

脑红蛋白在赛加羚羊主要内脏器官中的表达与定位

刘霞^① 郑丽平^① 杜晓华^{②*} 王玉娇^② 吴亚娟^②

① 甘肃农业大学生命科学技术学院 兰州 730070; ② 甘肃农业大学动物医学院 兰州 730070

摘要: 赛加羚羊 (*Saiga tatarica*) 属于我国一级重点保护野生动物, 其原产地主要为高寒低氧地区, 现存种群则主要栖息于中亚地区的荒漠及半荒漠草原上。脑红蛋白是一种存在于脊椎动物体内具有运输和储存血氧能力的球蛋白, 在动物适应低氧过程中具有重要的生理功能。为了初步探究赛加羚羊对低氧环境的耐受性机制, 运用免疫组织化学染色法与实时荧光定量 PCR 技术, 对脑红蛋白及脑红蛋白基因 (NGB) 在赛加羚羊的心、肝、脾、肺、肾等 5 种主要内脏器官中的分布规律与表达情况进行了探究。免疫组织化学染色结果显示, 脑红蛋白在赛加羚羊的心、肝、脾、肺、肾中均有分布, 阳性表达主要分布在其心肌细胞、肝细胞、脾白髓区中的淋巴细胞、肺泡细胞以及肾小球内皮细胞。实时荧光定量 PCR 结果显示, 脑红蛋白基因在赛加羚羊心、肝、脾、肺、肾中的表达量不同, 脾的表达量最高, 心的表达量次之, 两者均显著高于肝、肺和肾 ($P < 0.05$); 其后依次为肝、肾、肺, 其中, 肝的表达量显著高于肾和肺 ($P < 0.05$), 肾和肺之间表达量差异不显著 ($P > 0.05$), 肺的表达量最低。上述研究表明, 脑红蛋白在赛加羚羊的主要内脏器官中均有阳性表达, 不同内脏器官中的表达量不同, 这表明脑红蛋白可能参与了这些内脏器官的氧利用过程, 具体机制有待进一步探讨。

关键词: 脑红蛋白; 赛加羚羊; 内脏器官; 表达与定位

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2023) 06-891-07

The Expression and Localization of Neuroglobin in Major Visceral Organs of Saiga Antelope

LIU Xia^① ZHENG Li-Ping^① DU Xiao-Hua^{②*} WANG Yu-Jiao^② WU Ya-Juan^②

① College of Life Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070;

② College of Veterinary Medicine, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

Abstract: [Objectives] Saiga Antelope (*Saiga tatarica*) is a class I wildlife in China and a world-class endangered species. Its origin is mainly in high cold and low oxygen areas, while the existing population mainly inhabits the desert and semi desert grassland in Central Asia. Neuroglobin is a kind of globulin with the ability of blood oxygen transport and storage in vertebrates, which plays an important physiological role in

基金项目 甘肃省重点研发计划项目 (No. 17YF1NH084), 校企横向合作项目 (No. 032-031120, 032-031121);

* 通讯作者, E-mail: duxh@gsau.edu.cn;

第一作者简介 刘霞, 女, 副教授; 研究方向: 动物生物化学与分子生物学; E-mail: 413319674@qq.com.

收稿日期: 2022-10-24, 修回日期: 2023-04-20 DOI: 10.13859/j.cjz.202322261

the process of animal adaptation to hypoxia. [Methods] In order to explore the mechanism of tolerance to hypoxia in Saiga Antelope, the distribution and expression of neuroglobin in the heart, liver, spleen, lung and kidney of Saiga Antelope were studied by Immunohistochemistry and qRT-PCR. [Results] The results of Immunohistochemistry showed that NGB protein was distributed in heart, liver, spleen, lung and kidney of Saiga Antelope, and the positive expression of NGB protein was mainly distributed in the cardiomyocytes, liver cells, lymphocytes, alveolar cells and glomerular endothelial cells in the white pulp area of the spleen (Fig. 1). The results of qRT-PCR showed that the expression of *NGB* in heart, liver, spleen, lung and kidney of Saiga Antelope was different. The expression of spleen was the highest, and the expression of heart was the second, both of which were significantly higher than that of liver, lung and kidney ($P < 0.05$). The expression of liver was higher than that of kidney and lung ($P < 0.05$), the difference between the expression of kidney and lung was not significant ($P > 0.05$), and the expression of lung was the lowest (Fig. 2). [Conclusion] The above studies showed that NGB was positive in the main organs of Saiga Antelope, and the expression of NGB in different viscera organs was different, which indicated that NGB might be involved in the oxygen utilization process of these visceral organs. The specific mechanism will need to be further explored.

Key words: Neuroglobin; Saiga Antelope, *Saiga tatarica*; Visceral organs; Expression and localization

赛加羚羊 (*Saiga tatarica*) 属于哺乳纲偶蹄目牛科, 由于其生活栖息地的破坏以及人类的长期捕杀, 导致数量急剧下降, 部分原产地的野生种群已濒临灭绝。我国赛加羚羊的野生种群已灭绝, 现有的种群主要集中在甘肃和新疆等地研究中心。脑红蛋白(neuroglobin, NGB) 是德国科学家 Burmester 等(2000)首次发现的存在于脊椎动物体内的一种新型携氧球蛋白。研究发现, 脑红蛋白存在于各种哺乳动物、鸟类、两栖爬行类以及鱼类等动物体内 (Vandergon et al. 1998), 它能够特异性地向脑组织供氧, 在中枢神经系统氧的摄取、运输和利用等方面发挥重要功能 (Greenberg et al. 2008)。对脑红蛋白基因的研究多见于人 (牛建章等 2005) 和大鼠 (*Rattus norvegicus*, 张成岗等 2001), 对牦牛 (*Bos grunniens*, 李盛杰等 2013, 石宁宁等 2013)、藏羚羊 (*Pantholops hodgsonii*, 马兰等 2012)、高原兔 (*Lepus oiostolus*, 段文娟等 2010)、藏鸡 (*Gallus gallus domesticus*, 张立凡等 2008) 等也都有相关的研究。

目前, 由于赛加羚羊数量稀少, 关于赛加羚羊研究报道多数与繁殖性能、初生羊羔和种群保护有关, 有关该物种形态结构、生理功能

等方面的基础性数据也亟待进一步补充和完善。有研究发现, 年最高温度对半散放状态下赛加羚羊繁殖的幼羔成活率影响显著 (王红军等 2017); 米晓钰等 (2019) 对初生赛加羚羊的部分生化指标进行检测和分析; 王玉娇等 (2020) 研究发现, 赛加羚羊的心、肝、脾、肺和肾的组织结构与其他同类型反刍动物无明显差异。鉴于心、肝、脾、肺、肾这些主要内脏器官支持着动物体不可或缺且十分复杂的血液运输、造血储血、机体免疫、气血交换和泌尿等功能。本实验以赛加羚羊的心、肝、脾、肺、肾为研究对象, 运用免疫组织化学染色技术和实时荧光定量 PCR 技术对脑红蛋白及其基因在赛加羚羊心、肝、脾、肺、肾这些主要内脏器官中的分布与表达特征进行探究。实验结果以期为进一步探讨脑红蛋白在不同器官组织中的生理功能和机制提供有价值的理论参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

由国家林业局甘肃濒危动物保护中心提供的 1 只约 3 岁龄因难产死亡的雌性赛加羚羊, 在其死亡 2 h 内采集其心、肝、脾、肺、肾作

为组织样本,一部分置于 4%多聚甲醛固定液中固定 24 h 以上,用于免疫组织化学实验。一部分液氮保存运回实验室后,置于 -80 °C 冰箱中保存,用于实时荧光定量 PCR 实验。

1.2 实验方法

1.2.1 免疫组织化学染色 将 4%多聚甲醛固定的赛加羚羊心、肝、脾、肺、肾组织样本修整为约 2 cm³ 大小。组织块常规梯度酒精脱水、石蜡包埋,经连续切片(厚度 4 μm)、展片、贴片、烤片处理制作成石蜡切片。H.E 常规染色、镜检。石蜡切片常规脱蜡;梯度酒精分化;高压修复抗原;滴加兔抗 SP 试剂盒(sp-9001,北京中杉金桥公司)中的内源性过氧化物酶阻断剂,37 °C 孵育 15 min, PBS 洗 10 min 3 次;滴加兔抗 SP 试剂盒中的封闭用正常山羊血清工作液,37 °C 孵育 15 min,倾去 PBS 勿洗;每张切片分别滴加 50 μl 一抗(兔抗脑红蛋白多克隆抗体 1:200,北京博奥森生物技术有限公司 bs-1859 R;阴性对照以 PBS 替代一抗)37 °C 孵育 4 h; PBS 洗 10 min 3 次(阳性、阴性分开洗);滴加兔抗 SP 试剂盒中的生物素标记山羊抗兔 IgG,37 °C 孵育 15 min, PBS 洗 10 min 3 次;滴加兔抗 SP 试剂盒中的辣根酶标记链霉卵白素工作液,37 °C 孵育 15 min, PBS 洗 10 min 3 次;最后滴加新鲜配制 HRP-DAB 显色液,用自来水及时终止显色;苏木精复染 45 s,自来水冲洗 10 min;盐酸酒精抽提 2 或 3 次,自来水返蓝 10 min;梯度酒精脱水干燥;中性树胶封片;光学显微镜镜检。

1.2.2 实时荧光定量 PCR 严格按照 Trizol 法步骤进行各样品总 RNA 提取,并按照 TaKaRa 反转录试剂盒说明书在梯度 PCR 仪(Eppendorf,德国)中进行 cDNA 反转录。参照 GenBank 中牦牛的 *NGB* 和 *β-actin* 基因(登录号分别为 XM_005911382 和 XM_005897464.1)设计引物,*NGB* 引物为 F: 5'-CTG CCC CTC TTC CAG TAC AAC-3', R: 5'-TCG ATC ACC AGC ATC ACC TT-3';*β-actin* 引物为 F: 5'-ATA TTG CTG CGC TCG TGG T-3', R: 5'-TCA TCC

CCC ACG TAC GAG TC-3'。将设计好的引物送至上海生工生物有限公司进行合成。随后使用罗氏 LightCycler 96 实时荧光定量 PCR 仪(北京世贸远东公司)进行实时荧光定量 PCR 实验,实时荧光定量 PCR 仪设置反应参数如下:50 °C 预热 2 min,95 °C 预变性 2 min;95 °C 变性 10 s,60 °C 退火 34 s,95 °C 延伸 15 s,40 个循环,之后进入溶解曲线程序,在 4 °C 条件下保存。反应体系 20 μl: SYBR Green Pro *Taq* 10 μl,上、下游引物(0.2 mmol/L)各 0.8 μl,模板 cDNA 2 μl(0.9 mmol/L),ddH₂O 6.4 μl。采用 2^{-ΔΔCt} 法计算目的基因的相对转录量。利用 SPSS 26.0 软件对脑红蛋白基因的相对表达量进行单因素方差分析(ANOVA)。对心、肝、脾、肺和肾进行设组,每个组的实验数据设置 3 个重复, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著,实验数据均采用平均值 ± 标准差(Mean ± SD)表示。用 GraphPad Prism 8.0 绘图。

2 结果

2.1 脑红蛋白在赛加羚羊主要内脏器官中的分布

赛加羚羊心组织中可见明显的心肌细胞、肌束间疏松结缔组织和肌原纤维,脑红蛋白阳性表达分布在心肌细胞中(图 1);肝组织中可见小叶间静脉、小叶间动脉、小叶间胆管,肝细胞中可见脑红蛋白阳性表达(图 1);脾实质红髓和白髓分区明显,脾小体呈圆形,中央动脉位于白髓周围,白髓区中的淋巴细胞可观察到脑红蛋白阳性表达(图 1);肺组织中可见明显的细支气管结构,该结构中可见固有层和单层柱状上皮,细支气管周围可见平滑肌和血管,在肺泡细胞中可观察到脑红蛋白阳性表达(图 1);肾结构中可观察到肾小球,肾小球脏层和壁层分层明显,肾小球周围分布有近曲小管和远曲小管,在肾小球内皮细胞中可见脑红蛋白阳性反应的着色(图 1)。

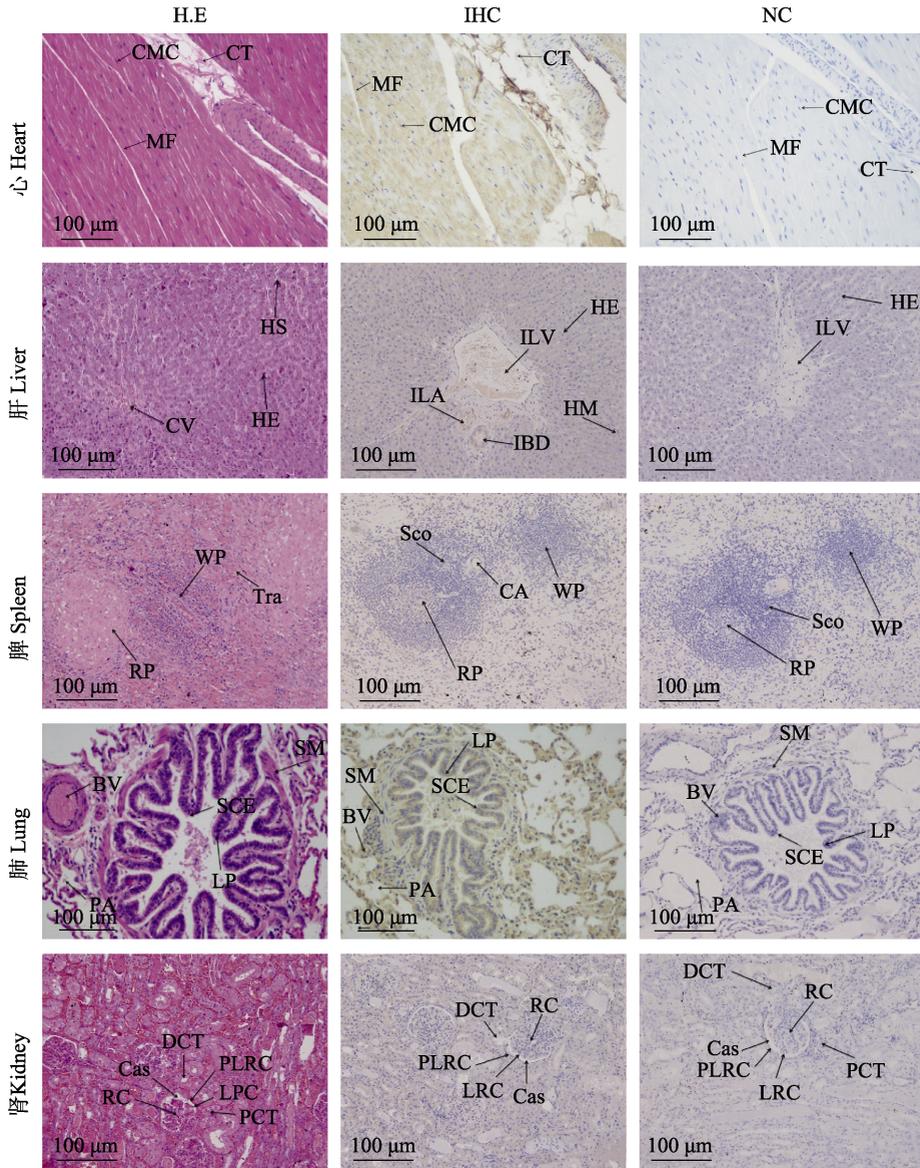


图 1 赛加羚羊主要内脏器官 H.E 染色及脑红蛋白免疫组织化学染色结果

Fig. 1 The H.E and immunohistochemical results of neuroglobin in major visceral organs of Saiga Antelope

H.E. H.E 染色; IHC. 脑红蛋白免疫组化染色; NC. 阴性对照。BV. 血管; CA. 中央动脉; Cas. 肾小囊; CMC. 心肌细胞; CT. 肌束间疏松结蹄组织; CV. 中央静脉; DCT. 远曲小管; HE. 肝细胞; HM. 肝巨噬细胞; HS. 肝窦; IBD. 小叶间胆管; ILA. 小叶间动脉; ILV. 小叶间静脉; LP. 固有层; LPC. 固有层细胞; LRC. 肾小球脏层; MF. 肌原纤维; PA. 肺泡; PCT. 近曲小管; PLRC. 肾小球壁层; RC. 肾小球; RP. 红髓; SCE. 单层柱状上皮; Sco. 脾小体; SM. 平滑肌; Tra. 脾小梁; WP. 白髓

H.E. H.E stain; IHC. Immunohistochemical results of NGB protein; NC. Negative control. BV. Blood vessels; CA. Central artery; Cas. Renal sacs; CMC. Cardiac muscle cell; CT. Unconsolidated hoof tissue between muscle bundles; CV. Central vein; DCT. Distal convoluted tubule; HE. Hepatic cell; HM. Hepatic macrophagocyte; HS. Hepatic sinus; IBD. Interlobular bile duct; ILA. Interlobular artery; ILV. Interlobular veins; LP. Lamina propria; LPC. Lamina propria cell; LRC. Renal corpuscle visceral layer; MF. Myofibril; PA. Pulmonary alveoli; PCT. Proximal convoluted tubule; PLRC. Parietal layer renal corpuscle; RC. Renal corpuscle; RP. Red pulp; SCE. Simple columnar epithelium; Sco. Splenic corpuscles; SM. Smooth muscle; Tra. Spleen trabecula; WP. White pulp

2.2 *NGB* 基因在赛加羚羊主要内脏器官中的表达

采用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 法对 *NGB* 基因 mRNA 在赛加羚羊主要内脏器官中的表达量进行相对定量 (图 2)。*NGB* 在赛加羚羊心、肝、脾、肺、肾中均有表达, 表达量由高到低依次为脾、心、肝、肾、肺, 在脾和心的表达量均显著高于肝、肺和肾 ($P < 0.05$), 肝的表达量显著高于肾和肺 ($P < 0.05$), 肾和肺的表达量差异不显著 ($P > 0.05$)。

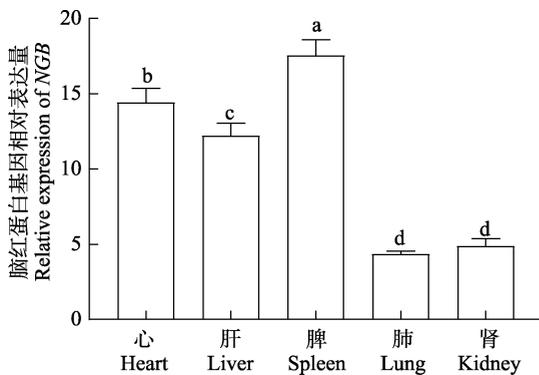


图 2 脑红蛋白基因 (*NGB*) 在赛加羚羊主要内脏器官中的表达量

Fig 2 The expression of neuroglobin gene (*NGB*) in major visceral organs of Saiga Antelope

数据系列上标相同字母代表差异不显著 ($P > 0.05$), 不同字母代表差异显著 (a 与 b, b 与 c, c 与 d, $P < 0.05$; a 与 c, b 与 d, $P < 0.01$)。

The same letter on column means no significant difference between columns ($P > 0.05$), with different letters mean significant differences (a and b, b and c, c and d, $P < 0.05$; a and c, b and d, $P < 0.01$).

3 讨论

通过研究脑红蛋白在人体不同组织中的表达, 发现其在肝组织、胎肺、胎胸腺、胎心均有表达 (王航雁等 2004)。利用实时荧光定量 PCR 技术发现, *NGB* 基因在大鼠和羚羊 (*Budorcas taxicolor*) 的心肌、肾和脾中存在表达 (张成岗等 2001)。从 *NGB* 基因在藏羚羊的不同组织中的表达图谱中发现, 其在心肌、肝、脾和肾均有表达, 其中, 在脾中的表达量

最高, 其余依次为心肌、肾和肝 (马兰等 2012)。另外, 在西门塔尔牛的心肌、肝胆小管、脾的红髓、肺细支气管上皮细胞及肺泡上皮细胞以及肾的远曲小管、近曲小管和集合小管的上皮细胞均有较弱的脑红蛋白阳性表达 (高雪晋等 2015)。以上研究结果与本研究发现脑红蛋白主要分布在心的心肌细胞、肝的肝细胞、脾白髓区的淋巴细胞、肺的肺泡细胞以及肾小球的内皮细胞的实验结果基本相似。然而, 有研究发现在成年牦牛 (*Bos grunniens*) 心肌、肾和脾等器官组织中未见有脑红蛋白的免疫阳性表达 (曹亮等 2013), 这与本实验研究结果完全不同, 这说明脑红蛋白的表达分布可能具有种属特异性。基于脑红蛋白在赛加羚羊内脏器官中的大量分布, 推测脑红蛋白可能广泛分布于动物机体发挥重要作用的组织器官与系统中, 对动物与氧气相关的生理生化活动具有极其重要的意义。

本研究发现, 脑红蛋白主要分布表达于心壁的心肌细胞中, 这有可能与心肌细胞周围含有丰富的血管和淋巴管有关。已有研究发现, 新生猪缺氧缺血性脑病后心组织中的亦有 *NGB* mRNA 的表达 (王萍 2005), 由此说明心低氧时脑红蛋白的保护效应对非神经系统同样有效。脾实质的白髓区主要由密集的淋巴细胞构成, 是机体发生特异性免疫的主要场所; 有研究结果显示, 脾作为一个重要的髓外造血器官, 是单核巨噬细胞的重要来源之一, 且脾同时是肿瘤免疫耐受的发生部位 (Cortez-Retamozo et al. 2012, 程馥艳等 2011), 提示当动物处于运动、失血、缺氧等应激状态时, 脾可能发挥造血功能且增加血容量。本研究发现, 脑红蛋白主要分布并表达在赛加羚羊脾白髓区周围的淋巴细胞中, 这说明赛加羚羊的脾在其适应低氧以及恶劣的半荒漠环境中发挥着极其重要的应激调控作用, 且 *NGB* 在脾中的表达量最高, 这与可能与脾中发挥免疫作用的淋巴细胞以及肝制造免疫球蛋白、补体等免疫物质相关。脑红蛋白在肺主要分布表达于肺泡中, 这

可能与赛加羚羊进行呼吸作用时氧气从肺泡向血液弥散, 静脉血就变为含氧丰富的动脉血有关。脑红蛋白在赛加羚羊肾中的分布与表达有利于维持机体内环境的稳定。

有研究发现, 脑红蛋白在牦牛和黄牛的脑组织不同分区中存在差异性表达与分布(米晓钰 2020)。脑红蛋白在双峰驼(*Camelus bactrianus*)的视神经以及视网膜中除外核层外其他各层均有不同强度的阳性表达; 在细胞层面上分析, 发现脑红蛋白在色素上皮细胞、光感受器细胞、双极细胞和节细胞的细胞质处集中表达(胡桂玲 2021)。张博等(2015)对牦牛和黄牛复胃组织进行免疫组织化学染色处理发现, 脑红蛋白在牦牛和黄牛胃中均有分布, 主要表达于三个无腺体胃的黏膜上皮和固有层, 以及皱胃的黏膜上皮和胃底腺; 且牦牛胃部分组织中脑红蛋白的表达强度高于黄牛, 他推测可能与其对高原低氧环境的适应性有关。对 *NGB* 在人体不同细胞组织中的分布与表达进行探究并发现, 在胎肾中表达量最高, 在肝组织、大脑皮层、全脑、胎肺、回肠慢性炎症、小脑、胎胸腺、膀胱癌、乳腺癌、Hela S3 细胞、肝癌和胎心也有表达(王航雁等 2004)。这说明 *NGB* 基因不仅在动物的内脏器官中广泛分布, 而且在神经系统以及其他组织中均有表达, 提示脑红蛋白在机体中极广泛表达与分布且发挥着极其重要的生物学功能。

脑红蛋白与脑红蛋白基因在赛加羚羊主要内脏器官中均有表达, 且表达量存在明显差异, 其中脾的表达量最高, 肺和肾的表达量最低。脑红蛋白在赛加羚羊主要内脏器官适应低氧环境过程中发挥着重要作用, 不同内脏器官的差异性表达, 可能是其发挥主要特定功能过程中脑红蛋白差异选择性表达的结果, 脾和肺可能分别是赛加羚羊主要内脏器官中低氧缺氧耐受度最高与最低的两个部位。

参 考 文 献

Burmester T, Weich B, Reinhardt S, et al. 2000. A vertebrate globin

expressed in the brain. *Nature*, 407(6803): 520–523.

Cortez-Retamozo V, Eitzrodt M, Newton A, et al. 2012. Origins of tumor-associated macrophages and neutrophils. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(7): 2491–2496.

Greenberg D A, Jin K N, Khan A A. 2008. Neuroglobin: An endogenous neuroprotectant. *Pharmacological Dynamics*, 8(1): 20–24.

Vandergon T L, Riggs C K, Gorr T A, et al. 1998. The mini-hemoglobins in neural and body wall tissue of the ne-merterean worm, *Cerebratulus lacteus*. *Journal of Biochemistry*, 273(27): 16998–17011.

曹亮, 刘霞, 石宁宁, 等. 2013. 脑红蛋白在成年牦牛不同组织细胞中的分布. *解剖学报*, 44(1): 71–75.

程馥艳, 刘锡文, 徐晓武. 2011. 三七总皂苷对人肝癌细胞 HepG2 移植瘤增殖的影响及其机制的研究. *河北医科大学学报*, 32(4): 447–449.

段文娟, 燕振国, 林丽霞, 等. 2010. 高原环境下兔眼球挫伤后视网膜脑红蛋白的表达调控研究. *眼外伤职业眼病杂志*, 32(2): 87–91.

高雪晋, 刘霞, 杜晓华, 等. 2015. 脑红蛋白在西门塔尔牛主要器官组织中分布的研究. *解剖学报*, 46(1): 32–37.

胡桂玲. 2021. 双峰驼 *NGB* 基因序列分析及其在视网膜中的表达研究. 兰州: 甘肃农业大学硕士学位论文.

李盛杰, 杜晓华, 罗玉柱, 等. 2013. 天祝白牦牛 *NGB* 基因的克隆及生物信息学分析. *畜牧兽医学报*, 44(3): 395–398.

马兰, 白振忠, 靳国恩, 等. 2012. 藏羚羊脑红蛋白基因的组织表达谱分析. *青海医学院学报*, 33(1): 12–15.

米晓钰. 2020. *Ngb* 和 *HIF-1 α* 在牦牛与黄牛不同脑组织表达与分布的比较研究. 兰州: 甘肃农业大学硕士学位论文.

米晓钰, 刘霞, 董建英, 等. 2019. 初生赛加羚羊部分生物学指标的观测与分析. *动物学杂志*, 54(2): 288–292.

牛建章, 田侠, 赵慧, 等. 2005. 中国人神经珠蛋白(*NGB*)基因克隆与序列分析. *河北大学学报: 自然科学版*, 25(4): 412–417.

石宁宁, 杜晓华, 罗玉柱, 等. 2013. 甘南牦牛 *NGB* 基因的克隆及序列分析. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 41(4): 14–20.

王航雁, 邓美玉, 王静, 等. 2004. 脑红蛋白基因在大脑和不同组织细胞中的表达. *军医进修学院学报*, 25(4): 318–320.

王红军, 赵之旭, 陈岩辉, 等. 2017. 半散放状态下赛加羚羊繁殖性能与气候因子的相关性研究. *畜牧与兽医*, 49(7): 13–16.

- 王萍. 2005. 脑红蛋白基因在缺氧缺血性脑损伤多脏器中的表达及其机制的探讨. 北京: 中国人民解放军军医进修学院硕士学位论文.
- 王玉娇, 刘霞, 杜晓华, 等. 2020. 赛加羚羊部分器官组织学结构观察. 动物学杂志, 55(4): 477-484.
- 张博, 杨阳, 高雪晋, 等. 2015. 牦牛与黄牛胃中脑红蛋白表达的比较研究. 甘肃农业大学学报, 50(5): 20-24.
- 张成岗, 李林, 邓美玉, 等. 2001. 大鼠脑红蛋白基因编码区的克隆、多态性分析及该基因组织表达谱研究. 遗传学报, 28(11): 997-1001.
- 张立凡, 刘翀, 连林生, 等. 2008. 低氧适应藏鸡神经珠蛋白的突变研究. 自然科学进展, 18(1): 39-44.

勘 误

对本刊 2023 年 58 卷 5 期第 641 至 650 页发表的论文《东秦岭地区齿突蟾属一新种记述（两栖纲：角蟾科）》进行勘误。该文中第 645 页图 3a 和 b 中标尺单位由 nm 改为 mm。

特此告知并诚挚地向读者致歉。

《动物学杂志》编辑部