

高原麝鼠和中华麝鼠骨骼无机化学成分的研究 I. 常量元素

索有瑞 伊甫申 张宝琛

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘要

对比分析了高原麝鼠 (*Myospalax baileyi*) 和中华麝鼠 (*M. fontanieri*) 骨骼中的常量元素钾、钠、钙、镁、磷和铝。结果表明, 高原麝鼠骨骼中钾、钙、磷的含量显著高于中华麝鼠 ($P < 0.05$), 其他元素两者间无显著差异 ($P > 0.05$); 钾、钠、钙、镁和磷的含量两种鼠骨间呈非常显著的正相关 ($r = 0.653 - 0.983$), 而铝则为负相关 ($r = -0.817$); 各元素在2种鼠骨各部位的分布一致, 其总量为: 头骨 > 腿骨 > 脊梁骨; 钙和磷的存在形式主要为羟磷灰石。

关键词: 高原麝鼠; 中华麝鼠; 骨骼; 无机化学成分; 常量元素

钾、钠、钙、镁、磷等是动物生长发育必需的常量营养元素, 具有重要的生化活性、营养作用和生理功能, 在营养生态学和化学生态学中, 对研究食物质量、营养适应与平衡以及营养对种群特征作用规律都有重要的意义(刘季科等, 1991)。小哺乳动物体内常量营养元素的研究较少, 张金霞等(1986)报道了高原麝鼠血清中钾、钠、钙离子的含量; Wlostowski等(1988)对小哺乳动物微量元素锌、铜、铁、锰和常量元素钙、镁进行了研究。作者系统地研究了高原麝鼠 (*Myospalax baileyi*) 和中华麝鼠 (*M. fontanieri*) 骨骼中的无机化学成分, 本文对其中的常量元素钾、钠、钙、镁、磷和铝在2种麝鼠骨骼中的分布、种间含量差异及相关性进行了分析和讨论。

一、材料与方 法

1. 样品预处理

高原麝鼠于1994年5—6月间采自青海省刚察县草原, 中华麝鼠于1994年6月采自

* 魏立新同志采集中华麝鼠, 特此致谢。
本文1995年9月29日收到。

山西省孟县草原。试验用均为成鼠，随机取样后，剥皮、除去内脏、晾干、剔去肌肉。取剔净的骨骼整体，用去离子水冲洗3遍，于60℃恒温烘箱中烘干。分别取整体和各部位（头、脊梁、四肢），用镊子除去大脑，不锈钢剪刀剪碎，用植物样品粉碎机粉碎至30—60目，不同部位的骨样其含量差异较大，为了提高分析准确度（Fell, 1984），样品充分混匀，装袋备用。

2. 分析试样溶液的制备

准确称取2.0000克骨样置于30毫升瓷坩埚中，放入高温电热炉中，从低温升至500℃，灰化4小时（徐立强, 1987），取出冷却，转入50毫升烧杯中，加入5毫升盐酸（1:1），在低温电热板上加热使灰分完全溶解，转入100毫升容量瓶，用去离子水定容，摇匀后待测（即为母液）。

3. 常量元素的测定（岩矿分析编写组, 1991；方荣等, 1991）

（1）钙的测定 用经典EDTA容量法。大量磷酸盐的干扰，用淀粉消除。

（2）镁的测定 火焰原子吸收光谱法。大量磷酸盐对镁有强烈的抑制作用，加10%氯化锶2—4毫升可有效地消除。

（3）钾、钠的测定 分取母液5.00毫升，用去离子水稀释至100毫升，用GGX-5型原子吸收仪测定。

（4）磷的测定 将母液2.50毫升稀释至50毫升后，取5.00毫升采用磷钒钼黄分光光度法，用721分光光度计在波长470纳米测量。

（5）铝的测定 铬天青S分光光度法。工作条件为波长587纳米；2厘米比色皿。

仪器分析采用标准曲线法，各元素标准回收率为95.63%—102.76%。分析数据采用数理统计，并进行两种鼯鼠各元素含量直线回归相关分析。

二、结果与讨论

1. 常量元素的含量及其差异显著性

表1列出了两种鼯鼠骨骼中6种常量元素的平均含量、标准差和含量范围，同时对其含量的差异进行了显著性检验。钾、钙、镁、磷的含量高原鼯鼠高于中华鼯鼠，其中钾差异极显著（ $P < 0.001$ ），钙和磷差异显著（ $P < 0.05$ ），而镁无显著差异（ $P > 0.05$ ）；钠和铝的含量高原鼯鼠则低于中华鼯鼠，但其差异均无显著意义。

钾、钙、镁、磷、钠等均为动物生长发育必需的常量元素，同时又是动物体的重要组成部分，尤其在骨骼中，钙、磷、镁等成分占32%左右。动物体内营养成分及含量与饲料质量和种群特征密切相关（刘季科等, 1991），因此造成骨骼中常量元素的差异与它们的食物结构及食物种类的差异有关。当饲料中缺乏钙和钠时，鼠的繁殖力降低，种群密度降低（Batzli, 1986）。高原鼯鼠和中华鼯鼠骨骼中常量元素的含量在一定程度上反映出它们摄入矿物质的水平及其食物中矿质元素的丰缺状况。从表1看出，2种鼠骨常量元素含量大小顺序一致，即钙>磷>镁>钠>钾>铝。

表1 高原鼯鼠和中华鼯鼠骨骼中常量元素含量及差异性
 Table 1 Contents and the differences of macroelements in skeletons of *M. baileyi* and *M. fontanieri* (Range $\bar{X} \pm SD, \%$)

元素 Elements	样品数 No. of samples	高原鼯鼠 <i>M. baileyi</i>	中华鼯鼠 <i>M. fontanieri</i>	t 检验 t-test
钾 K	18	0.462±0.038	0.425±0.035	t=3.033
		0.398—0.490	0.388—0.478	P<0.001
钠 Na	18	0.467±0.035	0.471±0.040	t=-0.800
		0.426—0.518	0.427—0.534	P>0.05
钙 Ca	18	19.17±1.62	17.71±1.87	t=2.515
		16.84—20.97	15.24—20.21	P<0.05
镁 Mg	18	0.536±0.083	0.496±0.116	t=1.190
		0.44—0.66	0.37—0.68	P>0.05
磷 P	18	9.04±0.78	8.33±1.04	t=2.326
		7.84—9.87	7.06—9.80	P<0.05
铝 Al	18	0.103±0.035	0.118±0.012	t=-1.720
		0.050—0.131	0.097—0.136	P>0.05

2. 常量元素含量的相关分析

从表2可见,高原鼯鼠与中华鼯鼠骨骼中钾、钙呈非常显著的正相关,相关系数分别为0.6531和0.6961, $P<0.01$;钠、镁、磷具有极显著的相关性, $r=0.886-0.983, P<0.001$;铝呈极显著的负相关 $r=-0.817, P<0.001$ 。结果表明,除铝外,其他常量元素在2种鼠骨中的分布类似,即2种鼠对常量元素的敏感程度具有一致性。

表2 高原鼯鼠和中华鼯鼠骨骼常量元素的相关分析
 Table 2 Correlations of macroelement contents in skeletons of *M. baileyi* and *M. fontanieri*

元素 Elements	自由度 Degree of freedom(n=2)	直线回归方程 Linear regressive equation Y=bX+a	相关系数 Correlation coefficient	t _r 值 t _r -value	t 检验 t-test
钾 K	16	Y=0.603X+0.146	0.6531	3.450	P<0.01
钠 Na	16	Y=1.091X-0.032	0.9592	13.574	P<0.001
钙 Ca	16	Y=0.803X+2.302	0.6961	3.878	P<0.01
镁 Mg	16	Y=1.379X-0.243	0.9825	21.097	P<0.001
磷 P	16	Y=1.178X-2.314	0.8862	7.652	P<0.001
铝 Al	16	Y=-0.283X+0.148	-0.8170	5.670	P<0.001

注 Note: X 高原鼯鼠 *M. baileyi*; Y 中华鼯鼠 *M. fontanieri*

3. 骨骼不同部位常量元素的分布

表3列出了两种鼯鼠骨骼不同部位常量元素的平均含量、标准差及含量范围。矿物质元素在骨骼的不同部位,其含量存在显著的差异。尹端沚等(1986)报道,即使同一块骨骼的不同取样部位,各种元素含量亦有较大的差异。因此,骨骼矿物质元素的测定,一定要注意取样的代表性和均匀性。常量元素在两种鼯鼠不同部位骨骼中的含量顺序除脊梁骨中钠、镁的顺序不同外,其余含量顺序完全一致。即头、腿骨均为:钙>磷>镁>钠>钾>铝;脊梁骨:钙>磷>钾>镁(钠)>钠(镁)。常量元素总量在2种鼯鼠骨骼不同部位的顺序均为:头骨>腿骨>脊梁骨。

表3 高原鼯鼠和中华鼯鼠骨骼不同部位常量元素含量

Table 3 Contents of macroelements in different parts of bone of *M. baileyi* and *M. fontanieri* (%)

元素 Elements	高原鼯鼠 <i>M. baileyi</i> (n=5)			中华鼯鼠 <i>M. fontanieri</i> (n=5)		
	头骨 Head bone	脊梁骨 Backbone	腿骨 Leg bone	头骨 Head bone	脊梁骨 Backbone	腿骨 Leg bone
钾 K	0.485±0.003	0.488±0.002	0.402±0.004	0.405±0.002	0.476±0.002	0.390±0.002
	0.482—0.489	0.485—0.490	0.398—0.407	0.402—0.408	0.474—0.478	0.388—0.393
钠 Na	0.513±0.006	0.430±0.004	0.440±0.003	0.528±0.005	0.445±0.004	0.434±0.006
	0.504—0.518	0.426—0.436	0.437—0.445	0.521—0.534	0.441—0.448	0.427—0.442
钙 Ca	20.63±0.06	16.92±0.06	20.37±0.08	20.15±0.06	15.28±0.04	17.53±0.05
	19.97—20.11	16.84—16.99	20.78—20.97	20.05—20.21	15.24—15.35	17.47—17.60
镁 Mg	0.650±0.007	0.442±0.04	0.504±0.005	0.668±0.008	0.382±0.008	0.442±0.008
	0.64—0.66	0.44—0.45	0.50—0.51	0.66—0.68	0.37—0.39	0.43—0.45
磷 P	9.83±0.04	7.90±0.01	9.39±0.05	9.77±0.04	7.12±0.04	8.05±0.05
	9.79—9.87	7.84—7.98	9.34—9.46	9.72—9.82	7.06—7.16	7.99—8.11
铝 Al	0.130±0.001	0.130±0.001	0.051±0.001	0.100±0.002	0.118±0.001	0.134±0.002
	0.129—0.131	0.129—0.131	0.050—0.052	0.097—0.102	0.117—0.119	0.132—0.136
总量 Total	32.238	26.310	31.157	31.621	23.821	26.980

4. 骨骼主要成分钙、磷含量、比值及存在形式

钙、磷是骨骼的主要成分,在动物骨骼中钙磷主要以羟磷灰石 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 形式存在。除此之外,尚有磷酸八钙 $\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、磷酸三钙 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 、二水磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等,它们主要是在不同条件下形成的 Ca/P 比以及 PO_4^{3-} 离子和 Ca^{2+} 离子的羟基化不同(王夔等,1991;魏权凤等,1990)。高原鼯鼠和中华鼯鼠骨骼中钙、磷含量及其比值如表4。化学式的钙磷比为:羟磷灰石 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 2.156;磷酸八钙 $\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1.721;磷酸三钙 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 1.941 和二水磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1.291。根据表4两种鼯鼠不同部位骨骼的钙磷比值范围 2.062—2.178 可知,各部位骨骼中的钙磷主要以羟磷灰石 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 的形式存在。

表4 高原鼯鼠和中华鼯鼠骨骼钙、磷含量及比值

Table 4 The content of calcium and phosphorus and their ratio in skeletons of *M. baileyi* and *M. fontanieri*

鼠种 Species	骨骼部位 Parts of skeleton	钙含量 Content of Ca(%)	磷含量 Content of P(%)	钙磷比 Ca/P ratio
高原鼯鼠 <i>M. baileyi</i>	全骨 All skeleton	19.17	9.04	2.121
	头骨 Head bone	20.63	9.83	2.099
	脊梁骨 Backbone	16.92	7.90	2.142
	腿骨 Leg bone	20.37	9.39	2.169
中华鼯鼠 <i>M. fontanieri</i>	全骨 All skeleton	17.71	8.33	2.126
	头骨 Head bone	20.15	9.77	2.062
	脊梁骨 Backbone	15.28	7.12	2.146
	腿骨 Leg bone	17.53	8.05	2.178

参 考 文 献

- 方荣、陈爱民、阎军, 1991, 原子吸收光谱法在卫生检验中的应用, 北京大学出版社, 153—155。
- 尹端址、汪勇先, 1986, 生物材料微量元素分析问题, 中国环境科学, 6 (2): 72—76。
- 王夔、徐辉碧、唐任襄、罗贤慈, 1991, 生命科学中的微量元素 (上卷), 中国计量出版社, 56—57。
- 刘季科、王溪、刘伟, 1991, 北美田鼠亚科啮齿动物营养生态学研究进展, 兽类学报, 11 (3): 226—235。
- 岩矿分析编写组, 1991, 岩石矿物分析 (第三版), 地质出版社, 150—167。
- 张金霞、胡凤祖、郑生武、师治贤, 1986, 高原鼯鼠和高原鼠兔血清中钾、钠、钙离子含量的月变化, 高原生物学集刊, (5): 73—78。
- 徐立强, 1987, 生物医学微量元素分析中的采样和样品处理, 中华预防医学杂志, 21 (3): 155—157。
- 魏权凤、孔宪春, 1990, 用红外光谱研究含氟水饲养的大白鼠骨骼, 地质实验室, 6 (2): 125—128。
- Batzli, G. O., 1986, Nutritional ecology of the California vole; effects of food quality on reproduction, *Ecology*, 67 (2): 406—412。
- Fell, G. S., 1984, Accuracy of trace element analysis in biological samples, *Trends anal. Chem.* (7): 9—13。
- Wlostowski, T., W. Chetnicki, W. G. Baldyga and B. Chycak, 1988, Zinc, iron, copper, manganese, calcium and magnesium supply status of free-living bank voles, *Acta Theriologica*, 33 (4): 555—573。

Table 4. The content of calcium and phosphorus and their ratio in skeletons of *M. baileyi* and *M. fontanieri*.

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

Suo Yourui, Yi Fushen and Zhang Baochen

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

This paper deals with the contents of the inorganic macroelements potassium, sodium, calcium, magnesium, phosphorus and aluminium in skeletons of Plateau zoker (*Myospalax baileyi*) and Chinese zoker (*M. fontanieri*). The main results of the studies are as follows:

1. The contents of nutritional macroelements K, Ca, and P in skeleton of Plateau zoker are significantly higher than that in skeleton of Chinese zoker ($P < 0.05$), and the contents of Na, Mg, and Al between Plateau zoker and Chinese zoker are not different ($P > 0.05$). The sequence of macroelement contents in skeletons of Plateau zoker and Chinese zoker is $Ca > P > Mg > Na > K > Al$.

2. The contents of K, Na, Ca, Mg and P in skeletons between Plateau zoker and Chinese zoker are significantly positive correlated ($r = 0.653 \sim 0.983$), but Al is highly negative correlated ($r = -0.817$).

3. The contents of macroelements in different parts of skeletons are greatly different. Macroelements have different distribution in head bone, backbone and leg bone. Total amount of macroelements is head bone $>$ leg bone $>$ backbone.

Key words: Plateau zoker, *Myospalax baileyi*; Chinese zoker, *Myospalax fontanieri*; Skeleton; Inorganic chemical composition; Macroelement