

邓茗月,吴东旺,孔小艳,等. 中甸牦牛和德宏黄牛血液生理指标测定与分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(21):211-214.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.039

中甸牦牛和德宏黄牛血液生理指标测定与分析

邓茗月, 吴东旺, 孔小艳, 孙丽媛, 李根, 朱莉, 王寒雪, 张光荣, 冷静, 毛华明, 杨舒黎

(云南农业大学动物营养与饲料科学重点实验室, 云南昆明 650201)

摘要:为探究牦牛在高原低氧环境下的生理适应机制和机体运氧能力,采集了34头海拔3 500 m的中甸牦牛和32头海拔500 m的德宏黄牛不同年龄段的血液样本,采用兽用全自动血液分析仪(BC-2800Vet)和全自动血流变测试仪(ZL6000P)进行血液指标测定,通过方差分析校正年龄影响。结果显示,血常规指标中甸牦牛的红细胞数量、血红蛋白浓度、红细胞压积、平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白含量极显著高于德宏黄牛($P < 0.01$),而红细胞分布宽度变异系数极显著低于德宏黄牛($P < 0.01$),血流变指标中全血低切相对指数、全血中切相对指数、全血高切相对指数、红细胞聚集指数、红细胞聚集系数、低切流阻、屈服应力极显著高于德宏黄牛($P < 0.01$),红细胞内黏度、血浆黏度则极显著低于德宏黄牛($P < 0.01$)。该研究表明,高原低氧环境下中甸牦牛通过增加红细胞数和血红蛋白浓度保证氧气运输的能力的同时血液黏稠度和血液流阻也相应增加。但中甸牦牛如何克服血液黏稠度和血液流阻增加带来的不良影响,对保证正常的血流通畅性还有待进一步研究。

关键词:中甸牦牛;德宏黄牛;血液生理指标

中图分类号:S823.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)21-0211-04

高原动物在低氧适应过程中表现出其特定的机体适应机制,是研究高原低氧适应的重要素材。

收稿日期:2020-01-08

基金项目:云南省重点研发计划[编号:(2018)-BB001];云南省农业基础联合专项[编号:(2017)-FG001-061]。

作者简介:邓茗月(1993—),女,四川宜宾人,硕士,研究方向为反刍动物营养与微生物工程。E-mail:2673623191@qq.com。

通信作者:杨舒黎,博士,副教授,研究方向为反刍动物营养与微生物工程。E-mail:yangshuli77@163.com。

牦牛在我国主要分布在青藏高原及其周边的高山地区,平均海拔在3 000 m以上。而高原地区拥有气候寒冷、昼夜温差大、氧含量低、阳光辐射强等独特的气候条件,这种极端条件决定了牦牛特有的高原生理适应性。牦牛在藏民的生活中扮演着重要的生产生活角色,不仅提供奶、肉、皮、毛、燃料等生活用品,还可用于农耕、运输等,其经济和社会地位在高原地区不可替代^[1]。红细胞的主要作用是运

[11] Mattoni C I, García - Hernández S, Botero - Trujillo R, et al. Scorpion sheds 'tail' to escape: Consequences and implications of autotomy in scorpions (Buthidae: Ananteris) [J]. *PLoS One*, 2015, 10(1): e0116639.

[12] 岳武成,陈娇,慈元吉,等. 断肢再生对中华绒螯蟹蜕壳、生长及相关基因表达的影响[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2016, 42(4): 502-508.

[13] 王孟卿,彩万志. 昆虫肢体再生的研究进展[J]. *昆虫知识*, 2004, 41(2): 127-131.

[14] 付成,曹振东,付世建. 尾鳍缺失和再生对三种鲤科鱼类游泳运动能力和摄食与运动代谢交互作用的影响[C]//中国海洋湖沼学会鱼类学分会、中国动物学会鱼类学分会2012年学术研讨会. 兰州, 2012.

[15] 赵群,王征,刘琳琳,等. 三个种群有尾和断尾丽斑麻蜥的选择体温、表面活动和摄食量[J]. *动物学报*, 2008, 54(1): 60-66.

[16] Ali M, Nicieza A, Wootton R J. Compensatory growth in fishes: a

response to growth depression[J]. *Fish and Fisheries*, 2003, 4(2): 147-190.

[17] 何金星,周雪瑞,唐建清,等. 多重周期饥饿后克氏原螯虾的补偿生长及生理指标变化[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(34): 16890-16893.

[18] Diaz - Guisado D, Carlos F G, Katherina B B, et al. Autotomy reduces feeding, energy storage and growth of the sea star *Stichaster striatus*[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2006, 338(1): 73-80.

[19] Wrinn K M, Uetz G W. Impacts of leg loss and regeneration on body condition, growth, and development time in the wolf spider *Schizocosa ocreata*[J]. *Canadian Journal of Zoology*, 2007, 85(7): 823-831.

[20] Kurup K N, Adiyodi R G. Multiple limb autotomy can trigger either ovarian growth or somatic growth in the freshwater crab, *Paratelphusa hydrodromous* (Herbst) [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 1984, 56(3): 433-443.

输氧和 CO₂, 红细胞数量和血红蛋白含量直接关系到机体内氧的供应和利用。随着海拔的增高, 多数动物体内的红细胞数量和血红蛋白浓度也随之增多以适应极端低氧的环境条件。有研究表明, 藏马、藏猪等高原动物也具有较高的红细胞数量和血红蛋白含量的血液生理表征^[2-3]。而埃塞俄比亚土著居民却具有较低红细胞数量和血红蛋白含量的遗传效应^[4]。目前对于牦牛低氧适应的血液生理表征仍不清楚。本研究通过测定高海拔地区的中甸牦牛和低海拔地区的德宏黄牛血液生理指标, 进行对比分析, 以期了解中甸牦牛在高原环境下的机体低氧适应血液生理表征, 为高原适应和高原疾病等研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取来自中甸北部地区海拔 3 500 m 左右的格咱乡天成仑珠农产品开发有限公司养殖场的自然放牧状态下的牦牛和海拔 500 m 云南德宏芒市自然放牧的黄牛, 随机抽取体质量约 200 kg 且健康的牦牛 34 头、黄牛 32 头。

1.2 测定方法

采用含有抗凝剂的真空采血管于 2019 年 7 月 15 日从牛颈静脉采血约 10 mL 送至香格里拉市科技局, 并于 4 h 内采用兽用全自动血液分析仪

(BC-2800Vet) 和全自动血流变测试仪 (ZL6000P) 进行血液生理指标测定。

1.3 指标测定

血液生理指标的测定包括血常规测定和血液黏稠度测定。血常规测定主要包括红细胞数量、血红蛋白浓度、红细胞压积、平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白含量、平均红细胞血红蛋白浓度和红细胞分布宽度变异系数共 7 项指标。

血流变测定包括血浆黏度、全血低切相对指数、全血中切相对指数、全血高切相对指数、红细胞聚集指数、红细胞聚集系数、卡松黏度、红细胞内黏度、低切流阻、中切流阻、高切流阻、纤维蛋白原、屈服应力共 13 项指标。

1.4 数据分析

数据经 Excel 工作表统计后, 采用 SAS 9.2 软件进行多因素方差分析, 结果采用“平均数 ± 标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 不同年龄血液生理指标检测结果

牦牛 2 岁后成年。由表 1 可知, 成年与未成年牦牛大多数血液生理指标存在极显著差异, 其中, 红细胞数量、血红蛋白浓度、红细胞压积、平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白含量这几项在未成年个体中极显著高于成年个体 ($P < 0.01$)。

表 1 年龄因素对中甸牦牛、德宏黄牛血常规指标的影响

年龄	红细胞数量 ($\times 10^{12}$ 个/L)	血红蛋白浓度 (g/L)	红细胞压积 (%)	平均红细胞体积 (fL)	平均红细胞血红蛋白含量 (pg)	平均红细胞血红蛋白浓度 (g/L)	红细胞分布宽度 变异系数 (%)
未成年	8.23 ± 0.18aA	115.06 ± 2.12aA	38.93 ± 0.74aA	47.66 ± 0.57aA	14.03 ± 0.17aA	295.55 ± 1.35aA	17.00 ± 0.18aA
成年	6.78 ± 0.17bB	104.80 ± 2.10bB	35.36 ± 0.73bB	52.73 ± 0.56bB	15.54 ± 0.17bB	295.98 ± 1.33aA	16.83 ± 0.18aA
参考范围	5.00 ~ 9.50	99.00 ~ 165.00	32.00 ~ 50.00	51.00 ~ 68.00	17.00 ~ 22.00	300.00 ~ 380.00	14.00 ~ 19.00

注: 同列不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$), 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。表 3 同。

由表 2 可知, 血流变多数指标在成年前后存在显著或极显著差异, 其中全血低切相对指数、全血中切相对指数、全血高切相对指数、红细胞聚集系数、低切流阻、中切流阻、屈服应力、纤维蛋白原在未成年个体中极显著高于成年个体 ($P < 0.01$), 而血浆黏度、红细胞内黏度极显著低于成年个体 ($P < 0.01$), 卡松黏度、高切流阻也存在显著性差异 ($P < 0.05$), 其他指标不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2 不同海拔血液生理指标检测结果

由表 3 可知, 各指标间中甸牦牛的红细胞数量、

血红蛋白浓度、红细胞压积、平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白含量极显著高于德宏黄牛 ($P < 0.01$), 而红细胞分布宽度变异系数极显著低于德宏黄牛 ($P < 0.01$), 平均红细胞血红蛋白浓度值在两者之间没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

由表 4 可知, 中甸牦牛血流变指标上全血低切相对指数、全血中切相对指数、全血高切相对指数、红细胞聚集指数、红细胞聚集系数、低切流阻、屈服应力极显著高于德宏黄牛 ($P < 0.01$), 红细胞内黏度、血浆黏度则极显著低于德宏黄牛 ($P < 0.01$), 其

表2 年龄因素对中甸牦牛、德宏黄牛血流变指标的影响

指标	未成年	成年	参考范围
血浆黏度(mPa·s)	1.57 ± 0.04bB	1.79 ± 0.04aA	1.26 ~ 1.66
全血低切相对指数(mPa·s)	13.97 ± 0.51aA	9.87 ± 0.50bB	10.62 ~ 19.42
全血中切相对指数(mPa·s)	3.42 ± 0.10aA	2.56 ± 0.10bB	3.12 ~ 5.25
全血高切相对指数(mPa·s)	2.54 ± 0.07aA	1.93 ± 0.07bB	2.13 ~ 4.01
红细胞聚集指数	5.35 ± 0.11aA	5.13 ± 0.11aA	3.49 ~ 6.93
红细胞聚集系数	3.67 ± 0.07aA	3.52 ± 0.07bB	2.39 ~ 4.76
卡松黏度(mPa·s)	3.00 ± 0.06aA	2.84 ± 0.06bA	2.91 ~ 4.12
红细胞内黏度(mPa·s)	0.63 ± 0.01bB	0.72 ± 0.01aA	0.50 ~ 0.66
低切流阻(mPa·s)	59.12 ± 1.47aA	52.74 ± 1.46bB	52.64 ~ 73.00
中切流阻(mPa·s)	34.20 ± 0.64aA	32.16 ± 0.64bB	36.22 ~ 46.20
高切流阻(mPa·s)	25.23 ± 0.57aA	24.29 ± 0.57bA	24.66 ~ 35.21
纤维蛋白原(g/L)	3.92 ± 0.32bB	3.88 ± 0.32aA	—
屈服应力(mPa)	7.49 ± 0.30aA	6.38 ± 0.30bB	4.72 ~ 8.48

注:同行不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表4同。

表3 海拔因素对中甸牦牛、德宏黄牛血常规指标的影响

海拔	红细胞数量 ($\times 10^{12}$ 个/L)	血红蛋白浓度 (g/L)	红细胞压积 (%)	平均红细胞体积 (fL)	平均红细胞血红蛋白含量(pg)	平均红细胞血红蛋白浓度(g/L)	红细胞分布宽度 变异系数(%)
中甸牦牛(3 500 m)	7.90 ± 0.14aA	119.62 ± 1.69aA	40.41 ± 0.59aA	52.07 ± 0.45aA	15.35 ± 0.13aA	296.03 ± 1.07aA	16.51 ± 0.14bB
德宏黄牛(500 m)	7.07 ± 0.22bB	100.24 ± 2.62bB	33.87 ± 0.91bB	48.31 ± 0.70bB	14.22 ± 0.21bB	295.50 ± 1.66aA	17.30 ± 0.22aA
参考范围	5.00 ~ 9.50	99.00 ~ 165.00	32.00 ~ 50.00	51.00 ~ 68.00	17.00 ~ 22.00	300.00 ~ 380.00	14.00 ~ 19.00

表4 海拔因素对中甸牦牛、德宏黄牛血流变指标的影响

指标	中甸牦牛 (3 500 m)	德宏黄牛 (500 m)	参考范围
血浆黏度(mPa·s)	1.50 ± 0.029B	1.86 ± 0.04A	1.26 ~ 1.66
全血低切相对指数(mPa·s)	14.88 ± 0.40A	8.95 ± 0.62B	10.62 ~ 19.42
全血中切相对指数(mPa·s)	3.48 ± 0.08A	2.50 ± 0.12B	3.12 ~ 5.25
全血高切相对指数(mPa·s)	2.54 ± 0.06A	1.92 ± 0.09B	2.13 ~ 4.01
红细胞聚集指数	5.84 ± 0.09A	4.64 ± 0.13B	3.49 ~ 6.93
红细胞聚集系数	4.00 ± 0.06A	3.18 ± 0.09B	2.39 ~ 4.76
卡松黏度(mPa·s)	2.88 ± 0.05	2.96 ± 0.07	2.91 ~ 4.12
红细胞内黏度(mPa·s)	0.60 ± 0.01B	0.74 ± 0.02A	0.50 ~ 0.66
低切流阻(mPa·s)	62.88 ± 1.17A	48.98 ± 1.82B	52.64 ~ 73.00
中切流阻(mPa·s)	34.22 ± 0.51	32.14 ± 0.79	36.22 ~ 46.20
高切流阻(mPa·s)	24.75 ± 0.46	24.77 ± 0.71	24.66 ~ 35.21
纤维蛋白原(g/L)	3.68 ± 0.26	4.12 ± 0.39	—
屈服应力(mPa)	8.41 ± 0.24A	5.46 ± 0.37B	4.72 ~ 8.48

他指标不存在显著性差异($P > 0.05$)。

3 讨论与结论

血液循环系统是机体新陈代谢的核心环节,能从外界中获取氧气并将自身代谢的废物排出体外。

高海拔地区动物为了适应高原低氧,其体内的红细胞数量、血红蛋白浓度增加,以供应机体氧气需求,但是这样的方式会导致血液黏滞性的增加,引起血液阻力的加大,这样的结果必然会致血液流动速度变慢,加大了心脏的负担。本研究中甸牦牛血

常规指标中的红细胞数量、血红蛋白浓度、平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白含量极显著高于德宏黄牛($P < 0.01$),结果表明牦牛具有高红细胞数量、血红蛋白浓度,能保证低氧条件下高的氧运输能力。与中低海拔绵羊相比,西藏曲松绵羊的红细胞数量、血红蛋白浓度高于中低海拔的绵羊,但纤维蛋白原含量和血浆黏度低^[5]。高原鼠兔红细胞数量多、体积小,红细胞膜总表面积大,气体扩散量增多,红细胞内的血红蛋白能充分与氧气和二氧化碳交换,有足够多的血红蛋白参与机体氧气供给^[6]。藏鸡、藏羊都具有高的红细胞数量、血红蛋白浓度^[7-9]。齐晓园等研究结果表明,3 000 m 牦牛具有较高的全血黏度和血流阻,较低的红细胞聚集性、血浆黏度、红细胞内黏度和纤维蛋白原含量,可有效地降低全血黏度和血流阻增大带来的不良影响^[10]。有研究表明,生活在 3 700 m 处的藏猪为适应高原低氧环境,主要表现为红细胞数量、血红蛋白浓度、红细胞压积增加,血液黏度增高^[11]。以上报道中的结果均与本研究结果一致。表明高原动物通常通过增加血红蛋白含量和红细胞数量来增强机体的运氧能力,加强机体对高原低氧环境的适应性。

高原动物目前还缺乏血液流变学指标的系统测定。全血黏度主要由红细胞的数目、聚集性、变形性及血浆黏度决定。全血低切黏度和全血高切黏度分别反映血流较慢和较快时的血液黏度,前者主要由红细胞的聚集性和血浆黏度决定,后者由红细胞的变形性和血浆黏度决定。纤维蛋白原是影响血浆黏度的主要因素,红细胞压积是影响血液黏稠度的主要因素。低切流阻、高切流阻是血液在血管中流动的阻力,反应血液流动通畅性。本研究中甸牦牛的全血黏度相关指标多极显著高于德宏黄牛($P < 0.01$),低切流阻极显著高于德宏黄牛($P < 0.01$),结果表明,中甸牦牛在高原低氧条件下血液通透性弱于低地黄牛,可能是因为牦牛红细胞数目

增加,红细胞压积升高和红细胞体积变大造成其血液黏稠度和血液流阻增加。

本研究通过对迪庆州中甸地区牦牛和德宏州德宏黄牛的血液生理指标进行分析,揭示了牦牛适应高原低氧环境的运氧机制,牦牛主要通过增加红细胞数量和血红蛋白浓度保证氧气运输,同时血液黏稠度和血液流阻增加,这些差异为今后进一步研究其生产性能、物种选育、疾病防控等提供了基础性参考数据。但关于牦牛如何克服血液黏稠度和血液流阻增加带来的不良影响以保证正常的血流通畅性还有待进一步研究。

参考文献:

- [1]李景芳,叶东东,陆东林,等. 牦牛的生物学特性和生产性能[J]. 新疆畜牧业,2015(4):39-41.
- [2]赵雪,魏雪锋,连林生,等. 藏马低氧适应的血液生理指标研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2014,29(5):684-688.
- [3]徐跃进,巩兴龙,段梦琪,等. 高原环境下藏猪与大约克猪血液生理生化指标测定与比较[J]. 高原农业,2019,3(4):421-423,449.
- [4]Beall C M,Decker M J,Brittenham G M,et al. An ethiopian pattern of human adaptation to high-altitude hypoxia[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences,2002,99(26):17215-17218.
- [5]李孝仪,杨舒黎,马黎,等. 西藏绵羊低氧适应的血液生理学特性研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2016(1):12-15.
- [6]叶润蓉,曹伊凡,白琴华. 高原鼠兔的血象及其与低氧适应的关系[J]. 中国实验动物学报,1994(2):115-120.
- [7]Wei Z H,Zhang H,Jia C L,et al. Blood gas,hemoglobin,and growth of Tibetan chicken embryos incubated at high altitude[J]. Poultry Science,2007,86(5):904-908.
- [8]包鹏甲,裴杰,阎萍,等. 藏羊 EPO 基因遗传多样性与高原低氧适应性[J]. 江苏农业学报,2014,30(3):581-585.
- [9]张玉海. 藏羊低氧适应的血液生理学特性分析[J]. 甘肃畜牧兽医,2016,46(23):100-101.
- [10]齐晓园,马黎,杨舒黎,等. 牦牛、藏黄牛低氧适应血液生理表征研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2017(1):9-14.
- [11]孔小艳,苟潇,马腾,等. 藏猪低氧适应的血液生理指标研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2014,29(2):297-300.