

粒子励起 X 線分析装置 (PIXE) で測定した被毛中微量元素濃度に 及ぼすウマの被毛色の影響

浅野妃美¹⁾、鈴木一由¹⁾、千葉百子²⁾、世良耕一郎³⁾、浅野隆司¹⁾、酒井健夫¹⁾

¹⁾ 日本大学生物資源科学部
〒252-8510 神奈川県藤沢市亀井野 1866

²⁾ 順天堂大学医学部
〒113-8421 東京都文京区本郷 2-1-1

³⁾ 岩手医科大学サイクロトロンセンター
〒020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

1 緒言

微量元素動態におよぼす被毛色の影響については、すでにヒトで報告されている^{1,5,6,9)}。Nowak⁶⁾は、性別にかかわらずブロンドの毛髪中微量元素濃度が最も低いことを報告している。また、イヌ⁴⁾およびウシ³⁾の被毛中微量元素濃度レベルについてもすでに報告がある。例えば、Chyla および Zyrnicki³⁾らはイヌの被毛中微量元素濃度とその被毛色との関連性がヒトのそれに類似していることを示している。従って、被毛中微量元素の分析結果を解釈する際に被毛色について考慮する必要がある。しかし、ウマの被毛中微量元素濃度とウマの被毛色との関係に関する情報はほとんど無い。本章の目的はウマの被毛色が PIXE 法で測定した被毛中微量元素濃度に影響を及ぼすか否かを確認することである。

2 材料および方法

同一乗馬クラブで飼養管理され、身体一般検査および心電図検査により異常が認められなかった 56 頭のウマを供試した。これらの供試ウマの平均年齢 12.0 ± 4.7 歳 (4-23 歳) であった。被毛色の内訳は葦毛 11 頭、栗毛 18 頭および鹿毛 27 頭であり、被毛色はそれぞれ白、茶および黒であった。被毛中微量元素濃度の測定は PIXE を用いて Sera ら^{7,8)}の方法に準じて測定した。

データは平均値 \pm 標準偏差で示す。全ての統計学的解析はパーソナル・コンピューター用統計解析ソフトウェア Stat View 日本語版 ver.5 を用いて行った(Hulinks Japan, Tokyo, Japan)。各被毛色における被毛中微量元素濃度の平均値の差の比較は、一元配置の分散分析法を用いて分散を評価した後、post-hoc テストとして Bonferroni 検定により検討した。全ての統計学的解析において、危険率 5%未満を有意とした。

3 結果

本研究において、PIXE 法によりウマの被毛中から 28 種類の微量元素(Al、Br、Ca、Cl、Co、Cu、Cr、Fe、Ga、Hg、K、Mg、Mn、Mo、Na、Nb、Ni、P、Pb、Rb、S、Se、Si、Sr、Ti、V、Y、Zn)が検出された。別表に各被毛色ウマの被毛中微量元素濃度の平均値を示す。栗毛および鹿毛の有色被毛において、被毛中微量元素濃度に特徴的な差は認められなかった。

葦毛ウマの被毛中微量元素濃度において、Cu、Ti および Zn 濃度が鹿毛のそれらよりも有意に高値を示した($p<0.05$)。葦毛ウマの被毛中 Cu 濃度は $8.209\pm 5.117 \mu\text{g/g}$ であり、栗毛($6.391\pm 0.837 \mu\text{g/g}$, $p<0.05$)および鹿毛($6.330\pm 1.388 \mu\text{g/g}$, $p<0.01$)のそれらと比較して有意に高値を示した。また、葦毛ウマの被毛中 Ti 濃度は $10.006\pm 7.732 \mu\text{g/g}$ であり、栗毛 ($2.603\pm 1.156 \mu\text{g/g}$, $p<0.05$) および鹿毛($3.023\pm 1.501 \mu\text{g/g}$, $p<0.05$)よりも有意に高値を示した。同様に、葦毛ウマの被毛中 Zn 濃度は $269.23\pm 46.17 \mu\text{g/g}$ であり、栗毛および鹿毛の 206.74 ± 54.56 および $189.66\pm 38.11 \mu\text{g/g}$ と比較して有意に高値を示した($p<0.05$)。

葦毛ウマの被毛中 Br、Ca、Se および Sr 濃度は、栗毛および葦毛ウマのそれらと比較して有意に低値を示した。特に、被毛中 Ca 濃度において、葦毛ウマの $895.7\pm 436.3 \mu\text{g/g}$ は、他の被毛色のそれと比較して最低値を示した (栗毛: 1225.2 ± 159.2 , 鹿毛: $1365.2\pm 326.5 \mu\text{g/g}$, $p<0.05$)。被毛中 Sr 濃度も Ca と同様に、葦毛ウマの $1.785\pm 0.476 \mu\text{g/g}$ は他の被毛色ウマと比較して最低値を示した (栗毛: 2.628 ± 0.767 , 鹿毛: $3.577\pm 1.108 \mu\text{g/g}$, $p<0.01$)。

4 考察

我々の知見は、28 元素(Al、Br、Ca、Cl、Co、Cu、Cr、Fe、Ga、Hg、K、Mg、Mn、Mo、Na、Nb、Ni、P、Pb、Rb、S、Se、Si、Sr、Ti、V、Y、Zn)のうち被毛色が被毛濃度に影響を及ぼすものが存在するということである。我々は被毛中 Al、Cl、Co、Cr、Fe、Ga、Hg、K、Mg、Mn、Mo、Na、Ni、Nb、S、Si、P、Pb、Rb、V および Y 濃度は、被毛色に影響を受けないことを明らかにした。その一方で、有色ウマと比較して葦毛ウマの被毛中 Br、Ca、Se および Sr 濃度が低く、Cu、Ti および Zn 濃度が高値を示すことを示した。

被毛の元素組成は被毛色と相関しているものと考えられている。微量元素状態に対する被毛色の影響はすでにヒト^{1,5,6,9)}、ウシ³⁾、イヌ⁴⁾およびポニー²⁾で報告されている。一般的に、ヒトで微量元素含有量が最も高い毛色は黒である^{1,5,6,9)}。イヌの被毛中微量元素濃度を測定した結果もまた、ヒトの毛髪で得られた結果と同様であった⁴⁾。毛髪中 Ca 濃度とその毛色との関係に関する報告は少なくない。ヒトにおいて、性別に関係なく白髪中の Ca 含有量が黒髪のそれよりも少ない¹⁾。また、同一ポニーの有色被毛と白色被毛中 Ca 濃度を比較した報告では、有色被毛の Ca 濃度が白色被毛のそれよりも有意に高値であることを示している²⁾。さらに、Chyla および Zernicki⁴⁾は黒色被毛のイヌの Ca 濃度($1010\pm 11 \mu\text{g/g}$)が灰色被毛中 Ca 濃度($610\pm 5 \mu\text{g/g}$)よりも有意に高値であることを報告した。本研究において、我々は葦毛ウマの被毛中 Ca 濃度が他の有色ウマのそれと比べて低値であったこと、そしてウマの被毛色と Ca との関係がヒト、イヌおよびポニーで行われた報告と同じであったことを認めた。

Christodoulopoulos ら³⁾はホルスタイン種乳牛の白色被毛中 Se 濃度が同一牛の黒色被毛中濃度よりも有意に低値を示すことを報告した。本研究において、ウマでもホルスタイン種乳牛と同様な結果が得られた。従って、我々は Se 欠乏症動物の微量元素動態を評価する際には、ウマの被毛色、特に葦毛のウマを評価する際には注意を払うべきである。近年、被毛中 Ti および Sr 濃度測定が可能になったため、これらの元素動態やその機能については今後の調査結果が待たれる。

葦毛ウマの被毛中には栗毛および鹿毛と比較して Cu、Ti および Zn が大量に含まれ、そして Br、Ca、Se および Sr が少なく、これらの結果はヒト^{1,5,6,9)}およびイヌ⁴⁾の報告と同様であった。従って、ウマの被毛中微量元素濃度を評価する際には、ウマの被毛色、特に葦毛ウマにおいて被毛色に被毛中濃度が影響を受ける元素があるということに注意を払う必要があるということが示唆された。

本データの一部は、*Biological Trace Element Research*, 103, 169-176 (2005)において誌上発表した。

引用文献

1. Bertazzo, A., Costa, C., Biasiolo, M., Allegri, G., Cirrincione, G. and Presti, G. Determination of copper and zinc levels in human hair: influence of sex, age, and hair pigmentation, *Biol. Trace Element Res.* 52, 37-53 (1996)
2. Cape, L. and Hintz, HF. Influence of month, color, age, corticosteroids, and dietary molybdenum on mineral concentration of equine hair, *Am. J. Vet. Res.* 43, 1132-1136 (1982)
3. Christodouloupoulos, G., Roubies, N., Karatzias, H. and Papasteriadis, A. Selenium concentration in blood and hair of Holstein dairy cows, *Biol. Trace Element. Res.* 91, 145-150 (2003)
4. Chyla, MA. and Zyrnicki, W. Determination of metal concentrations in animal hair by the ICP method, *Biol. Trace Element Res.* 75, 187-194 (2000)
5. Dorea, JG. and Pereira, SE. The influence of hair color on the concentration of zinc and copper in boy's hair, *J. Nutr.* 113, 2375-2381 (1983)
6. Nowak, B. Contents and relationship of elements in human hair for a non-industrial population of Poland, *Sci. Total. Environ.* 209: 59-68. 1998.
7. Sera, K., Futatsugawa, S., Matsuda, K. and Miura, K. Standard-free method of quantitative analysis for bio-samples, *Int. J. PIXE.* 6, 467-481 (1996)
8. Sera, K., Futatsugawa, S. and Matsuda, K. Quantitative analysis of untreated bio-samples, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B.* 150, 226-233 (1999)
9. Sturaro, A., Parvili, G., Doretto, L., Allegri, G. and Costa, C. The influence of color, age, and sex on the content of zinc, copper, nickel, manganese, and lead in human hair, *Biol. Trace Element. Res.* 40, 1-8 (1994)

別表 被毛色と被毛中微量元素濃度の比較

	合計 (n=56)		葦毛 (n=11)		栗毛 (n=18)		鹿毛 (n=27)	
	mean	± sd						
Al	72.868	± 61.657	81.112	± 16.001	59.943	± 26.419	65.529	± 43.479
Br	22.423	± 10.251	14.227	± 8.604	23.824	± 9.700	24.341	± 10.655*
Ca	1288.4	± 340.6	895.7	± 436.3	1225.2	± 159.2	1365.2	± 326.5*
Cl	4279.0	± 2116.7	2910.0	± 2391.0	4394.5	± 1469.0	4666.4	± 2267.7
Co	0.173	± 0.276	0.235	± 0.384	0.123	± 0.138	0.193	± 0.304
Cr	0.428	± 0.332	0.702	± 0.365	0.412	± 0.341	0.375	± 0.306
Cu	6.546	± 2.162	8.209	± 5.117	6.391	± 0.837	6.330	± 1.388*
Fe	35.101	± 35.459	53.288	± 28.294	24.220	± 7.384	30.363	± 16.426
Ga	0.265	± 0.272	0.472	± 0.484	0.146	± 0.226	0.269	± 0.239
Hg	0.425	± 0.603	0.531	± 0.496	0.251	± 0.564	0.412	± 0.592
K	1316.6	± 1288.7	706.8	± 672.5	1747.3	± 1824.9	1385.4	± 1295.5
Mg	109.74	± 85.73	102.58	± 73.83	83.04	± 34.45	117.99	± 103.39
Mn	1.236	± 1.115	2.006	± 1.753	0.795	± 0.609	1.204	± 1.109
Mo	0.382	± 0.520	0.476	± 0.556	0.414	± 0.657	0.333	± 0.454
Na	331.51	± 249.50	260.23	± 207.84	314.34	± 166.64	361.21	± 293.10
Nb	0.294	± 0.452	0.409	± 0.411	0.179	± 0.453	0.399	± 0.493
Ni	0.387	± 0.528	0.528	± 0.552	0.639	± 0.578	0.330	± 0.523
P	293.95	± 81.02	277.30	± 112.57	296.53	± 52.92	288.87	± 81.41
Pb	1.036	± 1.275	1.580	± 2.067	1.507	± 1.591	0.833	± 0.943
Rb	1.094	± 1.272	0.996	± 1.679	1.263	± 1.301	1.139	± 1.295
S	30253	± 5691	35083	± 2222	31768	± 2431	28767	± 6538
Se	0.581	± 0.346	0.364	± 0.384	0.504	± 0.384	0.658	± 0.299*
Si	102.35	± 66.35	138.57	± 92.50	116.39	± 66.83	90.40	± 64.98
Sr	3.170	± 1.151	1.785	± 0.476	2.628	± 0.767*	3.577	± 1.108*
Ti	3.770	± 3.762	10.006	± 7.732	2.603	± 1.156*	3.023	± 1.501*
V	0.288	± 0.431	0.180	± 0.382	0.177	± 0.307	0.295	± 0.362
Y	0.244	± 0.331	0.238	± 0.323	0.312	± 0.307	0.258	± 0.362
Zn	200.90	± 47.78	269.23	± 46.17	206.74	± 54.56*	189.66	± 38.11*

Unit: µg/g. a: p<0.05 vs 葦毛.