

# 牦牛和黄牛的睾丸形态及其血管构筑特征

王欣荣<sup>①</sup> 郭天芬<sup>②</sup> 杨雅楠<sup>①</sup> 孙红梅<sup>①</sup> 王彪<sup>①</sup> 刘成泽<sup>①</sup>

① 甘肃农业大学动物科学技术学院 兰州 730070; ② 中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所 兰州 730050

**摘要:** 本实验旨在研究牦牛 (*Bos grunniens*) 和黄牛 (*B. taurus*) 的睾丸形态及其血管构筑和动脉管径特征, 为牦牛睾丸在高原环境的生理适应性提供依据。从 14 头屠宰后的成年牦牛体内采集睾丸 28 枚, 从 9 头成年黄牛体内采集睾丸 18 枚, 测定其形态指标, 利用血管铸型技术制作动静脉构筑标本, 研究睾丸血管解剖学及主要动脉管径的特征。结果显示, 牦牛和黄牛的睾丸、附睾的形态特征及动脉管径有差异, 牦牛大部分睾丸动脉及其分支的管径与睾丸重的相对值极显著地高于黄牛 ( $P < 0.01$ ), 牦牛睾丸的主要动脉构筑特征与黄牛的相同, 但其大的集合静脉数量较少, 小静脉呈“编织袋”状紧密排布。研究认为, 牦牛睾丸的血管解剖特征可为睾丸提供更为充足的血液, 其相对发达的动脉血管和睾丸静脉“编织袋”状分布特点有利于睾丸的温度调节及精子成熟, 可能是牦牛生殖器官适应高海拔环境的生理特征之一。

**关键词:** 牦牛; 黄牛; 睾丸形态; 血管构筑

**中图分类号:** Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2018) 05-715-08

## Morphological Characteristics and Vascular Casts of Testes in Yak and Cattle

WANG Xin-Rong<sup>①</sup> GUO Tian-Fen<sup>②</sup> YANG Ya-Nan<sup>①</sup> SUN Hong-Mei<sup>①</sup>  
WANG Biao<sup>①</sup> LIU Cheng-Ze<sup>①</sup>

① *College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070;* ② *Lanzhou Institute of Animal Husbandry and Pharmaceutical Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730050, China*

**Abstract:** The objective of this study is to analyze the characteristics and differences of the testes morphology, vascular casts and arterial diameters in yak and cattle and to explore the physiological mechanism of plateau adaptability in yak testis. Twenty-eight testes from fourteen slaughtered adult yaks (*Bos grunniens*) and eighteen testes from nine slaughtered adult cattle (*B. taurus*) were collected in Xining, Qinghai Province, and their morphological parameters were examined, vascular casts were achieved by adopting the vessel perfusion technology, arterial diameters were measured, and all of data were analyzed using *T*-test. Results showed that there were differences in morphology (Table 1), arterial diameters of testis and epididymis between yak and cattle, and relative ratios of diameter of testicular artery or its branch to

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 31560634) ;

**第一作者介绍** 王欣荣, 男, 副教授; 研究方向: 动物繁殖原理与技术; E-mail: wangxr@gsau.edu.cn.

收稿日期: 2018-01-18, 修回日期: 2018-04-18 DOI: 10.13859/j.cjz.201805006

testis weight in yak was higher than that of cattle ( $P < 0.01$ ) (Table 2). The general arterial architecture of yak testis was similar to that of the cattle. Additionally, there were fewer thick collecting veins and fine veins showed the compact woven bag-shaped arrangement on the surface of testis (Fig. 1). The study suggests that testicular vascular anatomical characteristics are the basis for supplying enough blood to yak testis, especially the compact woven bag-shaped veins arrangement is able to benefit for adjustment of temperature and sperm maturation, which might be one of the plateau adaptability characteristics of testis in yak.

**Key words:** Yak, *Bos grunniens*; Cattle, *B. taurus*; Testis; Vascular casts

高原环境中的多种因素如低气压、低氧、低温、强辐射等生态因子往往综合作用于动物机体(吴天一 1996)。据研究,海拔高度为 3 000 m 的高原大气中氧含量仅为海平面地区的 73%, 5 000 m 地区仅为海平面地区的 53% (张彦博等 1984)。因此环境中氧含量的差别,形成了动物组织器官对氧气的摄取能力不同。研究显示,高原世居动物具有发达且独特的肺血管网络系统,能够在高寒低氧条件下保证身体对氧的需求(Heath et al. 1984, 俞红贤 1999, 陈秋生等 2006)。因此在低氧环境中保证充足的血流量及氧供对于动物维持其组织器官的正常生理功能具有极端重要性。高原家畜常年生活在海拔 3 000 m 以上的低气压低氧环境,其生理机能等方面具备了一定的高原适应性特征,如牦牛(*Bos grunniens*)、藏羊(*Ovis aries*)脑血管等方面形成了特定的高原适应性改变(王欣荣 2012)。有学者通过对藏羊睾丸的血管解剖特征的研究,揭示了其适应高原环境的生理特征(孙英等 2011, 袁莉刚等 2014)。哺乳动物睾丸的主要功能是产生精子、分泌雄激素和睾丸液,其对维持雄性特征及正常繁殖机能至关重要。研究资料表明,睾丸是一个耗氧量大、不耐缺血的器官(吴菝芳等 1996)。睾丸动脉是正常血液成分及内固醇激素的运输通道。睾丸对外界因素的影响特别敏感,短暂的、微小的局部贫血会导致功能障碍(Pozor et al. 2001)。因此,高原环境的低氧同样会引起睾丸生理功能的改变。目前关于牦牛与黄牛(*B. taurus*)睾丸血管解剖特征报道尚少,开展其形态特征、血管构筑、动脉管径的相关研究,

可阐明牦牛与黄牛睾丸的形态解剖学、血管构筑特征的差异,为深入研究牦牛睾丸的高原适应性机理提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验材料是取自 14 头成年牦牛的睾丸 28 枚,以及 9 头成年黄牛的睾丸 18 枚,睾丸采集自青海省西宁市乐家湾牛羊屠宰场,从屠宰后的成年牦牛、黄牛新鲜尸体上分离获得。

### 1.2 铸型剂配制

提前 20 d 将丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(Acrylonitrile-Butadiene-Styrene resin, ABS 塑化剂,韩国锦湖 HFA450)溶解于体积比为 50:50 的丙酮-丁酮(博联化工)溶液中,使用前与苏丹 III 染料(天津光复精细化工)加热混合,制成 15% 浓度的单色铸型剂。

### 1.3 铸型标本制作

采集到的睾丸样本,快速带至实验室,清洁并剪除多余组织后进行形态参数的测量。之后剥离、剪开外周固有鞘膜,充分暴露睾丸白膜、附睾及内部血管,反复挤压睾丸精索部位以排出血管内淤血,小心将睾丸精索动脉近心端螺旋血管解开呈直线,便于插管和灌注。选择磨钝的注射器针头插管后用丝线固定,然后用 5 ml 注射器抽取铸型剂 ABS 通过睾丸精索动脉对睾丸及附睾进行缓慢持续灌注。最后,对部分未充盈的血管进行睾丸动脉插管后补灌,对附睾动脉也进行补灌。灌注过程中注意固定好针头,灌注力度要适当并及时处理好渗漏现象。灌注完成后将样本放于玻璃容器内,

加满水保持血管自然状态并使铸型剂充分凝固 1~2 d。然后用 30% 盐酸密封腐蚀 6~8 d, 腐蚀完成后用缓慢水流冲洗标本直至整体铸型完成。

#### 1.4 数据测定及分析

将采集到的牦牛、黄牛睾丸在实验室进行清洁处理后, 利用软尺、游标卡尺(上海恒量, 0~150 mm)及电子秤(浙江 JOANLAB, 0.01 g 精度)对单个睾丸的形态特征包括重量(含附睾和精索部)、纵横径、附睾长、附睾体宽、附睾头径等参数进行精确测量并记录。对冲洗修整完成后的睾丸血管铸型标本, 置于光线均匀、明亮处, 用数码相机(日本 Canon 50D)拍照, 采集标本的照片以研究其解剖学特征。选择牦牛、黄牛睾丸动脉及分支不同部位, 用游标卡尺测量其管径(动脉血管内径)大小并记录, 对所有获得标本进行测量, 将牦牛、黄牛的动脉管径测定值换算为与睾丸重比较的相对值, 并进行独立样本 *T* 检验。

## 2 结果

### 2.1 牦牛、黄牛睾丸的形态参数

通过测定睾丸及附睾的形态学指标, 显示成年牦牛单侧睾丸重(含精索、附睾及固有鞘膜)平均为 95.80 g, 成年黄牛单侧睾丸重平均为 278.53 g, 二者差别悬殊, 因此睾丸及附睾

其他形态指标的测定值亦表现出明显的差异(表 1)。

### 2.2 牦牛、黄牛睾丸血管构筑的解剖学特征

**2.2.1 牦牛、黄牛的睾丸动静脉立体构筑** 通过血管铸型腐蚀标本制作技术, 获得了牦牛和黄牛睾丸动静脉的血管构筑标本(图 1)。标本显示, 睾丸动静脉及其分支走向清晰, 表面光滑, 立体感强。其中图 1a 和图 1b 清晰呈现了牦牛睾丸动静脉及其分支的外侧面及内侧面结构特征, 图 1c 和图 1d 完整呈现了黄牛睾丸动静脉的外侧面及内侧面分布、走形及立体构筑特征。另外, 通过观察发现睾丸内部动静脉的分布情况亦很清楚, 向心动脉、离心动脉、睾丸绳结状动脉及其他微动脉等清晰可见、立体感强, 能够完整呈现牦牛、黄牛睾丸内部和外部血管的立体构筑。

### 2.2.2 牦牛、黄牛睾丸动静脉构筑的基本特征

通过观察牦牛、黄牛睾丸动脉及其分支的立体构筑标本, 发现二者的动脉走形及分布基本类似。睾丸动脉精索部起源于腹主动脉, 在精索部仅通过一条动脉血管紧密盘绕连接, 形成复杂的高度螺旋形特征, 整体为上窄下宽的椎体状(图 1a, c)。进入睾丸白膜开始, 精索动脉螺旋解开基本呈直线形, 形成睾丸直段动脉, 跨过睾丸背侧, 在其前三分之一处开始分支, 逐渐沿睾丸白膜下盘曲分布, 并发出二级或三

表 1 牦牛和黄牛睾丸、附睾的形态指标测定结果(重量: g, 纵径或横径: mm)

Table 1 Determination of morphologic parameters of testis and epididymis in yak and cattle (weight: g, length or width: mm)

物种 Species	睾丸形态参数 Morphologic parameters of testis			附睾形态参数 Morphologic parameters of epididymis			
	睾丸重 Weight	睾丸纵径 Major axis	睾丸横径 Minor axis	附睾全长 Overall length	附睾体宽 Body width	附睾头纵径 Caput major axis	附睾头横径 Caput minor axis
牦牛 Yak (n = 28)	95.80 ± 26.27	68.92 ± 8.86	44.11 ± 3.88	165.00 ± 21.45	7.00 ± 1.19	17.03 ± 2.70	16.87 ± 2.00
黄牛 Cattle (n = 18)	278.53 ± 56.50	109.36 ± 8.46	64.09 ± 6.24	221.83 ± 15.85	8.17 ± 1.66	20.70 ± 3.81	22.05 ± 3.07

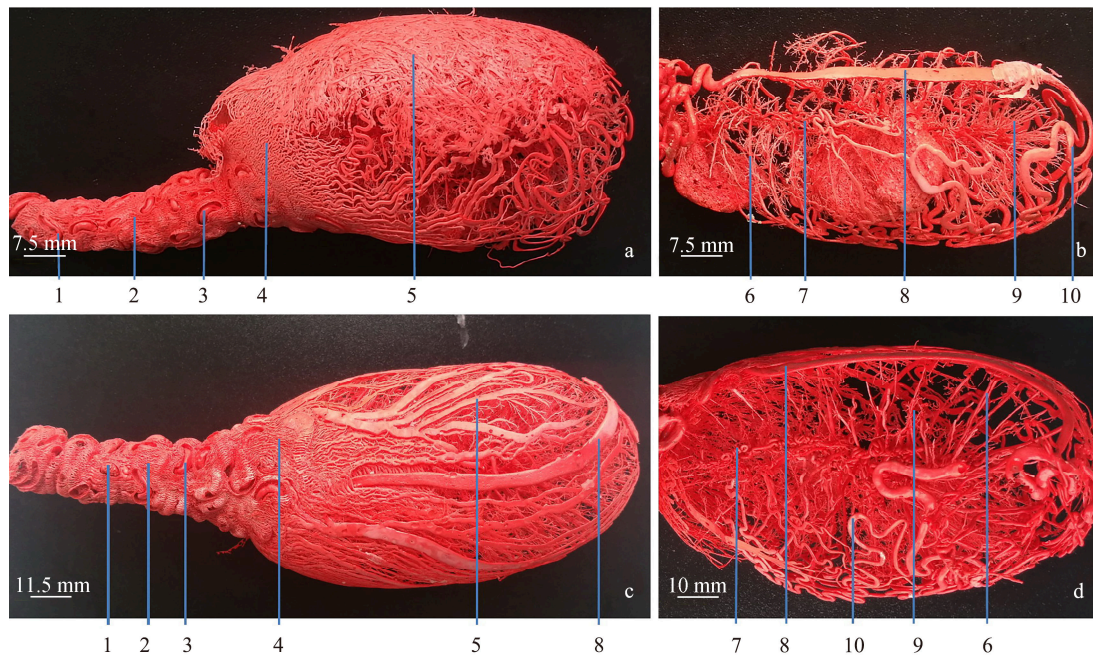


图 1 牦牛和黄牛睾丸动静脉立体构筑

Fig. 1 Vascular casts of testes in yak and cattle

a. 牦牛睾丸血管构筑外侧面; b. 牦牛睾丸血管构筑内侧面; c. 黄牛睾丸血管构筑外侧面; d. 黄牛睾丸血管构筑内侧面。

a. The facies lateralis of vascular cast of testis in yak; b. The facies medialis of vascular cast of testis in yak; c. The facies lateralis of vascular cast of testis in cattle; d. The facies medialis of vascular cast of testis in cattle.

1. 睾丸精索部上段螺旋动脉; 2. 睾丸精索部蔓状静脉丛; 3. 睾丸精索部下段螺旋动脉; 4. 睾丸回流静脉丛; 5. 睾丸集合静脉; 6. 睾丸向心动脉; 7. 睾丸绳结状动脉; 8. 睾丸直段动脉; 9. 睾丸离心动脉; 10. 睾丸迂曲动脉。

1. Spiral artery of upper spermatic cord; 2. Pampiniform plexus of spermatic cord; 3. Spiral artery of lower spermatic cord; 4. Testicular reflux veins plexus; 5. Testicular collecting veins; 6. Testicular centripetal artery; 7. Testicular knot-like artery; 8. Straight testicular artery; 9. Testicular centrifugal straight artery; 10. Tortuous testicular artery.

级分支, 在椭圆形睾丸表面形成包裹状, 组成睾丸迂曲动脉 (图 1b, d), 左右两侧基本呈对称分布。完成睾丸迂曲动脉的表面分布后, 在迂曲动脉分支上向睾丸网发出放射状向心动脉, 并在中央根部形成睾丸绳结状动脉, 且在其上发出朝向睾丸外周的离心动脉及其他微动脉, 构成睾丸的动脉网络基本架构。

牦牛和黄牛的睾丸静脉分布的基本特征相似。首先在精索部, 回流静脉以蔓状静脉丛的形式丝网状均匀薄层覆盖在精索螺旋动脉表面, 将动脉几乎完全包裹 (图 1a, c)。接触到睾丸表面后, 蔓状静脉丛则开始伸展并大量形成管径不一的树形分支, 自然延续为多条密集

分布的集合静脉, 回收来自睾丸内部的静脉血流。睾丸集合静脉将睾丸外表面近精索部几乎完全包裹, 特别是睾丸背侧部睾丸静脉分布占绝对优势; 而在睾丸游离端及腹侧部, 由于睾丸静脉深入睾丸实质, 则此区域以睾丸迂曲动脉为主。

**2.2.3 牦牛、黄牛睾丸动静脉构筑的差异** 牦牛和黄牛睾丸除了共有的动静脉血管分布特征外, 二者血管构筑亦存在局部差异, 并且这些差异性特征在所研究样本中普遍存在。首先, 牦牛精索部螺旋动脉排布相对松散, 而黄牛则排布紧凑而规则; 其次, 牦牛睾丸的回流静脉中大的集合静脉数量较少, 大多数小静脉呈

“编织袋”网状结构紧密排布, 而黄牛睾丸中静脉则以树形分布最明显, 大静脉与分支小静脉交错分布 (图 1a, c); 第三, 牦牛睾丸内部小动脉及其分支不够丰富, 睾丸实质间隙明显, 而黄牛睾丸小动脉分支多, 充满在睾丸实质空间。

### 2.3 牦牛、黄牛睾丸动脉及其分支管径变化特征及与各自睾丸重的相对值比较

通过测定牦牛、黄牛的睾丸动脉及分支各部位的管径, 发现二者的动脉分布、管径变化规律类似 (表 2)。即睾丸动脉精索端管径逐渐

变细 (牦牛和黄牛分别平均减少 24%、27%), 但睾丸动脉精索部整体增粗呈锥形; 进入睾丸白膜后, 睾丸螺旋动脉解开为直段动脉, 其管径又再次增粗, 恢复至睾丸精索动脉入口处水平。在睾丸背侧行进过程中, 管径变化不大; 当睾丸直段动脉向两侧发出迂曲动脉分支后, 管径逐级变小; 在从睾丸迂曲动脉分支发出的睾丸向心动脉向睾丸网行进过程中, 向心动脉管径又趋于增粗, 并在睾丸中央扭转盘曲形成绳结状动脉丛, 管径均在 1 mm 以下, 其中牦牛 0.31 ~ 0.55 mm, 黄牛 0.44 ~ 0.79 mm。由于

表 2 牦牛、黄牛睾丸动脉及其分支各部位平均管径以及管径占睾丸重的相对值比较

Table 2 Diameters of different parts of testicular arteries and their branches and comparisons of relative ratio of diameter to testis weight respectively in yak and cattle

睾丸动脉名称 Names of arteries	分支名称或测定部位 Branches or parts	平均管径 Average diameters (mm)		管径占睾丸重相对值 Ratio of diameter to testis weight	
		牦牛 Yak (n = 28)	黄牛 Cattle (n = 18)	牦牛 Yak (n = 28)	黄牛 Cattle (n = 18)
睾丸动脉精索段 Spermatic cord part	前端 Front	1.68 ± 0.37	2.75 ± 0.43	0.0168 ± 0.0050 <sup>A</sup>	0.0107 ± 0.0025 <sup>B</sup>
	中端 Middle	1.37 ± 0.26	2.46 ± 0.45	0.0141 ± 0.0037 <sup>A</sup>	0.0092 ± 0.0024 <sup>B</sup>
	后端 Tail	1.27 ± 0.35	1.99 ± 0.37	0.0143 ± 0.0045 <sup>A</sup>	0.0075 ± 0.0018 <sup>B</sup>
睾丸直段动脉 Straight artery	前端 Front	1.90 ± 0.70	2.80 ± 0.68	0.0193 ± 0.0075 <sup>A</sup>	0.0105 ± 0.0030 <sup>B</sup>
	后端 Tail	1.79 ± 0.51	2.85 ± 0.53	0.0187 ± 0.0073 <sup>A</sup>	0.0112 ± 0.0034 <sup>B</sup>
睾丸左侧迂曲动脉 Left tortuose artery	I 级分支 1st-level branch	1.06 ± 0.33	1.89 ± 0.34	0.0110 ± 0.0041 <sup>A</sup>	0.0070 ± 0.0014 <sup>B</sup>
	II 级分支 2nd-level branch	0.94 ± 0.35	1.50 ± 0.39	0.0095 ± 0.0038 <sup>A</sup>	0.0054 ± 0.0007 <sup>B</sup>
	III 级分支 3rd-level branch	0.77 ± 0.23	1.35 ± 0.43	0.0081 ± 0.0035 <sup>A</sup>	0.0049 ± 0.0015 <sup>B</sup>
睾丸右侧迂曲动脉 Right tortuose artery	I 级分支 1st-level branch	1.06 ± 0.28	1.85 ± 0.43	0.0114 ± 0.0032 <sup>A</sup>	0.0071 ± 0.0015 <sup>B</sup>
	II 级分支 2nd-level branch	0.93 ± 0.32	1.66 ± 0.35	0.0098 ± 0.0031 <sup>A</sup>	0.0064 ± 0.0014 <sup>B</sup>
	III 级分支 3rd-level branch	0.82 ± 0.35	1.41 ± 0.45	0.0083 ± 0.0032 <sup>A</sup>	0.0055 ± 0.0017 <sup>B</sup>
向心动脉 Centripetal artery	起始部 Origin	0.42 ± 0.12	0.75 ± 0.27	0.0056 ± 0.0015 <sup>A</sup>	0.0036 ± 0.0008 <sup>B</sup>
	中间部 Middle	0.47 ± 0.13	0.80 ± 0.17	0.0047 ± 0.0015 <sup>A</sup>	0.0030 ± 0.0008 <sup>B</sup>
	末端部 Ending	0.55 ± 0.15	0.95 ± 0.13	0.0042 ± 0.0013 <sup>A</sup>	0.0028 ± 0.0009 <sup>B</sup>
绳结状动脉 Knot-like artery	起始部 Origin	0.55 ± 0.11	0.79 ± 0.15	0.0060 ± 0.0028 <sup>A</sup>	0.0030 ± 0.0009 <sup>B</sup>
	中间部 Middle	0.43 ± 0.09	0.68 ± 0.10	0.0044 ± 0.0020 <sup>A</sup>	0.0025 ± 0.0006 <sup>B</sup>
	末端部 Ending	0.31 ± 0.07	0.44 ± 0.09	0.0031 ± 0.0013 <sup>A</sup>	0.0016 ± 0.0003 <sup>B</sup>
离心动脉 Centrifugal artery	起始部 Origin	0.25 ± 0.07	0.30 ± 0.11	0.0026 ± 0.0006 <sup>A</sup>	0.0012 ± 0.0006 <sup>B</sup>
	中间部 Middle	0.21 ± 0.06	0.23 ± 0.09	0.0021 ± 0.0006 <sup>A</sup>	0.0009 ± 0.0005 <sup>B</sup>
	末端部 Ending	0.16 ± 0.06	0.13 ± 0.04	0.0016 ± 0.0007 <sup>A</sup>	0.0005 ± 0.0002 <sup>B</sup>

同行肩标不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 同行肩标 A 与 a 表示差异显著 ( $0.01 < P < 0.05$ )。

Values with different capitals in the same row show very significant differences ( $P < 0.01$ ); Values with A and a in the same row show significant differences ( $0.01 < P < 0.05$ ).

牦牛与黄牛二者的睾丸重存在较大差别且存在个体差异,因此本研究以睾丸重为协变量,将每个管径测定值转换为与睾丸重之比的相对值后进行独立样本 *T* 检验(表 2),牦牛睾丸右侧迂曲动脉 III 级分支和绳结状动脉中部显著大于黄牛的相应数值 ( $0.01 < P < 0.05$ ),其他所有的睾丸动脉及分支管径与睾丸重之比的相对值,牦牛的均极显著地高于黄牛的数值 ( $P < 0.01$ )。此外,睾丸直段动脉管径,牦牛沿着睾丸背侧管径变小,而黄牛则增粗(表 2)。

### 3 讨论

#### 3.1 牦牛和黄牛的睾丸形态及动脉管径特征与生态适应性

本研究结果显示,由于成年的牦牛和黄牛体重及生态类型的不同,二者睾丸、附睾的形态指标测定值差异很大。例如,本研究数据来源于青海海北牦牛,其成年体重平均为 339.4 kg (蔡立 1980),所测得牦牛双侧睾丸重为 191.60 g,占成年体重的比例为 0.056%,与文献报道(0.04%)稍有出入,但比黄牛睾丸与体重比(0.08%)要低(张忠诚 2004)。但也有学者测得新疆天山牦牛双侧睾丸重为 360.16 g (谭春富等 1990),可能是由于天山牦牛与海北牦牛属于不同的生态类型所致。另外,本研究测得海北牦牛的睾丸纵径、附睾纵径分别为 68.92 mm 和 165.00 mm,文献报道天山牦牛的睾丸纵径、附睾纵径分别为 51.30 mm 和 127.60 mm (谭春富等 1990),这也可能是生态类型及样本量不同造成的结果差异。除此之外,由于牦牛与黄牛二者存在体重及睾丸重的差异,故本研究中牦牛的睾丸、附睾其他形态指标测定值与黄牛的相应指标也表现迥异。虽然牦牛和黄牛的睾丸、附睾形态指标测定值各不相同,但通过对牦牛睾丸动脉及分支管径测定值与协变量即个体睾丸重的相对比值进行差异显著性检验(*T* 检验),发现两物种的所有睾丸动脉及分支管径相对值均为牦牛的数值显著地高于黄牛。该结果说明,单位重量的牦牛睾丸中包含

的血管系统更为发达。因为在生殖机能上,哺乳动物同样存在着高原适应性问题 (Shevantaeva et al. 2006),因此本研究认为,虽然牦牛睾丸重(含附睾)只有黄牛的 34%,但睾丸动脉及其分支管径与睾丸重的相对值,牦牛显著高于黄牛,说明在高海拔环境中,牦牛睾丸能够提供更为充足的血液,血液输送效率更高,从而保证了繁殖性能的正常发挥,这可能是牦牛适应高海拔环境的生理特征之一。

#### 3.2 牦牛和黄牛的睾丸动静脉构筑特性与生理功能的相关性

国内外学者对哺乳动物睾丸血管的立体构筑做了大量的研究,如有学者用血管铸型扫描电镜法观察了成人 (*Homo sapiens*) 睾丸以及大鼠 (*Rattus norvegicus*) 睾丸的血管构筑(韩云明等 1987, 1989),有学者对成年高原藏羊的精索血管分布开展了形态学研究(袁莉刚等 2014),还有学者对普通牛睾丸的动脉供应与人类睾丸做了比较研究 (Polgaj et al. 2010)。本研究采用管道铸型腐蚀标本技术,制作了高原牦牛、普通黄牛睾丸动静脉的立体构筑标本,并对其解剖学特征做了比较分析。研究发现,二者血管构筑标本除了存在体积大小的区别外,其睾丸动、静脉的分布、走形基本一致。睾丸精索螺旋动脉特有的线圈状盘绕构型这一特殊结构的重要作用在于,胎儿期的睾丸动脉从腹腔下降到阴囊中时有很大的延伸性,在睾丸受到物理性冲击时有一定的可移动性等 (Terayama et al. 2005);更多的研究认为与体温调节有关,维护正常的精子发生以及延长附睾中精子的生活时限 (Artyukhin 2007) 以及可以减少血压波动和降低血流速度 (Waites et al. 1966)。另外,许多哺乳动物如小鼠 (*Mus musculus domesticus*) (Terayama et al. 2005)、羊 (Noordhuizen-Stassen et al. 1985)、猪 (*Sus scrofa*) (Rerkamnuaychoke et al. 1991) 以及成人 (Ergün et al. 1997) 等,其睾丸螺旋动脉外周均包围有蔓状静脉丛。本研究在牦牛和黄牛睾丸均发现有相同结构,也与其他学者在牛上

的研究一致 (Hees et al. 1984)。有研究认为, 睾丸精索部的这种特殊门静脉系统, 可以通过热交换机制维持睾丸温度比体温低 3 ~ 5 °C, 从而有利于生精小管中的精子发生 (Henderson et al. 1978), 蔓状静脉丛能够吸收伴行动脉如睾丸螺旋动脉及部分迂曲动脉的热量而使血流在进入睾丸之前降低温度 (吴菝芳等 1996, Pradidarcheep et al. 1998)。因此, 牦牛睾丸精索部的蔓状静脉丛同样具有降低血流温度、利于精子发生的作用。

关于睾丸迂曲动脉, 在牦牛与黄牛中均呈现相似的盘曲走形特征, 与大多数哺乳动物是一样的。有研究认为, 该走形特征有减少血压波动和降低血流速度的作用 (Waites et al. 1966), 有助于维持睾丸的温度低于体内温度, 有利于精子的生成 (Chubb et al. 1982)。关于睾丸静脉, 特别是睾丸白膜下静脉网的分布, 牦牛与黄牛间存在一定差别, 主要是牦牛睾丸的回流静脉中大的集合静脉数量较少, 大多数小静脉呈“编织袋”网状结构紧密排布, 而黄牛睾丸中静脉则以树形分布最明显, 大静脉与分支小静脉交错分布; 有学者认为这样的结构是为了提高集合静脉在回流进入身体时的血流温度的调节机制 (Pradidarcheep et al. 1998)。本研究认为, 牦牛睾丸表面静脉的这种“编织袋”网状分布, 更近似于精索部蔓状静脉丛的结构, 有利于在高寒环境下睾丸温度的调节及精子的生成。

## 参 考 文 献

- Artyukhin A A. 2007. Anatomy and microanatomy of the venous system of scrotal organs and spermatic cord. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 143(1): 99-104.
- Chubb C, Desjardins C. 1982. Vasculature of the mouse, rat and rabbit testis epididymis. *American Journal of Anatomy*, 12(165): 357-372.
- Ergün S, Bruns T, Soyka A, et al. 1997. Angioarchitecture of the human spermatic cord. *Cell and Tissue Research*, 288(2): 391-398.
- Heath D, Williams D, Dickinson J. 1984. The pulmonary arteries of the yak. *Cardiovascular Research*, 18(3): 133-139.
- Hees H, Leiser R, Kohler T, et al. 1984. Vascular morphology of the bovine spermatic cord and testis I light microscopic and scanning electron microscopic studies on the testicular artery and pampiniform plexus. *Cell and Tissue Research*, 237(1): 31-38.
- Henderson J R, Daniel P M. 1978. Portal circulations and their relation to countercurrent systems. *Quarterly Journal of Experimental Physiology and Cognate Medical Sciences*, 63(4): 355-369.
- Noordhuizen-Stassen E N, Charbon G A, Dejong F H, et al. 1985. Functional arteriovenous anastomoses between the testicular artery and the pampiniform plexus in the spermatic cord of rams. *Journal of Reproduction & Fertility*, 75(1): 193-201.
- Polguy M, Jedrzejewski K S, Topol M. 2010. Arterial supply of human and bovine testes: a topographic and morphometric comparison study. *Folia Morphologica*, 69(4): 225-231.
- Pozor M, Kolonko D. 2001. The testicular artery of stallions in clinical and morphological studies. *Medycyna Weterynaryjna*, 57(11): 822-826.
- Pradidarcheep W, Kongstaponkit T S, Waraklang P, et al. 1998. Testicular microvascularization in the common tree shrew (*Tupaia glis*) as revealed by vascular corrosion cast/SEM and by TEM. *Microscopy Research and Technique*, 42(3): 226-233.
- Rerkamnuaychoke W, Nnishida T, Kurohmaru M, et al. 1991. Morphological studies on the vascular architecture in the boar spermatic cord. *Journal of Veterinary Medical Science*, 53(2): 233-239.
- Shevantaeva O N, Kosyuga Y I. 2006. Effect of acute hypobaric hypoxia on spermatogenesis and lactate concentration in testicular tissue of male albino rats. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 141(1): 20-22.
- Terayama H, Naito M, Nakamura Y, et al. 2005. Corrosion casts of convoluted testicular arteries in mice and rats. *Archives of Andrology*, 51(6): 471-480.
- Waites G M, Setchell B P. 1966. Changes in blood flow and vascular permeability of the testis, epididymis and accessory reproductive organs of the rat after the administration of cadmium chloride.

- Journal of Endocrinology*, 34(3): 329–342.
- 蔡立. 1980. 中国的牦牛. 西南民族学院学报, (2): 1–12.
- 陈秋生, 冯霞, 姜生成. 2006. 牦牛肺脏高原适应性的结构研究. 中国农业科学, 39(10): 2107–2113.
- 韩云明, 侯广棋, 雷琦. 1989. 成人睾丸的血管构筑. 解剖学报, 20(2): 113–116.
- 韩云明, 雷琦, 张朝佑, 等. 1987. 大鼠睾丸血管构筑的观察. 解剖学报, 18(1): 65–69.
- 李德宏. 2007. 高原牦牛睾丸的形态学研究. 兰州: 甘肃农业大学硕士学位论文, 13.
- 孙英, 袁莉刚, 赵海涛. 2011. 成年高原藏羊睾丸小叶内微血管分布和形态特征. 解剖学报, 42(1): 114–118.
- 谭春富, 赖明荣. 1990. 牦牛、杂交一代犏牛雄性生殖器官的比较解剖. 中国牦牛, (3): 39–45.
- 王锋. 2012. 动物繁殖学. 北京: 中国农业大学出版社, 13.
- 王欣荣. 2012. 牦牛和藏羊脑动脉系统结构特征与高原适应性研究. 兰州: 甘肃农业大学博士学位论文, 57–58.
- 吴天一. 1996. 青藏高原人体低氧适应问题. 青海环境, 6(1): 5–7.
- 吴筱芳, 闰晋平. 1996. 大鼠睾丸微循环的观察. 山西临床医药, 5(1): 50–51.
- 俞红贤. 1999. 藏羊肺组织形态测量指标及其与高原低氧的关系. 中国兽医科技, 29(7): 15–16.
- 袁莉刚, 孙英, 黄布敏. 2014. 成年高原藏羊精索血管分布的形态学研究. 畜牧兽医学报, 42 (10): 1450–1456.
- 张彦博, 汪源, 刘学良, 等. 1984. 高原疾病. 西宁: 青海人民出版社, 10–13.
- 张忠诚. 2004. 家畜繁殖学. 北京: 中国农业出版社, 13.