿粉; (3) 铀电镀源。同时对同一台测量装置进行刻度, 分别求出三种源的刻度系数或探测效率, 然后对三种水样进行测试和计算其放射性比活度。

表 2 不同标准源对水样总 α 值的影响 (BqL^{-1})

样品名称	样品数	加标准铀液	标准铀矿粉	铀电镀源
黄河水 (枯水期)	7	0.23 ± 0.09	0.17 ± 0.07	$(0.37 \pm 0.15) \times 10^{-2}$
黄河水 (丰水期)	7	0.615 ± 0.10	0.11 ± 0.07	$(0.24 \pm 0.16) \times 10^{-2}$
矿泉水	10	0.19 ± 0.15	0.14 ± 0.11	$(0.30 \pm 0.24) \times 10^{-2}$

参考文献

- 1 马俊杰, 等。生活饮用水中总 α 的快速测定。中华放射医学与防护杂志, 1993, 13 (3): 91。
- 2 陆有荣, 等。广西环境样品中总 α 总 β 和 ^{40}K 水平。中华放射医学与防护杂志, 1996, 10 (1): 52

- 3 金应龙。北京地区饮用水中放射性水平测量。中华放射医学与防护杂志, 1993, 13 (2): 112
- 4 孟繁卿, 等。河南省不同水源中天然放射性水平及所致居民剂量。中国辐射卫生, 1993, 2 (增刊): 34

(1995 年 11 月 13 日收稿)