

应用骨髓脂肪指数评价狍冬季体状况

王力军¹ 洪美玲^{1,2} 肖向红³ 马建章^{3*}

(1 海南师范学院生物系 海口, 571158) (2 华东师范大学生命科学学院, 上海, 200062)

(3 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨, 150040)

关键词: 狍; 骨髓脂肪指数; 肾脂肪指数; 体状况; 冬季

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2004) 04 - 0353 - 04

Using Marrow Fat Index to Assess Roe Deer (*Capreolus capreolus*) Body Condition during Winter

WANG Lijun¹ HONG Meiling^{1,2} XIAO Xianghong³ MA Jianzhang^{3*}

(1 Department of Biology, Hainan Normal University, Haikou, 571158)

(2 College of Life Sciences, East China Normal University, Shanghai, 200062)

(3 College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin, 150040)

Abstract: Fat content of bone marrow has long been related to physiological condition in deer. To assess body condition of roe deer (*Capreolus capreolus*), marrow fat index was employed. Tibiae, radii, metacarpal and metatarsal bones of 6 roe deer were collected in Xiaodong Forestry Region during winter season in 1999, the marrow fat contents were analyzed by use of ether extraction, oven drying, and reagent-drying method respectively, and the ages were determined by dental cementum. The results of comparison of marrow fat content for each bone after ether extraction, oven drying, and reagent-drying indicated a high degree of similarity ($P > 0.05$). No significant differences existed between the tibia and radius, metacarpal and metatarsal bone ($P > 0.05$). Low level of bone marrow fat content ($54.93 \pm 30.88\%$, measured by ether extraction method for tibia) meant that roe deer remained in a phase of undernutrition. Under low crude protein and energy content of natural vegetation and low digestibility of browse during winter, roe deer relied primarily on diet and its fat stores to partially meet energy requirements. As roe deer's nutritional status declined, its body fat stores were mobilized and depleted, which can be reflected by the low kidney fat content ($12.50 \pm 8.34\%$). Marrow fat index along with kidney fat index can be useful as a indicator in assessing roe deer's body condition.

Key words: Roe deer (*Capreolus capreolus*); Marrow fat index; Kidney fat index; Body condition; Winter

目前, 有蹄类体状况的评价方法主要有整体脂肪指数 (Whole body fat, WBF)^[1,2]、肾脂肪指数 (Kidney fat index, KFI)^[3-10]、骨髓脂肪指数 (Marrow fat index, MFI)^[11-21]、尿液及雪尿分析技术 (Urine analysis)^[22,23] 和瘤胃粘膜表面扩张系数 (Surface enlargement factor, SEF)^[24], 可直接或间接地反映体脂肪的蓄积情况, 并在一定程度上反映有蹄类所处环境的食物质量和营养压力。鹿科反刍动物对脂肪的蓄积和消耗具有一定的顺序, 可视脂肪最先蓄积在心脏的基部及冠状沟附近, 其次为心包

膜、网膜、肾周围及皮下背部及腹部, 而脂肪被消耗的顺序依次为皮下、网膜、肾及骨髓, 在突然的疾病等条件下, 会同时消耗动物身体各部分脂肪, 脂肪颜色由蓄积时的白色逐渐变为被消耗时的黄色或红色^[11,12]。

骨髓脂肪作为有蹄类营养蓄积的一种形式, 只有当大部分的肾脂肪被消耗时才被动物所利用^[11,12,16]。骨髓脂肪是动物处于营养恶劣状态时待消耗的最后资源, 它的下降在一定程度上反映动物营养蓄积的耗尽程度, 并间接反映所处环境的营

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39770123)

作者简介: 王力军 (1974 -), 男, 硕士, 讲师, 主要从事有蹄类营养生态学研究。

收稿日期: 2003 - 11 - 21; 修回日期: 2004 - 03 - 08

* 通讯作者

养压力变化。因此可将较低含量的骨髓脂肪作为有蹄类长期营养不良的指标^[2,4,11,12,16,18]。

狍 (*Capreolus capreolus*) 属于偶蹄目鹿科, 是东北常见的一种中小型反刍动物, 冬季严酷的生存条件和人为的大量滥捕乱猎, 使狍分布区逐渐缩小, 数量急剧下降^[25]。在冬季狍的植物性食物中的纤维含量高、食物资源可利用性低、食物营养质量下降; 此时狍的营养状况在相当大的程度上决定着它们的生存和繁殖^[26]。本研究应用骨髓脂肪指数并结合肾脂肪指数评价 1999 年小东林场狍的冬季营养状况, 为东北地区狍种群的科学管理和保护以及种群营养监测提供基础资料。

1 研究地区自然概况

小东林场位于黑龙江省通河县兴隆林业局施业区东部, 地理坐标为 128°20'23" ~ 128°44'41" E、46°10'03" ~ 46°19'46" N。主要为低山丘陵区, 境内最高海拔 1 127 m, 平均海拔 438.8 m, 气候属于湿润性季风气候, 年平均气温 0.8℃, 积温 2 200℃, 降水量 720 mm, 无霜期为 110 d。林区原生植被属于小兴安岭—老爷岭植被区, 小兴安岭—张广才岭亚区。代表性植被为红松阔叶混交林, 针阔混交林、阔叶混交林、杨桦林。主要树种有红松 (*Pinus koraiensis*)、云杉 (*Picea asperata*)、冷杉 (*Abies fabri*)、柞 (*Quercus mongolica*)、白桦 (*Betula platyphylla*)、杨 (*Populus spp.*)、榆 (*Ulmus pumila*)、椴 (*Tilia tuan*) 等。下木主要有毛榛 (*Corylus mandshurica*)、平榛 (*Corylus heterophylla*)、忍冬 (*Lonicera spp.*) 等, 蔓生藤缘植物主要有山葡萄 (*Vitis amurensis*)、五味子 (*Schizandra chinensis*)、猕猴桃 (*Actindia spp.*) 等。此外还有种类繁多的草本植物和蕨类植物。

2 材料与方法

1999 年 1 月在黑龙江省通河县小东林场选择狍的不同类型生活环境, 依据其在雪地上留下的新鲜足迹链进行追踪, 猎取 6 只狍, 立即在野外进行体状况的取样和称重, 并依据狍个体大小和第一下门齿白垩质切片判定狍的年龄, 将其划分为幼体 (0~11 个月)、亚成体 (12~23 个月) 和成体 (24 个月以上)^[10]。

根据鉴定本次猎取的狍年龄均为 2~3 年龄段的成体。

2.1 肾脂肪指数

应用 Riney^[3]和 Johns 等^[8]方法, 分别取狍 2 个肾, 剔除肾周围组织和脂肪, 并对肾及肾周围脂肪进行称重, 精确度为 0.1g。计算公式为: 肾脂肪指数 (KFI) = 肾周围脂肪重/肾重 × 100。

2.2 骨髓脂肪指数

野外各取其桡骨、掌骨、跖骨、胫骨的未损坏样本, 用塑料密封袋在 -20℃ 下保存, 防止骨髓中水分损失而影响其内脂肪的含量。取不同部位骨骼中央部分骨髓 5~10 g, 精确度为 0.001 g, 骨髓脂肪含量分别应用索氏抽脂法^[13]、烘干法^[15,19]、试剂干燥法^[14]进行测定。

2.3 数据处理方法

应用非参数 Kruskal - wallis 检验对狍骨髓含量的不同测定方法之间进行差异显著性比较, 应用 Mann - Whitney U 检验对不同骨骼脂肪含量进行差异显著性比较, 显著水平为 $\alpha = 0.05$ 。所有统计学检验均在 SPSS11.0 上进行。

3 结果

由于所猎取狍都处于 2~3 年龄段, 故作为一个整体进行数据处理和分析。

骨髓脂肪含量分析结果表明烘干法、试剂干燥法和索氏抽脂法之间差异不显著 ($P = 0.165$) (表 1); 胫骨和桡骨 ($P = 0.749$)、掌骨和跖骨 ($P = 0.591$) 之间的骨髓脂肪含量差异不显著; 而胫骨与掌骨、胫骨与跖骨, 桡骨与掌骨、桡骨与跖骨之间差异显著 ($P < 0.05$)。胫骨和桡骨是狍骨骼中较大的长骨, 它们的骨髓脂肪含量高于掌骨和跖骨。由于 3 种骨髓脂肪含量测定分析方法之间差异不显著, 因而任意 1 种测定方法对胫骨骨髓脂肪含量的分析结果都可以作为狍冬季体状况的评价指标。

图 1 所示狍肾脂肪指数 (KFI) 全部低于 30, 平均为 12.50 ± 8.34 ($n = 6$), 最高值为 29.92, 最低值为 6.06。应用索氏抽脂法分析得到的胫骨骨髓脂肪含量为 $54.93 \pm 30.88\%$, 变动范围为 12.91% ~ 85.95%。

表 1 用 3 种方法分析狗不同骨骼部位的骨髓脂肪含量 (N=6)
Table 1 Marrow fat content in different skeleton of roe deer analyzed using three methods (%)

项目 Items	胫骨 Tibia	桡骨 Radius	掌骨 Metacarpal	跖骨 Metatarsal
烘干法 Oven-drying	58.46 ±32.75 ^a	57.51 ±33.56 ^a	52.72 ±30.51 ^b	53.71 ±30.93 ^b
试剂干燥法 Reagent-drying	61.12 ±33.14 ^a	58.16 ±34.03 ^a	56.59 ±32.98 ^b	56.71 ±33.05 ^b
索氏抽脂法 Ether extraction	54.93 ±30.88 ^a	55.09 ±31.16 ^a	49.70 ±30.38 ^b	52.74 ±30.95 ^b

注: 同一排或同一列上标字母相同表示相互之间差异不显著 ($P>0.05$)

Note: The same superscript in a same row or column means no difference ($P>0.05$)

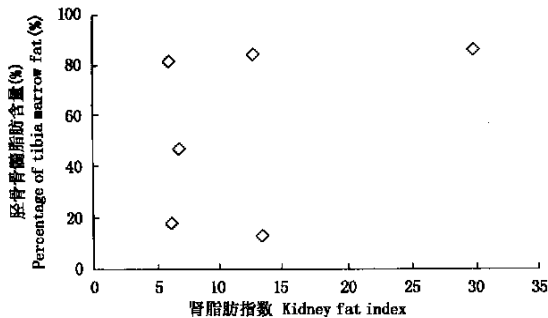


图 1 狗肾脂肪指数与胫骨骨髓脂肪含量关系
Fig. 1 Relation between KFI and percentage of tibia marrow fat of roe deer

4 讨论

骨髓由水、脂肪及非脂肪残余物 3 种成分构成, 非脂肪成分在骨髓中所占比例很低^[19]。索氏抽脂法、烘干法和试剂干燥法三者区别在于是否考虑并剔除骨髓中非脂肪残余物的重量, 索氏抽脂法应用乙醚脱脂, 脱脂前后样品重量差值能准确反映骨髓中脂肪的含量, 所以比较真实可靠^[13]; 烘干法和试剂干燥法则忽略骨髓中非脂肪残余物的成分^[14,19], 粗略估计骨髓中的脂肪百分含量。Hunt 应用烘干法和试剂干燥法测定驼鹿 (*Cervus canadensis*) 股骨脂肪含量时发现, 两种方法差异不显著, 但试剂干燥法对样本中脂肪的测定值相对偏高^[15]。通常骨髓脂肪指数评价中采用股骨进行, 而 Petersen^[21]在研究驼鹿时发现股骨和肱骨的脂肪含量少于胫骨和桡骨, 胫骨和跖骨少于桡骨和掌骨, 因而这些长骨都可以被应用测定鹿科动物的骨髓脂肪指数。对于小东林场 6 只狗的胫骨、桡骨、

掌骨和跖骨分别应用索氏抽脂法、烘干法和试剂干燥法测定骨髓中脂肪含量, 差异不显著, 但索氏抽脂法得到的骨髓脂肪含量相对低于其它两种方法, 从试剂干燥法得到的脂肪含量略有偏高 (见表 1)。另胫骨与桡骨、掌骨与跖骨的骨髓脂肪含量之间差异不显著, 因而在应用骨髓脂肪指数进行有蹄类体状况评价时可作为一个有力的参数, 用以校正骨髓取样中所产生的偏差。

骨髓脂肪作为有蹄类脂肪蓄积的一种形式, 尤其是处于营养恶劣状态下有蹄类的最后待消耗的能量源, 并不能为动物体提供较长时间的能量供应, 当肾脂肪出现明显下降时, 骨髓脂肪也随之被动物体所利用, 此时有蹄类会表现出较低含量的骨髓脂肪。Ransom^[4]认为将肾脂肪指数与骨髓脂肪指数结合可以对白尾鹿 (*Odocoileus virginianus*) 是否处于营养不良状态进行有效估计, 指出当 KFI 值低于 30 时应采用骨髓脂肪指数对动物体进行体状况评价。小东林场狗的 KFI 都小于 30, 说明肾脂肪水平较低, 它必需通过消耗自身体脂肪来补充其能量需求, 此时狗的胫骨骨髓脂肪含量为 $54.93 \pm 30.88\%$, 变动范围为 $12.91\% \sim 85.95\%$, 即骨髓脂肪出现明显下降, 狗正处于营养不良状态。

对骨髓脂肪取样时发现只有 1 只狗的骨髓脂肪呈固体、白色蜡状, 依据颜色判定其骨髓脂肪含量在 $85\% \sim 98\%$ 左右, 动物处于早期营养不良阶段^[12,13]; 而其它狗个体骨髓多呈粉红色、不透明、凝胶状, 甚至出现黄色、透明、凝胶状, 表明骨髓脂肪含量在 $15\% \sim 85\%$ 之间或更低, 动物已耗尽脂肪蓄积, 正处于营养不良阶段^[12,13], 通过雪尿分析技术也得以证实^[22]。Mech 和 DelGudice^[18]认

为骨髓脂肪的任何损失都表明动物处于营养不良状态之中, 因为有蹄类骨髓脂肪为其维持生命活动所提供的能量甚微, 一只拥有 100% 骨髓脂肪的鹿仅能维持其生命 1~2 d, 此观点在 Holand^[6] 研究欧洲狍体状况中也得到证实。

冬季狍的食物营养质量处于一年中最低的水平, 植物性食物纤维含量高、食物可利用性低, 使得狍难于获得充足的外源蛋白质和能量, 因而秋末冬初狍的体脂肪蓄积就成为直接影响其能否越冬的关键^[26], 通过对狍种群的体状况监测, 及时了解 and 掌握狍种群的营养状况与环境中食物之间的营养关系, 采取相应措施, 使其朝有利于管理的方向发展。

参考文献:

- [1] Torbit S C, Carpenter L H, Bartmann R M, Alldredge A W, White G C. Calibration of carcass fat indices in wintering mule deer [J]. *J Wildl Manage*, 1988, **52** (4): 582-588.
- [2] Depperschmidt J D, Torbit S C, Alldredge A W, Deblinger R D. Body condition indices for starved pronghorns [J]. *J Wildl Manage*, 1987, **51** (3): 675-678.
- [3] Riney T. Evaluating condition of free-ranging red deer (*Cervus elaphus*) with special reference to New Zealand [J]. *N Z J Sci Technol*, 1955, **36** (3): 429-463.
- [4] Ransom A B. Kidney and marrow fat as indicators of white-tailed deer [J]. *J Wildl Manage*, 1965, **29** (2): 397-398.
- [5] Dauphin é T C. Kidney weight fluctuations affecting the kidney fat index in caribou [J]. *J Wildl Manage*, 1975, **39** (2): 379-386.
- [6] Holand O. Fat indices versus ingesta-free body fat in European roe deer [J]. *J Wildl Manage*, 1992, **56** (2): 241-245.
- [7] Anderson A E, Bowden D C, Medin D E. Indexing the annual fat cycle in a mule deer population [J]. *J Wildl Manage*, 1990, **54** (4): 550-556.
- [8] Johns P E, Smith M H, Chesser R K. Annual cycles of the kidney fat index in a Southeastern white-tailed deer herd [J]. *J Wildl Manage*, 1984, **48** (3): 969-973.
- [9] Finger S E, Brisbin IL JR., Smith M H. Kidney fat as a predictor of body condition in white-tailed deer [J]. *J Wildl Manage*, 1981, **45** (4): 964-968.
- [10] Hewison A J M, Anglbault J M, Boutin J, Bideau E, Vincent J P, Semp é é A. Annual variation in body composition of roe deer (*Capreolus capreolus*) in moderate environmental conditions [J]. *Can J Zool*, 1996, **74** (2): 245-253.
- [11] Kistner T P, Trainer C E, Hartmann N A. A field technique for evaluating physical condition of deer [J]. *Wildl Soc Bull*, 1980, **8** (1): 11-17.
- [12] Harris D. Symptoms of malnutrition in deer [J]. *J Wildl Manage*, 1945, **9** (4): 319-322.
- [13] Cheatum E L. Bone marrow as an index of malnutrition in deer [J]. *New York State Conserv*, 1949, **3** (5): 19-22.
- [14] Verme L J, Holland J C. Reagent-dry assay of marrow fat in white-tailed deer [J]. *J Wildl Manage*, 1973, **37** (1): 103-105.
- [15] Hunt H M. Comparison of dry-weight methods for estimating elk femur marrow fat [J]. *J Wildl Manage*, 1979, **43** (2): 560-562.
- [16] Franzmann A W, Arneson P D. Marrow fat in Alaskan moose femurs in relation to mortality factors [J]. *J Wildl Manage*, 1976, **40** (2): 336-339.
- [17] Fong D W. Seasonal variation of marrow fat content from Newfoundland moose [J]. *J Wildl Manage*, 1981, **45** (2): 545-548.
- [18] Mech L D, DelGudice G D. Limitations of the marrow-fat technique as an indicator of body condition [J]. *Wildl Soc Bull*, 1985, **13** (2): 204-206.
- [19] Neiland K A. Weight of dried marrow as indicator of fat in caribou femurs [J]. *J Wildl Manage*, 1970, **34** (4): 904-907.
- [20] Greer K R. A compression method indicates fat content of elk (wapiti) femur marrows [J]. *J Wildl Manage*, 1968, **32** (4): 747-751.
- [21] Reterson R O. Depletion of boone marrow fat in moose and a correction for dehydration [J]. *J wildl Manage*, 1982, **46** (2): 547-551.
- [22] 王力军, 马建章, 洪美玲, 肖向红. 应用雪尿分析技术评价不同类型栖息地中狍冬季的营养状况 [J]. *兽类学报*, 2003, **23** (2): 110-114.
- [23] DelGudice G D, Mech L D, Seal U S. Physiological assessment of deer populations by analysis of urine in snow [J]. *J Wildl Manage*, 1989, **53** (2): 284-291.
- [24] Li W J, Hofmann R R. Stomach wall samples as indicators of nutritional status in Chinese and European roe deer (*Capreolus capreolus*) [J]. *动物学报*, 1991, **37** (2): 193-197.
- [25] 陈化鹏, 萧前柱. 带岭林区马鹿和狍冬季营养对策的比较 [J]. *生态学报*, 1991, **11** (4): 349-354.
- [26] 马建章, 陈化鹏, 孙仲武, 李枫, 王槐, 李飞, 杜永欣, 李杰. 马鹿和狍饲料植物的营养质量 [J]. *生态学报*, 1996, **16** (3): 269-276.