



增加蛋白质摄入量 可以改善亚成年太平洋海象贫血

黄泽林¹, 张德录¹, 张孝敏¹, 季勇¹,
刘英林¹, 张杰琼¹, 张鹏^{2,3}, 董贵信^{2,3*}

- (1. 珠海长隆投资发展有限公司, 珠海, 519031;
2. 广东华南珍稀野生动物物种保护中心, 珠海, 519031;
3. 广东长隆集团有限公司, 广州, 511430)

稿件运行过程

收稿日期: 2023-10-12

修回日期: 2023-11-30



关键词: 贫血;
蛋白质;
太平洋海象;
亚成年

Keywords: Anemia;
Protein;
Pacific walrus (*Odobenus
rosmarus divergens*);
Subadult

中图分类号: S864.5

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2024)-04-0767-07

DOI: 10.12375/ysdwxb.20240409

摘要

动物营养性贫血是一种常见的营养代谢病。通过对16只亚成年太平洋海象 (*Odobenus rosmarus divergens*) 4年来的血红蛋白检测和饲料营养分析对比发现: 当亚成年太平洋海象蛋白质长期摄入不足时, 容易患贫血症; 不改善饲料结构, 患贫血症的动物比例居高不下; 通过增加食物中高蛋白饲料鱼的比例, 一年后患贫血症的比例由原来的68.75%降低到12.50%。调整饲料配比明显改善了亚成年太平洋海象的贫血状况, 由此提示蛋白质长期摄入不足可能是造成亚成年太平洋海象患贫血症的主要原因。保证亚成年太平洋海象每天每公斤体质量摄入的蛋白质在4.71g及以上时, 有助于改善贫血状况, 并有望使其血红蛋白恢复到正常范围。研究结果可为亚成年太平洋海象的营养需求提供理论支持, 也为海洋濒危物种的保育提供有价值的参考。

Increasing Protein Intake Could Improve Anemia of Subadult Pacific Walrus

HUANG Zelin¹, ZHANG Delu¹, ZHANG Xiaomin¹, JI Yong¹,
LIU Yinglin¹, ZHANG Jieqiong¹, ZHANG Peng^{2,3}, DONG Guixin^{2,3*}

基金项目: 广州市科技计划重点研发项目(2024B03J1375); 广东省海洋经济发展专项(GDNRC[2022]40)

第一作者简介: 黄泽林(1972—), 男, 兽医师; 主要从事海洋动物疾病防治与繁育研究。E-mail: huangzelin@chimelong.com

* 通信作者: 董贵信, E-mail: dgx@chimelong.com

- (1. Chimelong Ocean Kingdom of Zhuhai, Zhuhai, 519031, China;
2. Guangdong South China Rare Wild Animal Species Conservation Center, Zhuhai, 519031, China;
3. Guangdong Chimelong Group Co., Ltd., Guangzhou, 511430, China)

Abstract: Animal nutritional anemia is a common nutritional metabolic disease. In this paper, a four-year comparative analysis of hemoglobin and feed nutrition of 16 subadult Pacific walrus (*Odobenus rosmarus divergens*) showed that: when the subadult Pacific walrus taking in insufficient protein for a long time were susceptible to anemia; if the feed structure was not improved, the proportion of animals suffering from anemia remained high. By increasing the proportion of high-protein bait fish in the diet, the anemia rate of subadult Pacific walrus decreased from 68.75% to 12.50% after one year. The results showed that adjusting the feed ratio significantly improved the anemia status of subadult Pacific walrus. These results suggested that the long-term insufficient protein intake might be the main cause of anemia in subadult Pacific walrus. Ensuring a protein intake of 4.71 g or more per kilogram of body mass per day in a subadult Pacific walrus could help improve anemia and hopefully help its hemoglobin restore to the normal range. The study could provide theoretical support for the nutritional requirements of subadult Pacific walrus and the valuable reference for the conservation of marine endangered species.

动物营养性贫血是由造血物质缺乏引起,其中以蛋白质(特别是必需氨基酸)、维生素和矿物元素的缺乏最为常见^[1]。有文献指出仔猪营养性贫血是由于铁元素缺乏引起的一种营养性疾病,多发于5~21日龄的哺乳仔猪^[2];羔羊在母体中难以获取足量的铁元素,导致出生后容易出现缺铁性贫血的症状,尤其2~4月龄发生率较高^[3]。吡哆醇缺乏可引起犊牛异形红细胞增多、红细胞大小不均症及猪小细胞低色素性贫血;叶酸缺乏引起猪正红细胞性贫血,烟酸缺乏则影响叶酸合成;此外,赖氨酸缺乏可引起猪蛋白质合成障碍,泛酸、维生素E或维生素C缺乏时,也可引起营养性贫血^[4]。杨明海等^[5]认为铁、维生素B₁₂和叶酸缺乏是造成圈养珍稀动物营养性贫血的首要原因。迄今为止,在海洋动物营养性贫血的研究领域中,尚未有将蛋白质不足作为其成因的相关报道。

海象(*Odobenus rosmarus*)是食肉目(Carnivora)海象科(Odobenidae)的唯一物种,是特产于北冰洋海域的大型海洋哺乳动物^[6]。由于其可作短距离迁徙,所以在太平洋和大西洋也能见其踪迹,通常群居于大的浮冰或海岸附近。根据形态特征和线粒体DNA差异的不同,可将海象分为2个亚种:太平洋海象(*Odobenus rosmarus divergens*)和大西洋海象(*O. r. rosmarus*)^[7],海象在2016年IUCN《濒危物种红色名录》中被评估为易危(VU)物种^[8]。

目前关于海象的研究包括生物习性、食物、繁殖和医疗等^{[9]927-935}。Noren *et al.*^[10]报道了雌性太平洋海象的食物需求;Lindqvist *et al.*^[11]采用分子和形态计量学方法对拉普捷夫海象的分类学地位进行了评估;Kastelein *et al.*^[12]报道了一只13岁的雌性太平洋海象和它的第1个幼崽在哺乳期的行为和体质量的变化。由于世界上展示馆舍中保育的海象数量相对较少^{[9]927},目前仍然缺乏蛋白质与海象贫血关系的相关研究。本研究通过对珠海长隆海洋王国16只亚成年太平洋海象(8♂,8♀)在2016—2019年的血红蛋白检测和饲料营养分析对比进行研究,探讨蛋白质在亚成年太平洋海象贫血发生和防治中的作用。

1 研究区概况

长隆海洋王国位于广东省珠海市横琴粤澳深度合作区(22°6'8" N, 113°32'22" E),地处珠江口西岸,濒临广阔的南海,全年气候温和,干湿分明,雨量充沛,属南亚热带季风气候区。年平均气温22~23℃,最热月7月,平均气温27.9℃;最冷月1月,平均气温15.1℃^[13]。

2 实验动物与研究方法

2.1 实验动物

以长隆海洋王国海狮剧场的16只海象(太平洋

亚种, 8♂, 8♀)为研究对象, 年龄3~6岁。生活水温18~19℃, 生活池水盐度27‰~30‰, 大气温度常温。保育区域分为室内区与户外区, 室内区供其晚上休息, 也可作为医疗护理区域; 户外区供其白天户外活动, 种群交流联系; 室内外水流相互连通, 共计3 944 m³水体。

2.2 研究方法

2.2.1 营养计算的基础参考数据

以长隆海洋王国亚成年太平洋海象的饵料营养

成分(表1)作为整个试验中营养计算的基础参考数据。2016—2019年, 亚成年太平洋海象的饲料品种包含鲱鱼、多春鱼、秋刀鱼、鱿鱼、小鲱鱼、狭鳕鱼、巴浪鱼、扇贝和天鹅贝。饲料均于冷库内-25℃储存, 投喂前1 d取出, 放至冷库4℃解冻。饲料的营养成分检测委托长隆野生动物世界饲料检验室进行, 热量计算方法, $Q = F \times 37.65 \text{ kJ/g} + P \times 16.73 \text{ kJ/g} + C \times 16.73 \text{ kJ/g}$, 式中: Q 为总热量, F 为粗脂肪, P 为粗蛋白, C 为碳水化合物。

表1 长隆海洋王国亚成年太平洋海象的饲料营养成分

Tab. 1 Nutrient composition of food for subadult Pacific walrus in Chimelong Ocean Kingdom

饵料 Fish food	热量/(kJ·g ⁻¹) Calories	粗脂肪质量分数/% Crude fat mass fraction	粗蛋白质量分数/% Crude protein mass fraction
秋刀鱼 Pacific saury	9.04	13.67	19.10
鲱鱼 Herring	6.94	10.89	15.51
多春鱼 Caplin	5.08	7.03	13.05
鱿鱼 Squid	3.05	0.86	14.10
小鲱鱼 Sprat	3.55	2.07	14.99
狭鳕鱼 Pollock	4.15	4.03	15.73
扇贝 Scallop	1.73	0.41	8.50
天鹅贝 Swan shell	2.54	0.33	11.56
巴浪鱼 Capefish	4.89	2.90	22.70

2.2.2 试验维持组与调整组的设定

2016年10月采血体检时发现, 16只亚成年太平洋海象中有11只存在贫血症, 2017年10月采血有10只贫血, 2018年10月再次采血发现仍然有11只海象贫血。针对亚成年太平洋海象存在的贫血问题, 结合其在野外的食性, 从2018年11月开始增加高蛋白饲料鱼所占比例, 从而增加总的蛋白质摄入量。为便于比较, 将2016年10月—2018年10月定义为维持组, 2018年11月—2019年10月定义为调整组。调整组不仅增加了高蛋白鱼的数量, 而且还增加了贝类产品。

2.2.3 血红蛋白质量浓度的测定以及试验前后的设定

取空腹时静脉血2 mL, 使用瑞典进口的EOS-Exigo动物血细胞分析仪检测血红蛋白(Hb)。血红蛋白质量浓度小于149 g/L(正常参考值: 149~192 g/L)^{[9]394}, 为贫血。为了方便比较海象在饲料调整前后的血红

蛋白质量浓度变化情况, 将2016年10月定义为维持组的试验前, 将2018年10月定义为维持组的试验后; 将2018年10月定义为调整组的试验前, 将2019年10月定义为调整组的试验后。

2.2.4 海象营养性贫血的用药方案及患烟曲霉菌病情统计

铁、维生素B₁₂和叶酸缺乏是造成圈养珍稀动物营养性贫血的首要原因^[5]。2016年11月对患贫血症的11只海象开展治疗, 用药方案: 葡萄糖酸亚铁胶囊, 剂量为5 mg/kg, 3次/d; 维生素B₁₂, 剂量为1.67 μg/kg, 3次/d; 叶酸, 剂量为83.33 μg/kg, 3次/d; 维生素C, 剂量为3.33 mg/kg, 3次/d。一周为1个疗程, 连续投喂3个疗程采血复查。动物营养性贫血容易造成机体免疫力降低, 而烟曲霉菌(*Aspergillus fumigatus*)在机体免疫力低下时更容易侵入而引发烟曲霉菌病^[14], 由此统计2016—2019年感染烟曲霉菌的海象数量。

3 结果

3.1 海象每公斤体质量日均摄入营养成分

海象平均每只每天每公斤体质量摄取的热量、蛋白质、脂肪以及蛋白质脂肪比见表2。2016—2019年,亚成年太平洋海象单位公斤体质量日均摄入热量为 (0.132 ± 0.002) MJ/(kg·d),摄入的总热量无显著性差异($P > 0.05$);2016—2018年,太平洋海象摄入的蛋白质和脂肪无显著性差($P > 0.05$)。但是2019年与前3年相比,摄入的蛋白质、脂肪及摄入蛋白质脂肪比均存在显著性差异($P < 0.05$)。从表2

表2 亚成年太平洋海象每只每天每公斤体质量摄入热量、蛋白质和脂肪

Tab. 2 Each subadult Pacific walrus intaking the calories, protein and fat per kilogram of body mass per day

年份 Year	热量/(MJ·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) Calories	粗蛋白/(g·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) Crude protein	粗脂肪/(g·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) Crude fat	蛋白质脂肪比 Protein-fat ratio
2016	0.134	3.30	1.98	1.66
2017	0.129	3.43	1.72	1.99
2018	0.134	3.95	1.66	2.37
2019	0.134	4.71	1.32	3.56
均值±标准差 Mean±SD	0.132±0.002	3.84±0.55	1.67±0.24	2.40±0.72

3.2 血红蛋白浓度的变化

根据2016—2019年血检结果,统计了海象血红蛋白浓度变化规律。结果发现,维持组试验前后血红蛋白浓度无明显变化,均值仍在贫血范围内(< 149 g/L);调整组在试验后血红蛋白浓度明显高于试验前,试验前后差异显著($P < 0.05$),均值达到了正常血红蛋白浓度范围(表3)。

表3 亚成年太平洋海象的血红蛋白质量浓度

Tab. 3 The hemoglobin mass concentration in subadult Pacific walrus

试验阶段 Test stage	血红蛋白质量浓度/(g·L ⁻¹) Hemoglobin mass concentration	
	维持组 Maintenance group	调整组 Experimental group
试验前 Pre-test	131.68±27.62	135.87±15.15
试验后 Post-test	135.87±15.15	161.93±12.99

注:表中数据为平均值±标准差。

Note: The data in the table is mean±SD.

3.3 海象贫血率的变化

16只亚成年太平洋海象的调整组和维持组试验前的贫血率均为68.75%(表4)。调整组1年后的贫

还可以看出:每公斤体质量日均摄入蛋白质逐年增加,由2016年的3.30 g升到2019年的4.71 g;每公斤体质量日均摄入脂肪逐年减少,由2016年的1.98 g降到2019年的1.32 g;每公斤体质量日均摄入蛋白质脂肪比也逐年增加,由1.66升高到3.56。2016—2017年,每公斤体质量蛋白质摄入量增加0.13 g,增幅仅为3.90%。2018—2019年,每公斤体质量蛋白质摄入量增加0.76 g,增幅达19.20%;相应的蛋白质脂肪比增幅也明显增加,增幅达50.20%;脂肪摄入量每年都在下降,下降幅度达20.50%。

血率降到12.50%,而维持组3年后的贫血率仍为68.75%,没有变化;两组自身前后对比下降幅度分别是81.80%和0,差异显著($P < 0.05$)。经过3个疗程的口服药物,2016年12月再次采血时发现11只海象仍然贫血,血液细胞学检查没有发现网织红细胞效应,治疗没有取得效果。2016—2018年,在相同环境条件下,有5只海象感染烟曲霉菌,2019年全年没有海象感染烟曲霉菌。

4 讨论

4.1 亚成年太平洋海象的营养需求

本研究发现,2016—2018年亚成年太平洋海象随着年龄增加体质量在不断增加,但是仍然持续存在68.75%贫血率。2019年调整饲料提高了蛋白质摄入量,蛋白质日均摄入量由2016年的单位公斤体质量3.30 g上升到2019年的4.71 g,一年后海象的贫血率下降到12.50%,由此说明饲料调整后贫血率发生了显著变化。在野外,太平洋海象是群居的季节性迁徙动物,高度专业化的浅底栖觅食动物,它们

表4 亚成年太平洋海象的贫血率
Tab. 4 The anaemia rates in subadult Pacific walrus

试验阶段 Test stage	调整组 Experimental group			维持组 Maintenance group		
	总数/只 Total population	贫血数/只 The number of the anemic	贫血率/% Anemia rate	总数/只 Total population	贫血数/只 The number of the anemic	贫血率/% Anemia rate
试验前 Pre-test	16	11	68.75	16	11	68.75
试验后 Post-test	16	2	12.50	16	11	68.75

的食物主要是蛤蜊、海螺和沙虫类^[10],这类食物均为高蛋白低脂肪食物^[15-17],这表明海象在长期的进化过程中已经适应了高蛋白低脂肪的饮食结构。在人工保育环境下,断奶后的海象通常投喂带壳的蛤蜊、鲱鱼和多春鱼^[18],为满足其营养需求需要充分考虑不同品种食物所占的比例。周安国等^[19]指出当动物日粮中蛋白质缺乏时,可引起动物营养性贫血的发生,并且蛋白质缺乏的受害动物主要是生长快速的幼龄动物和高产动物。动物亚成年阶段是一个快速生长阶段,需要提供满足动物维持生命活动和生长的营养物质,此时如果饲料中的蛋白质不足,会影响动物的健康、生长和发育,从而导致各种蛋白质缺乏症,主要表现在消化机能紊乱、动物生长发育受阻、易患贫血症或其他疾病等^[20]。本研究中的海象种群2018年之前摄入的蛋白质明显不足,造成其贫血率居高不下。从2018年11月开始提升了高蛋白低脂肪饲料的比例,如增加多春鱼、鲑鱼和贝类食物,使得海象在热量保持不变情况下蛋白质摄入总量明显增加,脂肪摄入总量减少,更加接近其野外食性,满足了海象对蛋白质的特别需要,海象的贫血状况呈现不断好转的趋势。本研究认为,人工条件下海象饲料要以高蛋白低脂肪饲料品种为主,亚成年太平洋海象每天单位公斤体质量摄入的蛋白质在4.71 g及以上,将有助于改善贫血状况并且有望帮助其血红蛋白恢复到正常范围。

4.2 海象血红蛋白质量浓度的变化和贫血率

贫血的主要判断指标是血红蛋白(Hb)浓度。Hb合成所需营养物质包括蛋白质、铁、维生素B₆、维生素B₁₂、叶酸和铜等。此外,维生素C、维生素A、维生素B₂因参与铁的吸收、代谢而与Hb合成有关系。这些营养素的严重不足,均可导致营养性贫血^[21]。

在某种程度上,营养性贫血并非疾病,补充缺乏的营养素就可缓解病症,因此营养性贫血的治疗要点就是补给所缺造血物质,并促进其吸收利用^{[22]25}。

那么如何知晓是缺乏哪种造血物质?有学者提出了判断方法,那就是营养性贫血的治疗诊断法:即补给需要的造血物质后,末梢血液内的网织红细胞数急剧增加,4~7 d达到峰值,显示网织红细胞效应。这是适用于各种营养性贫血的一项既准确又方便的方法。如口服或注射铁剂5~7 d,若血中网织红细胞数量明显上升,即表示缺铁性贫血,否则排除缺铁性贫血;注射维生素B₆后5~7 d,出现网织红细胞效应,则表示维生素B₆缺乏症,依此类推^{[22]24}。

由于动物患贫血之后补充铁剂能够有效纠正缺铁性贫血,如羔羊与犍牛补铁后贫血好转^[23],仔猪补铁后贫血效果良好^[24]。因此,铁以外的因素特别是蛋白质缺乏尚未得到有效的重视。秦振庭等^[25]认为小儿营养性贫血以缺铁性常见而蛋白质摄入不足可能也是因素之一,还有研究指出大食蚁兽(*Myrmecophaga tridactyla*)的贫血是营养性巨幼细胞贫血合并缺铁性贫血^[26];人工保育条件下的斑海豹(*Phoca largha*)也曾确诊为营养性贫血,原因是人工饲养环境下喂食的鱼类比较单一,并且饲喂的冷冻鱼在贮藏过程中会丧失很多维生素和矿物质,由此提出要及时补充维生素和矿物质并给予富含营养的多种海水鱼类^[27]。陈新生等^[28]研究发现圈养亚洲象(*Elephas maximus*)下腹部水肿病例与营养不良(如低蛋白血症)有关,原因是动物在一定时期内摄入低蛋白饲料,血浆白蛋白合成不足而导致血浆胶体渗透压降低,使相对过多的液体易积聚于组织间隙形成水肿,又因重力原因,使水肿多发于腹部、四肢等。调整日粮组成结构以提高粗蛋白比例之后40 d左右,亚洲象下腹水肿全部消退。崔晓燕^[29]指出仔猪贫血的原因之一也是因为蛋白质不足。

本研究结果发现在2017—2018年,保持海象食物品种、数量和维生素供应不变的条件下,试用口服铁剂治疗3个疗程后并未收到效果。从而提示亚成年太平洋海象营养性贫血除了可能缺铁、维生素B₁₂

和叶酸以外,也可能与蛋白质不足有关。闫贵海^[30]认为动物的蛋白质、能量摄入不足可能会引起器官和肌肉萎缩,免疫活性受损,伤口愈合减慢,贫血,血液蛋白含量不足和机体抵抗力降低,导致动物感染和死亡。本研究通过对比发现,2018年11月以前亚成年海象蛋白质摄入明显不足,每公斤体质量蛋白质摄入仅为3.95 g,相应出现高贫血率(68.75%)。当其每公斤体质量蛋白质摄入增加到4.71 g时,贫血率下降至12.50%,由此推论,如果继续提高食物中的蛋白质含量,比如增加蛤蜊类食物,那么海象贫血问题有望得到充分解决。此外,2016—2018年,有5只海象感染烟曲霉菌,2019年则没有一只海象感染烟曲霉菌。这些临床发现从侧面说明提高蛋白质摄入量后,海象免疫力得到了增强。

5 小结

综上所述,本研究对亚成年太平洋海象在2016—2019年每日单位公斤体质量摄入的热量、蛋白质、脂肪进行了探讨,且首次指出亚成年太平洋海象在生长发育过程中对蛋白质有突出需求,即保证亚成年太平洋海象每天单位公斤体质量摄入蛋白质达4.71 g及以上,有助于改善贫血状况并使其血红蛋白回归正常范围。在饵料方面,海象要求以高蛋白低脂肪的饵料为主。若蛋白质长期供应不足,会导致亚成年海象贫血,若不改善饲料结构,患贫血症的比例将持续居高不下。研究结果证实了蛋白质摄入不足是导致亚成年海象贫血不可忽视的重要因素,同时提示仅单独增加蛋白质摄入量,便能大幅降低海象的贫血率,进而改变海洋馆亚成年海象贫血率居高不下的状况。至于蛋白质在海象贫血的发生与防治中的确切作用机理,尚需进一步研究。鉴于海象贫血研究可供参考的资料有限,再加上本研究仅历时4年,存在偏颇在所难免,这需要在未来海象的保育实践工作中进一步完善和修正。

致谢:感谢广东长隆集团动植物研究分院、华南珍稀野生动物物种保护中心同事们对本项研究的支持。

参考文献:

- [1] 李宝春. 动物普通病学[M]. 合肥:安徽大学出版社, 2020: 44.
LI B C. Animal general disease[M]. Hefei: Anhui University Press, 2020: 44.
- [2] 霍清秀. 仔猪营养性贫血的病因与防治措施[J]. 养殖与饲料, 2022, 21(5): 90-92.
HUO Q X. The etiology and prevention measures of nutritional anemia in piglets[J]. Animals Breeding and Feed, 2022, 21(5): 90-92.
- [3] 禹鹏. 羔羊营养性贫血的防治措施[J]. 中兽医学杂志, 2023(5): 67-69.
YU P. Prevention and treatment measures of nutritional anemia in lambs[J]. Chinese Journal of Traditional Veterinary Science, 2023(5): 67-69.
- [4] 马清花. 兽医临床上几类常见动物贫血症的特点和鉴别[J]. 养殖技术顾问, 2014(4): 170.
MA Q H. Characteristics and differentiation of several common animal anemia in veterinary clinic[J]. Technical Advisor for Animal Husbandry, 2014(4): 170.
- [5] 杨明海, 张成林, 普天春, 等. 圈养珍稀动物贫血状况调查及原因分析[C]//北京动物园, 圈养野生动物技术北京市重点实验室. 圈养野生动物技术研究论文集(1999—2016年). 北京: 中国农业出版社, 2017: 310-313.
YANG M H, ZHANG C L, PU T C, et al. Investigation and cause analysis of anemia in captive rare animals[C]//Beijing Zoo, Beijing key laboratory of captive wild animal technology. Proceedings of research papers on captive wild animal technology(1999-2016). Beijing: China Agriculture Press, 2017:310-313.
- [6] 安娜丽萨·贝尔塔, 詹姆斯·苏密西, 基特·M·科瓦奇. 海洋哺乳动物: 下册[M]. 3版. 刘伟, 译. 北京: 海洋出版社, 2019: 906-911.
ANNALISA B, JAMES S, KIT K M. Marine mammals evolutionary biology: II [M]. 3rd ed. LIU W, trans. Beijing: China Ocean Press, 2019: 906-911.
- [7] 中国环境科学学会, 中国生态学学会. 走进海洋哺乳动物[M]. 北京: 中国环境出版集团, 2021: 105-106.
Chinese Society for Environmental Sciences, Ecological Society of China. Popular science handbook of marine mammals[M]. Beijing: China Environmental Publishing Group, 2021: 105-106.
- [8] LOWRY L. *Odobenus rosmarus* [J/OL]. The IUCN Red List of Threatened Species, 2016: e. T15106A45228501 [2023-10-12]. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T15106A45228501.en>.
- [9] DIERAUF L A, GULLAND F M D. CRC handbook of marine mammal medicine[M]. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001: 394; 927-935.
- [10] NOREN S R, UDEVITZ M S, JAY C V. Bioenergetics model for estimating food requirements of female Pacific walrus *Odobenus rosmarus divergens* [J]. Marine Ecology Progress Series, 2012, 460: 261-275.
- [11] LINDQVIST C, BACHMANN L, ANDERSEN L W, et al. The Laptev Sea walrus *Odobenus rosmarus laptevi*: an enigma revisited[J]. Zoologica Scripta, 2009, 38(2): 113-127.
- [12] KASTELEIN R A, VAN DEN BELT I, JENNINGS N, et al. Behavior and body mass changes of a mother and calf Pacific walrus

- (*Odobenus rosmarus divergens*) during the suckling period [J]. *Zoo Biology*, 2015, 34(1): 9-19.
- [13] 360 百科. 横琴岛 [EB/OL]. [2022-12-09]. <https://upimg.baike.so.com/doc/6758041-6972642.html>.
360 wikipedia. Hengqin Island [EB/OL]. [2022-12-09]. <https://upimg.baike.so.com/doc/6758041-6972642.html>.
- [14] CHEN F Y, LIU X Y, ZHAO R, *et al.* Roles of host phospholipase D during *Aspergillus fumigatus* infection in mice [J]. *Zoonoses*, 2023, 3(1): 23-32.
- [15] 甘雄, 庾艳霞, 钟秋平, 等. 北部湾沿海4种海螺的营养成分分析与品质评价 [J]. *广州化工*, 2014, 42(21): 121-123.
GAN X, YU Y X, ZHONG Q P, *et al.* Analysis and evaluation of the Northern Gulf Coast four kinds of conch nutrients [J]. *Guangzhou Chemical Industry*, 2014, 42(21): 121-123.
- [16] 朱银玲, 李思东, 周俊, 等. 沙虫中营养元素和常规营养成分分析 [J]. *化学世界*, 2012, 53(5): 269-271.
ZHU Y L, LI S D, ZHOU J, *et al.* Determination of trace elements and general nutritional ingredients in *Sipunculus nudus* [J]. *Chemical World*, 2012, 53(5): 269-271.
- [17] 滕瑜, 李辉, 王志勇, 等. 四角蛤蜊的营养性和安全性评价 [J]. *农产品加工(学刊)*, 2014(6): 48-50.
TENG Y, LI H, WANG Z Y, *et al.* The evaluation of safety and nutrition of *Maoetra veneriformis* [J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2014(6): 48-50.
- [18] GULLAND F M D, DIERAUF L A, WHITMAN K L. CRC handbook of marine mammal medicine [M]. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2018: 937.
- [19] 周安国, 陈代文. 动物营养学 [M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2011: 37.
ZHOU A G, CHEN D W. *Animal nutrition* [M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2011: 37.
- [20] 杨久仙, 刘建胜. 动物营养与饲料加工 [M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2020: 13-14.
YANG J X, LIU J S. *Animal nutrition and feed processing* [M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2020: 13-14.
- [21] 沈镇平, 柳启沛, 徐达道. 蛋白质在儿童贫血中的作用探讨 [J]. *金陵医院学报*, 1991, 4(3): 227-229; 287-288.
SHEN Z P, LIU Q P, XU D D. Supplementary protein for the improvement of anemia in children: a preliminary study [J]. *Bulletin of Jinling Hospital*, 1991, 4(3): 227-229; 287-288.
- [22] 李毓义. 动物血液病 [M]. 北京: 农业出版社, 1988: 24-25.
LI Y Y. *Animal hematological diseases* [M]. Beijing: Agriculture Press, 1988: 24-25.
- [23] PLATE P. Iron-deficiency anaemia in calves and lambs [J]. *Livestock*, 2023, 28(1): 19-22.
- [24] SZUDZIK M, STARZYŃSKI R, JÓNCZY A, 等. 仔猪补铁剂: 新生仔猪缺铁性贫血一种简易治疗方法 [J]. 张洪丽, 译. *中国饲料添加剂*, 2019(10): 28-33; 38.
SZUDZIK M, STARZYŃSKI R, JÓNCZY A, *et al.* Iron supplementation in sucking piglets: an ostensibly easy therapy of neonatal iron deficiency anemia [J]. ZHANG H L, trans. *China Feed Additive*, 2019(10): 28-33; 38.
- [25] 秦振庭, 王如文, 王映春, 等. 小儿营养性贫血16省市初步调查分析 [J]. *中级医刊*, 1982(4): 30-34.
QIN Z T, WANG R W, WANG Y C, *et al.* Preliminary investigation and analysis of nutritional anemia in children in 16 provinces and cities [J]. *The Intermediate Medical Journal*, 1982(4): 30-34.
- [26] 郭羽, 王至晨, 梁宇. 一例大食蚁兽贫血的诊治及分析 [J]. *野生动物学报*, 2022, 43(1): 188-191.
GUO Y, WANG Z C, LIANG Y. Diagnosis and treatment of nutritional megaloblastic anemia in *Myrmecophaga tridactyla* [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2022, 43(1): 188-191.
- [27] 于晋海, 孙艳明. 斑海豹营养性贫血的诊治 [J]. *中国兽医杂志*, 2009, 45(1): 43-44.
YU J H, SUN Y M. Diagnosis and treatment of nutritional anemia in spotted seals [J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 2009, 45(1): 43-44.
- [28] 陈新生, 冯永其, 徐春忠. 圈养亚洲象下腹部水肿病例的诊治 [J]. *上海畜牧兽医通讯*, 2023(1): 59-61.
CHEN X S, FENG Y Q, XU C Z. Diagnosis and treatment of lower abdominal edema in captive Asian elephants [J]. *Shanghai Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2023(1): 59-61.
- [29] 崔晓燕. 仔猪营养性贫血及其预防措施 [J]. *中国畜牧兽医文摘*, 2015, 31(4): 113-114.
CUI X Y. Nutritional anemia of piglets and its preventive measures [J]. *Chinese Abstracts of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2015, 31(4): 113-114.
- [30] 闫贵海. 动物营养不良的预防与治疗 [J]. *养殖技术顾问*, 2014(10): 151.
YAN G H. Prevention and treatment of animal malnutrition [J]. *Technical Advisor for Animal Husbandry*, 2014(10): 151.