

高原鼯鼠和中华鼯鼠骨骼无机化学成分的研究 II. 必需微量元素

伊甫申 索有瑞 张宝琛

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘 要

报道了高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*) 和中华鼯鼠 (*M. fontanieri*) 整体骨骼及头骨、脊梁骨和腿骨中铜、锌、铁、锰、钴、镍、钼、铬、钛、氟、硒和锗 12 种必需微量元素的含量, 并进行了显著性差异和相关性分析。结果表明: 2 种鼠骨中铜、铁、钴、钼、铬和钛的含量差异不明显 ($P > 0.05$); 而锰、镍、氟、锗、锌和硒的含量有显著性差异 ($P < 0.05$); 锌、镍、钼和硒的含量没有明显的相关性; 铜、铁、铬、钴、钛和锗的含量呈极显著正相关 ($r = 0.8613 - 0.9614, P < 0.01$), 而锰 ($r = -0.7938$) 和氟 ($r = -0.8487$) 呈极显著负相关 ($P < 0.001$)。微量元素在头骨、脊梁骨和腿骨中分布非常不均衡, 以头骨的微量元素最为丰富。

关键词: 高原鼯鼠; 中华鼯鼠; 骨骼; 无机化学成分; 必需微量元素

一切生物都被无机环境包围着, 动物虽不能直接依靠无机物生存, 但归根到底是从无机物中获得食物 (王夔, 1991)。无机物中的微量元素含量虽少, 但它在生命科学、环境科学和医药卫生学等领域日益受到科学家的重视 (《环境科学》编辑部, 1982; 陈国清等, 1989; Underwood, 1977)。必需微量元素广泛参与了碳水化合物、蛋白质、酶、核糖核酸、脱氧核糖核酸及某些维生素的合成和代谢等。这些复合物产生各种各样独特的生物学作用、特殊的生理功能及高度的生化效应。铜、锌、铁、锰、硒等必需微量元素是数百种酶的组分 (孔祥瑞, 1982)。如锰在酶中能影响软骨细胞的发育和骨骼组织的形成 (多布罗沃利斯基, 1987); 硒参与谷胱甘肽过氧化物酶的合成, 具有抗氧化和保护细胞膜的作用 (Shamberger, 1983)。动物必需微量元素有其一定量的范围, 缺乏或过量都会产生不良后果 (Venugopal, 1978)。

高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*) 和中华鼯鼠 (*M. fontanieri*) 是终年营生在地下害鼠。分布面积广、数量多, 对草原的破坏十分严重。为了掌握害鼠的习性、繁殖和活动

规律, 动物学家多次报道了有关研究成果(郑生武, 1980; 樊乃昌等, 1988; 施银柱等, 1991), 旨在有效地灭鼠, 进而达到保护草原, 提高载畜量的目的。但尚未见对这 2 种动物组织进行对比研究的报道。为了深入探讨这 2 种鼠骨中的无机化学成分, 本文报道了 2 种鼠骨 12 种必需微量元素含量的平均值和范围; 进行了差异显著性和线性相关性分析; 并对其在头骨, 脊梁骨和腿骨 3 个部位的分布进行了对比。

一、材料与方 法

1. 样品来源及预处理

高原鼯鼠于 1994 年 5—6 月采自青海省刚察县草原; 中华鼯鼠于 1994 年 6 月采自山西省孟县草原。均为成鼠, 随机取样。将选出的样鼠剥皮剔肉, 取出骨骼, 晾干后再精细加工使之成为纯骨。用去离子水冲洗干净, 于恒温烘箱中 60℃ 烘干, 按头骨、脊梁骨和腿骨及整体骨骼分别取样, 经粉碎过 30—60 目筛, 装袋备用。

2. 分析样品的前处理

(1) 灰化 将粉碎的骨样于 60℃ 烘 3 小时, 各份样品准确称取 2.000 克于瓷坩埚中, 放入马弗炉内, 从低温升至 500℃, 灰化 3—4 小时, 取出冷却后, 转入 100 毫升烧杯中, 加入 5 毫升硝酸, 在低温电热板上加热溶解灰分, 控制容积至 3 毫升。稍冷后转入 100 毫升容量瓶, 去离子水定容, 摇匀。此试样溶液用于测定铁、锰、钛、钼、铬、铜、锌、钴和镍。

(2) 消化 各份样品均准确称取 1.000 克于 100 毫升烧杯中, 加入 5 毫升硝酸, 放置 4 小时后, 在电热板上低温消化 1 小时, 加 2 毫升过氧化氢, 再消化至容积 1—2 毫升, 加 5 毫升盐酸, 加热溶解盐类, 转入 50 毫升容量瓶, 去离子水定容, 摇匀, 用于测定硒、氟和锗。

3. 测定方法、仪器及其条件

铜、锌、铁、锰、钴和镍用 GGX-5 型原子吸收分光光度计测定, 仪器工作条件见表 1。

表 1 原子吸收仪测定元素工作条件

Table 1 Operating conditions for the determination of elements with AAS

元 素 Elements	波 长 Wavelength (nm)	狭 缝 Slit (nm)	灯电流 Electric current of lamp(mA)	空气流速 Air flow-rate (MPa)	乙炔流速 Acetylene flow-rate (MPa)	负电压 Negative voltage (V)
铜 Cu	324.8	0.2	2.0	0.30	0.05	287
锌 Zn	213.9	0.2	2.0	0.30	0.05	265
铁 Fe	248.3	0.2	3.0	0.30	0.05	270
锰 Mn	279.5	0.2	2.5	0.25	0.06	290
钴 Co	240.7	0.2	2.0	0.30	0.03	270
镍 Ni	232.0	0.2	2.5	0.30	0.04	295

硒和锗用 XDY-1 型无色散原子荧光仪测定(索有瑞等, 1994); 钼用 JP-I 型催化示波

极谱仪, 在三电极导数部分测定; 氟用离子选择电极测定; 铬和钛用 721 型分光光度计测定, 铬的显色剂为二苯基碳酰二肼, 波长 540 纳米, 钛的显色剂为过氧化氢, 波长 420 纳米。

二、结果与讨论

1. 微量元素含量及其差异显著性

由表 2 看出 2 种鼠骨中铜、铁、钴、钼、铬和钛的含量没有显著性差异 ($P > 0.05$);

表 2 高原鼢鼠和中华鼢鼠骨骼中微量元素含量及其差异性

Table 2 The contents and differences of trace elements in skeleton of

M. baileyi and *M. fontanieri* ($\bar{X} \pm SD$ Range)

元 素 Elements	样品数 No. of samples	高原鼢鼠	中华鼢鼠	<i>t</i> 检验 <i>t</i> -test
		<i>M. baileyi</i> (mg/kg)	<i>M. fontanieri</i> (mg/kg)	
铜 Cu	18	13.83 ± 9.34	13.47 ± 4.28	<i>t</i> = 0.150
		5.68—27.30	7.57—19.46	$P > 0.05$
锌 Zn	18	171.31 ± 3.39	163.89 ± 6.46	<i>t</i> = 4.315
		165.2—176.1	154.9—174.9	$P < 0.001$
铁 Fe	18	308.13 ± 77.20	289.96 ± 28.72	<i>t</i> = 0.936
		190.8—387.9	234.5—316.2	$P > 0.05$
锰 Mn	18	5.92 ± 1.17	6.73 ± 1.15	<i>t</i> = 2.093
		4.00—7.25	5.33—8.67	$P < 0.05$
钴 Co	18	0.255 ± 0.053	0.241 ± 0.045	<i>t</i> = 0.854
		0.16—0.33	0.17—0.31	$P > 0.05$
镍 Ni	18	0.169 ± 0.02	0.193 ± 0.027	<i>t</i> = 3.038
		0.14—0.20	0.15—0.25	$P < 0.01$
钼 Mo	18	0.206 ± 0.069	0.239 ± 0.063	<i>t</i> = 1.500
		0.11—0.34	0.16—0.34	$P > 0.05$
铬 Cr	18	2.54 ± 1.25	2.88 ± 0.51	<i>t</i> = 1.058
		1.15—4.40	2.35—3.75	$P > 0.05$
钛 Ti	18	121.84 ± 40.08	127.40 ± 37.36	<i>t</i> = -0.431
		64.94—179.8	74.94—189.8	$P > 0.05$
氟 F	18	34.05 ± 3.69	47.66 ± 18.45	<i>t</i> = -3.069
		28.34—39.45	28.34—73.89	$P < 0.01$
硒 Se	18	0.094 ± 0.040	0.250 ± 0.046	<i>t</i> = -10.833
		0.038—0.140	0.189—0.320	$P < 0.001$
锗 Ge	18	0.297 ± 0.057	0.242 ± 0.038	<i>t</i> = 3.438
		0.21—0.39	0.19—0.31	$P < 0.01$

有显著性差异或极显著性差异的 6 种元素中, 锰、镍、氟和硒的含量, 中华鼢鼠 > 高原

I B 6

第二册 第五卷 第四期

鼯鼠；而锌和锗，高原鼯鼠>中华鼯鼠。这6种元素高量与低量的比值分别为：锰1.14、镍1.14、氟1.40、硒2.66、锌1.05、锗1.23，其中超过0.5倍的只有硒。由此可见，两种鼠骨中12种微量元素含量虽有些差异，但总体看，差异性没有相似性大，更远没有高原鼯鼠骨与虎骨、高原鼠兔骨、大白鼠骨差别那么大（作者已做了研究，结果尚未报道）。高原鼯鼠骨硒含量低，可能由于青海低硒的地理环境所致。

2. 微量元素含量相关性分析

从两种鼠骨中所含12种微量元素的线性相关分析结果（表3）可见，相关性极显著的元素有铜、铁、锰、钴、铬、钛、氟和锗（ $P < 0.01$ ）；没有显著性相关的有锌、镍、钼和硒（ $P > 0.05$ ）。值得注意的是锌和硒在两种鼠骨中的含量均呈极显著性差异，却没有显著性相关，其相关系数都很小，锌的相关系数 $r = 0.2866$ ，硒的相关系数 $r = -0.0678$ 。由此更证明了这两种鼠骨中微量元素含量相似性大于差异性的结论。

表3 高原鼯鼠和中华鼯鼠骨骼微量元素的相关性

Table 3 The correlations of trace element contents in skeleton of *M. baileyi* and *M. fontanieri*

元素 Elements	自由度 Degree of freedom (n-2)	线性回归方程 Linear regressive equation	相关系数(r) Correlation coefficient	t _r 值 t _r -value	t 检验 t-test
铜 Cu	16	$Y = 8.231 + 0.379X$	0.8266	5.875	$P < 0.001$
锌 Zn	16	$Y = 70.31 + 0.546X$	0.2866	1.197	$P > 0.05$
铁 Fe	16	$Y = 177.6 + 0.362X$	0.9463	11.71	$P < 0.001$
锰 Mn	16	$Y = 11.34 - 0.778X$	-0.7938	5.221	$P < 0.001$
钴 Co	16	$Y = 0.094 + 0.578X$	0.6813	3.723	$P < 0.001$
镍 Ni	16	$Y = 0.145 + 0.284X$	0.2067	0.845	$P > 0.05$
钼 Mo	16	$Y = 0.300 - 0.293X$	-0.3210	1.356	$P > 0.05$
铬 Cr	16	$Y = 1.904 + 0.383X$	0.9378	10.81	$P < 0.001$
钛 Ti	16	$Y = 18.22 + 0.896X$	0.9614	13.98	$P < 0.001$
氟 F	16	$Y = 191.95 - 4.237X$	-0.8487	6.416	$P < 0.001$
硒 Se	16	$Y = 0.257 - 0.079X$	-0.0678	0.272	$P > 0.05$
锗 Ge	16	$Y = 0.058 + 0.617X$	0.9253	9.754	$P < 0.001$

注：X：高原鼯鼠骨；Y：中华鼯鼠骨

Note: X: The skeleton of *M. baileyi*; Y: The skeleton of *M. fontanieri*

3. 微量元素在头骨、脊梁骨和腿骨中分布

(1) 由表4可见，高原鼯鼠头骨中含量最高的微量元素有铜、锰、钴、铬、钛、氟、硒和锗。其中铜含量是其脊梁骨及腿骨的4.39倍；依次，锰是腿骨的1.68倍；钴是腿骨的1.71倍；铬是脊梁骨的3.47倍，腿骨的2.30倍；钛是脊梁骨的2.49倍，腿骨的1.34倍；氟是脊梁骨的1.12倍，腿骨的1.30倍；硒是脊梁骨的3.19倍，腿骨的1.17倍；

锗是脊梁骨的 1.27 倍, 腿骨的 1.65 倍。

高原麝鼠脊梁骨含量最高的元素有锌、铁、镍和钼, 其含量是头骨、腿骨的 1.02—2.29 倍。

高原麝鼠腿骨与头骨、脊梁骨比较, 12 种微量元素均没有最高含量。

(2) 中华麝鼠头骨含量最高的元素有铜、钴、钼、铬、钛和锗, 其含量是脊梁骨、腿骨的 1.23—2.40 倍。

表 4 高原麝鼠和中华麝鼠不同部位骨骼微量元素含量

Table 4 Contents of trace elements in different parts of skeleton of *M. baileyi* and *M. fontanieri* (mg/kg)

元 素 Elements	高原麝鼠 <i>M. baileyi</i> ($\bar{X} \pm SD, n=5$)			中华麝鼠 <i>M. fontanieri</i> ($\bar{X} \pm SD, n=5$)		
	头 骨 Cranium	脊 梁 骨 Backbone	腿 骨 Leg bone	头 骨 Cranium	脊 梁 骨 Backbone	腿 骨 Leg bone
铜 Cu	26.33±1.02	6.00±0.35	6.00±0.35	19.08±0.31	7.95±0.31	13.52±0.19
	24.86—27.30	5.68—6.49	5.49—6.22	18.65—19.46	7.57—8.38	13.24—13.78
锌 Zn	169.3±4.24	172.5±1.70	172.1±2.23	156.2±1.10	164.5±1.10	172.0±4.0
	165.8—176.1	170.1—173.7	168.9—173.7	154.9—157.3	162.8—165.2	165.2—174.9
铁 Fe	335.7±11.3	383.2±2.90	192.1±3.30	307.0±3.60	309.3±8.20	246.4±9.40
	321.8—346.4	380.0—387.9	188.6—197.1	302.8—312.8	298.3—316.2	234.5—259.1
锰 Mn	7.05±0.19	6.53±0.11	4.20±0.17	6.65±0.17	5.53±0.16	8.38±0.17
	6.75—7.25	6.42—6.67	4.00—4.33	6.50—6.92	5.33—5.75	8.25—8.67
钴 Co	0.314±0.011	0.250±0.010	0.184±0.015	0.300±0.010	0.194±0.015	0.220±0.016
	0.30—0.33	0.24—0.26	0.16—0.20	0.29—0.31	0.17—0.20	0.20—0.24
镍 Ni	0.148±0.008	0.192±0.008	0.170±0.016	0.165±0.015	0.186±0.011	0.226±0.017
	0.14—0.16	0.18—0.20	0.15—0.19	0.15—0.19	0.17—0.20	0.21—0.25
钼 Mo	0.188±0.019	0.302±0.024	0.132±0.015	0.324±0.018	0.178±0.011	0.202±0.016
	0.16—0.21	0.28—0.34	0.11—0.15	0.30—0.34	0.16—0.19	0.19—0.23
铬 Cr	4.30±0.06	1.24±0.05	1.87±0.08	3.65±0.08	2.56±0.07	2.46±0.07
	4.25—4.40	1.15—1.30	1.75—1.95	3.55—3.75	2.50—2.65	2.35—2.55
钛 Ti	171.9±5.65	68.94±4.18	127.9±7.58	173.9±10.2	78.93±4.18	121.9±10.4
	164.9—174.8	64.94—74.94	119.9—139.9	164.9—189.8	74.94—84.93	114.9—139.9
氟 F	38.45±0.91	34.35±1.87	29.56±0.99	29.23±0.50	35.58±1.64	72.11±2.16
	37.78—39.45	31.62—36.12	28.34—31.12	28.34—29.45	33.94—37.78	68.34—73.89
硒 Se	0.137±0.002	0.043±0.003	0.117±0.003	0.195±0.006	0.241±0.004	0.314±0.004
	0.134—0.140	0.038—0.046	0.114—0.121	0.189—0.203	0.237—0.248	0.310—0.320
锗 Ge	0.372±0.015	0.294±0.011	0.226±0.011	0.294±0.015	0.240±0.010	0.202±0.013
	0.35—0.39	0.29—0.31	0.21—0.24	0.27—0.31	0.23—0.25	0.19—0.22

中华麝鼠脊梁骨含量最高的元素只有铁, 它是头骨的 1.01 倍, 腿骨的 1.26 倍。

中华鼯鼠腿骨最高的元素有锌、锰、镍、氟和硒，其含量是头骨、腿骨的1.01—2.47倍。

综上所述，12种微量元素在两种鼯鼠的头骨、脊梁骨和腿骨中的分布很不均衡，以头骨含量最为丰富，不但高含量的元素多，而且幅度大，尤以铜、铬、钛、钴和锗最明显。高原鼯鼠脊梁骨虽有4种元素含量较高，但都不如头骨比其他2部位元素含量高出的幅度大。高原鼯鼠脊梁骨、腿骨与中华鼯鼠同部位比较，丰缺状况有差别。前者脊梁骨有4种元素含量较高，后者只有1种元素含量较高；前者腿骨中12种元素均没有最高的，而后者有5种元素含量最高。

两种鼯鼠3个部位骨骼微量元素含量有显著性差别，这有利于研究其器官的功能、体内生理生化机理等。而同类部位骨骼微量元素的差异，又为两种动物骨骼的区别找到一种鉴别途径。

参 考 文 献		Element
孔祥瑞, 1982, 必需微量元素的营养、生理及临床意义, 安徽科学技术出版社。		Cu
王夔, 1991, 生命科学中的微量元素(上册), 中国计量出版社。		
多布罗沃利斯基(朱颜明译), 1987, 微量元素地理学, 科学出版社。		Zn
陈国清、卢国程, 1989, 微量元素与健康, 北京大学出版社。		
《环境科学》编辑部, 1982, 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法, 科学出版社。		
郑生武, 1980, 中华鼯鼠的繁殖研究, 动物学研究, 1(4): 465—477。		
施银柱、边疆晖、王权业、张堰铭, 1991, 高寒草甸地区小哺乳动物群落多样性的初步研究, 兽类学报, 11(4): 279—284。		Mn
索有瑞、伊甫申, 1994, 氢化物无色散原子荧光光谱法测定生物样品中微量硒, 高原生物学集刊, (12): 211—217。		
樊乃昌、王权业、周文扬、景增春, 1988, 高原鼯鼠种群数量与植被破坏程度的关系, 高寒草甸生态系统国际学术讨论会文集, 109—114。		
Shamberger, R. J., 1983, Biochemistry of selenium, Plenum press, New York.		
Underwood, E. J., 1977, Trace elements in human and animal nutrition, Academic press, New York.		
Venugopal, B., 1978, Metal toxicity in mammals, 1. Physiologic chemical basis for metal toxicity, Plenum press, New York.		Mo
		Cr
		Ti
		Fe
		Se
		Ce

STUDIES ON INORGANIC CHEMICAL COMPOSITION IN SKELETONS OF *MYOSPALAX BAILEYI* AND *M. FONTANIERI*

II. ESSENTIAL TRACE ELEMENTS

Yi Fushen, Suo Yourui and Zhang Baochen

(Northwest Plateau Institute of Biology,
The Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001)

The contents and distribution of 12 kinds essential trace elements were analyzed in the whole-length bone, cranium, backbone and leg bone of Plateau zoker (*Myospalax baileyi*) and Chinese zoker (*M. fontanieri*). The twelve trace elements are Cu, Zn, Fe, Mn, Co, Ni, Mo, Cr, Ti, F, Se and Ge. The following results were approached:

The difference of the contents of trace elements Cu, Fe, Co, Mo, Cr and Ti in the skeletons of two kinds zoker were not significant, but the contents of Mn, Ni, F and Se in skeleton of Chinese zoker were significantly higher than that in skeleton of Plateau zoker.

The contents of Zn, Ni, Mo and Se in the skeletons of Plateau zoker and Chinese zoker were significantly correlated, but Cu, Fe, Cr, Co, Ti and Ge were significantly positive linear correlation ($P < 0.01$). Mn ($r = -0.7938$) and F ($r = -0.8487$) were highly negative correlated ($P < 0.001$)

The distribution of trace elements was not average in the cranium, backbone and leg bone, the trace elements were the richest in the cranium.

Key words: Plateau zoker, *Myospalax baileyi*; Chinese zoker, *M. fontanieri*; Skeleton; Inorganic chemical composition; Trace element