

第 4 章 乳腺疾病

Christian Klopfenstein、Chantal Farmer 和 Guy-Pierre Martinea

母猪产奶量不足会导致仔猪生长减慢，甚至一窝中的死亡率增加。本章第一节着重阐述了母猪哺乳期的启动和维持的正常生理过程，及其与仔猪生长发育和死亡之间的关系。母猪的泌乳量受很多因素影响，但主要可归纳为三个方面：

1. 泌乳细胞（或上皮细胞）的数量（见乳腺）
2. 泌乳细胞合成乳汁的能力（见泌乳生理）
3. 其他器官和系统提供乳腺需要营养的能力（见其他有关问题）

第二节讲述提高母猪总泌乳量的策略（见调整乳量）、早期泌乳障碍可能的发病因素（见“泌乳障碍综合征的传染性和非传染性病因）以及治疗和预防的程序。

母猪的泌乳量

泌乳量的测定

测定母猪的泌乳量要比其他家畜复杂，因为母猪乳头较小、有分泌功能的乳腺数量众多（12—14 个），使得手工挤奶或机械挤奶较为困难。此外，过了初乳期后，由于母猪的乳汁分泌就不连续，必须像模仿仔猪吮乳一样使母猪每天“喂乳”超过 24 次（Hernandez et al. 1987）。因而，母猪全天的泌乳量多是通过一天之内数次测定的结果来推断的。据报道，24 小时内测定 7—8 次即可较好的估计每日泌乳量（Salmon Legagneur 1965; Mahan et al. 1971）。初乳期以后，乳汁分泌必须有外源性的催产素诱导（见催乳素的治疗）。

用仔猪来估测母猪泌乳量的方法可获得最佳结果，然而在泌乳的第一个阶段，由于母猪的泌乳量超过仔猪的需求量。所以，这种方法就低估了乳腺的产奶能力。但在泌乳的第二个阶段，当母乳的供应量成为仔猪生长的限制性因素时，用这种方法来评价母猪产奶能力就比较好。

挤奶 给母猪挤奶既可采用手工挤奶，也可采用机械挤奶，但手工挤奶要付出很多的劳力。继发现催产素有诱导排乳的作用后，人们发明了第一台挤奶机（Salmon Legagneur 1959）。近年来挤奶机已被用来比较猪的不同乳头（Fraser et

al. 1985) 和不同品种 (Grun et al. 1993a) 的排乳量。已有报道, 挤奶机比手工挤奶对排乳量的评价结果的重复性更好 (Fraser et al. 1985), 但个企今尚无可利用的商业性价值。

哺乳期母猪体重的减少 哺乳期前后给母猪称重是评价产乳量的另一种重要方法, 但很少使用。其最大的缺点是缺乏准确性, 因为每个哺乳期的泌乳量与母猪的体重之比大约为 1: 1000 (Salmon Legagneur 1956)。

称重—哺乳—称重 称重—哺乳—称重 (WSW) 方法在过去几年中被广泛采取, 就是对一定数量仔猪哺乳前和哺乳后反复称体重。除了哺乳时间, 不准仔猪吃奶。常用方法是在初次哺乳前将仔猪与母猪分开 1 小时, 随后每隔 45—60 分钟哺乳一次, 每次哺乳持续 4—5 分钟。在每次哺乳前, 把仔猪放在冷湿的地面上诱导排粪和排尿。称重时, 仔猪可单个称, 亦可每次称半窝或整窝 (Barber et al. 1955; Salmon Legagneur 1956; Mahan et al. 1971; Lewis et al. 1978; Noblet and Etienne 1989)。头两个估测值应舍弃, 因为变异大 (Speer and Cox 1984)。这种测定方法的一个主要问题是要校准仔猪由于排尿、排粪和代谢所造成的损失。

仔猪生长 从概念上讲很简单, 但一般认为研究仔猪生长情况并不能准确的代表母猪的泌乳情况。最初的研究指出, 仔猪增重并不能反映母猪的泌乳量 ($R^2 < 0.50$) (Salmon Legagneur 1956; Lewis et al. 1978)。这些结果可能是由于难以充分评估母猪的泌乳量所引起的。事实上, 最近的研究表明, 在哺乳期的不同阶段, 泌乳量可以用仔猪的生长来准确估测 ($0.84 < R^2 < 0.96$) (Noblet and Etienne 1989)。根据这种估测和其他指标, 可估算出大约每 4.5 克乳汁可使仔猪增重 1 克 (Lewis et al. 1978; Noblet and Etienne 1989)。

机体的水分转化 母猪泌乳量也可通过测量仔猪体内水分的转化量来评价。这种方法是通过测量内源性水分被摄入的外源性水分的稀释程度来评价的 (MacFarlane et al. 1969)。仔猪哺乳前不通过胃肠途径给其注射已知量的氘标记的水, 哺乳前后同位素浓度的差异代表了食入乳汁后稀释的结果, 而这与母猪的泌乳量直接相关。利用此技术得出的估计值与人工饲养的仔猪实际摄入乳汁量的相关系数为 0.96 (Prawirodigdo et al. 1987)。

泌乳模式

通常把母猪的泌乳分四个阶段：初乳期、上升期、稳定期和下降期。现代化养猪场的母猪通常到达不了下降期，因为在泌乳的 28 天内就已经给仔猪断奶了。

典型的泌乳曲线如图 4.1 所示 (Toner et al. 1996)，这和其他报道的曲线相似 (Noblet and Etienne 1986; Shoenherr et al. 1989; Grun et al. 1993b)。最近有报道认为泌乳的上升期约终止于产后 14 天左右，但也有报道认为更晚 (22—28 天) (Elsley 1971; Harkins et al. 1989)。这种差异与母猪的品种、营养、群体以及评估乳产量的方法有关。

图 4.1 初产母猪哺乳不同数量仔猪的乳量模式 (摘自 Toner et al. 1996)

初乳期 初乳期是指分娩前后几天的泌乳时期。初乳和初乳期后分泌的乳汁相比，蛋白质含量高，主要是免疫球蛋白，脂肪和糖类物质少 (Dorland 1985)。在第一次哺乳之后的 0、6、12 以及 12 小时以后，每升乳汁中含的蛋白质分别是 157、130、9 和 6 克 (Klobasa et al. 1987)。因此，初乳期大约终止于首次哺乳后的 12—24 小时。

产后 12 小时内分泌的乳汁中含有大量的免疫球蛋白 (60—80 克/升) (Klobasa et al. 1987)。在此短暂期间，乳腺的分泌是连续的，之后就呈周期性 (de Passille and Rushen 1989a)。在产后的 48-72 小时，仔猪便固定 1—2 个特定的奶头吃奶 (Frasher 1976; de Passille et al. 1988; Roychoudhury et al. 1995)。在产后的 48 小时内，任何尚未被吮吸的乳腺，其中的乳汁将被体内吸收，从而变成无分泌功能的乳腺 (Atwood and Hartmann 1993)。因而，哺乳期的日泌乳量和总泌乳量与被吮吸的乳腺数量或每窝仔猪的头数成正比 ($R^2 > 0.50$) (Auldist et al. 1998)。

上升期 该期大约 0—10 天，是指泌乳量随哺乳次数和每次哺乳量的增加而增加的阶段。泌乳的第 10 天哺乳次数是第 2 天的 2 倍 (分别是 35 次/天和 17 次/天) (Jensen et al. 1991)，而从第一周到第三周，每次的泌乳量从 29 克增加到 53 克 (Campbell and Dunkin 1982)。

在上升期，母猪的泌乳量受仔猪的需求量的调控。的确，在出生第 4 天到第

8 天，体重大的仔猪（第 4 天重 4.45 千克）比体重轻的（第 4 天重 1.92 千克）需乳量更大，分别为每窝 9.1 升/天和 7.6 升/天（King et al. 1997）。众所周知，大多数仔猪在至少 10 日龄以前并不需要过多的植物饲料（Aumaitre and Salmon Legagneur 1961）。在哺乳期的头 2 周，出生时体重大的仔猪（1.39 千克）比同窝体重轻的仔猪（0.89 千克）摄入更多的母乳。而对所有仔猪而言，需乳量与其体重相关，这一点是相似的（Campbell and Dunkin 1982）。体重大的仔猪的需乳量大是因为其每次哺乳时摄入的母乳量大。在泌乳的上升期，仔猪的需乳量和母猪的泌乳量之间的动态平衡非常一致，以至于在泌乳的第 7 天以前每窝产仔数的多少（8—11 头）对仔猪体重的影响很小（Klopfenstein et al. 1999）（见表 4.1）。

稳定期 泌乳 10 天以后，泌乳量达到高峰（图 4.1）（King et al. 1997），因而仔猪的生长可能受到母乳供应不足的抑制。对于哺乳期较长和每窝产仔数较多的情况而言，这种抑制更为明显（见表 4.1）。在泌乳的第 7 到 28 天，饲喂添加牛奶和不添加牛奶所饲料的仔猪，其体重差分别为 140 克（14 天）、756 克（21 天）和 1761 克（28 天）（Reale 1987）。从 3 日龄到断奶饲喂添加牛奶饲料的仔猪，其平均日增重量增加，分别为 120 克（第 7 天）、340 克（第 14 天）、910 克（第 21 天）（Wolter et al. 2002）。据报道，21 天的哺乳期中，每个仔猪的生长会受到 2 千克以上的影响（Harrell et al. 1993）。当给仔猪提前断奶时（14—16 日龄），这种影响可能就小些，这也是养猪业新的管理程序的部分内容。

表 4.1 校正仔猪出生时的体重后，随机选择不同产仔数的仔猪群在不同日龄时仔猪体重最小平方差（28 天哺乳期内，仔猪均未死亡）

资料来源：数据来自于加拿大农业研究站对 2000 头仔猪体重测定的结果。

乳汁成分

乳汁是一种含有 100 多种化学成分的复合性水溶液。其主要成分是乳糖、蛋白质（酪蛋白、 α 乳蛋白、 β 球蛋白、血清白蛋白以及免疫球蛋白 G 和 A）、脂类、泌乳细胞、白细胞（嗜中性粒细胞是、嗜酸性细胞、淋巴细胞和巨噬细胞）、二价离子（钙离子、磷酸根离子、镁离子）和电解质（钠离子、钾离子和氯离子）。这些成分的含量随泌乳的不同阶段而变动（表 4.2）。在初乳期内蛋白质含量的迅速下降主要是因为免疫球蛋白浓度的下降造成的。

表 4.2 从哺乳期（头 1—2 天）到稳定期（第 10—15 天）母乳成分的变化

资料来源：摘自 Klopfenstein, 2003 年。

常乳中的体细胞 健康母猪乳腺分泌的体细胞数量远远大于健康奶牛乳腺分泌的体细胞数量：每毫升乳汁中有 100 万—400 万（Evans et al. 1982; Schollenberger et al. 1986; Hurley and Grieve 1988; Magnusson et al. 1991; Drendel and Wendt 1993a; Klopfenstein, 2003），而牛奶中不足 100 万（Paape et al. 1963）。分娩时乳腺分泌的体细胞数（大于 800 万个/毫升）比随后的哺乳期内分泌的体细胞数要多（Evans et al. 1982; Magnusson et al. 1991），这些细胞主要由上皮细胞和白细胞组成。不同类型细胞的数量随泌乳的不同阶段而变化。初乳期收集的乳汁大部分为白细胞（大于 98%），尔后（第 7 天、14 天、28 天）主要是上皮细胞（Evans et al. 1982; Schollenberger et al. 1986; Magnusson et al. 1991）。

炎性乳汁中的体细胞 据报道，感染的乳腺分泌的乳汁，其体细胞（1200—3500 万个）的组成与初乳期以及乳汁消退的时候相似（Drendel and Wendt 1993b），且 75% 以上是白细胞。因此，哺乳期乳汁中细胞数超过 1200 万/毫升并且白细胞比例升高是乳腺炎的征兆。然而在初乳期内我们不能单独依据细胞的组成来区分乳腺感染和乳汁生成延迟等疾病（Drendel and Wendt 1993b）。

乳腺的解剖学

外部结构 猪乳腺位于胸廓与腹股沟之间，在腹壁中线两侧平行排列。商品猪一般有 12—18 个乳腺（Labroue et al. 2001），而梅山猪则可高达 22 个乳腺（内部材料，L. Maignel, 加拿大猪种改善中心，www.ccsi.ca）。依据 Muirhead 的见解（1991），公猪和青年母猪具有 12—14 个位置正常、发育良好的乳头，才能保留下来种用。乳头的排列应尽可能保持平行，这是因为如果在脐带前后，乳头偏离直线，排列紊乱，就限制了仔猪接近乳头，吃奶受到影响。乳头排列紊乱的母猪通常腰围大，从而使乳头分散，导致母猪不能同时哺育 11 头或 12 头仔猪（Muirhead, 1991）。

乳腺由脂肪组织和结缔组织固着于腹壁。每个乳腺通常有 1 个乳头和一对相互独立的乳头导管。如果看不到乳头括约肌（翻转乳头），是瞎乳头的几率就有 50%。有时也会发现较多具有分泌功能的小乳头以及成对与乳腺不相连而发育不全且无分泌功能的附属乳头（Molenat and Thibeault, 1977; Labroue et al. 2001）。

内部结构 Barone (1978)、Schummer et al. (1981) 和 CalhounStinson (1987) 描述了猪乳腺的微观和大体结构。未开产母猪的乳腺由分布于脂肪和结缔组织中的细胞块组成，相反，在泌乳的乳腺中，其结缔组织大部分被腺体实质所代替。泌乳母猪的乳腺由排列在腺泡上的、带有分泌单位的、结构复杂的泡管腺组成。这些腺泡上排列有分泌乳汁功能的腺上皮细胞。这些分泌单位由无分泌功能的导管连接并通向乳头的开口处。母猪乳腺通常有两套完整的乳腺系统，相互交织，但每个系统组成部分相互独立。通常每个乳头有两个开口，分属于两个腺体系统，有时也常有第三个开口，但在乳头末端多不相通，也没有腺性组织。

从腋窝到腹股沟的长轴方向、腹正中线两侧，动脉、静脉和淋巴管构成一个网状结构 (Barone,1978; Sechummeret al. 1981; Lignereux et al. 1996) (图 4.2)。此外，在猪每一对乳腺之间有一个静脉吻合处。

分布于头侧的乳腺和腹股沟的乳腺，其神经分布不同。头侧乳腺受最后第 8 对或第 9 对胸廓神经支配，而腹股沟侧的乳腺主要受阴部神经支配 (Gandhi and Getty 1996a,b; Ghoshal 1975)。更详细的乳腺解剖学和组织学可参阅第八版《猪病学》(Smith et al. 1992)。

图 4.2 母猪乳腺的静脉 (摘自 Dejean 1971, Lignereux et al. 1996 修改, 允许再版)

乳腺发育

乳腺的发育很大程度上与乳腺细胞的数目有关，它对母猪的泌乳能力起决定性的作用。乳腺在胎儿期就开始生长，但主要的生长阶段是在出生后，更重要的是在妊娠的后期，在哺乳期乳腺仍在生长。

新生仔猪乳腺导管系统发育很不完善，主要由皮下的间充质形成 (Hughes and Varley 1980)。90 日龄以前，乳腺组织和乳腺 DNA (代表着乳腺细胞数) 的增生缓慢，而 90 日龄时其增长率提高了 4—6 倍 (Sorensen et al. 2002a)。小母猪直到配种后，乳腺仍然很小，它由许多导管系统和各种向外生长的芽状物组成 (Turner 1952)。

在怀孕的前 2/3 阶段，小母猪的乳腺发育较慢，大部分乳腺组织和乳腺 DNA 的增殖发生于怀孕的后 1/3 阶段 (Hacker and Hill 1972; Kensinger et al. 1982;

Sorensen et al. 2002a)。乳腺经历了从脂肪组织和基质组织向有分泌功能的腺泡小叶组织的转变过程 (Hacker and Hill 1972; Kensinger et al. 1982)。组织学变化和 DNA 浓度差异均表明青年母猪乳腺组织的快速发育是在妊娠的 75—90 天, 90 天时细胞数量达到最大 (Kensinger et al. 1982)。

乳腺的快速发育主要发生于妊娠的后 10 天以及哺乳期 (Hurley 2001)。据报道, 小母猪的平均乳腺湿重在妊娠 110 天内都相当稳定 (100 克左右), 而在妊娠第 112 天迅速增加到 373 克 (Sorensen et al. 2002a)。哺乳过的乳腺的平均重量从第 5 天 (381 克) 到第 21 天 (593 克) 呈线性增加 (57%) (Kim et al. 1999)。还有研究表明, 对 1、2、3 三头母猪, 其乳腺湿重在妊娠第 113 天和哺乳第 26 天分别增加了 70%、20%、30% (Bayer et al. 1994)。正如 DNA 分析所表明, 哺乳期乳腺体积的增加主要是乳腺细胞数目的增多而非细胞肥大所致 (Kim et al. 1999)。

影响乳腺发育的因素

激素 雌激素对于乳腺发育非常重要 (Kensinger et al. 1986)。发生到 90 日龄左右的乳腺发育速率的改变与卵巢的活性的激发有关 (Sorensen et al. 2002a)。有资料证实, 小母猪的青春期开始时乳腺发育加快, 作者甚至认为提前使小母猪进入青春期有益于乳腺发育 (Farmer et al. 2004b)。最近研究表明, 催乳素对青春期前的母猪的乳腺发育有较大影响。从 75 千克体重开始, 给小母猪注射 28 天的猪催乳素, 可刺激乳腺发育, 增加泌乳细胞数量 (Palin and Farmer 2004)。这种处理方法对将来母猪泌乳量的影响仍需进一步确证。

在妊娠期, 腺泡小叶细胞的形成与母体血液循环中雌激素和孕酮浓度升高有关 (Ash and Heap 1975), 而此时催乳素的浓度仍很低 (Dusza and Krzymowska 1981)。在妊娠 105 天以后, 孕酮浓度的下降和雌激素浓度的升高与乳腺代谢活性的迅速增加有关 (Robertson and King 1974; Knight et al. 1977; Kensinger et al. 1986)。雌激素对乳腺上皮细胞的影响机制尚不清楚, 可能是通过诱导乳腺组织中的催乳素受体而起作用的。催乳素浓度和妊娠 110 天乳腺湿重呈正相关, 这可能是催乳素促进水分进入腺体的结果 (Kensinger et al. 1986)。最近认为催乳素对妊娠母猪乳腺发育起重要作用。在妊娠的后 1/3 阶段降低催乳素的水平可明显抑

制小母猪乳腺的发育 (Farmer et al. 2000), 且其对乳腺发育产生作用的时间比较特殊, 是从妊娠的 90—109 天 (Farmer and Petitclerc 2003)。

据 Buttle (1988) 报道, 妊娠 60 天的小母猪切除卵巢, 不切除黄体, 其乳腺小叶发育时间延迟, 这说明卵巢基质和卵泡能产生一种刺激腺泡小叶发育的因子。后来 Hurley 等 (1991) 研究认为卵巢切除后使用松弛素替代治疗可恢复乳腺实质发育, 因此, 在妊娠的后 1/3 阶段松弛素对小母猪乳腺的发育起到非常重要的作用。松弛素可促进乳腺实质的生长, 抑制脂肪组织生长, 而对乳腺实质细胞没有影响。松弛素作用于乳腺发育的机理仍不清楚, 但似乎需要雌激素的诱导及与其他乳腺激素如催乳素的相互作用 (Hurley et al. 1991)。

营养 在母猪乳腺发育迅速的两个阶段 (即从 90 日龄到青春期和妊娠的后 1/3 阶段), 饲养情况可对其乳腺发育程度产生很大影响。Sorensen 等 (2002b) 认为青春期以前母猪自由采食对其乳腺最大程度的发育是必需的。同样, Lyvers-Peffer 和 Rozeboom (2001) 认为在 9—25 周龄的特定时段, 降低母猪能量的摄取可减少乳腺实质的重量, 在妊娠结束时乳腺 DNA 水平也很低。Farmer 等 (2004b) 也认为, 从 90 日龄开始到 210 日龄限制饲喂 20% 饲料, 小母猪乳腺实质重量减少了 26%, 另一方面, 只要在 90—150 日龄和 151—200 日龄每天分别摄取 2.5 千克和 3.3 千克的饲料, 而在该时期内饲喂低蛋白的日粮 (14.4—18.7% 粗蛋白) 并不阻止乳腺的发育。

妊娠最后一个月对于泌乳组织的发育至关重要。针对该期内能量和蛋白质摄入量增加对乳腺发育的影响做了各种研究, 然而结果很有争议。Weldon 等 (1991) 报道, 妊娠 75—105 天, 增加蛋白质的摄入量不利于乳腺发育。Howard 等 (1994) 发现, 增加妊娠母猪能量和脂肪的摄取量, 不影响乳腺发育。Kusina 等 (1995) 也报道, 虽然妊娠期增加蛋白质摄入量有助于乳汁的分泌, 但这并非是促进乳腺发育的结果; 另一方面, 通过改变妊娠小母猪蛋白质、能量的摄取量, 使其体内物质组成改变, 则对于体重相同的小母猪而言, 脂肪型反而比瘦肉型母猪的泌乳量要少 (7.0 和 9.0 升/天) (Head and Williams 1991)。当将两周龄的仔猪喂养成脂肪型或瘦肉型的小母猪后, 泌乳开始时瘦肉型小母猪比脂肪型小母猪的泌乳量要大, 因而表明泌乳初期分泌细胞数量的多少对母猪泌乳量影响很大 (Pluske et al. 1995a)。

回乳

断奶后的 7 天甚至 2 天，哺乳过的乳腺发生明显变化（Ford et al. 2003）。乳腺湿重从断奶当天（产后 22 天）的 485.9 克减少到断奶后 7 天的 151.5 克，乳腺 DNA 也从 838.8 毫克减少到 278.4 毫克。这些重量的改变意味着有超过 2/3 的实质组织和将近 2/3 的乳腺细胞在断奶后损失（Ford et al. 2003）。回乳很，断奶 2—3 天后即不可恢复，但也有的母猪在哺乳的早期阶段发生回乳。实际上，一旦仔猪吮吸乳头的顺序建立起来，无规律吮吸的乳腺就开始退化。回乳一般发生于产后的前 7—10 天，而且似乎受日粮营养水平的影响（Kim et al. 2001）。哺乳期未被吮吸的乳腺在断奶后的前 7 天乳腺实质细胞并不进一步减少（Ford et al. 2003）。需要强调的是，在回乳结束时，哺乳期经过仔猪吮吸的乳腺比没有被吮吸的乳腺要大。这提示随后的妊娠将会有更多的可再发育的乳腺组织，因此，下次哺乳期将有更多的乳产量（Ford et al. 2003）。另外，一挪威学者研究表明，一两次哺乳期未能活化的乳腺，在随后的哺乳期内完全可以泌乳（Gut-a Porta et al. 2004）。

在泌乳高峰期（3—4 周）突然停止泌乳会导致乳腺代谢活性和内分泌状况的巨大变化。由于乳腺上皮细胞间连接紧密状况的改变，在乳汁中葡萄糖浓度的升高以及血浆中葡萄糖和乳糖的浓度升高之后，乳汁中乳糖浓度有个短暂的下降（Atwood and Hartmann 1995）（如图 4.3）。断奶后一周腺泡开始退化（Hacker 1970），腺体组织被脂肪组织代替，当再次怀孕时，又有新腺泡系统开始发育（Delouis 1986）。乳腺缺少刺激后催乳素分泌活动停止（Benjaminsen 1981b），而促性腺激素浓度开始升高，从而启动下一个排卵周期（Stevenson et al. 1981）。最近猜测雌激素能够影响回乳的过程。然而，当仔猪在哺乳期的 21 天断奶时，在断奶后给予雌激素并不能全面加快回乳的速度（Ford et al. 2003）。

图 4.3 初乳期和哺乳期时母猪的泌乳示意图

泌乳的生理学

乳汁合成

乳腺细胞是具有合成糖、蛋白质、脂肪能力的高度特异性的细胞（Akers 2002）。1 克乳腺组织每天能合成 1.67 毫升乳汁（Akers 2002）。乳腺细胞具有丰

富的线粒体、粗面内质网（RER）和 RNA（rRNA, mRNA, tRNA），以及一个大的能合成蛋白质和乳糖的高尔基复合体（Mephram 1987）。这些功能性细胞器的数量可用来代表乳腺细胞合成乳汁成分的能力。

蛋白质 50—70 克/升的母乳中蛋白质的主要由 25—30 克/升的酪蛋白、5 克/升左右的 β 球蛋白、3 克/升左右的 α 乳蛋白和少量的其他蛋白（IgG, IgM, 血清白蛋白等）（Klobasa and Butler 1987; Dodd et al. 1994）。这些蛋白质大都由血液中的氨基酸合成，并通过高尔基复合体和乳糖、水以及电解质一起分泌到腺泡（Mephram 1983, 1987; Trottier et al. 1997）。乳腺组织能摄取氨基酸是最近才研究和报道的（Hurley et al. 2000; Jackson et al. 2000; Bryson et al. 2001）。

乳腺合成蛋白质的能力常用 RNA/DNA 的比值来评价。对母猪而言，妊娠 90 天时该比值小于 1，分娩时等于 2，哺乳期的第 4 天大于 2.5（Kensinger et al. 1982）。因而，从这些资料可以看出，从妊娠结束到分娩蛋白质合成能力增加，并至少持续到哺乳的第一天。

乳糖 乳糖是乳汁中最重要的分子，由葡萄糖分子在高尔基体内合成。高尔基体是一个允许葡萄糖分子通过而不允许乳糖分子通过的细胞器（Leong et al. 1990）。这种物理特征是乳汁中重要的渗透性成分分泌的一个基本机制（Peaker 1978）。母猪乳汁中乳糖的浓度从分娩时的 89 毫摩尔/升，到哺乳期的第 7 天升高至 175 毫摩尔/升，然后一直趋于稳定，直到第 28 天（Klobasa et al. 1987）。由此可以看出，直到哺乳期的第 7 天，乳腺细胞合成乳汁的能力是增强的，而蛋白质和乳糖的合成则不然。实际上，随着泌乳的进行，乳汁中蛋白质浓度下降而乳糖浓度升高（Klopfenstein 2003）（见表 4.2）。

脂肪 母猪乳汁中的脂类物质主要是甘油三酯（95%以上），脂链的长度因其有三个不同的来源而有所变化。这三个来源是：消化道的脂肪酸、组织脂肪的分解产物和由葡萄糖及有机酸合成的脂肪成分（Mephram 1987; Migdal 1991）。

矿物质 乳汁中含有许多矿物质（约 7 克/升）（Noblet and Etienne 1986）。常量元素（5—75 毫摩尔/升）有钠、钾、氯、钙、磷和镁（Park et al. 1994）（如表 4.2），微量元素（小于 1 毫摩尔/升）有硫、锌、溴、铜、铝、钼、锰（Park et al. 1994）。这些矿物质游离于溶液中或者与蛋白质结合。

乳汁生成

乳腺开始具有合成乳汁的独特成分如乳糖和酪蛋白和脂肪的能力称为乳汁生成。它常分为两个时期。泌乳 I 期是指乳腺合成乳汁成分的准备阶段。泌乳 II 期是指接近分娩时，乳汁开始合成和分泌（Hartmann et al. 1995）。

到妊娠 90—105 天腺泡内大量的乳汁的成分，表明泌乳过程开始（Kensinger et al. 1982），然而直到分娩才能从乳头获取少量乳汁，但到了产仔时，突然就可很容易的从乳腺挤出大量乳汁。这与产仔时大的血管重分布导致血浆渗漏有关（如图 4.3）。事实上，分娩前血容量增加了 20% 以上，以满足子宫的需求（Matte and Girard 1996）。随着分娩过程的进行，过多需要排出的血液就能很好的通过乳腺消除。妊娠末期和初乳期，乳腺上皮细胞之间连接不紧密，渗出物可从血浆渗入乳汁中，腺泡中的乳汁成分亦可渗回到血液中（如图 4.3）。虽然血浆渗出有助于满足仔猪所需的充足的初乳量，但是作用的时间可能较为短暂。

初乳期血浆中乳糖浓度较高（大于 200 毫摩尔/升）（Hartmann et al. 1984），乳汁中所有免疫球蛋白 G 均来源于血浆（Bourne and Curtis 1973）。另一方面，泌乳时血浆中乳糖浓度较低（小于 100 毫摩尔/升）（Hartmann et al. 1984），乳汁中大多数免疫球蛋白是局部合成的（Bourne and Curtis 1973）。初乳期和哺乳期血浆中乳清蛋白浓度的变化相似（Dodd et al. 1994）。

乳汁合成的启动与产仔时血浆中黄体酮下降紧密相关（Robertson and King 1974; Hartmann et al. 1984）。此外，怀孕后期给予母猪外源性的黄体酮能推迟乳汁的大量合成（Whitely et al. 1990）。因此，黄体酮浓度下降被认为是大量乳汁合成的激素信号。黄体酮浓度的下降很可能具有诱导乳腺的作用，而在初乳期黄体酮浓度的下降将激发乳腺分泌大量乳汁（Hartmann et al. 1995）。与其他动物一样，催乳素同样也是启动母猪泌乳的一个关键性激素（Tucker 1990）。抑制妊娠母猪分娩前催乳素高峰的来临，可以抑制随后的乳汁的生成（Whitacre and Threlfall 1981; Taverne et al. 1982）。

乳汁排出

在初乳期特别是在分娩时和分娩后 1 小时，初乳很容易排出。分娩过程中，仔猪产出时子宫颈扩张和母猪的努责活动已足够引起乳汁的分泌（Fraser 1984）。此外，母猪试图站立的后退挤压乳头也可使乳汁分泌（Castren et al. 1989）。初乳

的分泌频率为每 10—20 分钟一次。乳汁分泌是乳房压力升高引起的，可持续 1 分钟或更长时间。然而，当每次排出 50—100 毫升初乳后，乳腺压力就随之降低，再要排乳就比较困难（Fraser 1984）。

初乳期后，母猪的乳汁分泌呈周期性变化，每天大约有 24 个循环（Whittemore and Fraser 1974; Lewis and Hurnik 1985; Castren et al. 1993）。乳汁从腺泡和导管系统排出需要仔猪吮吸母猪乳腺而诱导母猪神经内分泌的反射活动（Fraser 1980）。这些神经系统包括传入神经和神经传出系统，它们支配催产素的释放和排乳活动（Hartmann and Holmes 1989）。仔猪吮吸乳头刺激了乳腺乳头上的神经受体，进而诱导垂体后叶释放催产素。催产素刺激腺泡腔周围的肌上皮细胞收缩，使乳汁被迫通过导管系统流向乳头（Ellendorf et al. 1982）。哺乳期间释放的催产素的量并不依赖于正在吮吸乳头的仔猪数和吮吸时间，但催产素的释放需要对乳房施加一定量的刺激来诱导（Algers et al. 1990）。另一方面，仔猪的生长率不受与催产素释放有关的乳腺内压力强度的影响（Kent et al. 2003）。乳汁排出的前 30 秒血液循环中催产素的浓度上升（Ellendorf et al. 1982）。乳汁排出的时间很短，持续仅有 10—20 秒。Whitely 等（1985）也发现仔猪吮吸乳头或给予母猪催产素，母猪血液中松弛素浓度急剧上升。作者认为，松弛素能抵消催产素的作用，同时抑制脑垂体分泌催产素。

哺乳过程中并非所有哺乳活动都能成功，要区分两种哺乳失败的情况：影响窝中个别仔猪和影响整窝仔猪的哺乳。后一种情况必须还要区分是仔猪吮吸障碍还是母猪排乳障碍（Illmann and Madlafousek 1995）。初乳期后，不管时饲养在自然条件下（Castren 1993），还是在人工控制的环境中（Fraser 1977），引起整窝仔猪哺乳失败的情况更加常见。业已证明，乳腺内压力没有升高，血浆中催产素的浓度就不会升高（Ellendorf et al. 1982）。据有关报道，哺乳期的前 10 天内，哺乳失败的比例可达 20%—40%（Fraser 1977; Jensen et al. 1991）。尽管哺乳失败不停地耗费仔猪大量的能量，但这也许正是猪哺乳功能的一部分并且在维持泌乳方面发挥重要作用（Algers 1993）。哺乳失败后血浆中催乳素浓度升高，也证实了上述观点（Rushen et al. 1993）。另一方面，外源性的应激因素也可能会导致乳汁排出障碍。例如，母猪饲养在新的环境中，哺乳障碍的比率就会升高。这种应激诱导的排乳障碍并非由于可的松或肾上腺皮质激素（ACTH）浓度升高所致，

很可能是阿片介导的催产素释放被抑制的结果 (Rushen et al. 1995)。值得指出的是, 虽然新环境增加了哺乳障碍的发病率, 但并不会使释放催产素所需要的刺激阈值升高 (Rushen et al. 1995)。

泌乳的调控

乳汁的排空 从乳腺中排出乳汁对于维持乳汁的分泌至关重要。事实上, 吮乳和乳汁的排空是哺乳期乳腺生长的主要刺激因子, 妊娠时未发育的乳腺受吮乳的刺激仍可快速生长 (Hurley 2001)。乳汁从乳腺上皮细胞分泌入腺泡腔后便在其内聚集。腔内乳汁含有一种叫作泌乳反馈抑制因子 (FIL) 的自分泌因子成分 (Peaker and Wilde 1987)。这就是所谓的反馈, 它抑制了腺泡上皮细胞的进一步泌乳。实际上乳汁在腺泡腔内的淤积是泌乳结束以及腺泡退化的主要刺激因素 (Boyd et al. 1995)。乳汁排空的同时泌乳反馈因子也被清除, 因而乳汁分泌又继续进行。乳汁在乳腺内的积聚也造成乳腺内压力增加, 从而流入乳腺组织的血液减少 (Hurley 2001)。而且, 仔猪吮吸或者按摩乳腺会导致血液中促进乳汁分泌的激素—催乳素浓度的升高 (Spinka et al. 1999)。催乳素为已知的能促进乳汁分泌的激素 (Farmer 2001)。哺乳时刺激增加, 则乳产量增加, 这也体现了乳汁排空的重要性 (Sauber et al. 1994)。因此, 在哺乳期的第 7 天和第 8 天, 哺乳频率对日产奶总量起到重要的调节作用 (Spinka et al. 1997)。仔猪的行为对母猪乳产量的调节起重要作用, 但是哺乳行为要么受乳汁排空的影响, 要么受激素释放的调控 (Ellendorf et al. 1982)。

哺乳频率 如前所述, 在哺乳期的上升阶段, 增加哺乳的频率是提高乳产量的一个主要因素。哺乳频率在分娩后约每天 17 次, 到泌乳高峰期 (第 8 天到第 10 天) 增加到 35 次, 随后趋于缓慢下降 (每天 20—30 次), 直到断奶期 (Jensen et al. 1991; Spinka et al. 1997; Puppe and Tuchscherer 2000; Farmer et al. 2001; Fisette et al. 2004; van den Brand et al. 2004)。这种在泌乳晚期哺乳频率的缓慢减少是母体供给减少的标志。

哺乳频率在哺乳期的第 10 天昼夜相似, 而在第 17 天夜间哺乳频率减少 (van den Brand et al. 2004)。母猪饲喂饲料减少, 哺乳频率趋于增加。这很容易解释, 因为母猪饲喂量减少, 其产奶量较少, 仔猪因吃不饱而有更强的哺乳欲望。另一

方面，摄入饲料较少的母猪，由于得不到更多的休息，因而易出现停止哺乳现象（van den Brand et al. 2004）。

激素调控 乳腺中的神经受体受到仔猪吮吸激活后，不但刺激了母猪垂体后叶释放催产素，而且刺激了垂体前叶释放催乳素、生长激素（GH）、促肾上腺皮质激素（ACTH）和促甲状腺激素。垂体前叶释放的激素具有维持乳腺上皮细胞合成乳汁的功能（Delouis 1986）。

生长激素对于泌乳既有直接又有间接的作用（Flint 1995）。生长激素的直接作用是调节乳汁合成中营养成分的分配。其间接作用是增加作用于乳腺上皮细胞的类胰岛素样生长因子 I（IGF-1）浓度。用免疫方法抑制血循环中生长激素释放因子，降低血液中生长激素和类胰岛素样生长因子-1 的水平，则母猪的泌乳量显著下降，但仔猪的生长率不受影响（Armstrong et al. 1994），从而得出结论，生长激素在维持母猪泌乳中的作用是辅助性的而非必需。

催乳素对泌乳的诱导作用到目前才搞清楚。起初认为催乳素在分娩前可能很重要（Smith and Wagner 1980），而对于后期乳汁的合成并不是必需的（Benjaminsen 1981a; Bevers et al. 1983; Mattioli and Seren 1985）。但是最近报道在哺乳期的不同阶段，抑制催乳素分泌活动可使仔猪增重受到抑制（Farmer et al. 1997）。这些结果表明，催乳素对于泌乳的诱导和维持都很重要，这与 Plaut 等（1989）报道的结果相一致。他们认为催乳素受体与位点结合对于乳汁的生成意义重大。

甲状腺素对于维持各种代谢活动也是必须的。例如，乳腺中氧消耗和蛋白质合成，而这与母猪的泌乳量紧密相关（Trucker 1985）。促甲状腺素释放因子（TRF）不但刺激甲状腺素而且刺激催乳素的释放（Dubreuil et al. 1990），从而可能会控制乳汁的生成。

其他有关问题

妊娠和哺乳是母猪行为和体内物质动态变化的两个复杂生理过程。这些动态变化与能量、水和矿物质代谢改变相关，在分娩前后尤其重要。所有需要运用于妊娠和哺乳的不同特征性的动态平衡，可用希腊语 Homeorhesis 来表示（Bauman and Currie 1980）。尽管从妊娠期到哺乳期的变化对母猪身体的几乎所有系统都有

影响，但本章仅讲述与泌乳的诱导和维持相关的内容。

母猪行为

自然条件下饲养的母猪，从妊娠结束到泌乳开始可观察到四种行为的改变：

1. 产前 24 小时左右，母猪活动非常多，离开其所在群体，准备构建一个新窝。
2. 分娩的当天和之后几天，母猪大部分时间在产房内或附近的几米处休息，哺乳仔猪，仅在饮水或排尿时才离开。
3. 在接下来的 3—10 天，母猪在时间和空间上扩大其活动范围，而小猪仍留在窝中。
4. 第 10 天以后，母猪带着小猪离开窝，加入到群体活动。

母猪在产仔箱内有相似的行为（Meunier Salaun et al. 1991; Cronin et al. 1994,1996; Klopfenstein 2003）（见图 4.4）。分娩前一天，母猪活动量、站立的时间和饮水量比随后几天明显增加（见图 4.4）。分娩后，母猪 59%在生产箱内侧卧着昏睡，仅在吃食时站起。产后的第 3 天，母猪逐渐减少侧卧着睡觉的时间，到第 21 天，睡觉的时间已不到一半。

哺乳期母猪的行为不断发生变化，很可能与泌乳量有关。分娩后的头几天，当泌乳量大于仔猪的需求量时，大部分（大于 85%）哺乳行为由母猪诱发，由仔猪主动终止。泌乳 4 周后，乳汁供应已不能满足仔猪的需求，大部分哺乳行为由仔猪诱发，由母猪终止（Jensen 1988; Jensen et al. 1991）。泌乳中期的行为方式仍不清楚。Boe（1991）认为分娩第 10 天，仍有 80%哺乳活动由母猪发起，但是 Jensen 等（1991）认为这个几率仅有 55%。母猪采用远离仔猪或滚动身体和掩盖乳腺以不让仔猪接近的方法来终止哺乳行为（de Passille and Rushen 1989a）。

能量代谢

每个母猪哺乳开始排出的热量几乎是妊娠结束时的两倍（分别为每天 35 和 18 兆焦耳）（Noblet and Close 1980; Noblet and Etienne 1987）。这种产热的增加是为了维持泌乳的需要，其代谢活性增强造成的。这种额外的产热影响到直肠温度和哺乳期对热应激的管理。

直肠温度 健康妊娠母猪的正常直肠温度为 38.3—38.5℃之间（King et al. 1972; Elmore et al. 1979; Messias de Braganca et al. 1997; Klopfenstein et al. 1997; Klopfenstein 2003），不同报道间有微小的差异。产后和哺乳期在分娩箱内母猪的

直肠温度升高 1℃ (King et al. 1972; Elmore et al. 1979)。据报道, 健康哺乳的母猪很难维持恒定的直肠温度, 其最低为 38.4℃ (Cornette 1950; Ringarp 1960), 而最高可达 40.5℃ (Messias de Braganca et al. 1997)。这种大的变动可能是由于体内产热增加和产房内较高的环境温度导致的热应激造成的。因此, 哺乳的母猪为了维持体温, 其泌乳能力会受到饲料摄取、畜舍温度、饲养类型的影响。限制饲喂的母猪比自由采食的母猪直肠温度低 (Moser et al. 1987; Persson et al. 1989; Messias de Braganca et al. 1997)。同样地, 添加饲喂生长激素, 改变母猪代谢, 可将母猪的直肠温度从 39.1℃ 提高到 39.8℃ (Toner et al. 1996)。

最近研究推测, 初产哺乳母猪的直肠温度比经产母猪高 (分别为 39.6℃ 和 39.3℃) (Klopfenstein 2003)。这种哺乳期母猪直肠温度的升高是生理性的高热, 不要和发热相混淆。这些资料表明, 饲养在密闭猪舍内母猪容易遭受高温的侵害。因为它们自由饲喂高能量的饲料, 为给仔猪保暖其环境温度也很暖和, 母猪没有机会接触凉地面来散失多余的热量。

热应激 由于身体较大, 代谢率高 (Lynch 1977), 缺乏有功能的汗腺、热量蒸发受阻, 哺乳母猪对热应激尤其敏感 (Marzulli and Callahan 1957)。在哺乳期, 母猪经常处于比最高临界温度高的环境温度下 (最适环境温度范围为 20—25℃), 使得其自愿采食减少 (Messias de Braganca et al. 1997; Quiniou and Noblet 1999)、体重损失增加、乳产量减少从而降低仔猪生长率 (Messias de Braganca et al. 1997; Prunier et al. 1999)、推迟断奶后母猪的再次发情期 (参见 Prunier 等的综述, 1996)。而且母猪的死亡率 (以及仔猪的死亡) 也与环境温度高有关 (D'Allaire et al. 1996), 主要是导致其心血管系统的衰竭。

发热还是高热? 发热是指体温调节中枢的调定点升高导致的中枢温度升高 (Robinson 1997), 通常是机体对感染或者致热原作用的反应 (如内毒素、白介素等) (Robinson 1997)。而高热通常指身体中热量的产生超过了热量的排出能力导致的体温升高 (Robinson 1997)。

在哺乳期要了解母猪分娩后正常的直肠温度很困难。一些作者认为, 健康哺乳母猪的直肠温度是 39.5℃ (参见直肠温度部分), 而另一些人则认为大于或等于 39.3℃ 是发病 (参见 “母猪直肠温度与产后无乳综合征” 部分)。

营养供给

乳腺组织合成乳汁的营养来源于饲料和身体的储存。哺乳期母猪乳腺对吸收的营养的需求是主要的，实际上它也决定着机体对饲料养分的需求（Boyd et al. 1995）。有研究表明，在哺乳期 65%—70% 的总能量需求用于合成乳汁（Aherne and Williams 1992）。在乳腺摄取的血浆代谢物中，葡萄糖约占 61%，氨基酸占 24%，甘油三酯脂肪酸占（TGFA）占 12%，醋酸盐占 1%（Spincer et al. 1969）。乳腺摄入的葡萄糖约有 53% 转化为乳糖，34% 被氧化，其他 13% 用于合成甘油三酯、乳脂肪酸以及氨基酸（Linzell et al. 1969）。值得一提的是，在醋酸盐和葡萄糖同时存在的条件下，乳腺组织优先利用醋酸盐来合成脂肪酸（Bauman et al. 1970）。因此可以想象，提高饲料中甘油三酯脂肪酸的水平，将有更多的葡萄糖被乳腺组织代谢（Boyd et al. 1995）。

哺乳母猪的乳腺组织非常活跃，这与氨基酸的转化和代谢相关。Boyd 等（1995）以乳腺相对摄取量为基础给氨基酸分级。分级的顺序几乎等同于乳腺摄取该氨基酸的量和乳汁成分中该氨基酸含量。也有报道指出，乳腺摄取支链氨基酸（缬氨酸、亮氨酸）和精氨酸的量比乳汁氨基酸的形式中建议要大（Boyd et al. 1995; Trottier et al. 1997）。乳汁产量密切依赖于能量，乳汁合成用的氨基酸依赖于饲料提供的能量多少（Tokach et al. 1992），因而要强调葡萄糖来源和正确的营养平衡在母猪饲养管理中的重要性。

母猪乳汁中含有大量的钙、磷和镁，这些二价离子来源于消化道转运和骨的储存。据认为，这些二价离子直接消化的生物利用率较低（3—5%）（美国研究委员会，1998）。小肠和肾脏对这些矿物质的吸收受激素系统（甲状旁腺素、Calcitriol、降钙素）调控，而从消化道吸收的具有活性的矿物质需要合成其转运蛋白（Greco and Stabenfeldt 1997）。分娩后，可利用的二价离子可能会影响泌乳的启动。这个问题在奶牛已经证实（Goff 2000），而在母猪尚有异议。

水的供给

从妊娠结束到哺乳开始母猪的饮水模式如图 4.4 所示。每小时的饮水量妊娠结束时约为 1 升/小时，到分娩前增加至 2.6 升/小时（Klopfenstein 2003）。一些母猪在产后头 24 小时饮水很少（小于 10 升/天），之后在整个哺乳期，逐渐增加到 20—35 升/天。临近分娩前的饮水增加是筑窝行为的表现，但也是身体需水量

增大的结果。实际上，分娩前几个小时，由于母猪生殖系统对分娩过程的需要，导致水的需求量迅速增大（Dobson 1988）。

仔猪的生长、死亡率、免疫和行为

新生仔猪完全依靠母猪的初乳和乳汁作为生长所需蛋白质的来源、维持体温的能量、抵抗疾病的免疫球蛋白。母猪初乳和乳汁能供给仔猪需要的最好的营养。猪乳蛋白的生化值很接近 1（Williams 1995），母乳中氨基酸与非脂肪组织中的氨基酸非常相似（King et al. 1993a）。

仔猪生长

从出生到断奶，大窝仔猪往往比小窝仔猪轻（Dyck and Swierstra 1987; Van der Lende and de Jager 1991; Le Dividich et al. 2004）。这种差异是由于大窝仔猪出生体重轻或每头仔猪母乳供应少造成的。据报道，每多产一头仔猪，该窝仔猪的平均体重减少约 30—40 克（Van der Lende and de Jager 1991; Le Dividich et al. 2004）。尽管仔猪的平均重量可因窝仔数多而减少，但选择十年以上繁殖力强的母猪并不影响仔猪的平均重量（Tribout et al. 2003），因为它也能增加同窝仔猪所期待的体重。有研究表明，在 1977 年到 1988 年之间，尽管窝仔数从 10.2 头增加到 11.2 头，但大白猪的平均出生体重并未改变（1.45 千克）。有趣的是，在此期间，平均为 10.7 头的这一窝仔猪的平均出生体重从 1.3 千克增加到 1.46 千克（Tribout et al. 2003）。

生长率通常用平均日增重来测定，它与仔猪出生重量有关（Tyler et al. 1990; Castren et al. 1991; Le Dividich et al. 2004）。出生重为 1.3 千克的新生仔猪的最大日增重都要小于出生重为 2.3 千克的仔猪。因此，在比较日增重时必须考虑出生重。当用数学方法把仔猪出生重校正为标准的 1.4 千克时，窝仔数的影响从出生第 3 天开始出现，第 7 天较小，以后随着哺乳的进行增大（如表 4.1）。这些数据表明，当母猪到达最大泌乳量时（出生后 10—15 天），其泌乳量将成为仔猪生长的限制因素。

仔猪死亡率

尽管养猪生产越来越先进，从出生到断奶这段时期内仔猪的损失一直是养猪业的难题。断奶前仔猪死亡率常高于 10%，并且大部分集中在产后第 1 周（English and Morrison 1984; Dyck and Swierstra 1987; de Passille and Rushen 1989b; Le

Cozler et al. 2004)。这些死亡可以归结于整窝仔猪和单个仔猪的生病或母猪泌乳不足。

每窝产仔数与死亡率呈二次方程关系。产仔数最多的窝中，其仔猪死亡率常常较高（Guthrie et al. 1987; Fahmy and Bernard 1971; Dyck and Swierstra 1987），主要与母猪有分泌功能的乳腺数目不够和母乳供应不足有关（Chertkov 1986; Bilkci et al. 1994）。

仔猪死亡主要原因（大于 75%）是消瘦和被母猪压伤（English and Morrison 1984; Fraser 1990; Le Cozler et al. 2004）。因消瘦而导致的死亡常出现在产后第 4—5 天，产后的头几天的营养不良是仔猪消瘦的直接因素，而被母猪压伤的仔猪则增重缓慢（Dyck and Swierstra 1987）。仔猪死亡率窝间各不相同，大多数死亡发生于产后头几天发育不良的个别窝中（参见“有问题的窝”）（Pettigrew et al. 1986; Dyck and Swierstra 1987; Thompson and Fraser 1988; de Passille and Rushen 1989a,b; Fraser and Phillips 1989; Klopfenstein et al. 1995,1997; Klopfenstein 2003）。这些有问题的窝被认为是由于哺乳期开始时乳腺分泌功能不足所致。

仔猪的免疫保护

新生仔猪依赖初乳获得被动免疫（Bourne 1976），因为母猪母源抗体很少或不能通过胎盘传递给仔猪（Rapacz and Hasler Rapacz 1982）。从初乳中吸收的免疫球蛋白可以使小肠对此种大分子蛋白质进出通道关闭，表明这种吸收仅发生于出生后开始饲喂的时段。人工饲养的仔猪，前 6 小时先饲喂 25 毫升初乳，接下来每小时一次饲喂牛乳，其出生后 24 小时的血浆免疫球蛋白浓度接近于自然喂养的仔猪（Klobasa et al. 1991）。增加每小时内饲喂初乳的次数，从 6 次增加到 12 次、18 次或 24 次，仔猪血浆中免疫球蛋白浓度并没有增加。另一方面，让仔猪在吃初乳前 24 小时禁食，然后饲喂初乳 12 小时和 18 小时后也不能降低其血浆免疫球蛋白浓度（Klobasa et al. 1991）。因此，仔猪肠道对免疫球蛋白通道的关闭取决于吃到初乳的量，而非饲喂的时间。饲喂初乳 6 次可使仔猪获得充分的免疫保护。

从母猪获得的被动免疫对仔猪的抗病保护作用非常重要。摄取 IgG 的量受仔猪的出生顺序影响，因为从开始分娩到最后一个仔猪出生，初乳的成分迅速改变（Klobasa et al. 2004; Le Dividich et al. 2004）。据报道，死于断奶前的仔猪，其出

生后血浆免疫球蛋白浓度较低 (Hendrix et al. 1978; Tyler et al. 1990)。然而, 如果把出生体重作为变量, 这种相互关系就不存在 (Tyler et al. 1990)。虽然最后出生的仔猪获得的免疫球蛋白比第一个出生的仔猪少, 但它们死亡的几率并不因此而升高 (Le Dividich et al. 2004)。令人惊奇的是, 大多数仔猪的死亡是由营养不良造成的而非疾病的缘。

仔猪的行为

在哺乳期间仔猪哺乳行为发生变化。初乳期新生仔猪用“乳头抽样”的方式在乳头间移动 (Hartsock and Graves 1976), 使它们获得了“自助餐”式的初乳 (de Passille and Rushen 1989a; Fraser and Rushen 1992)。仔猪吮吸乳头虽在哺乳期很常见, 但在初乳期少见 (Castren et al. 1989)。出生到第一次哺乳的间隔并不随胎次不同而发生很大变化 (Rohde Parfet and Gonyou 1988)。

初乳期以后, 仔猪的哺乳行为呈周期性变化, 可划分成四个阶段 (Fraser 1980):

1. 仔猪用力按摩乳腺促使催产素释放。这个阶段仔猪互相争斗, 非常嘈杂。按摩 1—3 分钟后, 这个按摩也是哺乳动物中时间最长的, 母猪开始增加哼哼声的频率, 这与释放催产素时间相吻合 (Algers et al. 1990)。
2. 仔猪听到这个信号后, 开始变得安静, 口中含着乳头等待乳汁分泌。
3. 一旦乳汁排出开始, 仔猪用最快的咀嚼运动吮吸乳汁。
4. 乳汁排出仅持续 10—20 秒, 尔后仔猪继续短时间按摩乳腺。

乳汁排出的前后, 仔猪按摩乳头得不到乳汁。因此, 即使总是看到仔猪在吮吸乳头, 但乳汁排出的时间也是很短的, 每天不到 10 分钟 (每次分泌 10—20 秒, 每天 17—30 次)。母猪减少哼哼的声音、仔猪很快把嘴移开和乳腺内部压力无变化提示母猪已停止排乳。这是由于母猪受到应激的影响, 在仔猪按摩其乳头期间没有催乳素的释放而造成的 (Ellendorf et al. 1982)。

出生后 8 小时内, 每个新生仔猪平均都吮吸 7 个不同乳头, 常招致互相争斗 (de Passille and Rushen 1989a)。乳头争夺的频率不受窝中产仔数的影响, 吮吸多个乳头的仔猪, 常卷入更多的争斗之中。不论乳头位置如何, 争斗开始时口中含有乳头的仔猪往往取胜的把握较大 (de Passille and Rushen 1989a)。产后 48—72 小时, 仔猪确定乳头分配顺序。这时, 每个仔猪都只从一个或两个固定的乳

头吮乳 (Roychoudhury et al. 1995)。仔猪往往喜欢前部乳头 (Vales et al. 1992)，这可能主要是前部乳头比腹股沟乳头更容易接收到刺激 (Fraser 1976)，而这与前后乳头神经分布有关 (参见“解剖学”一节内容)。前后乳头在解剖学上、生理学上的不同导致乳产量的差异。实际上，也有吮吸前部乳头比吮吸后部乳头的仔猪体重要大的报道 (Kornblum et al. 1993; Hoy et al. 1995)。

泌乳量的控制

当到了最大泌乳能力 (分娩后 7—15 天)，乳汁的分泌量已不能满足仔猪的需求。这通常被称为生理性的极限，它迟早会影响哺乳期内的所有仔猪。已研究出很多管理策略来克服这个生理性的极限，本节将予以讨论。

饲养策略

泌乳需要提供大量的营养物质，这些物质有两个来源：哺乳期的日粮和母猪体能的储存。营养吸收的相对重要性随着泌乳过程的进行而发生变化。机体营养的储存在泌乳早期比后期更能提供充足的能量来弥补营养摄取的不足 (Pettigrew 1995)。因而哺乳期间限制采食对产后第 1 周仔猪的生长没有影响，但到泌乳的第 4 周可明显降低仔猪的增重。体重减少的程度取决于分娩时机体营养的储存；体能储存少的小母猪最容易受到影响 (Mullan and Williams 1989)。对 25000 头泌乳母猪进行的调查表明，随泌乳时间的推移，哺乳母猪采食量对仔猪体重的影响越来越大。

哺乳母猪摄入的蛋白质或氨基酸对整个哺乳期的乳产量非常关键，因为此时需要大量的营养。赖氨酸是泌乳母猪必须的氨基酸，已证实仔猪每天增重 1 千克需要饲料中含有赖氨酸 26 克 (Sohn and Maxwell 1999)。关于哺乳母猪的氮平衡，Dourmad 等 (1988) 证实，为达到零蛋白平衡，普通泌乳量和高泌乳量的母猪每天分别需要粗品赖氨酸 45 和 55 克。在支链氨基酸中，缬氨酸和异亮氨酸都能提高母猪的乳产量，因为仔猪的增重提高，而亮氨酸则不能 (Kerr 1997, Sohn et al. 引用, 1999)。这些氨基酸可被代谢成琥珀酰辅酶 A，因而可作为潜在性能源储存为乳腺所利用 (Sohn and Maxwell 1999)。事实上，McNamara and Pettigrew (2002) 研究表明，母猪能够动员肌肉中的氨基酸以满足乳腺生长和泌乳的需要，能量摄入的增加可部分减缓泌乳所需蛋白质摄入量的减少。

根据有关确定泌乳量和日粮中能量水平之间关系的研究报告，Williams

(1995)指出每头哺乳仔猪每天多增重1克,那么每天要消耗母猪1兆焦耳的代谢能。最近的研究中,使用胃管给母猪进食,以避免正常限制采食的不足。Matzat等(1990)指出,母猪泌乳量和能量摄取存在线性相关关系;相反,Pluske等(1995b)认为青年母猪的泌乳量是有极限的,超过75兆焦耳的代谢能并不改变仔猪生长的速度。显然,小母猪和成年母猪在泌乳过程中,其能量分配是不同的,这种分配很可能受到激素的调控。增加头胎母猪蛋白质的饲喂量,其泌乳性能受限的情况也出现了(King et al. 1993b)。

当试图提高泌乳量时,必须注意的是,随着母猪泌乳能力的增强,其用于乳汁合成的营养需求也相应提高。因此,在任何情况下,都要确保泌乳母猪最大的采食量及妊娠母猪的瘦肉型体态,以充分发挥母猪的泌乳能力。为提高母猪的采食,人们应用了多种不同的饲养管理系统。尽管通过湿拌料法可使母猪采食量增加8%,但对哺乳18天仔猪平均日增重并无影响(Genest and D'Allaire 1995)。同样,怀孕期通过饲喂膨化饲料,使哺乳期母猪的摄食量平均提高到8%,也不能增加仔猪的平均体重(Farmer et al. 1996)。哺乳期,每天的饲喂次数由2次增加到3次(Genest and D'Allaire 1995)或者是从2次增加到4次(Farmer et al. 1996),并不影响母猪的采食量。有研究在母猪日粮中添加脂肪类物质以增加母猪哺乳期间能量和能量的摄取,然而这并不能降低母猪体内能量的负平衡,但当给母猪饲喂高水平饲料时,这种情况在较肥的仔猪中容易发生(van den Brand et al. 2000)。

哺乳间隔

据报道,在每次喂奶后,乳腺中乳汁再度充满的时间在35分钟以内(Spinka et al. 1997),乳腺排空的频率对调节乳汁分泌和乳腺的发育非常重要(Auldist et al. 2000)。近来,一些学者通过交叉哺乳也就是用其他窝的仔猪进行哺乳的方式来增加哺乳频率,这没有被用于商业化生产中。众所周知,同一产房中的仔猪同步哺乳(Wechsler and Brodmann 1996),这可能是受到其他仔猪哺乳的声音刺激造成的。因此,进行了这样的试验,将典型的母猪哺乳时的声音录制下来,在哺乳期间重放给母猪和仔猪听,以试图增加哺乳频率。结果证实的确可以刺激仔猪的哺乳(Stone et al. 1974),然而不同试验间对仔猪生长的影响结果变化很大。当把母猪哺乳时的声音每隔35—42分钟重放一次,哺乳次数增加0—8%(Cronin et

al. 2001; Fisette et al. 2004)。另外，每隔 35 分钟重放一次，到哺乳期结束时可增加乳腺实质细胞数量 (Farmer et al. 2004a)。当前的研究表明，在整个哺乳期，实施这套管理方案是不适合的，需要做进一步研究。比如，放录音的理想时间、最佳时间间隔以及是否受习惯的影响。很显然，要使泌乳量最大，必须在增加哺乳频率、减少仔猪在产房中哺乳时的争斗方面下功夫。

外源性激素

内分泌对母猪乳产量调控的重要性提示外源性激素可用来刺激乳汁的生成。因此，就确定各种肽类激素对母猪乳产量和仔猪生长的可能影响方面做了大量研究。由于猪血液中生长激素的浓度提高能促进营养物质被乳汁合成利用，因而生长激素或生长激素释放因子倍受关注 (Farmer 1995)。早期的研究发现，乳汁分泌量增加 (15—22%) 可提高仔猪生长速率 (Harkins et al. 1989)。但后来进一步的试验无法重复前者的结果 (Smith et al. 1991)。而且，Michelchen and Ende (1991) 的研究阐明，生长激素对产仔较多的母猪泌乳量影响并不大 (每窝 13 头与每窝 8 头相比)。生长激素对于乳汁成分的影响也出现了相互矛盾的结论。在哺乳期使用生长激素的所有研究中，均发现母猪采食量减少、体重增加和背膘厚度减少。

采食减少有可能限制了生长激素对泌乳反应，为维持泌乳量，导致动用体能储存量增加。饲料中添加 8% 的脂肪，并不能阻止使用生长激素而引起母猪背膘的减少 (Cromvell et al. 1992)。外源性生长激素可能对母猪的健康构成危害 (Smith et al. 1991; Cromvell et al. 1992)，因为有发生出血性胃溃疡 (Smith et al. 1991) 或哺乳期间的热应激死亡的报道。成年母猪比生长猪对外源性生长激素更为敏感，生长激素对哺乳母猪的不良反应存在剂量依赖效应 (Smith et al. 1991)。很显然生长激素对调节乳汁分泌确实起一定作用，但其作用是必须的还是辅助性的还需进一步研究。

生长激素的分泌受生长激素释放因子 (Guillemin et al. 1982) 和生长激素抑制因子 (Brazeau et al. 1973) 的双重调节。抗生长激素抑制因子主动免疫法常被用于提高母猪生长激素浓度，但这种疗法因效果变异较大而不可靠 (Farmer et al. 1990, 1991)。另一方面，使用生长激素释放因子来提高生长激素的浓度，效果较为稳定，但母猪对缓慢注射生长激素的反应性很高 (Dubreuil et al. 1987)。使用大剂量的生长激素释放因子 (每次 12 毫克，每天 3 次) 对母猪泌乳量、乳汁成

分和仔猪生长性能没有影响，但在哺乳的第 4 周可降低母猪的体重、背膘厚度和摄食量 (Farmer et al. 1992)，而且血中尿素也减少。这意味着注射生长激素释放因子，母猪尽管采食量有所下降，但能更有效的利用蛋白质，以维持泌乳以及仔猪的生长发育的需要。当给予生长激素释放因子并加以合适的饲养管理方案改善哺乳母猪的采食 (Farmer et al. 1996)，仔猪体重仅仅有增加趋势。这种增加幅度并没有所期望的那么高，大部分见于泌乳早期。因此，为了使生长激素释放因子对泌乳量和仔猪增重发挥最大作用，必须采用能够增加母猪采食量的管理体系。

每头母猪每天肌肉注射 50—100 毫克促甲状腺释放因子可增加仔猪的平均日增重 (Wung et al. 1977)，但是哺乳期按每千克体重皮下注射 9 微克，每天 2 次，则对仔猪增重并无影响 (Dubreuil et al. 1990)。由于促甲状腺释放因子体积小，易被肠道完整的吸收。当每天在母猪的日粮中添加 200 毫克促甲状腺释放因子，哺乳的第 20 天和 27 天仔猪的体重分别增加 0.7 千克和 1.1 千克，但断奶到发情间期的时间从 4.8 天延长到 36.9 天，使得这种处理方法完全不适合养猪生产 (Cabell and Esbenshade 1990)。

据报道，自然发生泌乳失败的母猪，其催乳素分泌水平非常低 (Whitacre and Threlfall 1981)。这解释了为什么在泌乳当天注射一针催乳素后，青年母猪（而非经常母猪）所产仔猪体重增加了 8% (Dusza et al. 1991)。为了证明从妊娠 107 天到哺乳期间，缓慢注射催乳素对母猪泌乳量的影响，已经进行了两项研究 (Crenshaw et al. 1989; King et al. 1996)。结果都认为不能提高母猪的泌乳量，推测在仔猪未吮吸乳腺之前注射催乳素，可能会导致乳腺分泌单位的早熟 (Boyd et al. 1995)。后来研究发现，从哺乳的第 2 天到第 23 天给母猪注射催乳素，对母猪的泌乳量和仔猪的生长发育仍然没有影响 (Farmer et al. 1999)。这些研究结果提示，实际上，在哺乳期所有的催乳素受体都已饱和，因而进一步提高催乳素的浓度也无济于事。因此，有必要对如何控制哺乳期间母猪体内催乳素受体的数量和亲和力进行研究。

产后泌乳障碍综合征

一些母猪的初乳和乳汁产量不足发生于产后，一般持续到第一个仔猪出生后 72 小时。纵观历史材料，产后泌乳障碍被认为由叫作乳腺炎—子宫炎和无乳综合征 (MMA) 的病理性因素造成的。如本章第一节所讨论，乳产量低有三个重

要的病理因素：

1. 乳腺发育不良
2. 乳汁合成不足
3. 适应泌乳的其他相关物质不足

因此，产后母猪泌乳问题更习惯被称为产后泌乳障碍综合征（PPDS），以前多被称为乳腺炎—子宫炎和无乳综合征。实际上，后者会给人造成一些误解，认为这三个症状在同一病例中会同时发生，但事实并非如此。

产后泌乳障碍综合征的临床表现

母猪泌乳不足问题的主要临床表现是仔猪生长缓慢和死亡率升高。本章中所指产后的头几天出现高死亡率和低生长率的仔猪称为有问题的仔猪群。这在现代养猪业中屡见不鲜，农场主常向兽医咨询如何减少这类问题的发生。遗憾的是，只有当仔猪出现发育迟缓和高死亡率时，上述问题才能被确诊。因为根据仔猪出生后的特性很难预测其今后的发育状况。密切观察仔猪的行为变化是早期诊断的较好方法之一（Whittemore and Fraser 1974）。比如，仔猪长时间争斗、体重减轻以及非哺乳时紧挨母猪等（Algers and de Passille 1991）。

早期诊断母猪产后泌乳问题非常困难，因为此时大部分母猪不表现任何明显的临床症状（Klopfenstein 2003）。在分娩结束到产后 132 小时之间，母猪在哺乳生长率低的仔猪（每天增重小于等于 77 克/千克体重，也叫有问题的猪群）和生长率正常（每天增重大于 77 克/千克体重）的仔猪时，其行为的短暂变化（如图 4.4）和体况均相似（Klopfenstein 2003）。以前的研究表明，哺乳有问题的仔猪和哺乳正常仔猪的母猪的最大差异与其乳汁成分相关（见表 4.3）。哺乳有问题的仔猪的母猪饮水少（每小时减少 0.36 升）、皮温低（减少 0.64℃）（如图 4.4）以及在哺乳期的第 36 小时和第 60 小时血浆磷酸盐（升高 0.10 毫摩尔/升）和钙（升高 0.05 毫摩尔/升）浓度较高。产前 96 小时和产后的 12 小时、36 小时、60 小时，哺乳有问题仔猪的母猪的直肠温度没有变化，但产后 132 小时稍有升高（从 39.4 升高到 39.6℃）。后来的研究证实，哺乳有问题仔猪的母猪与哺乳正常仔猪的母猪相比，奶产量的确不同，但在产后的前期阶段，饲养人员很难鉴别出来。而且，随后的研究发现，29 头哺乳有问题仔猪的母猪中仅有 2 头发病。在很多猪群中都有这样的现象，很少一部分患有产后泌乳障碍综合征的母猪发病，大部

分都看起来正常。

表 4.3 分娩和产后 132 小时哺乳生长率低和生长率正常的母猪的乳汁成分的短暂变化
来源：摘自 Klopfenstein 2003

产后泌乳障碍综合征的流行

尽管产后泌乳障碍综合征在许多猪群中都可观察到,但由于用来判断母猪感染该病的标准的具有主观性,因而对产后泌乳问题的流行尚有很多疑问。事实上,最通常用的判定标准是根据其直肠温度。以此法区分母猪的患病和正常对弄清产后泌乳障碍综合征的发病机制又添加了一些疑问。

母猪直肠温度变化和产后泌乳障碍综合征

由于一些历史性的原因,人们普遍一致认为产后直肠温度高于 39.3℃或 39.5℃就感染上了产后泌乳障碍综合征 (Hermansson et al. 1978b; Goransson 1989b; Persson et al. 1989; Madec and Leon 1992; Hoy 2004)。然而,根据以往报道,上述提法受到严肃的质疑,因为所给出的这个温度阈值等于甚至小于哺乳期母猪的直肠温度 (见“发热还是高温?”部分的内容)。

以直肠温度作为划分母猪患病还是健康出现了一些相互矛盾的结论。因直肠温度高 (大于 39.5℃) 而被认为患有严重早期泌乳障碍综合征的母猪与未感染的母猪相比,其所产仔猪生长速度较快,死亡率较低 (Furniss 1987; Persson et al. 1989)。然而消这种划分方法的建议也不能消除一些不平等的因素,因为初产母猪的直肠温度比经产母猪约高 0.3℃ (Klopfenstein 2003)。据报道,有 43% 的初产母猪和 29% 的经常母猪的直肠温度高于 39.3℃,被认为是感染上了产后泌乳障碍综合征。许多研究者普遍使用直肠温度作为判定是否患有泌乳障碍综合征而不考虑仔猪的生长率和断奶前的死亡率。由于很难估计患病母猪是否存在泌乳问题,很多公开发表的有关产后泌乳障碍综合征的文章都未提及仔猪的生长和死亡率情况,因此本章也未涉及。

产后泌乳障碍综合征发生的传染性因素

有临床症状的母猪

一些产后泌乳障碍问题 (72 小时以内) 某种程度上与全身或局部感染的炎症过程有关。局部组织的感染通常有可测的临床症状如疼痛、发热、发红和肿胀

(Cotran et al. 1999)。局部感染最终可影响全身。产后母猪患病的主要临床症状是发热（大于 40℃）、精神差、厌食，最终导致便秘。产后和哺乳期容易感染的疾病主要是泌尿道感染、子宫内膜炎和乳腺炎。而且，严重的泌乳障碍问题与猪呼吸和繁殖障碍综合征（PPRS）有关（见第 24 章）。产后患病的母猪和正常母猪，其生殖系统的大体和镜下病理学观察表明，子宫内膜炎较少，而带有肾脏感染的泌乳障碍问题较为常见（Berner 1984, 1988）。

产后患病母猪在哺乳期血循环中的急性期蛋白质（结合珠蛋白和糖蛋白）和皮质醇浓度升高（Mirko and Bilkei 2004）。结合珠蛋白的浓度在哺乳期的第 1、5、10 天升高，第 15、20 天正常；糖蛋白浓度在第 1、5 天正常，第 10、15、20 天升高；整个哺乳期内，血浆皮质醇的浓度都升高。以前的研究表明，患病母猪所产的仔猪体质较差（22%死亡率），这的确与患病母猪乳汁不足有关。

乳腺炎

乳腺炎是泌乳母猪常见的疾病（Ringarp 1960; Middleton-Williams et al. 1977; Hermansson et al. 1978b; Halgaard 1983）。患病乳腺发热、水肿，表面有小脓肿（Jones 1971）。发病乳腺增多时母猪常厌食，直肠温度升高（大于 40℃）（Middleton-Williams et al. 1977; Halgaard 1983）。引起乳腺炎的细菌主要是大肠杆菌属（*Escherichia coli*, *Klebsiella* sp, *Enterobacter* and *Citrobacter*）、葡萄球菌属和链球菌属的细菌（Armstrong et al. 1968; Ross et al. 1981; Persson et al. 1996）。

急性和严重的乳腺炎，出现坏死和化脓性炎症（Middleton-Williams et al. 1977），乳汁合成也发生变化，当很多乳腺被感染时，仔猪生长也相应减缓。有研究发现，被淘汰母猪的乳腺在感染开始时的化脓可转化成永久性的肉芽肿。德国在一项对 1000 头淘汰母猪的调查中，发现 23% 的乳腺有肉芽肿性病变（Bollwahn and Meermeier 1989）。在瑞典的另外一项调查中发现，不同养殖场母猪患肉芽肿性乳腺炎的差异很大，从 0—50% 不等（断奶时的平均值为 16%）。绝大多数（76%）感染母猪仅在一个乳腺上具有大体病变（Hulten et al. 2003）。这些资料表明，很多母猪可能患有乳腺炎，但大多数情况下仅有少量乳腺发现严重的病变。

在一些从病理学方面对乳腺炎危害性的研究中，应选患乳腺炎的母猪，还是生长不良仔猪、高死亡率作为标准，至今未搞清。对产有问题仔猪的母猪乳腺进

行剖检，没发现有大体组织病变（Nachreiner et al. 1971）。与之相反的是产出有问题仔猪的母猪，其乳腺组织似乎没有功能，因为它不能分泌大量乳汁。此外，哺乳有问题仔猪的母猪的乳汁中细胞成分增多（如表 4.3 所示），这被认为是与乳汁产量较少而发生的浓缩效应有关，而不是患乳腺炎的征兆，因为与哺乳正常仔猪的母猪相比，其乳汁中白细胞的比例相近（Klopfenstein 2003）。因此，我们认为产有问题的仔猪部分是由乳腺炎造成的，但大部分可能与之无关。

内毒素血症

机体吸收革兰氏阴性菌的内毒素造成的内毒素血症也是造成早期泌乳问题的一个因素。事实上，一些（小于 33%）产有问题仔猪的母猪，其血液中内毒素呈现阳性（Morkoc et al. 1983; Pejsak and Tarasiuk 1989）。给予外源性内毒素会降低血浆中催乳素的浓度、升高直肠温度，加快呼吸节律（Nachreiner and Ginther 1974; Elmore et al. 1978; Smith and Wagner 1984, 1985b; Tarasiuk and Pejsak 1986; de Ruijter et al. 1988）。然而注射内毒素的效应是短暂的，注射后母猪 8 小时就能完全恢复正常（de Ruijter et al. 1988）。尽管连续注射内毒素可严重影响仔猪生长，但一次大剂量的注射只会在注射后 5—8 小时影响仔猪生长。内毒素的来源仍不清楚，但可能起源于泌尿道感染、乳腺炎、子宫感染或肠道。

亚临床感染的母猪

一些母猪的泌乳障碍是由前面所提疾病的亚临床感染造成的。人们普遍认同这个观点，因为它能够解释表现临床症状的母猪数（很少）和有哺乳问题的仔猪的数（较为常见）不成比例的问题。这一理论也常作为实践中系统应用抗生素和抗炎性药物对产后母猪治疗的一个依据。

产后泌乳障碍综合征的非传染性因素

乳腺的发育

乳腺的快速生长发生于妊娠的后 1/3 阶段和整个哺乳期内（见“乳腺发育”部分），不同母猪间变化很大，这确实可解释一些与产后泌乳障碍综合征相关的泌乳问题。

每窝的产仔数应和母猪有功能的乳腺个数相对应。乳头畸形、翻转乳头均会阻碍仔猪的哺乳（Labroue et al. 2001）。不具有足够功能性乳腺的母猪应被淘汰。

乳汁合成的能力

泌乳的第一天，乳汁中乳糖浓度升高（见表 4.3），感染产后泌乳障碍综合征的母猪在产后 72 小时乳糖缓慢上升（Klopfenstein 2003）。其原因并不清楚，但可能是乳汁生成障碍或产后乳腺发育不完全造成的。

其他相关问题

母猪行为 一些母猪具有攻击性，它们把仔猪一生下来就咬或挤压仔猪，而有的母猪不让仔猪接近其乳房。这些问题在初产母猪更为典型，使用化学镇定剂通常足以使其放松从而使哺乳正常进行。

能量平衡 最近研究表明，断奶前时仔猪死亡率高（每窝至少有一头死亡）的母猪血浆中非酯化的脂肪酸和葡萄糖浓度较低（Valros et al. 2003）。这和众所周知的热应激对母猪泌乳功能的危害作用相关联，表明母猪设法保持自身能量平衡的能力的确是关键。奶牛产后能量平衡问题叙述的比较详细，而在母猪则尚未有如此广泛的研究。

水的平衡 某些与产后泌乳障碍综合征相关的泌乳问题的确可用分娩前后对饮水的管理情况来解释。分娩前后饮水的短暂变化表明，考虑到分娩时在产房的情况，临产前的饮水非常关键。一些感染产后泌乳障碍综合征的母猪发生便秘可能与产前饮水不足有关。

二价离子平衡 二价离子的代谢平衡调节问题在奶牛上描述的非常详细（Goff 2000），在母猪上常受到质疑。Hermansson 等（1978a）报道，感染无乳症的母猪血浆中钙和镁的浓度较低。Klopfenstein（2003）发现，哺乳生长率低的仔猪的母猪血浆中磷和钙的浓度较高。而 DeRouchey 等（2003）认为，从妊娠第 109 天到整个哺乳期，在母猪日粮中添加低水平的电解质可提高 10 日龄以下仔猪的存活率。这种措施常用于奶牛，因其对产后奶牛的钙和磷的平衡有益。后来的研究认为，二价离子平衡的调节不当可能会导致一些与产后泌乳障碍综合征相关的泌乳问题。

激素平衡 早在 1967 年，内分泌在无乳症发病机理上起作用已被阐明（Martin et al. 1967）。与对照组相比患无乳症的母猪其卵巢和甲状腺较小，肾上腺较大。后来研究中发现上述腺体体积并无差异，但是患无乳症的母猪甲状腺功

能低下（Wagner 1972）。最近的研究表明，患少乳症或无乳症的初产母猪，激素水平与健康母猪不同。患少乳症母猪产前和产后皮质醇的浓度、产前乳糖浓度都较低（Samanc et al. 1992）。最后，de Passille 等（1993）指出，仔猪生长情况差和产后母猪血浆中较高黄体酮浓度之间存在一定关系。

饲料中的有毒物质 据报道，谷物被麦角菌（*Claviceps purpurea*）产生的麦角碱所污染，会引起母猪乳汁分泌障碍（Penny 1970; Anderson and Werdin 1977）。众所周知麦角提取物能抑制催乳素的释放（Whitacre and Threlfall 1981; Bevers et al. 1983; Smith and Wagner 1985b），从而抑制乳腺生长和泌乳。确诊该病的依据是饲料的改变、突然大量母猪出现乳腺松弛、腕部皮肤糜烂等，但直肠温度正常。然而，这种情况极为少见。

治疗

每个饲养者都希望能保持母猪健康，阻止仔猪发育不良。当农场主向兽医询问如何解决这种问题时，兽医常处于一种进退两难的地步，因为过渡治疗会造成产品的成本升高和药物滥用。降低产后泌乳障碍综合征的发生，较好的措施应该从以下三个方面着手：

1. 给产后患病的母猪确定一个治疗方案
2. 快速鉴别无临床表现的母猪所产的有问题的仔猪，确定针对这些母猪和仔猪的治疗方案
3. 通过选择安全因素，降低猪群内有问题仔猪的发病率

患病母猪

对这些患病母猪应采取抗生素和/或抗炎疗法。而且治疗时必须确保乳腺的功能以及仔猪的生长不受影响。对病情严重的病例，最好的方法是把仔猪换给其他健康的母猪饲喂。

对产后所有母猪全身使用抗生素，有时使用非甾体类抗炎药（NSAID）进行全身性治疗是现代产房常用的措施。全身给予抗生素有不同的治疗方案：

1. 从产前 7 天到产后 7 天饲料添加抗生素，能使仔猪死亡率降低 43%（从 7.34% 降低到 4.18%），断奶时体重提高 8%（Tabjara et al. 1992）
2. 产后的头 2 天每天注射抗生素（Rose et al. 1996）
3. 分娩当天饲料添加并注射抗生素（Schoning and Plonait 1990）

尽管以上这些方法均可用于严重感染产后泌乳障碍综合征的猪群，但对所有母猪的全身疗法的时间应缩短以避免药物滥用。

抗生素 应该根据从患病猪体内分离的或与产后泌乳障碍综合征相关的微生物的抗菌谱来选择抗生素。遗憾的是，由于临床症状的多样性，鉴别这种与患病母猪相关的最普通的细菌常常很困难。

非甾体类抗炎药 (NSAID) 使用非甾体类抗炎药疗法似乎对患病母猪的健康有益。治疗方案通常包括分娩当天的治疗，有时需要在第二天再次治疗。所用药物是：flunixin (2 毫克/千克) (Cerne et al. 1984)，tolfenamic acid (2—4 毫克/千克) (Rose et al. 1996)，meloxicam (0.4 毫克/千克) (Hirsch et al. 2003; Hoy and Friton 2004)

刺激乳汁生成

治疗的目标之一就是刺激乳汁尽快流动以减少产后泌乳障碍综合征的发生。重复使用催产素的确是最常见的刺激母猪乳汁生成的方法。

催产素 注射合成的催产素对促进乳汁的排出非常有效。催产素生产厂家对母猪的推荐剂量是肌肉注射 30—50IU (Canadian Animal Health Institute 2001)。我们的经验是，肌肉注射催产素不一定能促使乳汁排出，更为可靠的是静脉注射 10IU 的催产素。肌肉注射结果的可变性多与催产素在肌肉和脂肪组织间的沉积以及其半衰期很短有关。实际上，催产素半衰期较短 (6—7 分钟)，使得间隔 1 小时给药一次至少连用 6 小时都很安全的 (Knaggs 1967)。

尽管催产素对乳汁释放是有效的而且被视为安全的，但重复给药会对母猪产生危害。据报道，催产素真正的应用是与生长较差的畜群有关的一些流行病学的研究 (Bilkei Papp 1994; Ravel et al. 1996)。另外，给予催产素的母猪乳汁中体细胞数增多，而且肌肉注射比静脉注射更明显 (Garst et al. 1999)。

催乳素的刺激物 使用催乳素和催乳素的刺激物可以刺激患产后泌乳障碍综合征的母猪的乳汁合成。市售的提纯催乳素很少，因而使用催乳素治疗产后泌乳障碍综合征的大部分研究工作，着重于刺激催乳素的释放。使用不同种类的吩噻嗪、丁酰苯安定类镇静药 (如：氯丙嗪、乙酰丙嗪 haloperidol, azaperone) 能有效提高各种动物催乳素的浓度，但对于刺激猪催乳素的释放效果不明显 (Smith and Wagner 1985a)。促甲状腺素能有效提高催乳素的释放，但持效时间较短 (小

于 45 分钟)，难以用于临床。

接种

乳腺对大肠杆菌的再次感染不产生抵抗作用（Bertschinger and Buhlmann 1990），因此用疫苗来预防大肠杆菌性乳腺炎的方法是不可能的。另一方面也有报道认为产前 4 周和 2 周用疫苗控制泌尿道感染能提高猪的总体泌乳性能（Pejsak et al. 1988）。

仔猪支持疗法

一旦有问题的仔猪被确诊，主要治疗目标就是防止仔猪脱水，提供其他形式的能量。观察结果表明，产后第一天仔猪会喝大量自来水，尤其是在母乳分泌有限的情况下（Fraser et al. 1988）。使用一种产生气泡的特殊设计的饮水装置，仔猪的饮水量也会进一步增加（Phillips and Fraser 1991）。据推测，仔猪吃奶量不足时，喝水有助于防止脱水和提高仔猪的成活率。患产后泌乳障碍综合征母猪所产的出生体重小的仔猪，需要转移到泌乳性能良好的母猪去喂养。泌乳量低下的患病母猪所产的出生体重大的仔猪则受害较轻，这些仔猪大多仍能达到满意的断奶体重。而且，用乳汁替代品结合易消化的、适口的饲料饲喂仔猪，也非常奏效。

预防和有害因素

减少畜群中有问题仔猪的一个关键因素在于鉴别和纠正特异的危害因素。与乳腺发育相关的因素、乳汁合成和影响泌乳的相关物质不足都是很关键的因素。然而，由于产后泌乳障碍综合征发生的潜在原因的复杂性，虽然其他和有问题的仔猪的高流行有关的特异危害因素已被记录，但这些因素并不就是其病因学的本质，可是其中几个因素间相互作用会增加产后泌乳障碍综合征的发生率。有害因素的鉴别主要和母猪分娩时的身体状况、便秘、畜舍情况以及环境有关。

母猪体况 降低产后泌乳障碍综合征发生的最主要的一个措施就是使大群母猪都处于良好的身体状况，但这并非是一件容易的事情，因为妊娠整个过程中饲料配给出现的任何小的失误都有可能导导致分娩时母猪体重超标或不足（Martineau and Klopfenstein 1996）。圈养的母猪体重差异很大，有攻击性的母猪常常体重超标，而表现驯顺的母猪则体重不足（Martineau 1990; Marchant 1997）。较肥的母猪分娩时间似乎更长（Bilkei 1992; Madec et al. 1992），产死胎的机会更

多 (Zaleski and Hacker 1993; Bilkei Papp 1994)。

母猪便秘

产后便秘常出现在哺乳发育不良仔猪的母猪群 (Ringarp 1960; Hermansson et al. 1978b) 中。因而为减少早期泌乳障碍的发病率, 建议对于妊娠后期的母猪饲喂含纤维素高的饲料 (Ringarp 1960; Wallace et al. 1978b)。但在饲料中简单的添加纤维素成分时, 日粮中其他成分含量相应降低 (Sandstedt et al. 1979; Fensen 1981; Sandstedt and Sjogren 1982; Goransson 1989a,b)。如前所述, 母猪临产前饮水不足也是产后便秘发生增多的一个关键因素。而且, 母猪产后饮水和活动量较少也被认为是早期泌乳问题发生的一个危害因素 (Fraser and Phillips 1989)。

畜舍与环境

畜舍情况与一般畜群的管理也是诱发产后泌乳障碍综合征的致病因素。一项研究指出, 在密闭猪舍分娩与在牧场上自然分娩的母猪相比, 仔猪发育不良的数目较高 (Backstrom et al. 1982)。从妊娠猪舍转到产房, 母猪面临很多环境变化。但研究表明这些变化对母猪没有危害。事实上, 产前让母猪适应新环境的时间是在 1 周以上还是几天, 对于降低有问题仔猪的发生并无关系 (Klopfenstein et al. 1995)。产房内电压不稳定也怀疑是造成泌乳障碍的一个因素 (Gillepsie 1984), 然而最近研究结果否定这一说法 (Robert et al. 1996)。据报道, 定期清洗产房可降低断奶仔猪死亡率 (Ravel et al. 1996)。

分娩前后母猪和仔猪的饲养管理尽管难以估价其作用, 但被认为是极其重要的。分娩时的管理和照料可以减少仔猪的死胎数和断奶前死亡率 (Holyoake et al. 1995), 要确保母猪和仔猪在产房中能从供水系统中承时喝到水, 并注意环境的质量。地面太滑是泌乳母猪活动减少的一个因素, 也能引发很多健康问题, 包括产后泌乳障碍综合征、采食和饮水量降低。另一方面, 分娩过程中过多的干扰母猪也常常会造成不良后果。事实上, 无论是饲养员还是兽医帮助母猪分娩, 都会导致母猪早期泌乳障碍成倍增加 (Jorsal 1986), 以及产后恶露分泌、子宫内膜炎的发病率增加 (Bara and Cameron 1996)。

产房温度的控制是影响母猪泌乳性能的一个关键因素 (参见“热应激部分”)。给新生仔猪提供暖和的环境是必不可少的, 但也要考虑母猪的温度需求, 因为其热中性区域比仔猪低的多。现代养猪场采用全进全出的管理, 这对根据母猪和仔

猪的生理状态来调节温度非常容易。我们一般推荐，产后 2—3 天猪舍温度保持较暖（20—22℃）有利于仔猪的存活。而过了这个关键期，在哺乳期的第 10 天，猪舍温度可逐渐降低到 18℃ 甚至 15℃（Farmer et al. 1998）。实际上，当给仔猪提供足够的暖和区域时，哺乳期的第 8 天，把周围环境温度降低到 15℃ 对母猪和仔猪都无危害。分娩时要提供额外的热量，但应使热源不要直接对着母猪及其乳房，否则要快速移开，以保证母猪的健康和增加乳产量。必须注意，取暖灯的位置对新生仔猪的活动范围有一定影响（Titterington and Fraser 1975）。

其他

饲养方法 有假说认为，泌乳的第 1 天减少饲料的喂给可以降低泌乳障碍综合征的发病率。而产后第 1 周逐渐增加饲喂量，而不是产后 16 小时内自由采食，仔猪生长性能没有改善，母猪泌乳障碍综合征的发病率也未见降低（Moser et al. 1987）。

分娩当天使用前列腺素 前列腺素是可引起产前黄体酮下降和溶解黄体的激素，并能释放黄体松弛素，被广泛用于诱导分娩（Ehnvall et al. 1977）。它可使催乳素浓度迅速升高并维持达 6 小时左右（Hansen 1979）。在患产后泌乳障碍综合征比例较高的母猪群中，已证明使用前列腺素 F 可有效降低该病的发病率（Cerme and Jochle 1981; Holtz et al. 1983），但在其他猪群中对该病无效（Ehnvall et al. 1977）。前列腺素能有效的治疗泌乳障碍引起的产后泌乳障碍综合征。因为患泌乳障碍综合征的病猪，黄体溶解不完全使黄体酮浓度升高，从而抑制泌乳，而前列腺素可使黄体酮浓度下降，使催乳素的浓度升高。此外，产后使用前列腺素有利于尿的排出，可预防严重的临床型子宫内膜炎（Waldmann and Heide 1996）。

维生素 E 有些研究认为母猪泌乳障碍与日粮中硒和维生素 E 的缺乏有关（Trapp et al. 1970; Whitehair and Miller 1986）。其确切的发病机理仍不清楚，但因微量元素和维生素在维持细胞完整性和白细胞功能方面有作用，因而对内毒素有一定保护作用（Elmore and Martin 1986）。而维生素 E 和硒的缺乏并不常见，因为它们是饲料中经常添加的成分。事实上，根据对产后乳房硬度和乳汁分泌情况的诊断，日粮中维生素 E 的水平从 30IU 提高到 60IU，并不能减少产后泌乳障碍综合征的发生（Mahan et al. 2000）。另外一项研究表明，给分娩期母猪注射维

生素 E (400IU) 和硒 (3 毫克), 并在日粮中添加一般水平的这两种成分的, 可提高仔猪的成活率, 但对断奶仔猪的体重没有影响 (Chavez and Patton 1986)。

王国永译 潘耀谦校