

# 成年牦牛汗腺和皮脂腺的组织学特征

曹迷霞 崔燕\* 何俊峰 杨雪 张倩 刘鹏刚

(甘肃农业大学动物医学院 兰州 730070)

**[摘要]** 目的 探讨青海健康成年牦牛汗腺和皮脂腺的组织学特征。方法 从10头健康成年牦牛背部、肋部和腹部皮肤取样,运用HE、过碘酸-雪夫(PAS)和阿利新蓝-过碘酸-雪夫(AB-PAS)染色法,对汗腺和皮脂腺组织学结构进行观察与分析。结果 青海成年牦牛背部、肋部和腹部皮肤的汗腺为单管状腺,属于顶浆分泌型腺体,其分泌物为中性和酸性混合液,腺细胞胞质中含有糖原。皮脂腺呈葡萄状、多叶且分支的泡状腺,属于全浆分泌型腺体,其分泌物为中性黏液,腺细胞胞质中含有少量糖原。汗腺的密度、直径、长度和体积从背部到腹部呈递减趋势,但距离皮肤表面的深度呈递增趋势,且部位间差异显著( $P < 0.05$ )。皮脂腺的密度、导管部直径和长度、分泌部直径和长度及距离皮肤表面的深度从背部到腹部呈递减趋势,且部位间差异显著( $P < 0.05$ )。结论 青海成年牦牛背部、肋部和腹部皮肤的汗腺和皮脂腺形态学结构相似,但其密度、大小和深度差异显著,且从背部到腹部存在渐变趋势。与其他牛类相比,牦牛汗腺和皮脂腺的密度高,但前者的分泌功能不发达而后者发达,这可能与为了适应高原高寒环境有关。

**[关键词]** 汗腺; 皮脂腺; 组织学; 过碘酸-雪夫染色; 阿利新蓝-过碘酸-雪夫染色; 成年牦牛

**[中图分类号]** S852.1 **[文献标志码]** A **[DOI]** 10.16098/j.issn.0529-4356.2018.04.012

## Histological characteristics of the sweat glands and sebaceous glands in adult yaks

CAO Mi-xia, CUI Yan\*, HE Jun-feng, YANG Xue, ZHANG Qian, LIU Peng-gang  
(College of Veterinary Medicine, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the histological features of sweat glands and sebaceous glands in Qinghai healthy adult yak. **Methods** The histological structures of sweat glands and sebaceous glands in the back, ribs and abdomen of 10 healthy adult yaks were observed and analyzed by HE, periodic acid Schiff (PAS) and Alcian blue periodic acid Schiff (AB-PAS) staining method. **Results** The sweat glands of Qinghai adult yak were single tubular-shaped glands, which belonged to the apocrine glands. The cytoplasm of the gland cells contained glycogen. The secretions of sweat glands were acidic and neutral mixtures. Sebaceous glands were botryoid, multilobular, branched acinar glands, which belonged to the holocrine glands. Its secretions were neutral and the cytoplasm of gland cells contained a small amount of glycogen. The density, diameter, length and volume of sweat glands were decreased from the back to the abdomen, but the depth of the skin surface was increased, and the difference was significant ( $P < 0.05$ ). The density, diameter, length and depth of the sebaceous glands were decreased from the back to the abdomen. There was a significant difference between body regions ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The morphological structures of sweat glands and sebaceous glands in different body regions of Qinghai adult yak are similar, but its density, size and depth are significantly different, and there is a gradual trend from the back to the abdomen. Compared with other cattles, Qinghai adult yaks have a high density of sweat glands and sebaceous glands, but the function of the glands of Qinghai adult yaks is more developed, which may be related to its adaptation to the plateau alpine environment.

**[Key words]** Sweat gland; Sebaceous gland; Histology; Periodic acid Schiff staining; Alcian blue periodic acid Schiff staining; Adult yak

**[收稿日期]** 2017-08-15 **[修回日期]** 2017-11-20

**[基金项目]** 国家自然科学基金(31572478)

**[作者简介]** 曹迷霞(1990—),女(汉族),河南省濮阳市人,在读硕士研究生。

\* 通讯作者(To whom correspondence should be addressed)

E-mail: cuiyan369@sina.com Tel: (0931) 7631223

皮肤腺中的汗腺 (sweat gland) 和皮脂腺 (sebaceous gland) 在被皮系统中发挥着重要的作用,两种腺体的基本组织学结构在胚胎时期已经发育成熟。汗腺可分泌汗液,参与体温调节和体液平衡,皮脂腺主要合成和分泌皮脂,可保持皮肤和被毛的光滑湿润,抑制和杀灭皮肤表面的细菌。汗腺和皮脂腺的分泌物混合后形成的脂质膜,与皮肤屏障的完整性有密切关系<sup>[1]</sup>。国内外学者对多种哺乳动物皮肤结构进行研究的同时提到汗腺和皮脂腺<sup>[2~15]</sup>,但国内外关于牦牛汗腺和皮脂腺的报道尚少。牦牛 (*Bos grunniens*) 能够适应高原高寒环境,与皮肤及其附属物有密切的关系。本课题组已经对牦牛皮肤及毛囊组织结构进行了研究<sup>[2,3]</sup>,在本研究中,我们采用组织学方法对青海成年牦牛汗腺和皮脂腺组织学结构进行进一步观察,用图像分析软件测量汗腺和皮脂腺的相关数据,为进一步研究牦牛适应高原环境提供相关资料。

## 材料和方法

### 1. 实验动物及组织样品制备

从青海省西宁市乐家湾屠宰场选取 10 头健康成年牦牛,雌雄各半,经颈部放血处死后立即采集背部、肋部和腹部皮肤样品(9 月份采样),将其放入 4% 多聚甲醛溶液中固定 2 周以上。固定好后,每个部位取 20 个组织块(组织块大小为 0.5 cm × 0.5 cm × 0.5 cm),流水冲洗 24 h 以清除多聚甲醛,然后放入软化液中软化 48 h。常规步骤脱水透明,低温石蜡包埋,各取 10 个上述组织块分别制成横切和纵切的连续切片(横切是平行于表皮的方向,纵切是垂直于表皮的方向),切片厚度均为 6~8 μm,采用 HE、过碘酸-雪夫(periodic acid Schiff, PAS) 和阿利新蓝-过碘酸-雪夫(Alcian blue periodic acid Schiff, AB-PAS) 染色法染色。PAS 染色,若胞质呈红色,为阳性反应,说明胞质中有糖原;若胞质呈无色,为阴性反应,说明胞质中无糖原。AB-PAS 染色,酸性黏液物质呈蓝色,中性黏液物质呈红色,中性和酸性的混合性黏液物质呈蓝紫色。Olympus DP73 光学显微镜观察并摄片。该研究得到甘肃农业大学兽医学院动物管理与使用委员会(IACUC) 的批准(编号 GSAUAEC-2015-007)。

### 2. 数据测量及分析

2.1 测量汗腺和皮脂腺的密度:从每个组织块的横切切片中隔 3 取 1,取 20 张切片,在 100 倍显微镜下对该视野内(面积为 0.009 cm<sup>2</sup>) 所有的汗腺和皮脂腺进行计数,然后取均值,最后换算为每平方厘米汗腺<sup>[8]</sup>和皮脂腺<sup>[9]</sup>的个数,即密度。

2.2 测量汗腺和皮脂腺的直径、长度和位于皮肤的

深度:分别从背部、肋部和腹部皮肤选取完整的汗腺和皮脂腺各 100 个(图 1A),使用 Image-Pro Plus 6.0 图像分析软件在 40 倍显微镜下进行以下数据测量,每个值测量 3 次求均值<sup>[8]</sup>。

2.2.1 测量汗腺的直径和长度:按文献[8]的方法(图 1B) 测量汗腺分泌部直径(diameter) 和长度(length)。汗腺分泌部可近似看作圆柱,故用圆柱公式:  $V = \pi (D/2)^2 L \times 10^{-6}$  来计算汗腺体积(volume) 的大小,其中 V 为汗腺分泌部的体积, D 为汗腺分泌部的直径, L 为汗腺分泌部的长度。根据 Jenkinson 等<sup>[10]</sup>通过计算分泌部长度与直径的比值即 L/D 值来判断汗腺的形状,若比值在 8~12 之间,则汗腺为管状腺;若比值小于 8,则汗腺为袋状腺。

2.2.2 测量皮脂腺直径和长度:按文献[13]的方法(图 1C) 测量皮脂腺导管部直径(D<sub>1</sub>) 和长度(L<sub>1</sub>),分泌部直径(D<sub>2</sub>) 和长度(L<sub>2</sub>)。

2.2.3 测量汗腺和皮脂腺位于皮肤内的深度:测量表皮到汗腺和皮脂腺开口于毛囊处的垂直距离即为其深度,另外还测量表皮到汗腺和皮脂腺底缘的垂直距离<sup>[8]</sup>。

采用 SPSS 19.0 统计学软件分析所得数据,所有结果计为均值 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ ),进行单因素方差分析和显著性检验,差异不显著为  $P > 0.05$ ,差异显著为  $P < 0.05$ 。

## 结 果

### 1. 成年牦牛汗腺的组织学结构、密度、大小和深度

1.1 成年牦牛汗腺的组织学结构:成年牦牛背部、肋部和腹部汗腺的基本结构相似,属于顶浆分泌型腺体,外观为卷曲度较低近似囊状结构的单管状腺,由导管部和分泌部构成,位于皮肤的真皮乳头层(图 2A),皮肤表面到汗腺底缘的平均距离约为 1217 μm,初级毛囊和次级毛囊均伴有汗腺分布(图 2B)。

汗腺的导管部不分支,为细长的少有卷曲的管腔,常穿过皮脂腺的腺叶,直接开口于毛囊上段。导管部比分泌部着色深,但管腔特别窄,直径约为 10~30 μm(图 2C),长度约为 260~500 μm,管壁由两层矮立方上皮细胞构成(图 2D)。

汗腺的分泌部为导管部膨大继续向真皮乳头层深部延伸形成的管状结构。每个汗腺的横断面多数仅观察到 1 个分泌部管腔,管腔内未发现明显的分泌物。管壁细胞由腺细胞和肌上皮细胞围成,低倍镜下,每个视野中观察到多数腺泡的腺细胞为扁平细胞(图 2E),少数腺泡的腺细胞为立方细胞和扁平细胞(图 2F),但在腺细胞与基膜之间都有梭形的肌

表 1 成年牦牛汗腺的测量数据( $\bar{x} \pm s$   $n=100$ )Table 1 The measurement of adult yak' sweat glands( $\bar{x} \pm s$   $n=100$ )

部位 location	密度( $/\text{cm}^2$ ) density( $/\text{cm}^2$ )	直径( $\mu\text{m}$ ) diameter( $\mu\text{m}$ )	长度( $\mu\text{m}$ ) length( $\mu\text{m}$ )	长度/直径 length/diameter	体积( $\times 10^{-6} \mu\text{m}^3$ ) volume( $\times 10^{-6} \mu\text{m}^3$ )	深度( $\mu\text{m}$ ) depth( $\mu\text{m}$ )
背部(back)	$2378 \pm 299^a$	$89.9 \pm 7.1^a$	$748 \pm 49^a$	$8.36 \pm 0.72^a$	$4.79 \pm 0.88^a$	$334 \pm 49^a$
肋部(rib)	$2113 \pm 185^b$	$87.1 \pm 4.5^b$	$712 \pm 71^b$	$8.19 \pm 0.90^a$	$4.26 \pm 0.62^b$	$375 \pm 33^b$
腹部(abdomen)	$1941 \pm 203^c$	$84.4 \pm 7.5^c$	$681 \pm 60^c$	$8.13 \pm 1.00^a$	$3.84 \pm 0.78^c$	$411 \pm 28^c$

同一字母代表组间差异不显著( $P>0.05$ ),不同字母代表组间差异显著( $P<0.05$ )(下表同)

Same letters represent not significant between the groups( $P>0.05$ ), different letters represent significant differences between the groups( $P<0.05$ ) (The same below)

表 2 成年牦牛皮脂腺的测量结果( $\bar{x} \pm s$   $n=100$ )Table 2 The measurement of adult yak' sebaceous gland( $\bar{x} \pm s$   $n=100$ )

部位 location	密度( $/\text{cm}^2$ ) density( $/\text{cm}^2$ )	导管部直径( $\mu\text{m}$ ) diameter of duct( $\mu\text{m}$ )	导管部长度( $\mu\text{m}$ ) length of duct( $\mu\text{m}$ )	分泌部直径( $\mu\text{m}$ ) diameter of acinus( $\mu\text{m}$ )	分泌部长度( $\mu\text{m}$ ) length of acinus( $\mu\text{m}$ )	深度( $\mu\text{m}$ ) depth( $\mu\text{m}$ )
背部 back	$2378 \pm 299^a$	$40.1 \pm 2.3^a$	$104.9 \pm 3.3^a$	$214.0 \pm 3.2^a$	$311.8 \pm 6.0^a$	$554.3 \pm 33.1^a$
肋部 ribs	$2113 \pm 185$	$35.7 \pm 2.8^b$	$90.3 \pm 3.7^b$	$198.3 \pm 3.2^b$	$293.2 \pm 6.3^b$	$529.5 \pm 26.0^b$
腹部 abdomen	$1941 \pm 203^c$	$32.4 \pm 3.8^c$	$79.3 \pm 3.5^c$	$181.1 \pm 3.9^c$	$278.8 \pm 6.3^c$	$504.1 \pm 14.0^c$

上皮细胞。PAS 染色结果显示阳性,腺细胞胞质和基膜都呈红色(图 2G)。AB-PAS 染色显示,腺细胞胞质及基膜呈蓝紫色(图 2H)。

1.2 成年牦牛汗腺的密度、大小和深度: 数据统计学结果表明(表 1),成年牦牛从背部到腹部汗腺密度、直径、长度、体积、长度与直径的比值依次降低,但深度依次增大,且除了长度与直径的比值部位间差异不显著( $P>0.05$ ),其他值部位间差异显著( $P<0.05$ )。

2. 成年牦牛皮脂腺的组织学结构、密度、大小和深度

2.1 成年牦牛皮脂腺的组织学结构: 成年牦牛背部、肋部和腹部皮脂腺的基本结构相似,属于全浆分泌型腺体,位于真皮乳头层上层,皮肤表面到汗腺底缘的平均距离约为  $685 \mu\text{m}$ ,也由导管部和分泌部构成。导管部较短,开口于毛囊的上段,高于毛囊的内根鞘,但低于汗腺导管开口处(图 3A)。皮脂腺一般分 4~6 叶,呈葡萄状,每叶都有各自的导管(图 3B)。初级毛囊和次级毛囊都伴随着皮脂腺分布,但初级毛囊伴随的皮脂腺体积较大,而次级毛囊伴随的皮脂腺较小(图 3C)。分泌部每个腺叶的边缘有一层体积较小形状略扁但胞质强嗜碱性的基细胞,胞核呈椭圆形,该细胞有增生能力;基细胞体积逐渐变大,向腺腔移动,形成中间的腺细胞,腺细胞形状不同且大小不一,胞核有圆形、椭圆形和不规则形,胞质染色均匀但呈弱嗜碱性,细胞界限清晰,腺细胞呈泡状几乎充满整个腺叶;但在接近导管处,腺细胞胞核固缩且浓染,有的胞核已消失,细胞界限逐渐模糊,由较窄的管腔与导管相连,导管部细胞为复层扁平细胞,胞质嗜碱性较强,逐渐过渡到毛囊的外

根鞘(图 3D)。PAS 染色结果显示,胞质呈淡红色(图 3E)。AB-PAS 染色结果显示,胞核呈蓝色,腺细胞胞质染成淡红色(图 3F)。

2.2 成年牦牛皮脂腺的密度、大小和深度: 数据统计学结果表明(表 2),成年牦牛从背部到腹部皮脂腺密度、直径、长度、体积和深度依次降低,且部位间差异显著( $P<0.05$ ),背部最高,肋部次之,腹部最低。

## 讨 论

Findlay 等<sup>[11]</sup>表明,顶泌汗腺总是与毛囊相连,且由细长的管道和一个囊状体。本研究中观察牦牛背部、肋部和腹部汗腺结构与此类汗腺相符,故属于顶浆分泌汗腺。根据 Jenkinson 等<sup>[10]</sup>对汗腺的分类,本研究中牦牛汗腺的 L/D 在 8~12 之间,说明青海成年牦牛汗腺为管状腺。西藏牦牛针毛和绒毛都伴有汗腺<sup>[16]</sup>,本研究发现,青海牦牛初级毛囊和次级毛囊都伴随着汗腺。人顶泌汗腺的腺细胞若为扁平细胞,则汗腺处于分泌低谷期,若为立方形或柱状细胞,则处于分泌高峰期<sup>[17]</sup>。本研究观察到,汗腺腺细胞多数为扁平细胞,偶见腺细胞为立方细胞,但管腔内未见明显分泌物,说明 9 月份采集的青海牦牛皮肤样品中汗腺多处于分泌低谷期,未见明显出汗,故推测青海牦牛汗腺不发达。但汗腺经 PAS 染色呈阳性,与山羊汗腺上皮细胞经 PAS 染色呈阳性结果相似<sup>[12]</sup>,说明汗腺的腺细胞胞质中含有糖原,经 AB-PAS 染色呈蓝紫色,说明汗腺有少量分泌物但不明显,且分泌物为酸性与中性混合物,这有利于牦牛适应高原高寒环境。

奶牛不同部位间汗腺的密度、直径、长度、体积及皮肤厚度从背部到腹部呈降低趋势,且部位间差

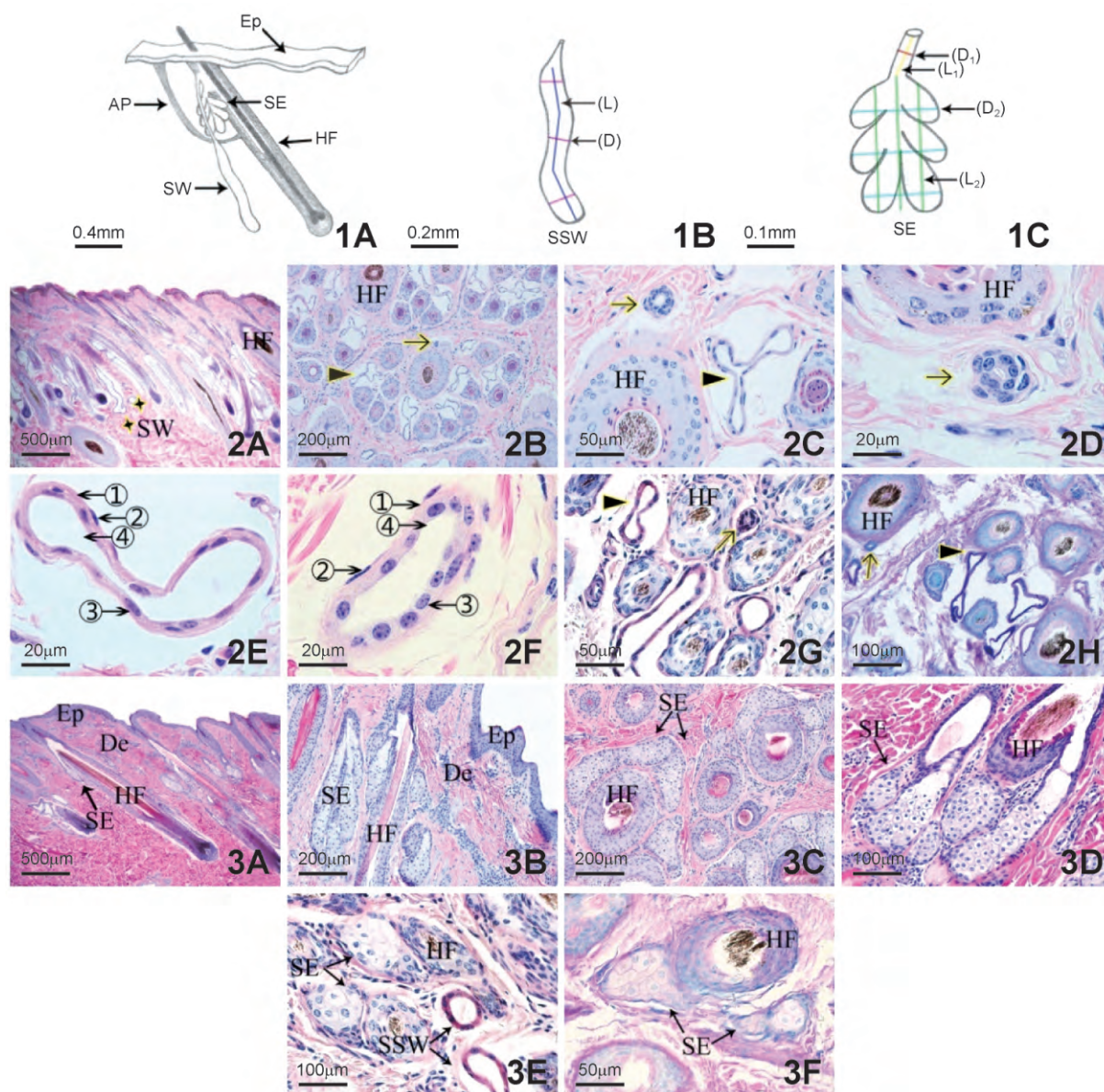


图1 成年牦牛汗腺和皮脂腺的模式图及测量方法

A. 成年牦牛汗腺和皮脂腺的模式图 标尺示 0.4 mm; B. 汗腺的测量方法 标尺示 0.2 mm; C. 皮脂腺的测量方法 标尺示 0.1 mm; AP. 竖毛肌; Ep. 表皮; HF. 毛囊; SE. 皮脂腺; SSW. 汗腺的分泌部; SW. 汗腺; D. 汗腺的直径; L. 汗腺的长度; D<sub>1</sub>. 皮脂腺导管部直径; L<sub>1</sub>. 皮脂腺导管部长度; D<sub>2</sub>. 皮脂腺分泌部直径; L<sub>2</sub>. 皮脂腺分泌部长度

图2 成年牦牛汗腺的组织学结构特点

A. 汗腺的纵切面 HE 染色 标尺示 500 μm; B. 汗腺的横切面 HE 染色 标尺示 200 μm; C. 汗腺的导管部和分泌部 HE 染色 标尺示 50 μm; D. 汗腺的导管部 HE 染色 标尺示 20 μm; E. 汗腺的分泌部 HE 染色 标尺示 20 μm; F. 汗腺的分泌部 HE 染色 标尺示 20 μm; G. 汗腺的分泌部和导管部 PAS 染色 标尺示 50 μm; H. 汗腺的分泌部和导管部 AB-PAS 染色 标尺示 100 μm; 描黄边箭头. 汗腺导管部; 描黄边三角形. 汗腺分泌部; HF. 毛囊; SW. 汗腺; ①. 基膜; ②. 肌上皮细胞; ③. 腺细胞; ④. 汗腺分泌部管腔; Ep. 表皮; De. 真皮; SE. 皮脂腺; SSW. 汗腺的分泌部

图3 成年牦牛汗腺的组织学结构特点

A. 皮脂腺纵切 HE 染色 标尺示 500 μm; B. 皮脂腺纵切 HE 染色 标尺示 200 μm; C. 皮脂腺横切 HE 染色 标尺示 200 μm; D. 皮脂腺纵切 HE 染色 标尺示 100 μm; E. 皮脂腺腺泡 PAS 染色 标尺示 100 μm; F. 皮脂腺腺泡 AB-PAS 染色 标尺示 50 μm; HF. 毛囊; SW. 汗腺; Ep. 表皮; De. 真皮; SE. 皮脂腺; SSW. 汗腺的分泌部

Fig. 1 The pattern of sweat glands and sebaceous glands of adult yaks and the measurement methods of them

A, The pattern of sweat glands and sebaceous glands of adult yaks, Bar=0.4 mm; B, The measurement method of sweat glands, Bar=0.2 mm; C, The measurement method of sebaceous glands, Bar=0.1 mm; AP, Arrector pili muscle; Ep, Epidermis; HF, Hair follicle; SE, Sebaceous gland; SSW, Secretory portion of sweat gland; SW, Sweat glands; D, The diameter of sweat glands; L, The length of sweat glands; D<sub>1</sub>, The diameter of sebaceous glands' duct; L<sub>1</sub>, The length of sebaceous glands' duct; D<sub>2</sub>, The diameter of sebaceous glands' acinus; L<sub>2</sub>, The length of sebaceous glands' acinus

Fig. 2 Histological structure characteristics of the sweat glands of adult Yaks



A , The longitudinal sections of sweat glands HE staining Bar = 500  $\mu\text{m}$ ; B , The cross sectional of sweat glands HE staining Bar = 200  $\mu\text{m}$ ; C , The duct and acinus of sweat glands HE staining Bar = 50  $\mu\text{m}$ ; D , The duct of sweat glands HE staining Bar = 20  $\mu\text{m}$ ; E , The acinus of sweat glands HE staining Bar = 20  $\mu\text{m}$ ; F , The acinus of sweat glands HE staining Bar = 20  $\mu\text{m}$ ; G , The duct and acinus of sweat glands PAS staining Bar = 50  $\mu\text{m}$ ; H , The duct and acinus of sweat glands AB-PAS staining Bar = 100  $\mu\text{m}$ ; The arrows refer to the duct of sweat glands; The triangles refer to the acinus of sweat glands; SW , Sweat glands; HF , Hair follicle; ① , Basement membrane; ② , Myoepithelial cells; ③ , Glandular cells; ④ , The lumen of sweat glands' acinus; Ep , Epidermis; De , Dermis; SE , Sebaceous gland; SSW , Secretory portion of sweat gland

Fig. 3 Histological structure characteristics of the sebaceous glands of adult Yaks

A , The longitudinal sections of sebaceous glands HE staining Bar = 500  $\mu\text{m}$ ; B , The longitudinal sections of sebaceous glands HE staining Bar = 200  $\mu\text{m}$ ; C , The cross sectional of sebaceous glands HE staining Bar = 200  $\mu\text{m}$ ; D , The longitudinal sections of sebaceous glands HE staining Bar = 100  $\mu\text{m}$ ; E , The acinus sebaceous glands PAS staining Bar = 100  $\mu\text{m}$ ; F , The acinus sebaceous glands AB-PAS staining Bar = 50  $\mu\text{m}$ ; SW , Sweat glands; HF , Hair follicle; Ep , Epidermis; De , Dermis; SE , Sebaceous gland; SSW , Secretory portion of sweat gland

异性显著<sup>[18]</sup>。青海成年牦牛皮肤的厚度从背部到腹部逐渐变薄<sup>[23, 19]</sup>。本研究结果为青海成年牦牛从背部到腹部汗腺的密度、直径、长度和体积呈降低趋势,但汗腺距离皮肤表面的深度呈升高趋势,且部位间差异显著,说明从背部到腹部汗腺密度和机能发达程度逐渐降低,其中汗腺密度变小可能与牦牛从背部到腹部毛发逐渐减少有关,而汗腺机能发达程度可能与从背部到腹部皮肤厚度逐渐变薄有关。另外,关于汗腺和皮脂腺深度的测量方法,多数学者采用表皮到汗腺和皮脂腺底缘的距离<sup>[8, 12, 13]</sup>,但此种测量方法会受汗腺和皮脂腺大小的影响,故本研究中采用测量皮肤表面到两腺体开口于毛囊处的距离作为深度,为了与其他学者的测量结果进行比较,也分别测量了表皮到两腺体底缘的距离。瘤牛因皮肤中有数量多、体积大且距离皮肤表皮较浅的汗腺,使其皮肤蒸发散热增多<sup>[20, 21]</sup>。瘤牛的袋状汗腺比其他类型的汗腺更加活跃,当体温升高时,瘤牛出汗率比奶牛高<sup>[22]</sup>。故推测汗腺体积越大,距离皮肤表皮越浅越有利于排汗,分泌功能越强。本研究中成年牦牛背部、肋部和腹部汗腺的平均密度约 2 144 个/ $\text{cm}^2$ ,体积约  $4.29 \times 10^{-6} \mu\text{m}^3$ ,汗腺底缘到皮肤表面的距离约 1217  $\mu\text{m}$ ,与其他牛相同部位汗腺的密度(水牛 75 个/ $\text{cm}^2$ <sup>[13]</sup>、奶牛 996 个/ $\text{cm}^2$ 和瘤牛 1508 个/ $\text{cm}^2$ <sup>[8]</sup>)、体积(水牛  $17.98 \times 10^{-6} \mu\text{m}^3$ <sup>[14]</sup>、奶牛  $10.10 \times 10^{-6} \mu\text{m}^3$ 、瘤牛  $23.10 \times 10^{-6} \mu\text{m}^3$ <sup>[8]</sup>)、深度(水牛 810  $\mu\text{m}$ <sup>[13]</sup>、奶牛 983  $\mu\text{m}$ 、瘤牛 758  $\mu\text{m}$ <sup>[8]</sup>)相比,说明青海牦牛汗腺密度大但体积小,且距离皮肤表面较深,有利于低温时通过减少蒸发来适应高原高寒环境。

瘤牛的皮脂腺很发达,形似葡萄<sup>[23]</sup>;福建水牛的皮脂腺较发达,分 2~3 叶<sup>[24]</sup>;延边黄牛的皮脂腺 2~4 个分叶<sup>[25]</sup>;本研究发现牦牛的皮脂腺分为 4~6 叶,也形似葡萄,说明青海成年牦牛的皮脂腺较发达。贝克瓦利山羊的皮脂腺经 PAS 染色呈轻度的阳性<sup>[9]</sup>,本研究中牦牛的皮脂腺经 PAS 染色也呈轻微的阳性,说明腺细胞中有少量糖原,经 AB-PAS 染色呈淡红色,说明腺细胞内含有中性分泌物。

人鼻部各区域皮脂腺密度、大小和深度可能与皮肤厚度有关,远端皮肤比近端厚,且皮脂腺密度、体积和深度比近端皮肤大,且分泌功能较强<sup>[5]</sup>。贝克瓦利山羊从背部到腹部皮肤厚度,皮脂腺的密度、大小及深度都呈减小趋势<sup>[4, 9]</sup>。阿坝州若尔盖县向东牧场母牦牛毛发多的部位皮脂腺多,毛发少的部位皮脂腺少<sup>[20]</sup>。本研究中牦牛从背部到腹部皮脂腺密度、直径、长度、深度呈降低趋势,说明青海成年牦牛从背部到腹部皮脂腺密度及发达程度逐渐降低,这可能与皮肤厚度变薄及毛发变少有关。本研究中青海牦牛背部、肋部和腹部的皮脂腺和汗腺的平均密度约 2144 个/ $\text{cm}^2$ ,分泌部直径 198  $\mu\text{m}$ ,皮脂腺底缘到皮肤表面的距离约 685  $\mu\text{m}$ ,与其他牛相同部位皮脂腺密度的均值(黄牛 1466 个/ $\text{cm}^2$ ,水牛 75 个/ $\text{cm}^2$ <sup>[13]</sup>)、分泌部直径(黄牛 163  $\mu\text{m}$ ,水牛 209  $\mu\text{m}$ <sup>[13]</sup>)、深度(黄牛 372  $\mu\text{m}$ ,水牛 968  $\mu\text{m}$ <sup>[13]</sup>)相比,青海牦牛皮脂腺密度高于黄牛和水牛,但分泌部直径和深度均高于黄牛但低于水牛,说明牦牛皮脂腺密度大,发达程度高于黄牛但低于水牛,即青海牦牛皮脂腺多且较发达,这有利于分泌大量的皮脂。寒冷时,皮脂能形成防水膜来减少皮肤水分的蒸发;炎热时,皮脂可作为汗液粘合剂,使汗液表面张力降低,通过保留皮肤中的汗液来提高皮肤水分的蒸发功能,有助于降温<sup>[1]</sup>。此外,皮脂还可润滑皮肤及毛发,防止皮肤皲裂,增强皮肤弹性和毛发的柔韧度,进而维持皮肤正常的生理功能,使牦牛能够在高原地区更好地生存。

综上所述,青海牦牛汗腺多但不发达,皮脂腺多且较发达。从背部到腹部汗腺和皮脂腺的密度及分泌功能逐渐降低,推测牦牛汗腺和皮脂腺密度与被毛数量有关,大小及深度可能与皮肤厚度有关,这对研究牦牛汗腺和皮脂腺的分泌及进行体温调节有着重要的意义。

## 参 考 文 献

- [1] Pilgram GS, Van dMJ, Gooris GS, et al. The influence of two azones and sebaceous lipids on the lateral organization of lipids isolated from human stratum corneum. [J]. Biochim Biophys

- Acta, 2001, 1511(2): 244-254.
- [2] Xue Y, Yan C, Jing Y, et al. The histological characteristics, age-related thickness change of skin, and expression of the HSPs in the skin during hair cycle in yak (*Bos grunniens*) [J]. PLoS One, 2017, 12(5).
- [3] Yue J. Observation the histological structure of skin in different age (*Bos grunniens*) [D]. Gansu Agricultural University, 2013. (in Chinese)  
岳静. 不同年龄牦牛皮肤的组织结构观察[D]. 甘肃农业大学, 2013.
- [4] Razvi R, Suri S, Sarma K, et al. Histomorphological and histochemical studies on the different layers of skin of Bakerwali goat[J]. J Appl Anim Res, 2015, 43(2): 208-213.
- [5] Michelson LN, Jr PG, Kuo HR, et al. The quantification and distribution of nasal sebaceous glands using image analysis [J]. Aesthet Plastic Surg, 1996, 20(4): 303-309.
- [6] Xu MM, Wang DH. Distribution and density of sweat glands in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) and Brant's voles (*Lasiopodomys brandtii*) [J]. Acta Theriologica Sinica, 2015, 35(1): 80-86. (in Chinese)  
徐萌萌, 王德华. 长爪沙鼠和布氏田鼠汗腺的分布与密度[J]. 兽类学报, 2015, 35(1): 80-86.
- [7] Sumena KB, Lucy KM, Chungath JJ, et al. Regional histology of the subcutaneous tissue and the sweat glands of Large White Yorkshire pigs[J]. Tamilnadu J Vet Anim Sci, 2010, 6(3): 128-135.
- [8] Nay T, Hayman RH. Sweat glands in Zebu (*Bos indicus* L.) and European (*B. taurus* L.) cattle. I. Size of individual glands, the denseness of their population, and their depth below the skin surface[J]. Aust J Agric Res, 1956, 7(5): 482-492.
- [9] Razvi R, Suri S, Tagger R K, et al. Histomorphological studies of sebaceous glands in relation to age in different regions of Bakerwali goat[J]. J Cell Tissue Res, 2015, 15(1): 4751-4754.
- [10] Jenkinson DM, Nay T. Sweat gland and hair follicle measurements as indicators of skin type in cattle[J]. Aust J Biol Sci, 1968, 21(5): 1001.
- [11] Findlay JD, Yang SH. The sweat glands of Ayrshire cattle[J]. J Agric Sci, 1950, 40(1-2): 126-133.
- [12] Razvi R, Suri S, Sarma K. Histomorphological study on the sweat glands in Bakerwali goats[J]. Indian J Vet Anat, 2013, 25(2): 113-114.
- [13] Li KP, Chen JF, Wang ShP, et al. A skin structural study in Water Buffalo [J]. Journal of Huazhong Agricultural College, 1983, 2(2): 37-45. (in Chinese)  
李克平, 陈俊菲, 王石平, 等. 水牛皮皮肤结构的研究[J]. 华中农学院学报, 1983, 2(2): 37-45.
- [14] Jenkinson DM, Nay T. The sweat glands and hair follicles of different species of bovidae[J]. Aust J Biol Sci, 1975, 28(1): 55-68.
- [15] Zhu LJ, An GY, Zhang BCh. Observations on the development of the human skin of the forehead and neck. [J]. Acta Anatomica Sinica, 1989, 20(2): 214-219. (in Chinese)  
朱立基, 安贵源, 张炳常. 人额部和颈部皮肤发育的观察[J]. 解剖学报, 1989, 20(2): 214-219.
- [16] Huang YZh, Gou BQ. The study on the structure of Yak-hide of China[J]. Leather Science and Engineering, 1992, 2(4): 20-25. (in Chinese)  
黄育珍, 苟炳琼. 中国牦牛皮组织结构的研究[J]. 皮革科学与工程, 1992, 2(4): 20-25.
- [17] Wei CE, Shan ShG, Zhang DL, et al. Morphologic study of human apocrine sweat glands [J]. Medical Journal of Wuhan University (Medical Sciences), 2007, 28(3): 312-315. (in Chinese)  
魏翠娥, 陕声国, 张端莲, 等. 顶泌汗腺的形态学观察与分析[J]. 武汉大学学报(医学版), 2007, 28(3): 312-315.
- [18] Pan, YS. Quantitative and morphological variation of sweat glands, skin thickness, and skin shrinkage over various body regions of Sahiwal Zebu and Jersey cattle [J]. Aust J Agric Res, 1963, 14(3): 424-437.
- [19] Geng Y. Study on structure and function of the skin of yaks (*Bos grunniens*) [D]. Lanzhou University, 2006. (in Chinese)  
耿尧. 牦牛皮肤结构与功能研究[D]. 兰州大学, 2006.
- [20] Ouyang X, Wang XF. Study on the cold tolerance of yak—Preliminary observation on the histological structure of yak skin [J]. Journal of Southwest University for Nationalities (Natural Science Edition), 1984, 10(3): 13-21. (in Chinese)  
欧阳熙, 王茜飞. 牦牛耐寒力的研究—牦牛皮肤组织学结构的初步观察[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 1984, 10(3): 13-21.
- [21] Allen TE, Pan YS, Hayman RH. The effect of feeding on evaporative heat loss and body temperature in Zebu and Jersey heifers[J]. Aust J Agric Econ, 1963, 14(4): 580-593.
- [22] Finch V A, Finch V A. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds[J]. Aust J Agric Res, 1985, 36(3): 497-508.
- [23] Zou XQ. The appearance, constitution and internal structure of the Zebu [J]. Chinese Journal of Cattle Science, 1983, 9(1): 43-50. (in Chinese)  
邹霞青译. 瘤牛的外貌、体质及内部结构[J]. 中国牛业科学, 1983, 9(1): 43-50.
- [24] Luo K, Lin SG, Li WG. The Histological skin structure of Water Buffalo, *Bubalus Bubalis* [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 1985(1): 65-72. (in Chinese)  
罗克, 林树根, 黎文广. 中国水牛 *Bubalus bubalis* 皮肤的微细结构[J]. 福建农林大学学报(自然版), 1985(1): 65-72.
- [25] Wang FJ, Li SW, Cui CD. Observation on the Skin Microstructure of Yanbian Yellow Cattle [J]. Journal of Agricultural Science Yanbian University, 1992, 14(1): 28-34. (in Chinese)  
王富金, 李寿万, 崔成都. 延边黄牛皮肤微细结构的观察[J]. 延边大学农学学报, 1992, 14(1): 28-34.

(编辑 张艳)