

中国成年男子元素粪排出量研究

刘庆芬¹, 高建政², 樊体强¹, 高艳辉¹, 诸洪达¹, 武 权¹

中图分类号: R144.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2011)02-0140-02

【摘要】 目的 获得中国成年男子 46 种元素日粪排出量及其与尿排出量的比值。方法 在我国 4 个不同膳食类型地区采集 120 例健康志愿者连续 72h 尿粪样品, 预处理后, 采用 ICP-MS、ICP-AES 等仪器测定其中 46 种元素浓度, 结合其每日尿粪排出体积(质量)计算统计取中位数作为全国代表值。结果 获得了 46 种元素日尿粪排出量及其比值。结论 填补了我国此方面研究空白, 首次获得 46 种元素日粪排出量及尿粪排出比值, 为确定我国参考人相应参数参考值和某些重要生物动力学参数提供依据。

【关键词】 中国成年男子; 元素; 粪排出量; 比值

Elemental Daily Excretion in Feces of Chinese Adult Men. LIU Qing-fen, GAO Jian-zheng, FAN Ti-qiang, et al. *Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Tianjin 300192 China.*

【Abstract】 Objective To obtain 46 elemental daily excretion in feces and the elemental ratio of daily urinary and fecal excretion of Chinese adult men. **Methods** Feces and urine samples were collected in 3 days running in 4 areas with different dietary types in China. The concentrations of 46 elements in these samples were analyzed by ICP-MS, ICP-AES after pretreatment. The median of results was calculated with the data of the amount as the representative of urinary and fecal excretion. **Results** The data of 46 elemental daily excretion in feces and the ratio of daily elemental excretion in urine and feces of Chinese adult men were obtained. **Conclusions** The research fill the gaps and obtain the data at first in related fields in China and provide exploratory basis for developing reference values of Chinese Reference Men and some important biokinetic parameters.

【Key words】 Chinese Adult Men; Element; Feces; Ratio

作为辐射防护参考人的重要代谢参数之一, 元素的尿、粪排出量不仅对于放射病临床和核应急内剂量估算很有意义, 而且在对其他疾病诊断和营养分析方面也有较大意义。国际原子能机构(IAEA)在已发表的国际协作项目《辐射防护重要微量元素膳食摄入量 and 主要器官、组织含量研究》总结报告中指出未来参考人研究的方向之一就是人排泄物中的元素研究, 为了评价内照射剂量, 将根据直接测量(测量身体内的放射性活度)或间接测量(测量排泄物内的放射性活度)结合相同元素已获得的摄入量和器官组织含量为确定元素生物动力学参数如胃肠吸收因子、估算放射性核素所产生的当量剂量和有效剂量等提供依据^[1,2]。

为填补我国在这方面研究的空白, 作为我国元素从土壤到人体的转移规律探索研究中的一环, 在我国 4 个不同膳食类型地区采集志愿者尿粪样品, 预处理后, 采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)、电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)及原子荧光光谱仪测定样品中 46 种元素浓度, 获得中国成年男子各元素日尿粪排出量及尿粪排出比值, 为确定我国参考人相应参数参考值和某些重要生物动力学参数提供探索性依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与制备 在我国总膳食研究确定的 4 个不同膳食类型地区选择了四个城市: 北方一区(天津)、北方二区(太原)、南方一区(镇江)和南方二区(成都), 各征集 30 例(共 120 例)健康成年男性志愿者(无所测元素职业或药物接触史, 有当地三年以上稳定生活史), 以“双份饭法”采集膳食的同时, 采集

其三日(连续 72h)全部粪便^[3]。

每个人 3d(72h)粪便收集记录总重后, 于三蒸水中充分震荡搅拌均匀, 取适量置于洁净聚乙烯瓶内, 低温冷冻干燥, 冻干样在干湿比率符合质量要求(前一次干湿比与后一次干湿比差异小于 0.2%)后, 在超净台中用钛棒研磨成粉状, 用细筛过滤后, 装瓶称重, 置入干燥器中待测。

1.2 元素测定方法和质量控制措施 本研究分析实验室、仪器、方法和人员与原《亚洲参考人研究》、前三个国家自然科学基金协作组一致, 故质控措施与以前研究一致, 详细见文献[4]。As 和 Se 采用双道原子荧光光度计(AFS-230E 型, 日-中精工-科创海光有限公司), K、Na、Ca、Mg、P、Zn 和 Fe 采用电感耦合等离子体发射光谱(ICP-AES, SPS 8000 型, 日-中精工-科创海光有限公司), 其余元素都采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS, Elan DRC II 型, 美国 Perkin Elmer 公司), 样品预处理按元素种类, 分别用敞开式酸分解或微波消解法湿式消化后, 按含量水平和仪器量程制备所需稀释液进行元素浓度测量。采用权威的(国家质量技术监督局批准)、基质与含量水平尽可能和所测样品相近(人发或植物)的标准参考物质(GBW09101a、GBW09101、GBW07601-GBW07605)或标准加入法对分析实验室人员和测定技术 ICP-MS、ICP-AES、AFS 进行分析质量检验, 46 种元素检测限结果见表 1。

1.3 统计学处理 因元素浓度算术平均值与中位数相差较大, 表示不符合正态分布。中位数作为代表值可避免少数远离中心值或一端无界限值影响。参照 ICRP 现行参考人参数和此类研究惯例, 本研究亦采用结果中位数作为代表值。对于极少数最小可测限以下的结果, 按最小可测限一半参与统计, 同时为避免个别异常低与异常高测定结果对范围影响, 浓度范围以双侧 95% 百分位数表示^[2]。

2 结果

2.1 中国成年男子粪中元素日排出量 所测定的元素浓度结

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30770654)

作者单位: 1 中国医学科学院放射医学研究所; 天津市分子核医学重点实验室, 天津 300192; 2 天津市辐射环境管理所, 天津 300191

作者简介: 刘庆芬(1965~), 女, 天津人, 副主任技师, 从事放射卫生工作。

通讯作者: 武权, Email: good260@gmail.com

合粪每日排出质量计算得出粪中元素每日排出量。粪中各测定元素每日排出量全国代表值(中位数)和范围列于表 2,元素分类依据见文献[4]。

表 1 46 种元素检测限(DL)¹⁾

元素	DL	元素	DL	元素	DL	元素	DL
Al	0.009	Er	0.0007	Mo	0.0002	Sr	0.004
As	0.06	Fe	0.003	Na	0.02	Tb	0.002
B	0.54	Gd	0.0008	Nd	0.0017	Th	0.003
Ba	0.003	Ge	0.028	Ni	0.01	Tm	0.0004
Ca	0.02	Hg	0.007	P	0.08	U	0.0004
Cd	0.005	Ho	0.0005	Pb	0.028	V	0.001
Ce	0.0005	I	0.029	Pr	0.0005	Y	0.0008
Co	0.0008	K	0.05	Rb	0.004	Yb	0.001
Cr	0.002	La	0.0005	Sc	0.043	Zn	0.002
Cs	0.0006	Lu	0.0004	Se	0.26	Zr	0.004
Cu	0.03	Mg	0.0009	Sm	0.0021		
Dy	0.0007	Mn	0.003	Sn	0.009		

注:1) 检出限 DL 为空白液标准偏差 3 倍对应的浓度值。

表 2 中国成年男子粪中 46 种元素每日排出量(μg)¹⁾

元素	日排出量(范围)	元素	日排出量(范围)
Al	2.91(0.52~15.6) × 10 ⁴	Mn	8.09(3.27~21.6) × 10 ³
As	9.97(3.05~40.19)	Mo	115(8.43~344.82)
B	209.33(50.03~816.88)	Na	2.15(0.11~9.48) × 10 ⁵
Ba	1.85(0.47~18.1) × 10 ³	Nd	6.36(1.96~23.36)
Ca	6.18(2.11~16.02) × 10 ⁵	Ni	259.28(90.21~961.57)
Cd	22.10(7.02~288.8)	P	7.08(2.44~16.8) × 10 ⁵
Ce	15.70(4.69~54.93)	Pb	50.91(7.52~511.7)
Co	19.00(6.04~59.22)	Pr	1.75(0.56~6.62)
Cr	77.64(23.10~214.46)	Rb	1.41(0.50~3.72) × 10 ³
Cs	2.70(1.06~8.21)	Sc	1.12(0.23~4.62)
Cu	2.27(0.73~5.49) × 10 ³	Se	27.04(9.42~70.80)
Dy	0.86(0.25~3.65)	Sm	1.39(0.47~5.49)
Er	0.47(0.14~1.72)	Sn	9.62(1.69~128.65)
Fe	2.56(0.89~7.00) × 10 ⁴	Sr	3.68(1.19~11.9) × 10 ³
Gd	1.38(0.42~5.82)	Tb	0.16(0.05~0.69)
Ge	2.17(0.26~18.65)	Th	2.35(0.22~9.63)
Hg	2.65(0.55~9.62)	Tm	0.06(0.02~0.22)
Ho	0.15(0.05~0.60)	U	4.50(1.23~17.79)
I	113.3(10.53~866.46)	V	22.51(6.27~65.33)
K	6.25(2.61~18.2) × 10 ⁵	Y	5.07(1.57~17.34)
La	7.69(2.39~28.31)	Yb	0.40(0.10~1.59)
Lu	0.06(0.02~0.27)	Zn	13.10(5.04~34) × 10 ³
Mg	0.45(0.14~222) × 10 ³	Zr	17.00(1.52~219.04)

注:1) 样品数量为 118。

12 种辐射防护重要元素粪日排出量见图 1。

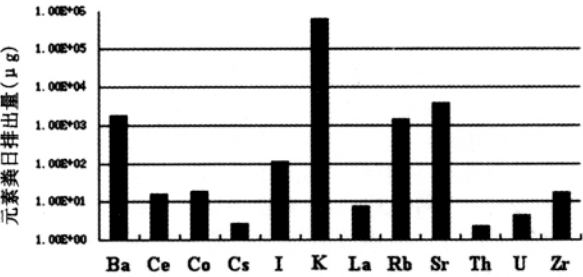


图 1 12 种辐射防护重要元素粪日排出量

2.2 志愿者同体同时采集尿粪 46 种元素日排出量相互关系
结合本次研究采集的志愿者同体同时尿样中元素浓度测定及计算统计结果(另文叙述),每人各元素尿粪日排出比代表值和范围列于表 3 并作图表示于图 2。

表 3 中国成年男子尿粪中 46 种元素每日排出比¹⁾

元素	尿粪排出比	元素	尿粪排出比
Al	0.29(0.05~4.03) × 10 ⁻²	Mn	0.6(0.2~2.3) × 10 ⁻³
As	0.79(0.19~2.98)	Mo	1.35(0.28~30.03)
B	4.81(1.27~20.81)	Na	15.89(3.18~137.47)
Ba	0.11(0.02~1.3) × 10 ⁻²	Nd	0.63(0.12~3.83) × 10 ⁻²
Ca	0.24(0.08~0.98)	Ni	4.4(0.76~15.86) × 10 ⁻²
Cd	1.86(0.13~16.56) × 10 ⁻²	P	0.69(0.13~2.20)
Ce	0.58(0.1~5.19) × 10 ⁻²	Pb	0.05(0.005~0.49)
Co	2.61(0.45~9.21) × 10 ⁻²	Pr	0.66(0.07~4.63) × 10 ⁻²
Cr	3.53(0.52~89.01) × 10 ⁻²	Rb	0.97(0.21~4.07)
Cs	2.11(0.53~7.13)	Se	0.48(0.09~2.11)
Cu	1.92(0.56~7.49) × 10 ⁻²	Sm	0.54(0.06~1.80)
Dy	1.72(0.16~13.13) × 10 ⁻²	Sn	0.10(0.03~0.45)
Er	0.78(0.27~4.34) × 10 ⁻²	Sr	6.1(0.14~91.76) × 10 ⁻²
Fe	1.45(0.11~7.44)	Tb	7.74(2.32~27.37) × 10 ⁻²
Gd	0.69(0.11~3.38) × 10 ⁻²	Th	1.62(0.39~6.39) × 10 ⁻²
Ge	0.18(0.03~4.04)	Th	1.34(0.18~7.43) × 10 ⁻²
Hg	0.11(0.01~0.43)	Tm	0.61(0.14~2.97) × 10 ⁻²
Ho	0.05(0.006~0.41)	U	0.54(0.17~2.33) × 10 ⁻²
I	2.27(0.37~30.12)	V	6.4(2.8~77.88) × 10 ⁻²
K	1.57(0.38~5.88)	Y	0.71(0.12~4.51) × 10 ⁻²
La	0.79(0.15~4.08) × 10 ⁻²	Yb	0.8(2.3~5.09) × 10 ⁻²
Lu	0.65(0.18~0.06)	Zn	3.54(1.17~14.47) × 10 ⁻²
Mg	136.97(0.37~562.56)	Zr	4.97(0.42~49.24) × 10 ⁻²

注:1) 有效数据量为 113。

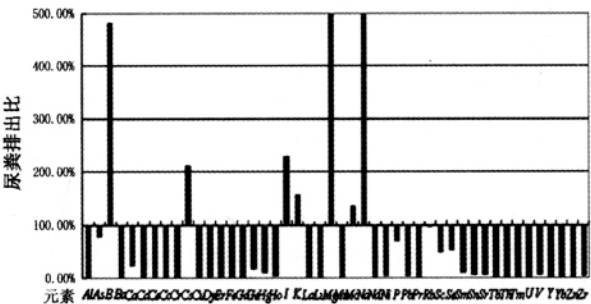


图 2 中国成年男子尿粪中 46 种元素每日排出比

3 讨论

由表 1 表 2 可见 本次研究仅采用 3 种分析技术就测出了粪中 46 种元素浓度 表明测定技术的先进性,可靠性及成熟性。

由表 2 可见 粪中元素日排出量最高为 P(0.708g) 其次为 K、Ca、Na,最小为 Tm 与 Lu(10⁻⁸g 数量级),对于图 1 中 12 种辐射防护重要元素,K 日排出量最高,为 0.625g,Sr、Ba、Rb3 种元素为 10⁻³数量级 g,I 为 10⁻⁴数量级 g,其余 8 种为 10⁻⁶到 10⁻⁵数量级 g。

由表 3 及图 2 可见:①中国成年男子尿粪中元素每日排出比,Mg 最高为 136.97,Na 其次为 12.81,与 Mg 和 Na 在人体中的代谢过程相符,比值大于 1 的还有 B、Cs、I、K、Mo,表明这几种元素每日通过尿代谢途径排出量要高于通过粪代谢途径。②比值小于 1 的元素中,Mg、Rb、P、Se、As、Sc、Ca、Ge 比值在 0.17 至 0.99 之间,其余元素均小于 0.10,Ba 和 Mn 甚至小于 0.001,表明这些元素每日通过粪便代谢途径排出量要高于尿代谢途径 特别是 Ba 和 Mn,通过每日粪便代谢量高出尿代谢量近千倍。③对于 12 种辐射防护重要元素,Cs、I、K 的每日尿粪排出量比值均大于 1,Rb 为 0.97,其余均小于 0.10,表明

氡染毒诱导小鼠肺组织细胞凋亡的机制研究

朴春南,田梅,刘建香,阮健磊,苏旭

中图分类号: R811.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2011)02-0142-02

【摘要】 目的 研究氡诱发小鼠肺细胞凋亡的机制。方法 建立氡染毒小鼠模型,将小鼠分为氡吸入染毒不同剂量组(0.02、30 和 60WLM)和不同时间段组(24h、30d 和 90d);采用 TUNEL 法检测小鼠肺组织细胞凋亡程度;采用免疫组化法检测各组肺组织 p53 蛋白及 Bcl-2/Bax 表达情况。结果 与对照组相比,氡吸入染毒组小鼠肺组织随着剂量的增加和染毒后时间的延续凋亡细胞逐渐增多;免疫组化结果显示,随着染毒剂量的增加和染毒后随着时间的延续,小鼠肺组织中的 p53 蛋白表达量明显升高,在染毒后 30d 和 90d 时达到峰值;Bcl-2/Bax 值则明显下降。结论 氡染毒诱发小鼠肺细胞凋亡与 p53 和 Bcl-2/Bax 通路密切相关。

【关键词】 氡;肺损伤;细胞凋亡; p53; Bcl-2/Bax

Studies on the Mechanism of Apoptosis by Radon in Lung Tissue of Mice. PIAO Chun-nan, TIAN Mei, LIU Jian-xiong, et al. *National Institute for Radiological Protection, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100088 China.*

【Abstract】 Objective To study the mechanism of apoptosis by radon in lung tissue of mice. **Methods** Male BALB/c mice were exposed to radon with the cumulative dose of 0.02, 30 or 60 working level month (WLM) respectively, and then were raised for different time (24h, 30d or 90d). Apoptosis was detected by terminal deoxynucleotidyl transferase-mediated dUTP-biotin nick end labeling (TUNEL). The expression of p53 and Bcl-2/Bax protein was observed by immunohistochemistry. **Results** As compared with the control group, the apoptotic index in lung tissue increased along with the increasing of expose dose and the raise time. The protein expression of p53 increased significantly in the 30d and 90d groups. But Bcl-2/Bax expression decreased. **Conclusions** The apoptosis by radon in lung tissue of mice had close relationship with p53 and Bcl-2/Bax pathway.

【Key words】 Radon; lung Lesion; Apoptosis; p53; Bcl-2/Bax

氡是一种普遍存在于环境空气中的天然放射性气体,是一类不可忽视的呼吸系统放射性污染物。氡衰变过程中产生氦子体并且释放 α 粒子,可以被人和动物吸入,沉积在各级呼吸道^[1]。 α 粒子具有较高的能量(5.49~7.69 MeV),对支气管上皮基底细胞、粘液细胞及肺上皮细胞等靶细胞具有较强的生物学效应^[2,3],可引起 DNA 损伤、基因突变、细胞染色体畸变,甚至是肿瘤的发生^[4]。流行病学调查显示长期在氡(²²²Rn)浓度较高的矿井作业的矿工罹患肺癌的危险性将会增加,去除吸烟因素后,随着氡及其子体暴露量的不断增大肺癌发病率也明显增加。Taeger^[5]等对德国铀矿工肺癌死亡调查分析中认为铀矿工肺癌死亡率是德国东部地区普通人群的 2.9 倍。因此,氡及其子体对人类和其他生物所造成的健康危害及其作用机制,成为近年来放射生物学领域的关注热点。本实验通过建立

氡染毒小鼠肺损伤模型,检测肺组织细胞凋亡及凋亡相关的 p53、Bcl-2 和 Bax 蛋白表达的变化,探讨氡吸入染毒导致肺组织凋亡的机制。

1 材料与方法

1.1 动物分组与氡染毒模型的建立 SPF 级,2 周龄,雄性 BALB/c 小鼠 120 只,体重 18~22g,由中国人民解放军军事医学科学院实验动物中心提供,合格证号:SCXK(军)2007-004,温度(22±2)℃,湿度:40%~70%,常规饲养。小鼠随机分为实验组和对照组,分别研究氡染毒不同剂量(30 和 60WLM,每组 10 只)以及染毒 60WLM 后不同时期(24h, 30d, 90d 和 180d,每组 10 只)肺组织的病理学改变及肺组织中 p53 表达变化。小鼠的氡吸入染毒在中国计量科学研究院电离辐射与医学研究所 SR-NIM02 型氡室内进行,氡室条件、氡浓度实时监测方法及染毒剂量的计算均与文献[6]相同。

1.2 TUNEL 法检测凋亡 取肺右叶及相连的支气管,10%中性福尔马林固定,石蜡包埋、切片,将石蜡切片进行常规脱蜡脱水,严格按 TUNEL 试剂盒(Promega)说明书进行。光镜下分析

基金项目:科技部科研院所社会公益研究专项资助项目(2005DIB1J087)
作者单位:中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所辐射流行病学室,北京 100088

作者简介:朴春南(1978~),女,朝鲜族,辽宁沈阳人,医学博士,主要从事辐射生物效应的研究。

通讯作者:苏旭,Email: suxu@nirp.cn

在辐射防护应用中,人体粪代谢过程中的核素是不可忽略的,其对辐射防护促排药物的研究有着极其重要的意义。④由于连续粪样采集的难度,而采集尿液相对容易,因此在实践中可采集尿液来通过尿粪比计算粪中元素的代谢量。当然,元素尿粪排出比是否恒定这有待于大量的样本数据来支持,本研究只做了一点探索性展望。

作为初步探索,本研究报道数据在现行我国参考人及 ICRP 参考人参数参考值中是缺少的,弥补了元素在人体代谢途径中缺少的一个环节,为完善元素与核素从外界到人体转移规律,确定我国参考人相应参数参考值和某些重要生物动力学参数提供了探索性依据,同时对辐射防护及其他相关研究领

域,尤其是药物代谢研究有极其重要的意义。

参考文献:

- [1] IAEA, Reference Asian man: Ingestion and Organ Content of Trace Elements of Importance in Radiological Protection [P]. IAEA-TECDOC-1592, June, 2008.
- [2] 国际放射防护委员会第 103 号出版物,国际放射防护委员会 2007 年建议书 [P]. 2008 278-279.
- [3] 诸洪达,王京宇,武权,等. 中国成年男子器官、组织中元素浓度研究 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2007, 27(4): 353-361.

(收稿日期: 2011-01-26)