

成年与幼年高原型藏绵羊性腺动脉血管 构筑比较

王欣荣 杨雅楠 梁翕 张昌吉

甘肃农业大学动物科学技术学院 兰州 730070

摘要: 本实验旨在制作成年和幼年高原型藏绵羊 (*Ovis aries*) 的性腺动脉构筑标本, 并比较其解剖学特征。分别从 10 只成年羊 (雌雄各半) 及 10 只 3 月龄幼年羊 (雌雄各半) 采集睾丸及卵巢样本, 用 8%~10% ABS 铸型剂通过睾丸动脉或卵巢动脉灌注, 再用浓盐酸腐蚀, 获得动脉血管立体构筑标本, 通过标本观察、图片采集、数据测定后进行分析。结果显示, 绵羊精索内睾丸螺旋动脉呈椎体分布, 直段动脉从睾丸中部分支, 迂曲动脉构筑呈网兜状; 卵巢动脉的卵巢支呈紧密螺旋状线圈分布, 卵巢门动脉亦呈高度盘曲折叠状, 其末端形成卵泡和黄体微动脉。研究发现, 成年高原型藏绵羊睾丸和卵巢动脉血管的基本分布与普通牛 (*Bos taurus*) 的类似, 成年羊与 3 月龄幼年羊的睾丸和卵巢动脉在管径大小、盘曲程度、微动脉多寡等方面存在显著差异, 特别是成年羊的睾丸向心小动脉、卵巢门螺旋动脉更发达。

关键词: 高原型藏绵羊; 性腺动脉; 血管构筑

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2018) 01-69-06

Comparative Study on Arterial Architectures in Gonads of Lamb and Adult Tibetan Sheep

WANG Xin-Rong YANG Ya-Nan LIANG Xi ZHANG Chang-Ji

College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

Abstract: To achieve vascular casts of testicular and ovarian arteries and investigate their morphological characteristics in lamb and adult plateau-type Tibetan sheep (*Ovis aries*), ten testes from five adult rams and ten ovaries from five adult ewes as well as three-month-old lambs were collected, and their arterial corrosion casts were obtained by 8% - 10% ABS perfusion, and then their anatomical characteristics were determined by investigating architectures, analyzing data and pictures. Testicular spiral artery within spermatic cord showed cone shape, with its terminal becoming straight and branches at the middle. Testicular arteries at testis surface showed roundabout and formed tuck net shape (Fig. 1). Ovarian branch of ovarian artery showed packed coiling even at ovarian hilum, and ovarian arterioles supplying blood for follicles and corpus luteum

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: 2017-07-05, 修回日期: 2017-11-15 DOI: 10.13859/j.cjz.201801009

formed at the end of ovarian hilum coiling (Fig. 2). Results demonstrate that gonads' arterial distribution in Tibetan sheep is similar to that of cattle, and that significant differences in vascular diameters, curvature and amounts of arteriole in testis and ovary exist between lamb and adult sheep, especially there are more developed centripetal arteries in testis and spiral arteries at ovarian hilum in ovary.

Key words: Plateau-type Tibetan sheep; Gonads' arteries; Vascular casts

睾丸与卵巢作为哺乳动物生殖细胞发生与成熟的主要场所,其功能的维持很大程度上依赖于血管系统的营养供给及激素传递,因此性腺内外完善的动脉血管及微血管网络是实现其功能的重要结构基础。有研究显示,哺乳动物睾丸精索部形成蔓状静脉丛紧密包绕睾丸动脉迂曲走行的特殊结构与激素转运等功能有关(Henderson et al. 1978)。睾丸微循环担负着氧、激素、营养物质及代谢产物的供给和运输任务,以维持其正常的生理机能(康友敏等 2002a)。卵巢动脉血主要供给卵泡生长发育所需要的营养物质,基础状态下卵巢储备功能反映其血供状态(王颖等 2008)。卵泡的生长和黄体的形成是依赖血管形成的,血管形成对维持正常的卵巢生理起重要作用(吴献青等 2002)。还有研究证实,胎儿睾丸、附睾、输精管及血管的发育与胎龄呈正相关(邹祥沛等 1999)。说明哺乳动物性腺血管的构成、供血特性与生殖细胞的成熟密切相关,并随着生长发育而变化。

现代血管铸型技术通过高渗透性的复合填充物能够详细展示睾丸动脉的血管网络(Polgujet al. 2011)。前人的报道中,通过铸型技术对哺乳动物包括牛(*Bos taurus*)、猪(*Sus scrofa*)、绵羊(*Ovis aries*)、猕猴(*Macaca mulatta*)、兔(*Oryctolagus cuniculus*)、大鼠(*Rattus norvegicus*)以及人(*Homo sapiens*)的睾丸血管构筑(韩云明等 1989, 康友敏等 2002b, Polguj et al. 2010, 袁莉刚等 2011)及卵巢血管构筑(Hossain et al. 1983, Takada et al. 1987, Macchiarelli et al. 2000, Agur et al. 2008)进行了解剖学研究,并讨论了功能相关性。目前对于绵羊睾丸和卵巢动脉血管及微动脉构筑的研究,以及幼年与成年绵羊血管构筑的差异

比较,相关报道资料尚少。本研究通过管道铸型技术制作高原型藏绵羊睾丸和卵巢动脉血管的立体构筑标本,观察其解剖学特点,并分别比较两者在成年和幼年个体上的形态学差异,探讨哺乳动物性腺血管系统的发育性变化,可为家畜生殖器官兽医临床手术及动物生殖生理的深入研究提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

分别从屠宰后的 5 只成年雄性绵羊体内快速采集 10 个睾丸,从 5 只成年雌性绵羊体内快速采集 10 个卵巢,同法采集 3 月龄幼年绵羊雄性睾丸和雌性卵巢各 10 个。羊只均为高原型藏绵羊,来源于青海省西宁市乐家湾牛羊定点屠宰场。

1.2 血管铸型剂配制

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,并与蓝色或红色油画颜料加热混合,制成 8%~10%浓度的单色铸型剂。

1.3 样本处理及灌注过程

采集的睾丸和卵巢样本快速带至实验室。动脉灌注方法在参考文献(欧阳振波 2010)的基础上,有如下不同处理:实验采用局部、双色灌注法。首先,将睾丸、卵巢样本的血污清洗干净,去除周围多余组织并挤压排出滞留血液,小心剪开睾丸固有鞘膜保留附睾。分离需灌注卵巢动脉的游离端,使其从螺旋伸展为直线状。对于睾丸则解开部分精索动脉使其游离伸展。然后,根据灌注血管管径的粗细程度选

择磨钝的注射器针头,用不同规格注射器吸取铸型剂,用连接有弹性橡胶管的自制灌注工具,对卵巢动脉游离端或睾丸精索动脉游离端分别进行缓慢持续的灌注。最后,对部分不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 数据采集与分析

铸型标本制成后用数码相机 (Canon 50D 型) 采集其整体或局部照片后进行观察分析,同时用游标卡尺 (上海恒量量具有限公司, 量程 0 ~ 150 mm) 对标本主要动脉主干及分支的管径 (血管内径) 进行测量, 取其平均值 (每组数据来源于 5 只动物的 5 对性腺观察值) 进行比较, 通过 *t* 检验分析两组数值差异显著性。

2 结果

2.1 成年和幼年高原型藏绵羊睾丸动脉的立体构筑

通过精索内睾丸动脉灌注及睾丸迂曲动脉补注, 获得成年和幼年高原型藏绵羊的睾丸动脉血管立体构筑标本 (图 1)。绵羊睾丸动脉网络主要由 3 部分组成, 分别为睾丸迂曲动脉、睾丸直段动脉和精索内睾丸螺旋动脉。标本可清晰显示各个部位动脉及微动脉的构成及形态, 精索内睾丸动脉螺旋盘绕后进入睾丸时变为睾丸直段动脉, 弯曲变小直至睾丸中部开始分支, 并逐步沿着睾丸外周环绕盘曲成为睾丸迂曲动脉。睾丸迂曲动脉沿睾丸外周盘曲环绕一层, 均匀分布于睾丸外围, 呈椭圆形动脉网兜分布, 并向睾丸实质发出许多放射状向心小动脉, 而在睾丸内部没有明显动脉穿行。

2.2 成年和幼年高原型藏绵羊卵巢动脉的立体构筑

从卵巢动脉螺旋起始端灌注获得卵巢动脉

立体构筑标本 (图 2), 显示绵羊卵巢动脉卵巢支呈现典型的螺旋状缠绕结构, 并一直延续至卵巢内部。卵巢动脉网络可分为卵巢动脉主干、卵巢支重螺旋动脉、卵巢门轻螺旋、卵巢门螺旋动脉及卵巢微动脉 5 部分。卵巢动脉卵巢支呈现高度折叠缠绕的线圈状构造, 近卵巢门时螺旋解开或减缓, 进入卵巢后从卵巢门开始又呈现高度盘曲的折叠状态, 然后在其周围发出许多微动脉向卵巢的卵泡或黄体供血。

2.3 成年和幼年高原型藏绵羊性腺血管立体构筑的形态学比较

成年藏绵羊精索内睾丸螺旋动脉高度折叠呈线圈状, 动脉间少有间隙, 动脉较发达, 管径粗 (1.67 mm, 管径代表血管内径, 下同); 精索外附睾动脉呈高度盘曲的螺旋状分布, 微动脉分支发达; 睾丸直段动脉在睾丸腹侧呈明显流线型弯曲, 管径较粗 (1.62 mm); 睾丸迂曲动脉深度弯曲盘绕在睾丸外周, 管径较粗 (0.86 mm); 睾丸向心小动脉较发达 (0.55 mm)。3 月龄幼年羊精索内睾丸螺旋动脉不发达, 管径较细 (0.97 mm), 螺旋线圈间有间隙; 精索外附睾动脉呈链锁状盘曲分布, 微动脉分支不发达; 睾丸直段动脉沿附睾腹侧直行, 弯曲不明显, 管径细 (0.79 mm); 睾丸迂曲动脉分布比较稀疏, 管径纤细 (0.48 mm); 睾丸向心小动脉不发达 (0.28 mm)。通过比较, 发现 3 月龄幼年羊睾丸主要动脉分支的管径仅为成年绵羊的 48% ~ 58%, 二者差异极显著 ($P < 0.01$), 说明幼年羊睾丸血管发育还不完善。

成年藏绵羊的卵巢动脉管径较粗 (0.97 mm), 卵巢支螺旋动脉发达且折叠复杂, 管径发达 (0.94 mm); 卵巢门螺旋明显且发达, 动脉管径粗 (0.92 mm), 卵巢内有微血管网紧密折叠缠绕, 其上发出许多微动脉用于向卵泡和黄体供血。3 月龄幼年羊的卵巢动脉管径细 (0.62 mm); 卵巢螺旋动脉的盘曲程度较低, 呈链锁状, 管径细 (0.75 mm); 卵巢门动脉及其分支不发达, 管径细 (0.53 mm)。通过比较, 发现 3 月龄幼年羊卵巢主要动脉分支的管径为成年羊的 58%

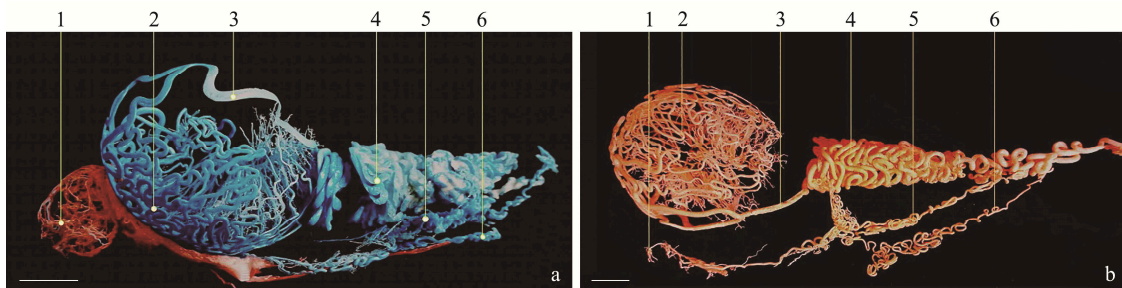


图 1 成年和幼年高原型藏绵羊睾丸动脉血管立体构筑

Fig. 1 Vascular architecture of testis arteries in lamb and adult Tibetan sheep

a. 成年绵羊; b. 3 月龄绵羊。a. Adult sheep; b. Three-month-old lamb.

1. 附睾尾微动脉; 2. 睾丸迂曲动脉; 3. 睾丸直段动脉; 4. 精索内睾丸螺旋动脉; 5. 精索外微动脉; 6. 输精管微动脉。标尺为 10 mm。
 1. Arteriole of cauda epididymidis; 2. Tortuous testicular artery; 3. Straight testicular artery; 4. Spiral testicular artery of intra-spermatid cord; 5. Arteriole of extra-spermatid cord; 6. Seminiferous duct arteriole. Bars are 10 mm.

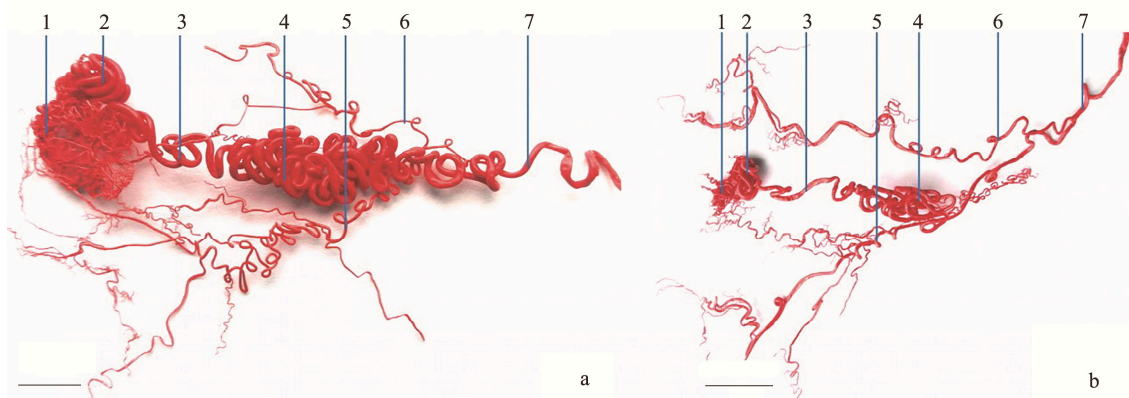


图 2 成年和幼年高原型藏绵羊卵巢动脉血管立体构筑

Fig. 2 Vascular architecture of ovarian arteries in lamb and adult Tibetan sheep

a. 成年绵羊; b. 3 月龄绵羊。a. Adult sheep; b. Three-month-old lamb.

1. 卵巢微动脉; 2. 卵巢门螺旋动脉; 3. 卵巢门轻螺旋; 4. 卵巢支重螺旋动脉; 5. 卵巢动脉输卵管支; 6. 卵巢动脉子宫支; 7. 卵巢动脉主干。标尺为 10 mm。
 1. Ovarian arteriole; 2. Ovarian hilum coiling artery; 3. Light coiling of ovarian artery; 4. Tight coiling of ovarian artery; 5. Fallopian tube branch of ovarian artery; 6. Uterine branch of ovarian artery; 7. Main trunk of ovarian artery. Bars are 10 mm.

~80%，二者差异极显著 ($P < 0.01$)，说明幼年羊卵巢血管尚未达到成年羊的水平。

3 讨论

3.1 绵羊睾丸动脉分布的解剖学特点

通过观察成年和幼年绵羊睾丸的动脉立体构筑，发现绵羊睾丸的血管分布与人及其他

哺乳动物基本相同 (邹祥沛等 1999)，即睾丸动脉发源自腹主动脉前的肾动脉分支处，过精索后每侧睾丸动脉到达睾丸后缘上端分为两支，分别沿睾丸内侧面和外侧面下降，穿过睾丸的白膜分布于睾丸的实质内。早前的研究证实，公绵羊与公牛精索内睾丸动脉呈紧密螺旋盘曲的线圈状，在睾丸螺旋动脉上覆盖有睾丸

静脉蔓状丛，并整体排列成椎体状(König et al. 2009, Polguy et al. 2010)，本研究发现绵羊睾丸动脉在精索内的延伸盘曲与此相一致。另外，成人睾丸动脉在精索下段间曲折延伸时，为蔓状静脉丛包绕，在睾丸门附近分支(真炳枚等 1994)。本研究发现，无论是成年绵羊还是幼年绵羊，睾丸直段动脉在精索下段间曲折延伸时，分支处并不在睾丸门，而是在睾丸中央甚至前三分之一处。

人睾丸中迂曲的睾丸动脉主支，在白膜下的血管膜内，从睾丸门向睾丸游离缘放射状地分布(韩云明等 1989)。但绵羊睾丸迂曲动脉在睾丸白膜内的分布与人的不同，表现为从精索内的睾丸螺旋动脉穿出后，伸展向睾丸背侧，从睾丸游离缘向睾丸门方向放射状迂回盘曲分布，并覆盖至整个睾丸。这种血管分布方式与牛的睾丸动脉相同(Polguy et al. 2010)。研究显示，睾丸动脉及其较大分支在表面延伸的特点有助于维持睾丸温度低于体内的温度，有利于精子的生成(Chubb et al. 1982)。人和大鼠的睾丸内都有迂曲延伸的管间动脉，认为管间动脉特有的迂曲除与血流动力学有关外，很可能还与在不同的机能状态下睾丸的舒缩有关(韩云明等 1989)。本研究中，无论是成年绵羊还是幼年绵羊，其精索中的睾丸螺旋动脉、睾丸迂曲动脉以及睾丸内部的管间动脉，均呈现盘曲迂回的形态学分布特点，推测应该与血流动力学及睾丸在温度变化时的舒缩活动有关。

3.2 绵羊卵巢动脉分布的解剖学特点

哺乳动物卵巢动脉及其分支因其盘曲缠绕的行程并称为螺旋动脉或盘曲动脉(Agur et al. 2008)，国内外学者在多种哺乳动物中发现了这种螺旋状血管。研究发现，猪卵巢动脉发出的2~4条一级分支其管径较粗且有轻度螺旋状结构，大鼠的卵巢动脉既有直行段又有轻度波浪形特征，猕猴的卵巢动脉也呈现出螺旋状(Takada et al. 1987)。另外还发现猪卵巢动脉环绕其长轴形成了螺旋形盘曲，并在卵巢门之前发出多个细小分支(Hossain et al. 1983)。对兔

的研究显示，其卵巢门和髓质的血管也显示了对血流进行持续调控的螺旋动脉特征(Macchiarelli et al. 2000)。本研究中，绵羊的卵巢动脉显示了显著的螺旋形盘曲的特征，其特征与猪的卵巢螺旋动脉十分类似。有研究认为，猪卵巢的螺旋动脉及其分支可将卵巢动脉血压从高水平降低到有效渗透血压的低水平(Takada et al. 1987)。本研究中观察到的绵羊卵巢螺旋动脉，在功能上应该与猪的类似。因为卵巢需要通过动脉血获取丰富营养素的持续供应，并且必须借助动脉血管传递类固醇激素以调控复杂而精准的动物性周期的循环。

3.3 成年和幼年绵羊的性腺血管立体构筑特点的比较

观察成年和3月龄幼年绵羊睾丸和卵巢动脉的构筑特点，发现二者在动脉的盘曲程度、发达与否、微动脉多寡等方面存在显著差异。特别是幼年羊的睾丸和卵巢，其主要动脉血管的管径与成年羊存在显著性差异，说明在3月龄时其性腺的血管发育尚未完善。对人胎儿的研究显示，20周后胎儿睾丸长度、前后径及附睾、输精管、精索血管长度的增长与胎龄正相关(邹祥沛等 1999)。无论雄性还是雌性，3月龄绵羊均未达到性成熟，特别是本研究对象为高原型藏绵羊，其性成熟在1周岁或之后，幼年羊阶段仅完成了睾丸和卵巢动脉的基本血管分布。成年与幼年绵羊睾丸血管构筑的主要区别在睾丸迂曲动脉的延伸方面，因为在初情期前，睾丸不具备生精机能，性腺活动仅限于雄激素的合成和释放，睾丸内的血睾屏障尚未建立(Mruk et al. 2015)，因此睾丸迂曲动脉、向心动脉及离心动脉均不够发达。成年绵羊睾丸显示出比较粗大的盘曲迂回动脉，密集分布在睾丸白膜下，间隙小，睾丸小隔的向心、离心动脉发达，完全具备了绵羊成年后性腺频繁活动对供血及营养物质的需求。关于卵巢动脉血管立体构筑，成年和幼年绵羊之间的区别主要是卵巢微动脉。卵巢动脉及微动脉的螺旋形特征，可减缓来源于腹主动脉的高压，维持有

效渗透压水平 (Takada et al. 1987)。哺乳动物到达初情期以后, 卵巢开始由相对静止状态变为活跃状态。成年妇女卵巢动脉血流更丰富, 如果卵巢动脉供血不足, 则会造成卵泡生长缓慢 (Simmonds et al. 2016)。因此哺乳动物成年后生殖活动需要供给卵巢持续、稳定且丰富的血液。相对于幼年绵羊, 成年绵羊卵巢微动脉特别是卵巢门螺旋动脉更为发达, 盘曲程度高, 微血管呈密集螺旋状堆积分布, 在其上亦有更多的微血管发出, 用于营养卵巢内的卵泡或黄体。因此成年绵羊卵巢微动脉更为发达, 螺旋形折叠更多, 能够适应生殖活动期间卵巢对血流稳定性及供应持续性的要求。

参 考 文 献

- Agur A M R, Dalley A F. 2008. *Grant's Atlas of Anatomy*. 12th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 243–244.
- Chubb C, Desjardins C. 1982. Vasculature of the mouse, rat and rabbit testis-epididymis. *The American Journal of Anatomy*, 165(4): 357–372.
- Henderson J R, Daniel P M. 1978. Portal circulations and their relation to counter-current systems. *Experimental Physiology*, 63(4): 355–369.
- Hossain M I, O'shea J D. 1983. The vascular anatomy of the ovary and the relative contribution of the ovarian and uterine arteries to the blood supply of the ovary in the guinea-pig. *Journal of Anatomy*, 137(3): 457–466.
- König H E, Liebich H-G. 2009. *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Color Atlas*. 3rd ed. Stuttgart: Schattauer Press, 413–414.
- Macchiarelli G. 2000. The microvasculature of the ovary: a review by SEM of vascular corrosion casts. *Journal of Reproduction and Development*, 46(4): 207–225.
- Mruk D D, Cheng C Y. 2015. The mammalian blood-testis barrier: its biology and regulation. *Endocrine Reviews*, 36(5): 564–591.
- Polguy M, Jędrzejewski K S, Topol M. 2010. Arterial supply of human and bovine testes: a topographic and morphometric comparison study. *Folia Morphologica (Warsz)*, 69(4): 225–231.
- Polguy M, Sopiński M, Jędrzejewski K, et al. 2011. Angioarchitecture of the bovine tunica albuginea vascular complex—acorrosive and histological study. *Research in Veterinary Science*, 91(2): 181–187.
- Simmonds M J, Milne N, Ong K, et al. 2016. Physical properties of blood are altered in young and lean women with polycystic ovary syndrome. *PLoS One*, 11(11): e0167290.
- Takada S I, Shimada T, Nakamura M, et al. 1987. Vascular pattern of the mammalian ovary with special reference to the three dimensional architecture of the spiral artery. *Archivum Histologicum Japan*, 50(4): 407–418.
- 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.
- 康友敏, 李健, 张健, 等. 2002a. 哺乳动物睾丸微血管构筑的研究进展. *解剖科学进展*, 8(2): 179–182.
- 康友敏, 李健, 张健, 等. 2002b. 成年大鼠睾丸微血管构筑的光镜与扫描电镜观察. *动物科学与动物医学*, 19(11): 9–12.
- 欧阳振波. 2010. 数字化输卵管-卵巢动脉血管网模型的构建及其对 PPH-UAE 的意义. 广州: 南方医科大学硕士学位论文, 7–10
- 王颖, 杨贵忠, 王丽萍, 等. 2008. 卵巢动脉血流与卵巢储备功能的关系. *中国妇女健康研究*, 19(5): 429–431.
- 吴献青, 林秋华, 张志胜. 2002. 卵巢血管形成与卵巢生理. *国外医学计划生育分册*, 21(2): 94–97.
- 袁莉刚, 孙英, 黄布敏. 2011. 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.
- 真炳枚, 张云鹤. 1994. 成人睾丸和附睾微血管研究. *海军医高专学报*, 16(4): 257–259.
- 邹祥沛, 黎家发, 邹宜林. 1999. 胎儿睾丸及输精管解剖. *解剖学杂志*, 22(1): 85–88.