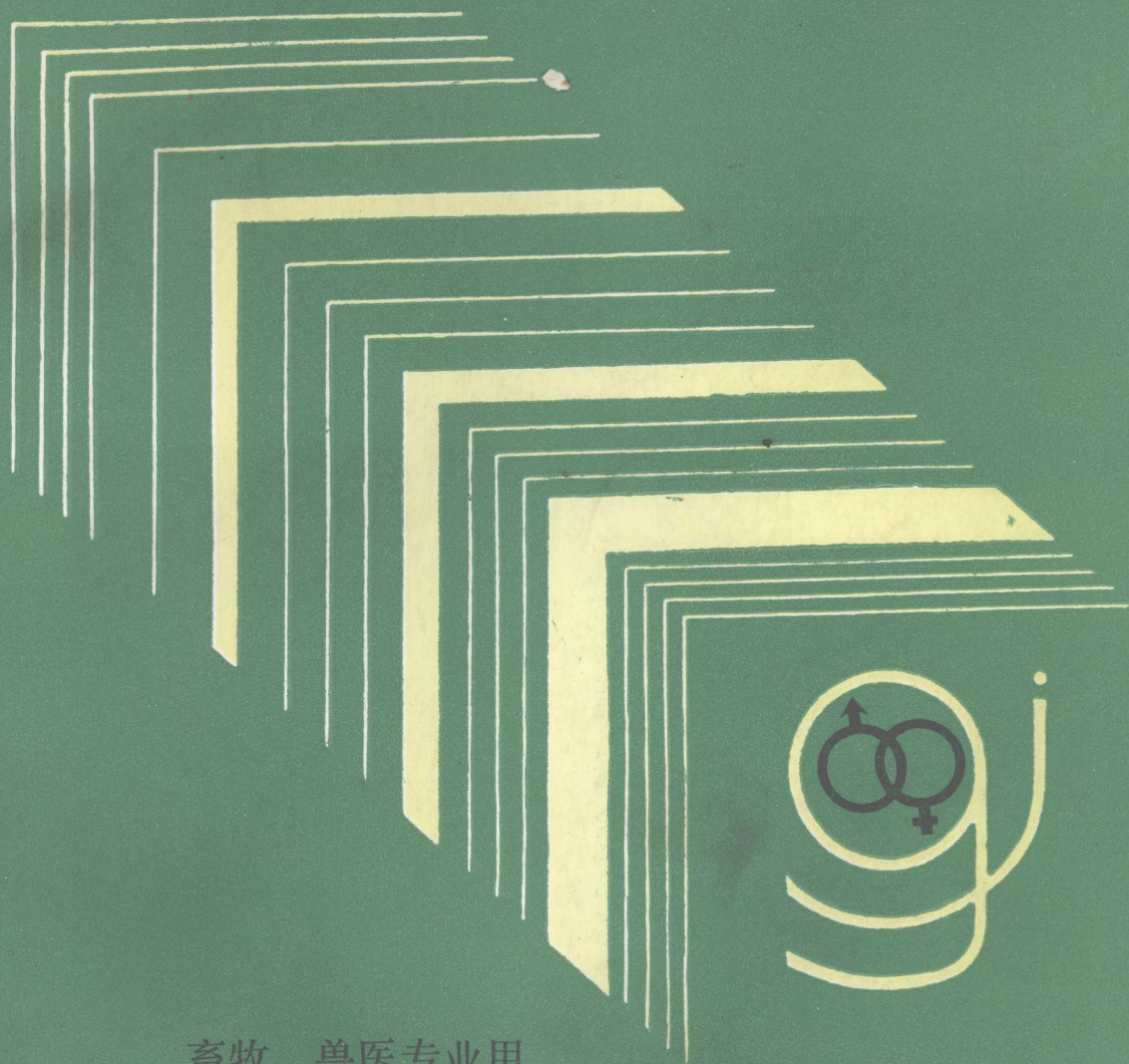


全国高等农业院校教学参考书



畜牧、兽医专业用

泌 乳

〔美〕B.L.拉森 主编
王秋芳 等译

农业出版社



全国高等农业院校教学参考书

泌 乳

[美] B.L.拉森 主编

王秋芳 陈发林 欧阳五庆 王晓峰等 译

畜牧、兽医专业用

农业出版社

作者简介

- R.R.安德森 (RALPH R. ANDERSON) 哥伦比亚, 密苏里大学乳牛科学系教授。
- R.J.科利尔 (ROBERT J. COLLIER) 盖尼斯维尔, 佛罗里达大学乳牛科学系副教授。
- A.J.吉德里 (ALBERT J. GUIDRY) 马里兰, 贝尔茨维尔, 美国农业部动物科学院, 动物研究科学家。
- C.W.希尔德 (C. WILLIAM HEALD) 大学公园, 宾夕法尼亚州立大学乳牛与动物科学系教授。
- R.詹内斯 (ROBERT JENNESS) 圣保罗, 明尼苏达大学生物化学系教授。
- B.L.拉森 (BRUCE L. LARSON) 厄巴纳, 伊利诺大学乳牛科学系教授。
- H.A.塔克 (H. ALLEN TUCKER) 东兰辛, 密执安州立大学动物科学系教授。

前 言

定期出版泌乳方面的新书或修订本，作为大学水平的教科书和参考书很有必要，它与其他一般通用的大学教材相比，需要量小，因此连保持一本现时合用的书都有困难。自从G. H. Schmidt主编的《泌乳生物学》(W. H. Freeman, 1971)问世以来，已经过去十多年了。30—50年代《乳的分泌》一书曾出过5版(衣阿华州立大学出版社)，满足了这方面的需要。头版由D. W. Espe在1938年，末版为V. R. Smith于1959年编著。上述著作现已不再出版，也都过时了。

泌乳是包括许多复杂生物学范畴的多学科领域。随着生物学和化学的迅速发展，任何一个人要成为有各方面渊博知识者困难越来越大。此外，几十年来泌乳研究的结果，使人们难以恰当地引用已被普遍接受的许多新概念的所有研究。当前泌乳细节方面有许多专门的广泛评述性文章，还有由许多人编写的四卷参考书《泌乳》，这是一本综合性专题学术论文著作。1974年B. L. Larson和V. R. Smith编辑了1—3卷，1978年B. L. Larson又编辑了第4卷。它虽然提供了详细的参考资料来源，但要作为一般教科书，则内容庞杂，价格昂贵。泌乳课教师认为，现在迫切需要一本主要与奶畜有关的系统全面的教科书。

七位作者按此目的编著了本书。各位作者在各自己的领域中均造诣颇深，并集中了大家的资料与见解，这是一个作者所不能完成的。正文中没有注明引用的参考资料，除非为了版权目的(图和表)，各专项也没有注明资料来源。但各章后面列有广泛的参考文献。

本书读者应具备生物学和基础化学知识以及某种或多种生物学科的专门训练，如生物化学，生理学和营养学。因而适用于高年级大学生或某些应用学科的早期毕业生。如果遇到困难，可以查阅基础学科的教科书。

应该感谢各章作者为本书出版所给予的合作。对重复内容并未全部删除，保留内容是为了便于在一章内理解上的连贯性。衷心感谢Helen M. Hegarty对原稿编辑的技术处理和主题索引的编制。

B. L. Larson

目 录

前言

第一章 乳腺	1
第一节 引言	1
一、种系发生	1
二、个体发生	2
第二节 乳腺生长与分化的指标	3
一、宏观测定法	3
二、组织学方法	3
(一) 光学显微镜检查	3
(二) 电子显微镜检查	5
三、细胞学研究法	5
四、在体乳腺测定法	5
五、评价乳腺的体外技术	6
第三节 乳腺发育阶段、泌乳功能及泌乳降低	6
一、概述	6
二、胎儿的乳腺发育阶段	7
(一) 初级乳芽	7
(二) 初级乳芽管的形成	7
(三) 二级乳芽	7
(四) 乳腺脂肪垫	7
(五) 正中悬韧带	7
三、出生后乳腺的发育	11
(一) 出生到初情期	11
(二) 初情期	11
(三) 妊娠期	12
(四) 泌乳早期	14
(五) 泌乳的降低	14
(六) 干乳期	15
(七) 重复妊娠和泌乳	15
(八) 年龄	15
第四节 乳腺血液供应	16
一、概述	16
二、母牛	16
(一) 乳腺的动脉	16
(二) 乳腺的静脉	17

(三) 乳房供血的重要意义	18
第五节 淋巴系统	18
一、概述	18
二、淋巴向血液的转运	18
三、淋巴和淋巴结的功能	19
第六节 神经系统	19
一、概述	19
二、植物性神经系统	19
三、乳排放的神经内分泌反射弧	20
第七节 乳腺生长和分化研究的展望	20
一、分泌上皮细胞	20
二、肌上皮细胞	21
三、结缔组织或基质	21
四、乳腺的退化	21
第二章 乳腺的内分泌调节和神经调节	23
第一节 引言	23
第二节 神经内分泌系统	25
第三节 乳腺生长的激素调节	26
一、卵巢类固醇激素	26
(一) 激素的应用	26
(二) 血清中的激素浓度	27
(三) 激素的作用机理	27
二、垂体前叶肽类激素	28
(一) 激素的应用	28
(二) 血清中的激素浓度	28
(三) 激素的作用机理	29
三、胎盘激素	29
四、肾上腺类固醇激素	30
五、甲状腺激素	30
六、其他激素和因子	30
第四节 乳腺生长的神经调节	31
第五节 乳汁生成的激素调节	31
一、垂体前叶肽类激素	31
(一) 激素的应用	31
(二) 血清中的激素浓度	32
(三) 催乳素的作用机理	33
二、胎盘催乳素	34
三、肾上腺类固醇激素	34
(一) 激素的应用	34
(二) 血清中的激素浓度	35
(三) 类皮质激素结合球蛋白 (CBG)	35

(四) 激素的作用机理	36
四、卵巢类固醇激素	36
(一) 激素的应用	36
(二) 血清中的激素浓度	37
五、前列腺素 (PG)	37
第六节 乳汁生成的神经调节	37
第七节 泌乳的激素调节	37
一、垂体前叶肽类激素	37
(一) 激素的应用	38
(二) 血清中的激素浓度	38
二、甲状腺激素	39
(一) 激素的应用	39
(二) 血清中的激素浓度	39
(三) 降钙素	40
三、甲状旁腺激素	40
四、胰岛素	40
五、肾上腺类固醇激素	40
六、卵巢类固醇激素	41
第八节 泌乳的神经调节	42
第九节 排乳	42
一、神经的作用	42
二、激素的作用	44
三、排乳的刺激	44
四、排乳的抑制	44
第三章 泌乳的营养、代谢和环境条件	48
第一节 引言	48
第二节 消化	49
一、消化道解剖	49
二、消化物质流动的调节	50
三、非反刍动物的消化	50
四、反刍动物的消化	51
五、瘤胃微生物	51
六、挥发性脂肪酸合成的途径	52
第三节 消化与吸收	53
一、概述	53
二、挥发性脂肪酸 (VFA)	53
三、碳水化合物代谢	53
四、蛋白质和氨基酸的代谢	54
五、脂类代谢	54
第四节 养分的需要量	55
一、概述	55

二、能量	61
三、蛋白质的需要量	62
四、矿物质的需要量	63
第五节 养分的分配	63
一、概述	63
二、与泌乳开始有关的代谢适应	64
三、乳腺的血流量	66
四、乳腺对乳前体物的吸收	66
五、内分泌参与养分的分配	68
第六节 乳腺的代谢	69
一、概述	69
二、结构与功能	69
三、能量代谢	70
四、脂肪酸合成	72
第七节 乳的质量	73
一、概述	73
二、营养的影响	73
三、季节的影响	74
第八节 环境的影响	74
一、概述	74
二、环境的因素	74
三、动物的因素	75
四、饲料与饮水的消耗量	75
五、代谢适应	75
六、内分泌的变化	76
七、产乳量	76
八、乳的成分	77
第九节 代谢疾病	77
一、概述	77
二、酮病	77
三、产乳热（生产低钙血症）	78
四、低镁血搐搦症	78
第四章 乳的生物合成与细胞分泌	81
第一节 引言	81
第二节 泌乳期的乳腺	81
一、发生	81
二、结构	81
三、分泌细胞	82
第三节 研究方法	86
第四节 乳的前体物和代谢途径	87
第五节 乳脂的生物合成	89

一、概述	89
二、脂肪酸和甘油的来源	89
三、三酰基甘油的生物合成	90
四、其他脂类的生物合成	91
第六节 乳糖的生物合成	91
一、概述	91
二、合成途径	91
三、乳中的其他碳水化合物	92
第七节 乳蛋白的生物合成	92
一、蛋白质的来源	92
二、基因组	93
三、蛋白质生物合成的途径	93
(一) 调控机理	94
(二) 遗传密码和突变	94
(三) 翻译后的修饰	95
(四) 蛋白质合成的研究	95
四、乳蛋白的生物学意义	95
第八节 主要乳汁成分的细胞分泌	96
一、蛋白质和大部分非脂肪成分的转运途径	96
二、脂肪球的分泌途径	96
三、膜的流动	97
四、血液免疫球蛋白的运输途径	97
五、血中白细胞进入乳的途径	98
第九节 各种物质向乳汁的转运	99
一、概述	99
二、紧密连接	99
三、主要的盐分和矿物质	99
四、其他物质	100
(一) 柠檬酸	100
(二) 嘌呤和嘧啶	100
(三) 杀虫剂、药物和抗生素	100
(四) 有毒元素	101
(五) 放射性核素及其识别	101
(六) 其他物质	102
第十节 关于腺体分泌	102
一、持续合成	102
二、乳房炎的影响	102
三、细胞合成速率与产乳量	102
第五章 乳和初乳的生化与营养	105
第一节 引言	105
第二节 乳的成分	105

一、总成分	105
(一) 种间差异	106
(二) 种内的遗传差异	107
(三) 泌乳期的差异	109
(四) 其他原因的差异	110
二、脂类	111
(一) 三酰基甘油	111
(二) 其他脂类	112
三、蛋白质	113
(一) 酪蛋白	114
(二) 乳清蛋白	115
(三) 脂肪球膜蛋白	117
四、酶	118
五、碳水化合物	119
六、盐类	120
七、混杂成分	121
(一) 自然成分	121
(二) 污染物	123
第三节 乳的物理结构	123
第四节 乳的营养价值	124
一、乳对哺乳幼畜的营养价值	124
二、乳对婴儿的营养价值	125
三、乳对成人的营养价值	126
第六章 乳的收集	130
第一节 引言	130
第二节 影响机械挤奶的生理因素	130
一、乳头的结构与功能	130
二、乳头口、乳头管及其括约肌	131
第三节 机械挤奶	134
一、真空度	135
二、双室乳头杯	135
三、内套特性	136
四、脉动率	136
五、脉动比	137
六、乳头杯重量(全套)	137
七、乳头充血	137
八、气滑和细菌转移	137
九、挤奶结束时的机器挤干	138
十、乳牛对电的敏感性	138
十一、挤奶技术的总结	139
第四节 体细胞计数在监测乳房健康中的作用	139
一、体细胞计数	139

二、乳房内装置	141
第五节 乳头浸泡	141
第六节 挤奶方法和乳分泌速率	141
一、乳分泌速率	141
二、乳成分分泌的变化	142
三、残留乳、可利用乳和母牛的准备过程	143
四、脂肪含量的日变化趋势	144
五、挤奶频率	145
第七节 泌乳的结束	146
一、干乳期的长短	146
二、分娩前的挤奶	147
第七章 乳房炎与乳腺的免疫系统	149
第一节 引言	149
第二节 乳腺的功能	149
一、营养功能	149
二、免疫转移	150
(一) 细胞免疫	150
(二) 体液免疫	151
(三) 种间差异	153
第三节 乳房炎	154
一、革兰氏阳性球菌	155
二、革兰氏阴性杆菌	156
三、革兰氏阳性杆菌	157
四、酵母菌	158
五、支原体	158
六、原生质鞘	158
第四节 环境因素对乳房炎的影响	158
一、营养因素	159
二、畜舍	159
三、垫草	159
四、挤奶机	159
五、气候	159
第五节 防御系统	160
一、乳头管	160
二、化学防御	160
(一) 乳铁传递蛋白	160
(二) 溶菌酶	160
(三) 过氧化物酶-硫氰酸盐-过氧化氢	160
三、白细胞的吞噬作用	161
四、免疫的防御机理	161
(一) 体液免疫系统	161

(二) 细胞免疫系统	162*
第六节 新感染时间	163
第七节 乳房炎的控制	164
一、预防	164
二、诊断	165
三、治疗	165
第八节 摘要与结论	166

第一章 乳 腺

RALPH R. ANDERSON

第一节 引 言

一、种系发生

乳腺是动物的独特腺体。原因不在于它是一种皮肤腺或外分泌腺，而是由于它具有一种独特的功能，可将亲代由食物变成的奶汁输送给子代，供未成熟的初生仔畜利用。鱼类、两栖类、爬行类和鸟类产出足够大的卵，以满足胚胎成熟和最后孵化时能量的需要。其子代在孵出时已相当成熟，能利用环境中的食物。通常这就需要高度成熟的消化系统。在少数情况下，鸟类将半消化的食物逆呕出来喂给子代解决这一问题。例如鸽子的嗉囊里衬有高度专门化的细胞，可逆呕出嗉囊乳，供迅速生长的子代利用。

哺乳动物则必须采取各种途径来适应不利的环境条件，经常要适应鸟类、两栖类、爬行类和鱼类正常能耐受的较冷的环境。哺乳动物的体表布满被毛，以减少体热的发散，并形成了通过皮肤腺（即乳腺）转移营养物质的机制。这两种适应方式使哺乳动物遍布于全球（最寒冷地方除外）。陆地上的哺乳动物，小的如鼯鼠，体重只有15g，大的如大象，体重有数千公斤。水生哺乳动物中的鲸鱼，体重比大象重10倍。

为了适应环境，哺乳动物具有强壮的四肢，能够在陆地上迅速运动，或具有结实的鳍状肢，可非常灵巧、非常迅速的在水中游动，这些适应方式对各种哺乳动物能在特定环境中生存具有极重要的作用。但是，与鱼类、两栖类、爬行类及鸟类相比，哺乳类动物复杂生活方式中的一种常见机制是通过将母体的乳汁转移给子代，成功地进行繁殖。胎生对哺乳纲来说很重要，但不是只有哺乳动物才能胎生，多种鱼类和爬行类动物也能胎生。爬行动物的生存，要靠温暖而安静的环境，几乎不能适应环境的剧烈变化，不能象哺乳动物那样，用体温保护子代、通过乳将营养物质转移给子代，并照料好它们。

哺乳动物的特征是身上有毛并以乳的形式转移营养物质。但是否因为哺乳动物与爬行类和鸟类有这样的不同，因而在它们中间就不存在联系呢？许多证据说明它们之间有相似性，例如，现存的两种原始哺乳动物——鸭嘴兽 (*Ornithorhynchus anatinus*) 和针鼹 (*Tachyglossus aculeatus*)，可代表许多灭绝的卵生品种。鸭嘴兽于春季产1—2枚坚韧的卵，约孵化12天，幼鸭嘴兽出生，但很不成熟，赤身爬上仰卧的母兽腹部，母兽腹部有构成乳腺系统的长管区域。孵化时分泌的催乳素使长管粘膜里层的上皮细胞合成乳汁。当幼鸭嘴兽用鼻触撞母兽腹部的乳腺区时，从母兽的神经垂体释放出催产素，在催产素的作用下，长管周围的肌上皮细胞收缩，乳汁被挤压至腹毛，幼鸭嘴兽舔食乳汁，能很好地生长。针鼹乳腺的结构，除具有发育明显的袋状结构外，与鸭嘴兽相似。这种袋状结构在哺乳动物亚目双子宫动物发育更为明显。这种动物妊娠期较短，因为没有真正的胎盘附着。幼仔出生时很小，且不成熟，因此在哺乳时需要有一个育儿袋来保护。

现存于地球上的爬行动物，不具有哺乳动物乳腺前体的结构，爬行动物的化石证明，它们的嘴有吸吮功能，其子代有吸吮现象，说明和哺乳动物可能有一定程度的联系。然而，现存的爬行动物无乳腺软组织结构，与原始哺乳动物的乳腺结构有些相似。

二、个体发生

很多脊椎动物胚胎发育的早期阶段有相似的特征，因为个体发生是系统发育的重演。的确，只有专家才能分辨出牛和马、猪和熊、大鼠与猫胚胎的不同。在迅速繁衍中，受精卵（合子）的变化由2个到4个，4个到8个，再到16个，即桑椹胚，再经囊胚到原肠胚，最后形成带体节的神胚。更为有趣的是外胚层腹侧面在胚胎生活的早期，就开始增厚，甚至发生在鉴别胚胎代表的动物种类之前。外胚层（皮肤）增厚区的连续变化可区分为乳带、乳条、乳索、乳冠、乳丘和乳芽（图1-1）。

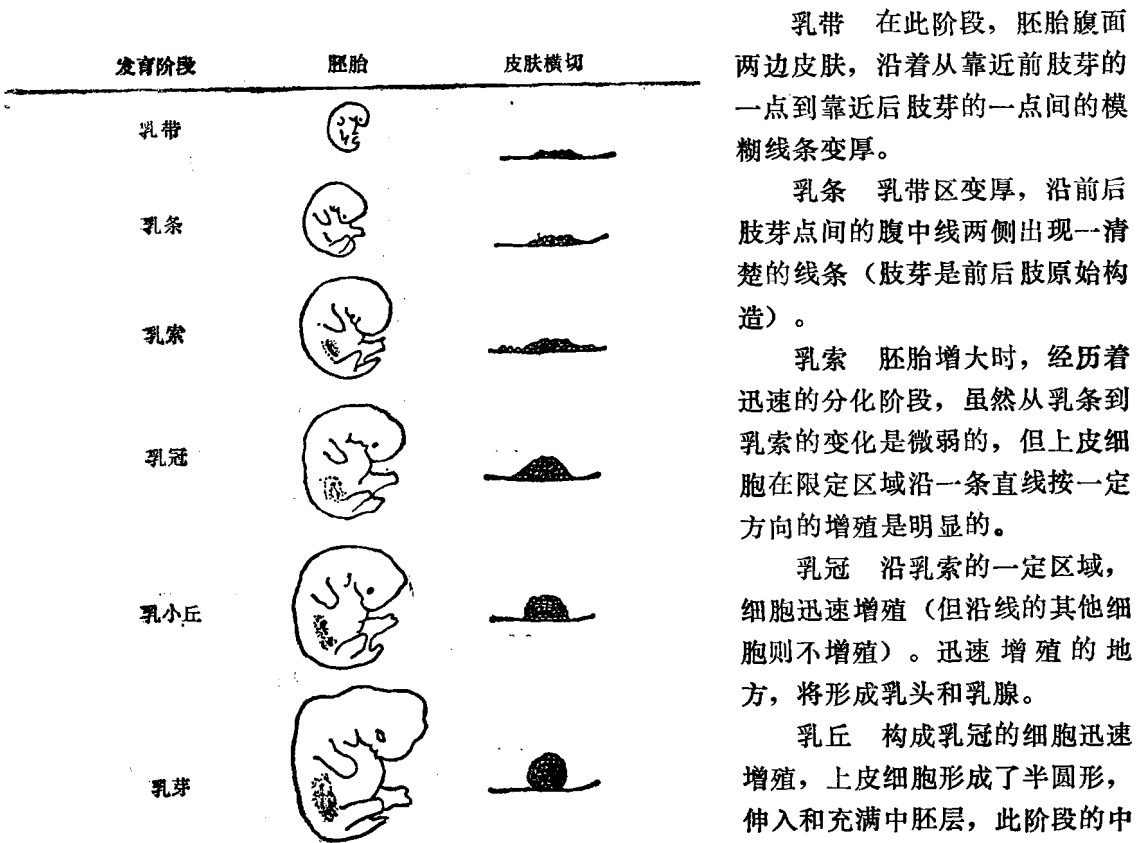


图1-1 胚胎乳腺结构从乳带到乳芽的发育阶段

乳带 在此阶段，胚胎腹面两边皮肤，沿着从靠近前肢芽的一点到靠近后肢芽的一点间的模糊线条变厚。

乳条 乳带区变厚，沿前后肢芽点间的腹中线两侧出现一清楚的线条（肢芽是前后肢原始构造）。

乳索 胚胎增大时，经历着迅速的分化阶段，虽然从乳条到乳索的变化是微弱的，但上皮细胞在限定区域沿一条直线按一定方向的增殖是明显的。

乳冠 沿乳索的一定区域，细胞迅速增殖（但沿线的其他细胞则不增殖）。迅速增殖的地方，将形成乳头和乳腺。

乳丘 构成乳冠的细胞迅速增殖，上皮细胞形成了半圆形，伸入和充满中胚层，此阶段的中胚层，叫做间质，细胞之间缺乏明显的界限。

乳芽 沿乳索的细胞进行的完全增殖，形成半球形。以后变成纺锤形，即为乳芽。它由上皮细胞球形成，成熟乳腺的上皮细胞则分泌乳汁。

母牛胚胎从32—43天原始乳腺的发育次序见表1-1。

乳芽的胚胎分化继续到胎儿阶段。乳芽象征着乳腺发育中的一个重要分化和过渡阶段。当胚胎充分分化时，通过乳芽能开始识别所代表的种类。从此阶段起可以将胚胎名称换成胎儿名称。无论何种哺乳动物，乳芽是乳腺发生的主要结构。在我们总结了各种测定乳腺的方

表1-1 牛、猪和人的乳腺胚胎发育

胚胎发育阶段	牛		猪		人	
	胚胎日龄	胚胎长度 (mm)	胚胎日龄	胚胎长度 (mm)	胚胎日龄	胚胎长度 (mm)
乳带	32	14	21	10	35	6
乳条	34	16	22	12	36	8
乳索	35	17	23	15	37	10
乳冠	37	19	25	18	40	13
乳丘	40	21	26	20	42	15
乳芽	43	25	28	22	49	20

法之后，再回头来讨论胎儿及其以后的乳腺发育。

第二节 乳腺生长与分化的指标

在所有研究中，研究者对感兴趣的测定方法必须改进。对乳腺测定方法曾采用了各种技术，然而每一种测定方法均有其局限性。无论是定性或定量的方法，目的在于得到有关乳腺的信息及找出增加产乳量的方法。下面列举一些乳腺测定方法。

一、宏观测定法

触摸法用来评估小母牛和羔羊的乳房发育已经许多年了，通常用于同龄动物的比较。应用卡尺测定脂肪垫，应用尺子测定乳头长度和周长。这些测定方法误差过大，价值有限。

当动物正在泌乳时，应用卡尺和尺子进行测量要比幼年时期可靠得多。研究乳腺发育情况时，要测定乳腺的长、宽、高、圆周、乳头长度、乳头直径、乳房角度、后背附着宽度等。

测定乳房容积也用这些测量法，还有用水代替法、石膏模型法、声波法，但没有一种方法能令人满意。

二、组织学方法

乳腺组织非常柔软。因此不象其他组织（如肌肉）易于研究。然而应用显微镜作为主要工具，探索乳索结构与功能的关系，已进行了许多卓有成效的研究。

(一) 光学显微镜检查 用光学显微镜作为手段，多年来被研究者用来区分不同的构造。主要有两种类型：一种为放大10—100倍的解剖显微镜，另一种为放大几千倍的标准光学显微镜。

1. 解剖显微镜 研究者用它鉴定比较大的乳腺结构，如腺乳池、大导管、腺泡群、小叶和叶。该技术用于乳腺生长的定性和半定量非常有效（图1-2）。其主要局限性是只能适用于较薄的乳腺组织，如小鼠、大鼠和仓鼠以及兔子的乳腺，而对牛、绵羊和山羊乳腺的研究效果不好。

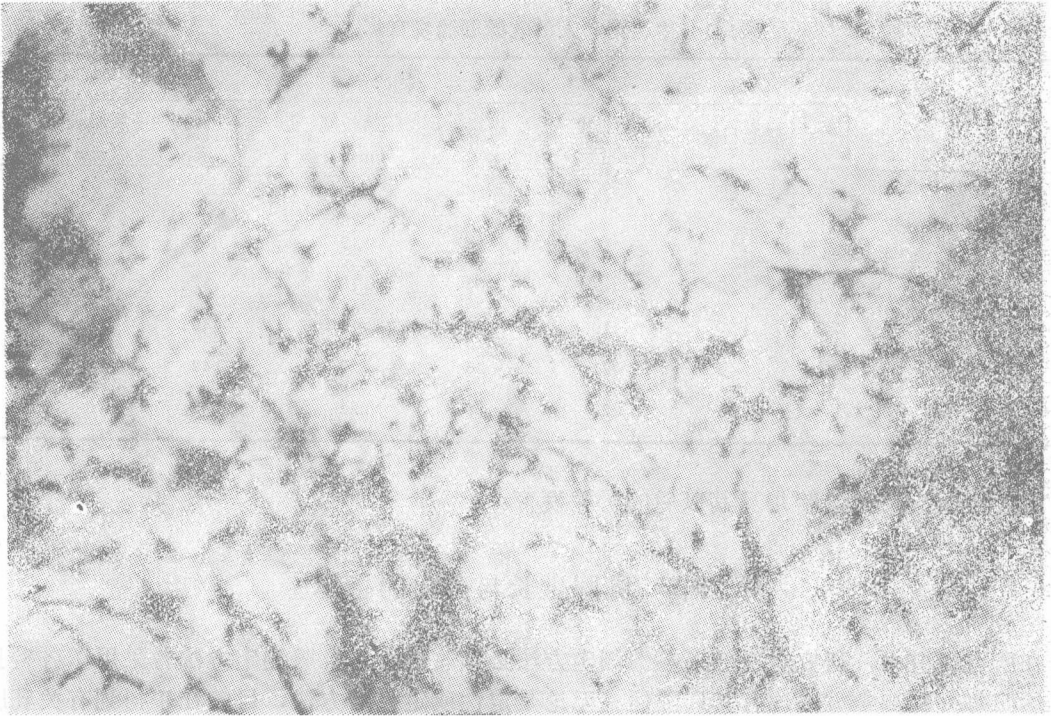


图1-2 大鼠乳腺的乳导管及末端乳芽
(用苏木精染色; 放大10倍)
引自Wright 和 Anderson, 1982.

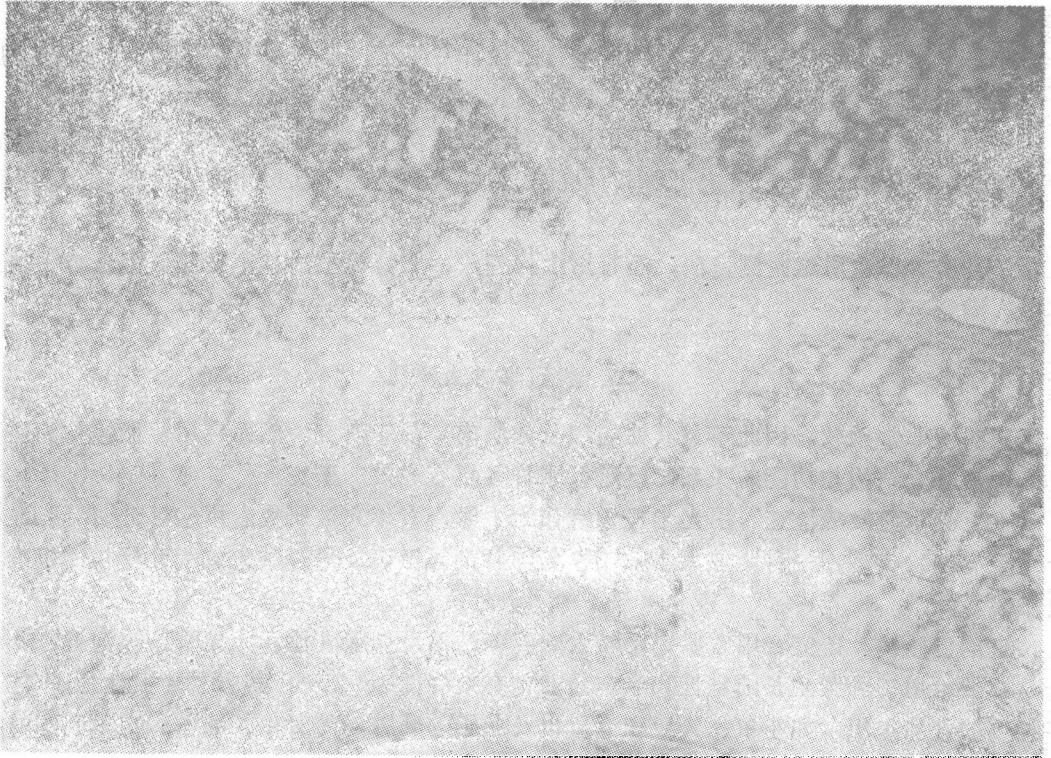


图1-3 妊娠后期山羊的乳腺组织切片

2.标准光学显微镜 有益于显示乳房错综复杂的细微结构，亦即腺泡及上皮细胞的微细结构。对乳腺作显微切片观察，可得到乳腺质与量的有关资料。这些切片可切薄到 $2\mu\text{m}$ ，比乳腺上皮细胞还要薄。可进行各种染色技术。最常用的染料有曙红和苏木精。用来鉴定细胞内和细胞间各种构造（图1-3）。

注意大量结缔组织将腺叶隔开，小量的结缔组织围绕着小叶和腺泡，腺泡由分泌上皮组成（用苏木精染色，放大66倍）。

（二）电子显微镜检查 第二次世界大战刚结束，电子显微镜已被少数研究者开始应用。但其价值极为昂贵，应用受到限制。透射电镜可观察到小至 $1\mu\text{m}$ 的物体，而光学显微镜只能看到 $1\mu\text{m}$ 的结构。电镜能区分光镜观察不到的细胞内的许多结构。电镜的应用促进了细胞生理学的巨大进展。透射电镜图片见图4-4，图4-7和图4-12。最新的电子显微镜为扫描电镜，能有效地显示活细胞的表面。可用于研究精子和乳腺腺泡的表面结构。

三、细胞学研究法

组织学是研究机体各种组织的结构，而细胞学则研究各种细胞的结构。通过对乳腺的研究，已经阐明乳腺内细胞群的相互协同作用所产生的特殊功能，如进行乳汁的合成。为了乳的正常合成，腺泡结构需要维持得象一个单位一样，然而腺泡的基本单位是单个上皮分泌细胞。为了研究细胞，各种技术被用来测定细胞的成分，如细胞核、内质网、线粒体、溶酶体、高尔基体、分泌小泡及细胞膜。

研究细胞结构与功能的手段有：（1）光学显微镜；（2）电子显微镜；（3）免疫荧光标记；（4）放射同位素标记；（5）蔗糖梯度离心；（6）凝胶过滤等。

四、在体乳腺测定法

前边介绍的乳腺宏观测定包括用卡尺、尺子和水代替法、石膏模型法及声波法，这些测定法的优点是动物不必屠宰即可得到有关资料，缺点是资料的价值有限。研究者为了得到更加完善的资料，以弄清乳腺内在情况，在乳腺发育阶段的特定时期，将动物屠杀。起初应用小的实验动物进行研究，如小鼠和大鼠。然而应用小动物所得的资料有局限性，故用仓鼠、豚鼠、兔子、山羊、绵羊、猪和牛进行研究。从动物身上取下乳腺，进行称重，称得的是湿重。如将母牛、山羊和绵羊乳房取下，进行修整，除去皮肤、乳头和乳腺上淋巴结、外部脂肪、大血管及存留的乳汁后，进行称重，此即为整修后的湿重。

先用热乙醇，后用热乙醚提取整修乳腺的水和脂类。所剩白色组织由蛋白质（75—80%）和核酸（RNA和DNA）组成。完全干燥并称重，即成为干燥的无脂肪组织（DFFT）。取无脂肪组织的等分试样用精细的化学操作测定RNA、DNA以及羟脯氨酸。蛋白质用染料结合比色法测定。DNA水解，脱氧核糖与对硝基苯胍复合后进行比色测定。RNA以不同程序进行水解后，用地衣酚作为颜色复合剂，用比色法测定核糖。羟脯氨酸是复杂蛋白质胶原的一种特殊而重要的氨基酸成分。因胶原是乳腺结缔组织的主要成分，故羟脯氨酸的测定可使研究者判定乳腺结缔组织的总量和胶原的百分含量。其余为乳腺实质组织。很多乳腺在泌乳期实质组织占80%，基质占20%。应用这些方法测定的资料例证见图1-4。