□ 解剖学 □ 原 著

タテガミヤマアラシとパカにみられた8頸椎

稲葉 智之

日本獣医畜産大学 〒180-0023 東京都武蔵野市境南町1-7-1

連絡先：〒120-0003 東京都足立区東和4-17-13

(1997.12.12 受付, 1997.12.22 受理)

Two Cases of 8 Cervical Vertebrae
in the Porcupine and the Paca

Tomoyuki INABA

Nippon Veterinary and Animal Science University

1-7-1 Kyonan-cho, Musashino-shi, Tokyo, 180-0023 Japan

ABSTRACT. 8 cervical vertebrae is rare change and there are little reports in it's figure. Two cases of 8 cervical vertebrae were found in a series of 2 porcupines (*Hystrix cristata*) and 5 pacas (*Agouti paca*). The vertebral formula of normal porcupine is 7 cervical vertebrae, 15 thoracic vertebrae, 4 lumbar vertebrae, 4 sacrum vertebrae, 14 caudal vertebrae, but 8 cervical vertebrae specimen reduced one thoracic vertebra. It seems that 8 cervical vertebrae of porcupine may be occurred single homeotic transformation by Hoxb-5 or Hoxa-6. Although the normal paca's vertebrae formula is 7 cervical vertebrae, 13 thoracic vertebrae, 6 lumbar vertebrae, 5 sacrum vertebrae, 7 caudal vertebrae, but 8 cervical vertebrae specimen reduced one lumbar vertebra. It seems that 8 cervical vertebrae of paca may be occurred double homeotic transformations by Hoxb-5 or Hoxa-6 and from Hoxc-6 to Hoxa-10.

Key words : paca, porcupine, 8 cervical, Hox gene

Jpn. J. Zoo Wildl. Med. 3(1) : 43-47, 1998

序 論

哺乳動物の頸椎数が7個である理由は不明であるが、他の椎骨に比べ変異が少なく、個体レベルでもほぼ一定している。その中でも、頸椎が減少して6個となっている動物種としては、マナティ(*Trichechus latirostris*)とホフマンナマケモノ(*Choloepus hoffmanni*)の2種類が、増加して頸椎が8~10個となっている動物種としてはミユビナマケモノ(*Bradypus tridactylus*)が知られている [1, 2, 3]。

一方、霊長目における頸椎数の変異をみると、原猿類では6頸椎が2.0%に対して8頸椎は1.2%みられ、真猿類でも6頸椎の0.6%に対して8頸椎は0.2%みられたとの報

告があり [4]、頸椎数の増減は決して珍しい異常ではないと思われる。しかし、増加した頸椎の形態およびその原因に関する報告は少ない。

今回、国内の動物園で繁殖した2種類の齧歯類に8頸椎をみつけたので報告する。

材料と方法

使用動物

札幌市円山動物園で繁殖し天王寺動物園で飼育されていた雌1例と、同じく円山動物園で生れ安佐動物公園で飼育されていた雄1例のアフリカタテガミヤマアラシ(*Hystrix cristata*)を使用した。また、伊豆シャボテン公園で繁殖し長

稲葉 智之

崎バイオパークで飼育されていた雄2例、雌3例のパカ (*Agouti paca*) を使用した。

なお、ヤマアラシは2例共寿命を全うした高齢個体であり、パカは5例共事故により死亡した成熟個体であったが、年齢に関しては不明であった。

標本作製

動物は、各動物園で剖検後、胸腔および腹腔臓器を除去して凍結されたものを入手した。標本は、剥皮後全身の骨の配列を確認しながら除肉を行った。その後、定法に従い熱処理、蛋白分解酵素処理、過酸化水素水による漂白、有機溶媒による脱脂などの処理を行い、全身の観察用骨格標本作製した [5, 6]。

結 果

アフリカタゲミヤマアラシとパカそれぞれの雌1例に8頸椎を認めた。

アフリカタゲミヤマアラシの椎骨数は、7頸椎例の雄では胸椎15、腰椎4、仙椎4、尾椎14であったが、8頸椎のみられた雌では胸椎14、腰椎4、仙椎4、尾椎14と雄に比べ胸椎数が1個減少していた。頸椎の形態をみると、8頸椎例の第七頸椎は第六頸椎と同じように頸肋の遺残ともいわれる腹結節が発達しており、第七頸椎の左側には大きな腹結節が、右側には小さな腹結節がみられた(図1)。

第七頸椎に形成された腹結節の影響により、椎体そのものは若干の変形を起こし、腹側面からみると頸椎の整列は乱れていた。また、第七頸椎では、胸椎骨の内側肋骨窩に相当する部位(頸肋の部位)に、左右で前方へ向かう痕跡状の突起がみられた。さらに、軸椎と第五頸椎から第八頸椎までの棘突起が発達しており、第一胸椎の棘突起は7頸椎例の第二胸椎にみられる棘突起と同程度の大きさがあった(図2)。第八頸椎横突起腹側に肋骨窩の形成はなく、7頸椎例では第七頸椎以降の椎骨にみられた後関節窩が第八頸椎以降に観察され、頸肋はみられなかった。

パカの椎骨数は、7頸椎の4例では胸椎13、腰椎6、仙椎5、尾椎6~8であり、8頸椎例では胸椎13、腰椎5、仙椎5、尾椎7であった。頸椎の形態をみると、アフリカタゲミヤマアラシと同じように、8頸椎例の第七頸椎には横突起に腹結節がみられ、後関節窩は第八頸椎以降に観察された(図3)。一方、7頸椎例の中にも第七頸椎に横突起の腹結節が形成されている例がみられたが、第六頸椎の腹結節に比

図1 アフリカタゲミヤマアラシの頸椎を腹側よりみる
上：7頸椎例の雄，下：8頸椎例の雌，星印は第七頸椎を示す。8頸椎例では、第六頸椎と第七頸椎に腹結節がみられる。

図2 アフリカタゲミヤマアラシの頸椎を左側よりみる
上：7頸椎例の雄，下：8頸椎例の雌，星印は第七頸椎を示す。8頸椎例の第一胸椎棘突起は、7頸椎例の第二胸椎と同程度の大きさがある。

ヤマアラシとパカの8頸椎

図3 パカの頸椎を腹側よりみる

上：7頸椎例の雄，下：8頸椎例の雌，星印は第七頸椎を示す。8頸椎例では，第六頸椎と第七頸椎に腹結節がみられる。

図4 パカの頸椎を腹側よりみる

上：7頸椎例の雌，下：8頸椎例の雌，星印は第七頸椎を示す。7頸椎例にも8頸椎例と同様に第六頸椎と第七頸椎に腹結節がみられるが，第七頸椎の腹結節は第六頸椎に比べて小さい。

図5 パカの頸椎を左側よりみる

上：7頸椎例の雄，下：8頸椎例の雌，星印は第七頸椎を示す。7頸椎例と8頸椎例の棘突起で，大きさに違いはみられない。

べ小さかった(図4)。なお，棘突起の高さは，8頸椎例でも7頸椎例と特に違いはみられなかった(図5)。

頸椎横突起に形成される横突孔は，パカの7頸椎例で極端に細い例がみられるものの，アフリカタテガミヤマアラシ，パカ共に最後の頸椎(8頸椎例では第八頸椎)まで観察された。

考 察

札幌市円山動物園は，1977年に日本で初めてアフリカタテガミヤマアラシの繁殖に成功し，日本動物園水族館協会繁殖賞を受賞した。その後同園で累代繁殖が行われたアフリカタテガミヤマアラシは，オーストラリア産動物の飼育スペース確保のために同園から日本各地の動物園へ分与された[円山動物園よりの私信]。今回調べたアフリカタテガミヤマアラシは2例共に円山動物園繁殖個体であり，離乳直後より天王寺動物園で飼育された1例に8頸椎がみられた。

Flower は，博物館に所蔵されていた各種哺乳動物の骨格標本を調べ，アフリカタテガミヤマアラシは頸椎7，胸椎15，腰椎4，仙椎4，尾椎12と報告している[7]。今回調

べたアフリカタテガミヤマアラシでは、尾椎数が14であった以外7頸椎例の雄はFlowerの報告に一致していた。

哺乳動物の先天異常の一つに頸肋が知られており、変異に分類されるほど高い頻度で発生する。第七頸椎に肋骨が形成される頸肋は、第七頸椎の胸椎化であり、ある意味では頸椎数の減少とみなされる[8]。また、頸椎骨が癒合する動物は多数知られており、クジラ類のほかにアルマジロ類、新大陸産ヤマアラシ類などでは動物種の特徴ともなっている。先天異常としての発生頻度は低いものの我々もクロオマーモセツト(*Callithrix argentata*)、ヨツメオポッサム(*Philander opossum*)などに頸椎癒合をみつけている[未発表]。これもまた頸肋と共に頸椎数の減少と考えられる[9]。一方、第一肋骨が形成不全となり胸椎が頸椎化する異常は、一部の化学物質によっても引き起こされることが報告されている[10]。8頸椎のみられたタテガミヤマアラシは、胸椎数の減少に伴う頸椎数の増加と判断され、化学物質投与による異常と同様の胸椎の頸椎化による変化と考えられた。

また、Flowerはパカの椎骨数を、頸椎7、胸椎13、腰椎6、仙椎5、尾椎7以上と報告している[7]。今回調べたパカでは、尾椎数に変異がみられたもののその他の椎骨数は7頸椎の4例ではこの報告に一致していた。一方、8頸椎のみられたパカでは、頸椎数の増加と共に腰椎数の減少がみられたことより、胸椎全体の前方変異による変化と考えられた。

8頸椎の生じた原因についてみると、哺乳動物の椎骨は、前方から頸椎、胸椎、腰椎、仙椎および尾椎が区別され、それぞれの分節で特徴的な形態を示す。その発生過程をみると、体節中胚葉に由来する椎骨原基は体軸の部位に応じて形態変化を行うが、例えばホメオボックス遺伝子の組み合わせが同じ第三頸椎から第五頸椎では似た形態を示す[11]。

このホメオボックス遺伝子群は、個体発生過程で体軸にそった形態形成を決定しているが、その配列順序は染色体上の遺伝子の位置とほぼ一致している[12]。このホメオボックス遺伝子を実験的にずらすと、対応する領域の椎骨形態も変化することが知られている[13, 14]。一方、ホメオボックス遺伝子の欠損では、本来みられる表現型よりも頭側の形態を発現する前方ホメオティック変異と、本来の表現型よりも尾側の形態を発現する後方ホメオティック変

異がみられ[15]、ノックアウトマウスの実験では、Hoxb-5とHoxa-6は第一胸椎を第七頸椎の形態とし、Hoxc-8やHoxa-10は第一腰椎を第十三胸椎(最後胸椎)の形態にすることが知られている[13, 16, 17, 18]。8頸椎のみられた2例をみると、どちらの動物種も少数のファウンダーで長期間の維持繁殖が行われていたことから、近親交配による近交退化が起きていた可能性が考えられ、タテガミヤマアラシの8頸椎例ではHoxb-5からHoxa-6にかけて、パカの8頸椎例ではさらにHoxc-8からHoxa-10にかけての異常が重複して起きていた可能性が示唆された。なお、パカでは7頸椎例の第七頸椎にも腹結節の形成がみられる例があったが、これはHoxa-6の一つ前に存在するHoxc-6が腹結節の形成に関与していることから、この遺伝子の異常の可能性が考えられた。

外観上特に異常の見られなかった個体に8頸椎を認めたことから、動物園等で野生動物の維持・繁殖を行っていく場合、死産率、疾病罹患率など以外に、生前のレントゲン検査や死亡後の骨格標本検査などの形態に関する検討も重要と考えられた。

要 約

アフリカタテガミヤマアラシとパカに8頸椎を認めた。アフリカタテガミヤマアラシの8頸椎は、7頸椎例に比べて胸椎数が1個減少していたことから、第一胸椎の頸椎化によるものと考えられた。一方、パカの8頸椎は、7頸椎例に比べて腰椎数が1個減少していたことから、胸椎全体の前方変異が考えられた。

原因としては、近親交配による遺伝子異常の可能性が示唆され、タテガミヤマアラシの8頸椎例ではHoxb-5からHoxa-6にかけて、パカの8頸椎例ではさらにHoxc-8からHoxa-10にかけての異常が重複して起きたことによるホメオティック変異の可能性が考えられた。

キーワード: 8頸椎症, アフリカタテガミヤマアラシ, 先天異常, パカ, ホメオボックス遺伝子

謝 辞

文献調査にご協力頂いた国立科学博物館の遠藤秀紀博士と財団法人東京動物園協会の持丸依子さん並びに貴重な文献をご紹介頂いた東京大学総合研究博物館の神谷敏郎博士に感謝致します。また、今回報告した標本を提供頂いた長

ヤマアラシとパカの8頸椎

崎バイオパーク株式会社の木村友佳理獣医師，大阪市天王寺動植物公園事務所の宮下実博士，広島市安佐動物公園の大丸秀士獣医師を始め，骨格研究にご協力頂いている動物園・水族館など，関係各位に深謝致します。

引用文献

1. Britton SW. 1941. Form and function in the sloth. *Quart Rev Biol*, 16 : 190-207.
2. Miller RA. 1935. Functional adaptations in the fore-limb of the sloth. *J Mammal*, 16 : 38-51.
3. Quiring DP, Harlan CF. 1953. On the anatomy of the manatee. *J Mammal*, 34 : 192-203.
4. Schultz AH. 1961. Vertebral column and thorax. *Primatologia*, 6 : 1-66.
5. 八谷 昇, 大泰司紀之. 1992. 蛋白分解酵素を用いた骨格標本作製法. 解剖誌, 67 : 107-114.
6. 桜井秀雄, 阿部修二. 1985. 蛋白分解酵素による晒骨方法の実際. 解剖誌, 61 : 627-629.
7. Flower WH. 1885. An Introduction to the Osteology of the Mammalia. Macmillan, London.
8. Nakatsuka T, Horimoto M, Ito M, Matsubara Y, Akaike M, Ariyuki F. 1997. Japan pharmaceutical manufacturers association survey on background control data of developmental and reproductive toxicity studies in rats, rabbits and mice. *Cong Anom*, 37 : 47-138.
9. Ray CE. 1958. Fusion of cervical vertebrae in the Erethizontidae and Dinomyidae. *Breviora Mus Comp Zool*, 97, 1-11.
10. 長岡隆晴, 望月泰男, 高塚和彦, 大須賀ふくよ, 奈良間功. 1979. 2・3の薬物によって出現したラット胎仔の頸椎数の変化について. 先天異常, 19 : 177-178.
11. Kessel M. 1992. Respecification of vertebral identities by retinoic acid. *Development*, 115 : 487-501.
12. McGinnis W, Krumlauf R. 1992. Homeobox genes and axial patterning. *Cell*, 68 : 283-302.
13. Le Mouellie H, Lallemand Y, Brulet, P. 1992. Homeosis in the mouse induced by a null mutation in the Hox-3.1 gene. *Cell*, 69 : 251-264.
14. 倉谷 滋, 松尾 勲, 相沢慎一. 1996. 頭蓋骨のかたちを決める機構—「分子」と「かたち」のきずな. 実験医学, 14 : 1318-1324.
15. 金藤直樹, 山口 朗. 1996. 骨形成因子 BMP と骨格異常. 実験医学, 14 : 1459-1464.
16. Rancourt DE, Tsuzuki T, Capecchi MR. 1995. Genetic interaction between hoxb-5 and hoxb-6 is revealed by nonallelic noncomplementation. *Genes and Dev*, 9 : 108-122.
17. Fromental-Ramain C, Warot X, Messadecq N, LeMeur M, Dolle P, Chambon, P. 1996. Hoxa-13 and Hoxd-13 play a crucial role in the patterning of the limb autopod. *Development*, 122 : 461-472.
18. Satokata I, Benson G, Mass R. 1995. Sexually dimorphic sterility phenotypes in Hoxa 10-deficient mice. *Nature*, 374 : 460-463.