

（一）

# 藏羊心脏形态学测量及其对高原低氧的适应\*

（二）

俞红贤 赵国安

（1）（2）（3）（4）（5）（6）（7）（8）（9）（10）（11）（12）（13）（14）（15）（16）（17）（18）（19）（20）（21）（22）（23）（24）（25）（26）（27）（28）（29）（30）（31）（32）（33）（34）（35）（36）（37）（38）（39）（40）（41）（42）（43）（44）（45）（46）（47）（48）（49）（50）（51）（52）（53）（54）（55）（56）（57）（58）（59）（60）（61）（62）（63）（64）（65）（66）（67）（68）（69）（70）（71）（72）（73）（74）（75）（76）（77）（78）（79）（80）（81）（82）（83）（84）（85）（86）（87）（88）（89）（90）（91）（92）（93）（94）（95）（96）（97）（98）（99）（100）

## 摘 要

本文研究了海拔3000和4500米青藏高原上192只3—6岁藏羊新鲜心脏的重量，心相对比、左心室加室中隔的重量与右心室的重量比，右心室与总心室的重量比，右心室壁与左心室壁的厚度比等形态学指标，并与海拔500和50米地区的48只2—6岁绵羊心脏的相应值进行了比较。结果表明：（1）藏羊有较大的心相对比、强大的左心和右心；（2）生活在海拔4500米高原上的藏羊无右心肥厚，表现了对高原低氧的良好适应性。

关键词：藏羊；心脏；重量；厚度；高原适应

（一）

## 一、前 言

当动物进入高原后，低压性低氧可引起肺小动脉收缩和肺动脉树末端的大量肌化，致使肺动脉压力升高，升高的肺动脉压加重右心的压力负荷，引起右心肥厚。据报道，人和动物在高原适应过程中所产生的肺动脉高压和右心肥厚是一种相当普遍的现象，右心肥厚的发生率很高（Recavarren等，1964；杨之等，1985；Tucker等，1975）。然而，高原鼠兔（*Ochotona curzoniae*）、南美驼羊（*Llama*）、喜马拉雅旱獭（*Marmota himalayana*）及牦牛（*Bos grunniens*）等世代栖息在海拔3000—5000米，甚至更高的高原（山）地区的动物却不存在肺动脉高压，无右心肥厚，表现了对高原低氧的良好适应性（腾国奇等，1986；Reynafarje，1975；Bartels等，1963；叶于聪等，1990；寇星灿等，1987）。藏羊是青藏高原典型的世居动物，是否也有高原适应动物一样的特性，无肺动脉高压和右心肥厚，尚无人研究。为此，作者试图从藏羊心脏形态学指标的特点探索其对高海拔低氧的适应机制，以为动物比较解剖学、病理学、高原医学及比较医学积累实验资料。

\* 黄重存、常兰、朱安国、蔡相召、林永寿、李存效等同志参加了部分工作，谨此一并致谢。  
本文1993年4月2日收到。

### (一) 材料

供试羊分为高原组(实验组)和平原组(对照组)。高原组选用青藏高原海拔4500米(4000—5000米)地区3—6岁藏羊119只;海拔3000米(2800—3200米)地区3—6岁藏羊73只。平原组选用陕西省海拔500米以下地区2—6岁同羊和杂种绵羊(以下简称陕西绵羊)33只;山东省海拔50米以下地区3—6岁小尾寒羊15只。供试羊不计性别,中等膘情。

### (二) 方法

(1) 羊群中随机选出供试羊,停食、停水13—15小时后称取活重(BW);(2) 颈部屠宰。自大血管根部和心包附着缘除去大血管和心包后称取心重(HW)(剪开心腔,除去个别心脏心腔内残血后称重)。计算心相对比( $HW/BW \times 100\%$ )。(3) 以Fulton法(Fulton等,1952)分离左右心。称取总心室重(TVW)、右心室游离壁重(R)及左心室+室中隔的重量(L+S)。求出 $R/TVW$ 、 $R/L+S$ 及 $L+S/R$ 的比值。(4) 自动脉圆锥最突出部以游标卡尺(精度为0.02毫米)量取右心室壁厚度(RVT)。(5) 自左心室中部、两乳头肌之间量取左心室壁厚度(LVT)。求出 $RVT/LVT$ 比值。

## 三、结果与讨论

### (一) 心相对比

生活在海拔4500米藏羊的心相对比大于生活在3000米藏羊的相应值( $P < 0.01$ );高原组藏羊的心相对比显著大于平原组陕西绵羊和小尾寒羊的相应值( $P < 0.001$ ) (表1),亦大于国外报道的绵羊的相应值(0.4%) (A. Φ. 克立莫夫, 1954)。动物体从外界环境中获取氧的能力很大程度上取决于其心肺功能的发达程度。心相对比一定程度的增大是心脏发育良好、功能强盛的重要指标之一。藏羊较大的心相对比是其适应高原低氧环境的重要形态学特点之一,也是它们在长期自然选择中获得的遗传学特征。

### (二) 心室壁厚度

研究表明,由肺动脉压力升高引起的右心肥厚,在解剖学上有较强的选择性,肥厚部位主要发生在流出道,尤其以动脉圆锥部为明显。所以动脉圆锥部的厚度可以反映肺动脉压力和右心肥厚情况(《实用高原医学》编委会, 1984; 全国肺心病病理协作组, 1990; Packe, 1986)。本文以测量动脉圆锥部的厚度来表示右心室壁的厚度。目前,尚未见有健康家畜动脉圆锥部厚度的测量报告。表1不同海拔高度的藏羊间右心室壁厚度的差异无统计学意义,但藏羊右心室壁的厚度均非常显著地大于平原组绵羊的相应值( $P < 0.001$ )。笔者认为此差异与两组羊心脏绝对重量的大小有关。根据高原低氧所致的心脏解剖学上的改变以右心为主,左心一般无明显改变(Recavarren等, 1964; 《实用高原医学》编委会, 1984)这一特点,我们以右心室壁与左心室壁厚度的比值( $RVT/LVT$ )做

表1 藏羊心脏的形态学参数

Table 1 Morphological parameters of the heart in Tibetan-sheep

组别 Group	动物 Animals	样本数 No. of sample	海拔(米) Altitude (m)	BW <sup>1)</sup> (Kg)	HW <sup>2)</sup> (g)	HW/BW ×100%	L+S <sup>3)</sup> /R <sup>4)</sup>	R/L+S	R/TVW <sup>5)</sup> (g)	RVT <sup>6)</sup> (cm)	LVT <sup>7)</sup> (cm)	RVT/LVT
高原组 Plateau	藏羊 Tibetan-sheep	119	4 500	44.65±6.64	227.22± 36.67*	0.511± 0.049*	2.670±0.229	0.375±0.031	0.273±0.016	0.697±0.080	1.472±0.156	0.475±0.070
	藏羊 Tibetan-sheep	73	3 000	45.44±8.50	214.51± 32.55	0.491±0.050	2.660±0.211	0.376±0.028	0.273±0.015	0.695±0.094	1.446±0.127	0.480±0.071
	合计(平均) Total(Avelage)	192		44.96± 7.40**	222.39± 35.60**	0.503± 0.055**	2.666±0.224	0.375±0.034	0.273±0.017	0.696± 0.087**	1.362± 0.147**	0.477±0.070
平原组 Plain	陕西绵羊 Shanxi sheep	33	500	35.74±7.21	141.68± 30.50	0.398±0.041	2.713±0.211	0.371±0.029	0.270±0.015	0.504±0.106	1.057±0.143	0.478±0.073
	小尾寒羊 Xiaowei sheep	15	50	36.20±9.45	147.65± 40.03	0.403±0.047	2.614±0.194	0.383±0.009	0.277±0.046	0.510±0.094	1.060±0.130	0.483±0.072
	合计(平均) Total(Average)	48		35.80±7.39	147.65± 39.49	0.399±0.038	2.700±0.209	0.373±0.019	0.271±0.015	0.505±0.103	1.057±0.143	0.479±0.020

\* 不同海拔藏羊组间的显著性差异  $P < 0.01$ ; Difference between the Tibetan-sheep in different altitude pressures is significant at  $P < 0.01$ .

\*\* 高原组和平原组间均数的显著性差异  $P < 0.001$ ; Difference between Plateau and Plain group means that is significant at  $P < 0.001$ .

1) BW=体重(公斤)Body weight(kg); 2) HW=心重(克)Heart weight(g); 3) L+S=左心室室中隔重 Left ventricular weight+septal weight; 4) R=右心室游离壁重 Right ventricular weight; 5) TVW=总心室重(克)Total ventricular weight(g); 6) RVT=右心室壁的厚度(厘米) Right ventricular wall thickness(cm); 7) LVT=左心室壁的厚度(厘米) Left ventricular wall thickness(cm).



比较, 结果各组间均无差异 ( $P > 0.05$ )。说明高原组藏羊右心室壁厚度大于平原组绵羊的相应值这一差异是由两组羊心脏绝对重量不同引起的, 并非右心肥厚所致。

### (三) R/L+S、L+S/R及R/TVW值

R/L+S值(或L+S/R值或R/TVW值)的大小与肺动脉压之大小有着密切的相关关系(Alexander等, 1960; Burton等, 1968)。R/L+S值(或R/TVW值)随肺动脉压力升高增大, 而L+S/R值则相反。Tucker等(1975)的研究表明, R/L+S值可以反映动物对低氧的敏感性。寇星灿等(1987); 全国肺心病病理协作组(1990)和Newsholme等(1984)的研究则表明, R/L+S值不仅能反映肺动脉压力情况、右心室肥大情况及动物对高原低氧的适应情况; 且其测定方法简便、敏感性高。是目前各国学者研究动物肺动脉高压及右心肥厚的最常用指标之一。

生活在海拔4500米高原上藏羊的R/L+S值与平原组绵羊的相应值及与我们在海拔4500米高原上对47头成年牦牛R/L+S值的测定结果( $0.368 \pm 0.029$ )基本相同( $P > 0.05$ ); 并与Heath(1984)报道的生活在海拔4000米高原上牦牛的R/L+S值(0.3627)接近。可见, 藏羊同牦牛等高原动物一样, 无右心肥厚(或肥大)现象, 同属高原适应动物。

由表1可知, 高原组藏羊心脏的绝对重量和相对比均明显大于平原组绵羊的相应值( $P < 0.001$ ), 但藏羊的R/L+S值和R/TVW值与平原组绵羊的相应值基本相同( $P > 0.05$ )。说明藏羊的R值和L+S值是同步增加的, 也即藏羊既有强大的左心, 也有与之相应发达的右心。这是藏羊心脏适应高原低氧环境的另一重要形态学特点, 是藏羊在低氧环境中心脏维持两个循环(体循环和肺循环)正常功能的必要保证。尤其是它的强大的左心不仅在维持有效的体循环压、高血流量、高心输出量等方面有着重要作用。而且在维持肺循环正常功能方面也是有益的; 而发达的右心又是对强有力左心功能的适应。

有关家畜的R/L+S值, L+S/R值及R/TVW值目前尚缺较大样本的调查值, 尚无健康家畜R/L+S值(或L+S/R值和R/TVW值)的正常值标准。萨腾三等(1987)报道, 平原健康人的L+S/R值和R/L+S值的正常值分别为2.5和0.4。L+S/R小于2或R/L+S大于0.5为右心肥厚的判定标准。Tucker等(1975)将7种动物(包括牛、羊、猪、大鼠、家兔、豚鼠和狗)饲养于模拟海拔4500米高原的低压舱内, 实验期末R/L+S值的测定结果表明, 实验组动物中R/L+S值大于0.5者实验期内已出现明显的肺动脉高压和右心衰竭的临床症状, 右心肥厚明显; R/L+S值为0.45者肺动脉压轻度升高, 轻度右心肥厚; R/L+S值接近0.4者肺动脉压与平原组同种动物的相应值间差异无统计学意义。Heath等(1984)报道的死于“胸病”(Brisket disease)的牛, 其R/L+S值高达0.55。本文高原藏羊、牦牛及平原组绵羊的R/L+S值均接近0.4。Tucker等(1975)报道的7种健康动物的R/L+S值的平均值为0.35(0.35—0.40)。可见, 人右心肥大(厚)的判定标准在其它动物也有一定的参考价值。

### 参 考 文 献

- 叶于聪、陈钦铭、龙雯、黄宝宏和阮忠海, 1990, 喜马拉雅旱獭和大白鼠的心肌结构及功能的比较研究, 兽类学报, 10(3):197—202。  
全国肺心病病理协作组, 1990, 662例慢性肺心病尸检病理分析, 中华病理学杂志, 19(1):22—25。

- 杨之、何之清, 刘学良, 1985, 高原与肺动脉高压, 中华心血管病杂志, 13 (1):32—34.
- 克立莫夫 A. Ф. (常瀛生等译), 1954, 家畜解剖学, 高等教育出版社, 133.
- 《实用高原医学》编委会, 1984, 实用高原医学, 西藏人民出版社, 81—82, 290.
- 寇星灿、腾国奇、杨之、詹心如、酒井秋南, 1987, 高原动物肺动脉压与左右心室重比值关系的探讨, 青海医药杂志, (2): 1—4.
- 萨腾三、陆伟, 1987, 慢性肺原性心脏病, 上海科学技术出版社, 48—50.
- 腾国奇、杨之、詹心如, 1986, 不同海拔高度鼠兔肺动脉压测定及其适应机理的探讨, 青海医药杂志, (6): 1—5.
- Alexander, A. F., D. H. Will, R. G. Grove & T. Reeves, 1960, Pulmonary Hypertension and Right Ventricular Hypertrophy in Cattles at High Altitude, *Am. J. Vet. Res.* (21):199—204.
- Bartels, H., P. Hilpert, 1963, Respiraory Functions of Blood of the yak, Lama Camel, Dybowski Deer and African elephant *Am. J. Physiol.*, 205(2):331—336.
- Burton, R. R., E. L. Besch, A. H. Smith, 1968, Effect of Chronic Hypoxia on the Pulmonary Arterial Blood Pressure of the Chicken, *Am. J. Physiol.*, 214 (6):1438—1442.
- Fulton, R. M., E. C. Hutchinson & A. M. Jones, 1952, Ventricular Weight in Cardiac Hypertrophy, *Brit. Heart J.* (14):413—420.
- Heath, D., 1984, The Pulmonary Arteries of the Yak, *Cardio. Res.*, (18):133—139.
- Newsholme, S. J., H. Van Ark, E. W. Howerth, 1984, Measurement of Mass, Length and Valve Diameters From Normal Formaline-fixed Ovine Heart. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 51 (122):103—106.
- Packe, G. E., 1986, Comparison of Right Ventricular Weight at Necropsy in Interstitial Pulmonary Fibrosis and in Chronic Bronchitis and Emphysema, *J. Clin. Pathol.*, (39):593—595.
- Recavarren, S. and J. Ariasstella, 1964, Right Ventricular Hypertrophy in People Born and Living at High Altitudes, *Brit. Heart J.* (26); 806—812.
- Reynafarje, C., 1975, Oxygen Transport of Hemoglobin in Highaltitude Animals, *J. Appl. Physiol.* 38 (5):806—810.
- Tucker, A., I. F. Mcmurtry, J. T. Reeves, A. F. Alexander, D. H. Will, & R. F. Grover, 1975, Lung Vascular Smooth Muscle as a Determinant of Pulmonary Hypertension at High Altitude, *Am. J. Physiol.*, 288 (3):762—766.

Key words: Tibetan sheep; Heart; Weight; Thickness; Altitude Acclimatization

## MORPHOLOGIC MEASUREMENT OF TIBETAN-SHEEP HEART AND ITS ADAPTATION TO PLATEAU HYPOXIA

Yu Hongxian and Zhao Guoan

(*Qinghai Animal Husbandry and Veterinary*

*Medicine College, Xining, 810003*)

In this paper, 192 Tibetan-sheep and 48 plain sheep, their mean heart weight, heart weight as a percent of body weight, ratio of the left ventricular plus the septal to the right ventricular weight, ratio of the right ventricular to the total ventricular weight and the ratio of the right ventricular wall to the left ventricular wall thickness were measured. The results showed that:

(1) A relatively high percentage of the heart weight to the body weight, a strong left ventricle and a developed right ventricle are important morphologic characteristics of the Tibetan-sheep's cardiovascular system adaptation to the altitude hypoxia. (2) No right ventricular hypertrophy was found in Tibetan-sheep living on the plateau of 4 500m above sea level. So it seems that Tibetan-sheep are full acclimatized to the altitude hypoxia.

**Key words:** Tibetan-sheep; Heart; Weight; Thickness; Altitude Acclimatization