

# 泌乳生理学和 生物化学

楊 传 任 編

农业出版社

52  
22

# 泌乳生理学和生物化学

楊传任編

农 业 出 版 社

# 泌乳生理学和生物化学

楊傳任編

农业出版社出版

北京老錢局一号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第 106 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

北京市印刷一厂印刷裝訂

統一書号 13144.141

1963 年 7 月北京制型

1963 年 7 月初版

1963 年 8 月北京第一次印刷

印数 1—1,900 册

开本 850×1168 毫米

三十二分之一

字数 130 千字

印張 五又八分之三 插頁一

定价 (10) 九角六分

## 序

从事生物科学和畜牧兽医教学及科学研究的工作者们，迫切要求畜牧科学理论研究的文献资料，一般的生理学教材，重点放在基本理论的阐述，不能详细叙述某一专题的发展过程及目前动态，因而，不能完全满足要求。近几年来，国外有几本有关生殖和泌乳的专著，如 Cole 和 Cupps 的“Reproduction in Domestic Animals”(1959)，J. Hammond 的“Progress in the Physiology of Farm Animals”(1954)，S. K. Kon 和 A. T. Cowie 的“The Mammary Gland and its Secretion”(1961)，C. W. Lloyd 的“Recent Progress in the Endocrinology of Reproduction”(1959)，这些著作都有不少有价值的资料。但是在国内这类书还嫌太少，还有必要在各个专题上，如消化、繁殖、泌乳等方面写一些综述性的专著。

本人从事动物生理学教学工作，在备课和累积资料的过程中，看到国外的一些文献和专著，得到不少启发。前几年读了英国学者 Folley 写的“泌乳生理学和生物化学”一书，这是他在 1954 年在法国讲学的讲稿，1956 年经增补出版英文版本，后来苏联也译有俄文译本。Folley 领导的泌乳生理研究机构是世界闻名的一个研究中心，在他的书中，介绍了这个研究机构几十年来的研究成果，也综述了很多他人的文献，虽然还有一定的局限性，但确是一本有价值的著作。本人就以英文原著为基础，参考了近年有关内分泌学和泌乳等部分文献，以及苏联有关乳腺结构和泌乳生理的专著，写成了这本书。全书共有七章，一、乳腺形态学的基础知识；二、乳腺的发育；三、乳腺的泌乳；四、乳腺的排乳；五、乳脂的生物合成；六、

乳糖和乳蛋白的生物合成；七、乳和初乳。第一和第七两章叙述了一些基本的概念，第二至六章都是在普通生理学的基础上按专题的研究成果，重点深入叙述的。其中有泌乳的发动、泌乳的维持、排乳反射的神经体液调节机制、乳腺效应器的收缩组织、人工发动泌乳的成果、乳脂的生物合成及激素调节等专题。希望这本书为我国泌乳的理论研究和乳业生产的发展发挥它应有的作用。为了便于读者查阅资料，将直接或间接引用的参考文献均按章节列出。

在编写过程中，冯仰廉和曾秉基同志为第二章、阮素蕙同志为第四章翻译了某些资料，刘显祖和汪琳仙同志帮助整理了原稿。原稿写成后，第一章承张鹤宇同志，第二章、第三章和第四章承周大激同志，第五章、第六章和第七章承齐顺章同志校阅，并提出宝贵意见。有关药理学和生物统计学某些资料得到申葆和同志和孙文荣同志的帮助，对这几位同志谨致衷心的感谢。

最后诚恳地要求广大读者给予指教。

楊传任

1963年1月

## 目 录

|     |                  |     |
|-----|------------------|-----|
| 第一章 | 乳腺形态学的基础知識.....  | 1   |
| 第二章 | 乳腺的发育.....       | 13  |
| 第三章 | 乳腺的泌乳.....       | 43  |
| 第四章 | 乳腺的排乳.....       | 91  |
| 第五章 | 乳脂的生物合成.....     | 116 |
| 第六章 | 乳糖和乳蛋白的生物合成..... | 141 |
| 第七章 | 乳和初乳.....        | 162 |

## 第一章 乳腺形态学的基础知識

乳腺是哺乳动物皮肤腺的一种，分泌的乳汁是幼仔在生后一定时期內最好的天然营养物质，这也是哺乳动物的特征之一。

各种哺乳动物乳头和乳腺的发育程度与仔畜吸吮作用的能力有一定的适应关系。乳腺在口唇不发达、不适于吸吮作用的低等哺乳动物，发育不完全。如单孔类，在腹部皮肤一定区域内有大量腺管的排出口，幼仔用嘴压榨乳腺挤出乳汁。从有袋类起，乳头才开始发育，由于吸吮的刺激，乳腺的构造也較复杂。有胎盘的哺乳动物，乳腺比較完善，并有永久性的乳头。乳腺連同外表被皮，总称乳房。家畜中猪、猫和狗等的乳腺并排于腹壁白綫两侧，猪的乳腺一般有乳头 10—14 个，甚至有的个体达 18 个，每个乳头有 2—3 个乳头管。狗有 8—10 个乳头，各有 6—12 个乳头管。母馬和反刍动物，独立的乳腺数目减少，集中起来，位于骨盆下的腹股沟部，乳房分左右两半部，每半部有一个乳头。母馬的乳头部一般有两个乳头管和两个乳池。綿羊和山羊的乳头各有一个乳头管和一个乳池。牛的乳房也是由左右两半組成的，每半部又分为前后两部分，共有两对乳头（稀有三对或三对以上的），每个乳头有一个乳头管（见图 I—1）。反刍动物乳腺的复杂化，不仅表现在构造上，也表现在机能上，这与人为的驯化有密切关系。

**乳腺的构造** 乳房的最外面是一层比較柔軟的皮肤。在皮肤的下方是一层浅筋膜，是腹浅筋膜的延續部分。浅筋膜深部还有深筋膜，内含弹性纖維，在两侧乳腺中間形成乳房間隔，将乳房分为左右两半。深筋膜的下方即为乳腺本体部的富有弹性的被膜，

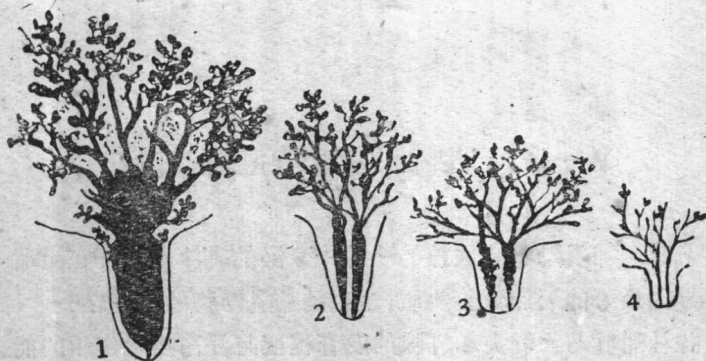


图 I—1 构成乳腺管道系统的模式图  
1. 牛；2. 馬；3. 猪；4. 大白鼠。

内含脂肪和弹性纤维。这种被膜内还有平滑肌纤维，与血管神经一起，深入乳腺的实质，将它分割为许多叶和小叶。小叶间结缔组织包绕乳腺的分泌组织。以上各部分构成乳腺的间质部分（见图 I—2）。乳腺内结缔组织的数量与产乳性能有密切关系，随动物的体质、饲养管理、年龄、泌乳周期以及挤乳的情况等而有变化。在泌乳旺盛时期，腺组织间的结缔组织非常菲薄，各个腺泡紧密相接。乳腺是复管泡状腺，可分为分泌部和导管部。分泌部是由无数的管泡状腺的腺泡构成。腺泡的形状不规则，呈卵圆形或球形等。腺上皮为单层上皮，细胞的形状随分泌周期而变化。当分泌细胞的代谢活动显著增强，细胞内逐渐积聚分泌物时，细胞呈高柱状或锥状，顶端突入腺泡腔，细胞的界限不清楚，胞核的位置多偏于基部。胞质内特别是游离端出现大小不一的脂滴、蛋白质颗粒和液泡等。分泌开始时，顶端分解，有时胞核也排进腺泡腔，混合成为乳汁；此时腺细胞变矮，呈扁平状（见图 I—3）。在同一时间，乳腺各部分腺泡活动并不一致，分别处于分泌周期的不同阶段。腺上皮表面有呈星状的肌上皮细胞（见图 I—3 和图 IV—8）。基膜不

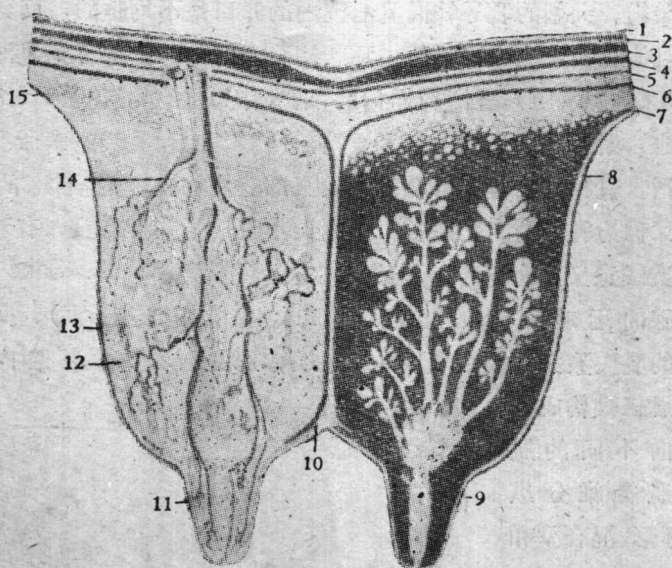


图 I—2 乳房結締組織基架模式图

1. 腹膜壁层； 2. 腹横肌的腹腔面腱膜； 3. 腹直肌； 4. 腹内斜肌的腹壁腱膜； 5. 腹外斜肌的腹壁腱膜； 6. 腹黄膜； 7. 乳房浅筋膜； 8. 皮肤； 9. 乳头壁； 10. 悬韧带； 11. 感受器； 12. 动脉； 13. 腺泡； 14. 静脉； 15. 脂肪组织。

明显,腺泡周围有极薄的結締組織,内含丰富的毛細血管、神經和巨噬細胞、淋巴細胞、漿細胞等細胞成分。导管部自小叶内导管开始,汇合成中等大小的乳导管,再汇集成为大型的乳导管,最后通于乳池和乳头管。小叶間导管上皮为单层立方上皮,在乳腺分泌旺盛时也有分泌机能,外有肌上皮細胞、基膜和固有膜。大型的乳导管都有复层柱状上皮(双层),除有肌上皮細胞之外,在固有膜外还有纵行和环行的平滑肌束。在进入乳池的管口,环行的平滑肌纖維增厚,有类似括約肌的作用;E. С. Левицкая (1955)和 И. Н. Зотикова (1955)在泌乳小白鼠乳腺活动的观察中,看到該括約肌的收縮。乳池呈腔囊形,其粘膜层富有血管、淋巴管、神經和平

滑肌纖維。大型的乳导管向乳池腔內的开口是不均整的，反刍动物的乳池腔在乳头基部附近由环状褶分为两部，上部称为乳池的腺部(又称腺乳池)，呈海绵样构造，下部称为乳池的乳头部(又称乳头池)，因为这里只有一个乳池腔，按腺乳池和乳头池来命名不很合适。乳腺泡、乳导管和乳池的全部腔室构成容纳乳汁的系统，又称为乳房的容受系统，它的大小直接影响产乳量，有着重大的实践意义，有专著讨论这个问题，可参考 M. Г. Закс “农畜乳腺的运动装置的生理”(1958, 俄文版 6—13 页)。反刍动物的乳头除去結締組織以外，肌层特别发达，牛乳头壁內的平滑肌組織构成排列方向不同的肌束。肌纖維分纵行、环形、混合型和放射型四层。环形肌层在乳头管部周围特别发达，构成括約肌，以紧閉乳头管(见图 I—4)。乳头內血管和神經都很发达。

乳房的血液供应 泌乳期乳腺的代謝旺盛，血液循環量也增多，有报导一天泌乳 4 加仑的乳牛，24 小时內

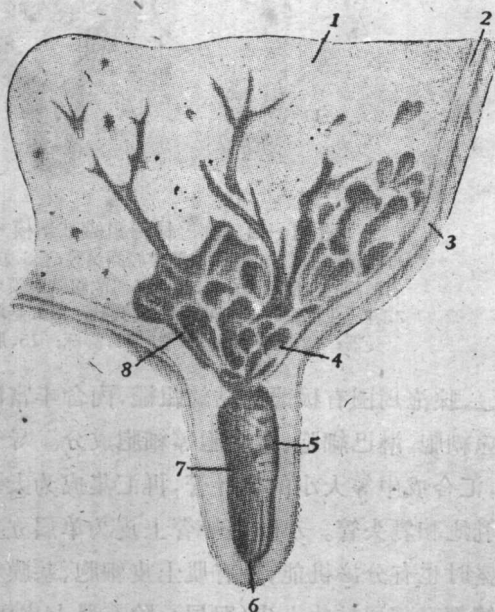


图 I—4 牛乳头纵断面

1. 腺組織；2. 乳房深筋膜；3. 皮肤；4. 乳池的腺部；  
5. 乳池的乳头部；6. 乳头管；7. 乳池腔壁皺褶；8. 乳道。

乳房循环血量可达 9 吨之多(Kay, 1945)。牛乳房的血液供应主要是通过阴部外动脉到达乳房的基部，經腹股沟时作 S 状弯曲，在

乳房基部分出乳房基前动脉和乳房基后动脉供給乳房基部的营养；有报导在个别乳牛并不如此(А. И. Поспелов, 1952)。供給乳房本身的血液来自阴部外动脉的分支，我們称它为乳房前动脉和乳房后动脉(见图 I—5, 图 I—6)。在一些文献里，对乳房血管的名称問題有不同的說法(Turner, 1931; Tagand, 1932; Swett 和 Matthews, 1949)。乳房前动脉和乳房后动脉主要供应同側的半部乳房，还有动脉吻合支經正中悬韌帶进入对側的腺組織，吻合支的数量随年龄而变化，年龄愈大，数量愈大。除去阴部外动脉以外，血液供应也部分地通过腹壁前动脉和会阴动脉。乳腺内的毛细血管也有其特点，圍繞着乳腺泡形成稠密的网状結構。关于乳

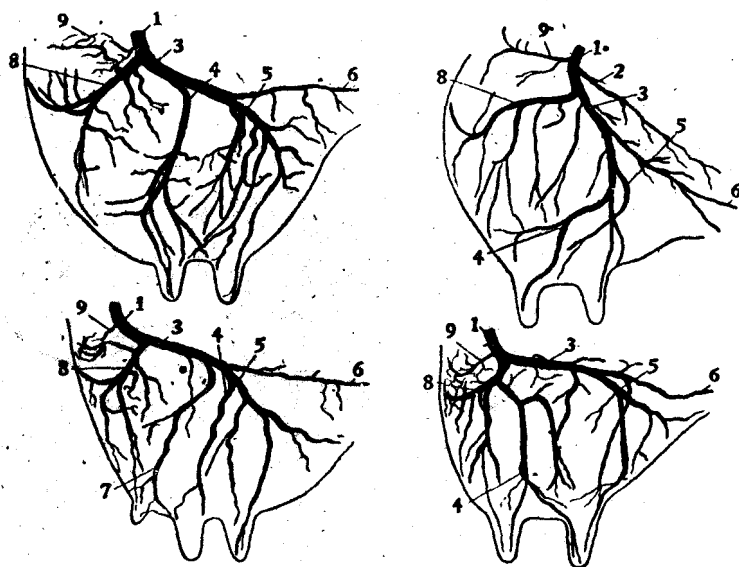


图 I—5 牛乳房动脉的分支类型(按 Елисеєв)

1. 髂外动脉； 2. 乳房基部的动脉； 3. 乳房前动脉；
4. 右侧乳房后叶动脉； 5. 前叶动脉； 6. 腹皮下动脉；
7. 贅生乳头部动脉； 8. 乳房后动脉； 9. 分布到淋巴结的动脉。

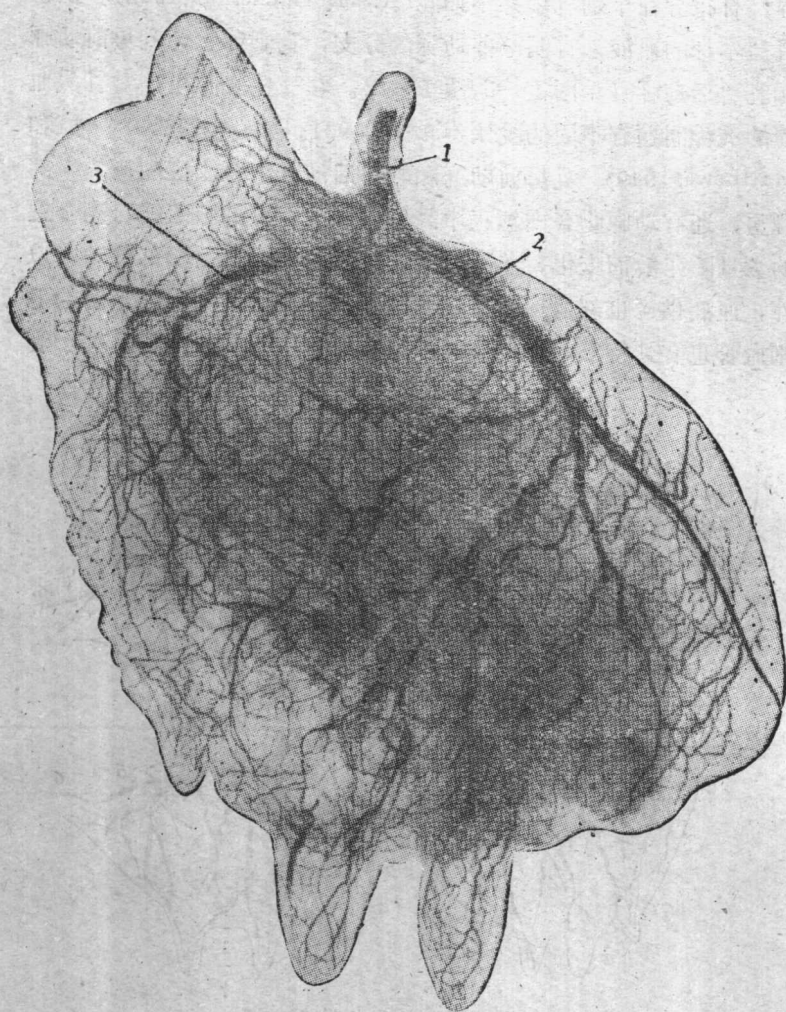


图 I—6 高产牛乳房的动脉(按 Поспелов)

1. 阴部外动脉; 2. 乳房前动脉; 3. 乳房后动脉。

房靜脉血的輸出血管問題仍有爭執，有人認為有三對靜脉，即陰部外靜脉、腹皮下靜脉和會陰靜脉；也有人認為會陰靜脉的血流方向不但不由乳腺向外輸出血液，相反地，自盆腔流入乳腺，所以他們主張只有兩對靜脉，即陰部外靜脉和腹皮下靜脉（Fürstenberg, 1868; Becker和Arnold, 1942; И. И. Грачев, 1949, 山羊; Swett 和 Matthews, 1949）。

母馬乳房的血液供應，主要是通過陰部外動脉和會陰動脉；乳房靜脉入陰部外靜脉和腹皮下淺靜脉。豬的乳腺血液供應比較複雜，前部由腹壁前動脉和肋間動脉輸入，後部經陰部外動脉輸入。靜脉血前部經腹壁前靜脉、腹皮下靜脉和肋間靜脉，後部入陰部外靜脉和腰靜脉。

**乳房的淋巴管和淋巴結** 乳房部淋巴象體內其他器官的淋巴一樣，在毛細淋巴管和淋巴管內流動，通過淋巴結經大淋巴管到腰部淋巴池，再向前進入胸導管，流入血液循環。有關牛乳房的淋巴管和淋巴結，已研究得很詳細（El Nagri, 1945; Богдашев 和 Елисеев, 1951）。乳房淋巴管分深淺兩部，二者之間有吻合支。深部淋巴管與主要血管伴行，自乳房內部輸出淋巴；淺部淋巴管自乳頭壁皮膚及乳房筋膜的淋巴毛細管開始（見圖 I—7）。

牛乳房左右每側的淋巴結數目，一般是1—3個，也有達7個的，其中靠後方的一个比較大。乳池部也有淋巴結。乳房上淋巴結有固定的動脉供給血液（見圖 I—8）。有關乳房淋巴流的速率及其成分，還未見有報導。

**乳房的神經支配** 關於牛羊等反刍動物乳房的神經分布，雖然有很多的文獻，應當說還很不够，因為沒有一個對乳腺的神經支配作過從中樞到外周神經末梢的全面研究。牛乳房的神經有髂下腹神經、髂腹股溝神經、精索外神經和會陰神經，也可以說是來自第 I、II、III 腰神經和第三和五荐神經。此外還有臀後神經和腰神經叢的分支。交感神經纖維即伴同上述這些腰神經走至乳腺，也有

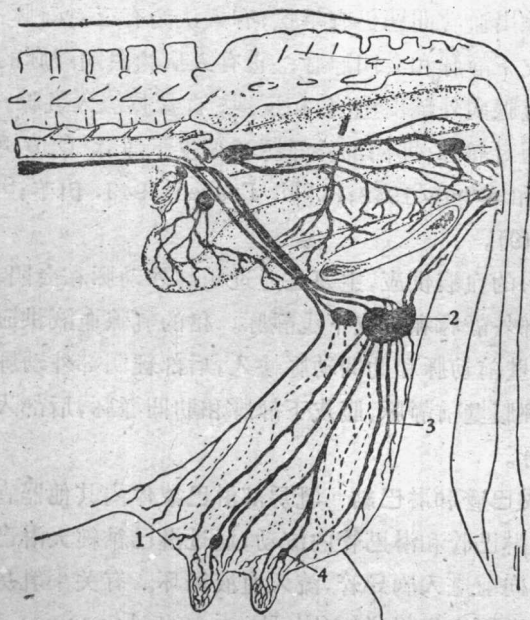


图 I—7 牛乳房淋巴管的模式图

1. 深部淋巴管；2. 左侧乳房上淋巴结；3. 浅部淋巴管；  
4. 乳池部淋巴结。

个别牛看到交感神经干的神经支不经脊髓神经，单独的随髂外动脉走向乳房。关于乳房副交感神经的存在问题，尚未肯定，大多数学者认为皮肤上既然没有副交感神经分布，乳腺上也没有副交感神经。乳房的神经虽然是混合神经，但主要是感觉神经，也有使血管运动和平滑肌收缩的交感神经传出纤维；至于腺细胞和乳腺泡，多数学者否认有神经末梢存在。因此，乳头、乳池和乳房血管的感受器如有传入冲动，可以通过中枢神经系统，调节乳腺的活动，这是可以理解的；中枢神经系统通过对血流的调节和平滑肌活动的控制来影响乳腺的活动也是可以理解的；至于腺细胞的分泌活动是否受神经的直接控制，目前还不能证实。山羊的乳房神经基本



图 I—8 乳房上淋巴結动脉(按Богдaшев)

1.阴部外动脉；2.乳房前动脉；3.乳房后动脉；4.大乳房上淋巴結动脉及其分支；5.小乳房上淋巴結动脉。

上与牛相同(见图 I—9)。綿羊、馬、駱駝和鹿的乳房神經也类似。猪的乳腺神經有其特点，第一对乳腺神經来自第七和第八肋間神經，第二对乳腺神經属第九肋間神經，第三对乳腺神經来自第十和第十一肋間神經，第四对乳腺神經来自第十二和第十三肋間神經，第五对乳腺神經属第十三、十四肋間神經和第一腰神經，后面的乳腺神經属髂下腹神經、髂腹股沟神經和精索外神經。

**乳房的悬挂結構** 牛乳房本身虽然不很重，但在泌乳期內带有乳汁和血液的乳房可达 100—250 磅重。因此，乳房的悬挂結構就异常重要。起悬挂和支持作用的組織有皮肤、深浅筋膜、悬韧带和側韧带。后面两韧带是主要的，特别是悬韧带，如果失去弹性时，则乳房下垂，甚至有时与腹壁脱离。悬韧带起自腹中白綫，由黃色的彈性纖維組成(见图 I—10)。側韧带起自骨盆下腱，彈性

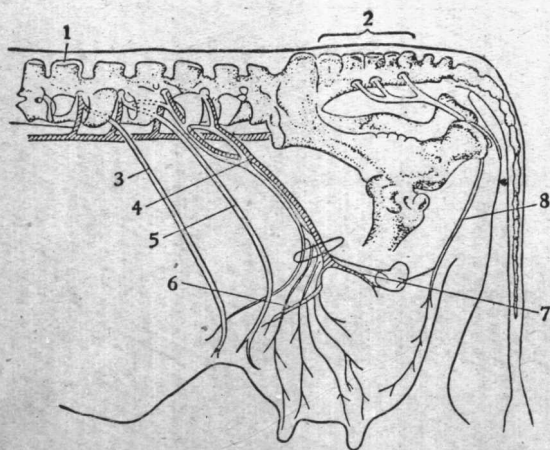


图 I—9 乳牛乳房神經支配模式图(按 Turner 有变动)

- 1. 第一腰椎骨； 2. 荐椎骨； 3. 髂腹下神經； 4. 精索外神經； 5. 髂腹股沟神經； 6. 精索外神經的上分支； 7. 精索外神經的下分支； 8. 会阴神經。

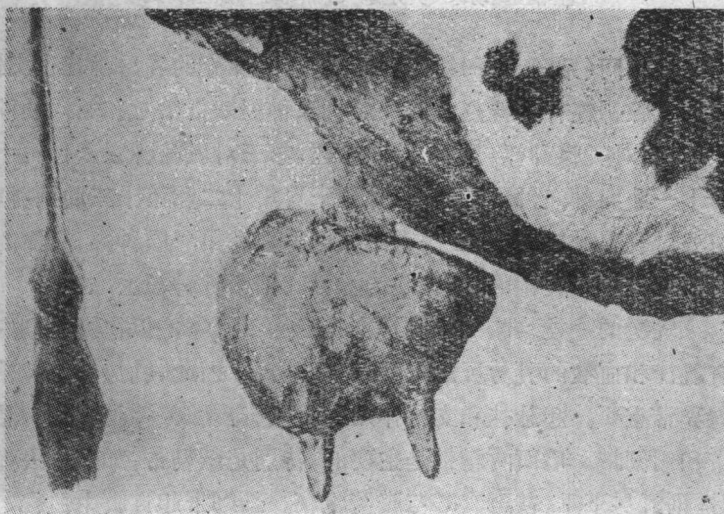


图 I—10 乳房悬韧带(按 Swett)

纖維少(見圖 I—11)。

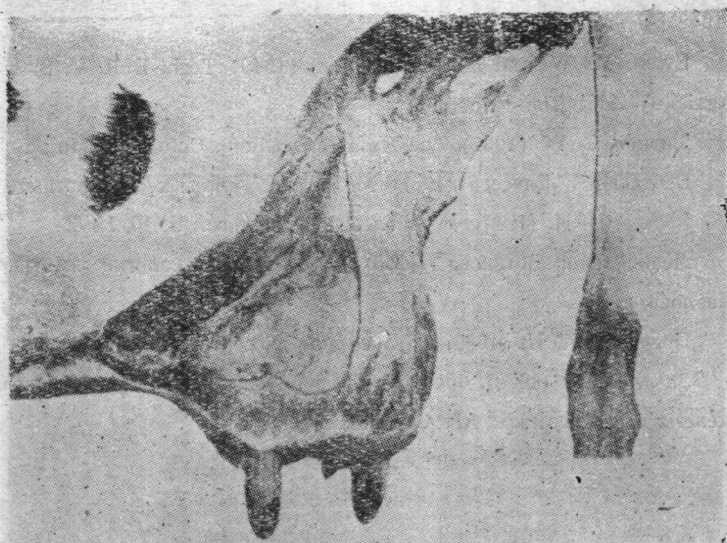


圖 I—11 乳房側韌帶(按 Swett)

上面簡單地敘述了農畜乳房的形態學知識，為了便於學習後面泌乳生理各章節，先對乳房的形態學有一些基本的概念，同時也可深入了解某些理論研究所用的形態學手段和依據。事實上這方面的文獻很多，解剖學家和組織學家給我們提供了大量有利於研究泌乳生理的形態學資料。如有需要，讀者可參閱 Н. Ф. Богдасhev 和 А. П. Елисеев 的專著“農畜乳腺”(1957)(張鶴宇、蕭佩衡譯有中文本“農畜乳房”，1959)和 G. W. Turner 的專著“The Mammary Gland”(1952)。

## 第一章 參考文獻

El Hagri (1945) Vet. J. 101, 27.

Hammond (1957) Progress in the Physiology of Farm Animals,