

奶牛繁殖与人工授精

王仲士 编著

上海科学技术文献出版社

第一章 奶牛生殖器官解剖与生殖激素

第一节 奶牛生殖器官解剖及机能

一、公牛生殖器官解剖及机能

公牛生殖器官由睾丸、附睾、副性腺、输精管、尿生殖道、阴茎、包皮及阴囊等组成。

(一) 睾丸

公牛睾丸成对，其外形为长卵圆形，位于阴囊内，睾丸纵轴与地面垂直，附睾位于睾丸的后外缘，头朝上，尾朝下，阴囊位于腹股沟区。

1. 组织：睾丸表面由浆膜覆盖，下面为致密结缔组织构成的白膜。从睾丸的一端有宽0.5~1.0cm的结缔组织索伸向睾丸实质，构成睾丸纵隔，另一端和附睾头相接，睾丸纵隔向四周发出许多放射状结缔组织小梁，伸向白膜，称为中隔，由它把睾丸实质分成大约100~300个锥形的小叶，小叶的尖端朝睾丸的中央，基部朝表面，每个小叶由2~3条盘曲的曲精细管构成，曲精细管的直径为0.1~0.3mm，管腔直径为0.08mm。曲精细管在各小叶的尖端各自汇合成为直精细管，穿过睾丸纵隔结缔组织，形成弯曲的导管网，叫睾丸网，为精细管的收集管。最后由睾丸网分出10~30条睾丸输出管，形成附睾头。

精细管的管壁由外向内呈同心圆状排列的结缔组织纤维、基膜和复层的生殖上皮构成。上皮主要由两种细胞构成：(1)生殖细胞。因发生时期不同而形态不同。通常排列成若干同心层。(2)支持细胞。位于密集的生殖细胞中，呈柱状，与基膜垂直，附着于基膜上，顶端形状不规则，突入管腔中，

起着支持和营养生殖细胞的作用。在小叶内，精细管之间有疏松结缔组织，内含血管、淋巴管、神经和分散的细胞群，这些细胞就是间质细胞，近乎椭圆形，核大而圆，间质细胞分泌雄激素。

2. 机能:

(1)外分泌机能。曲精细管的生精细胞是直接形成精子的细胞。它经多次分裂后最后形成精子，所以也称生精机能。精子随精细管的液流输出，并经直精细管、睾丸网、输出管而到附睾。

(2)内分泌机能。间质细胞分泌雄激素，能激发公畜的性欲和性兴奋，刺激第一性征、阴茎和副性腺的发育，维持精子的发生及附睾精子的存活。

睾丸机能是受垂体促性腺激素的控制，促卵泡素(FSH)支配着精细管的生精机能，促黄体素(LH)支配着间质细胞分泌雄激素的活动，促卵泡素支配精细管的精子活动，又有赖于雄激素的协同作用。

(二)附睾

附睾附着于睾丸，可分头、体、尾三部分。附睾头有数量不等的输出管与附睾管相接，形成附着于睾丸一端的平扁状结构，其延伸狭窄部为附睾体，终止于另一端扩张而成附睾尾，最后逐渐过渡到输精管。

1. 组织：附睾管壁由环形肌纤维和假复层柱状纤毛上皮构成。根据组织构造，附睾管大体可分为三个部分，上段起始部具有长而直的静纤毛，它常脱落入管腔；中段的静纤毛不太直，且管腔变宽；下段末端静纤毛短，管腔很宽，充塞着精子。

2. 机能:

(1)附睾是精子最后成熟的地方。刚从睾丸曲精细管产生的精子进入附睾头时，颈部常有原生质滴存在，形态尚未发育完全，活动微弱，没有受精能力或受精能力很低，精子通过附睾过程中，原生质滴向尾部末端移行，精子逐渐达到成熟。

(2)附睾是贮存精子的地方。一头成年公牛的两侧附睾可容纳精子741亿个，相当于睾丸在3.6天内生产的精子量，经60天后仍具有受精能力。贮存过久，活力降低，畸形及死亡精子增加，最后精子死亡并被机体吸收。

(3)附睾管的作用。来自睾丸的稀薄精子悬浮液，通过附睾管时，其中的水分被上皮细胞所吸收，因而到附睾尾成为浓缩的精子悬浮液，1ml所含精子数量在400亿以上。

(4)附睾具有运输作用。精子在附睾内缺乏主动运动，精子由附睾头输送至尾，是靠纤毛上皮活动，以及附睾管壁平滑肌的蠕动作用而通过附睾管。精子通过附睾管的时间约10天。

(三)副性腺

副性腺包括精囊腺、前列腺、尿道球腺三个部分，它们的分泌物，在射精时和精子混合在一起组成精液。

1.解剖构造：

(1)精囊腺。成对，位于输精管末端的外侧，牛的精囊腺为致密的分叶腺，腺体组织中央有一较小的腔。精囊腺的排泄管，共同开口于尿道起端顶壁上的精阜形成射精孔。

(2)前列腺。可分体部和扩散部，体部较小而扩散部较大。体部外观可以见到，而扩散部在尿道海绵体和尿道肌之间，它们的腺管成形开口于尿生殖道内。

(3)尿道球腺。位于坐骨弓背侧，尿生殖道骨盆部的外侧。

牛的尿道球腺较小，埋藏在球海绵体内。每侧尿道球腺一般有一个排出管，通入尿生殖道的背外侧顶壁中线两侧。

2. 机能:

(1) 冲洗尿生殖道：准备精液通过。交配前阴茎勃起时，尿道球腺能分泌少量液体，冲洗尿生殖道中残留的尿液，使通过尿生殖道的精子不受尿液的危害。

(2) 稀释精子。附睾排出的精子浓度高与副性腺分泌物混合后，精子得到了稀释，并增大精子容量。因此，副性腺分泌物是精子的天然稀释液。

(3) 供给精子的营养。副性腺分泌物中有精子所需的很多营养物质。如附睾内精子不含果糖，当精子和精液混合时，果糖很快扩散到精子内，供给精子能量。

(4) 活化精子。附睾环境为偏酸性，精子的活力弱，处于休眠状态。而副性腺的pH为偏碱性，能刺激精子的活力。另外，副性腺的渗透压低于附睾，可使精子吸收适量的水分而得以活动。

(5) 帮助推动和输送精液到体外。射精时由于附睾管、副性腺壁平滑肌及尿生殖道肌肉的收缩而使精液射出，但副性腺的液流也有推动和输送精子排出的作用。

(6) 缓冲不良环境对精子的危害。精液中含有柠檬酸盐及磷酸盐，这些物质具有缓冲作用，给精子提供了良好的环境，从而延长精子的存活时间，维持了精子的受精能力。

(7) 形成阴道栓，防止精液倒流。

(四) 输精管

输精管是附睾管的附睾尾延续而来，然后与睾丸系膜、淋巴管、神经、睾内提肌共同组成精索，沿腹股沟管进入腹

壁,随即向后进入骨盆腔,在膀胱背侧的尿生殖褶内继续向前延伸,在膀胱背侧处变粗而形成输精管壶腹,牛的壶腹比较发达,输精管与精囊腺排出管共同开口于尿生殖道起始部背侧壁的精阜后端的射精孔。输精管的主要机能是借助管壁的肌肉层蠕动,将精子送到尿生殖道内。

(五)尿生殖道

尿生殖道是公牛尿液和精液共同排出的管道,可分为骨盆部与阴茎部两个部分。

1. 骨盆部: 由膀胱颈直达坐骨弓,位于骨盆底壁,是一根长圆柱形管,外面包有尿道肌。

2. 阴茎部: 位于阴茎海绵体腹面的尿道沟内,外面包有尿道海绵体肌,在坐骨弓处,尿道阴茎部在左右阴茎脚之间稍膨大形成尿道球。输精管和精囊腺排出管都开口于此。前列腺开口在其两侧,尿道球腺开口在其后。

(六)阴茎

阴茎为雄性的交配器,主要由勃起组织及尿生殖道阴茎部组成,自坐骨弓沿中线向前延伸,连于脐部。牛的阴茎较细,在阴囊之后折成S形弯曲。阴茎的后端称为阴茎根,借助左右阴茎脚附着于坐骨弓的腹后缘,阴茎脚的外面有坐骨海绵体肌包围,两阴茎脚之间有尿生殖道通过。

阴茎体由背侧的两个阴茎海绵体及腹侧的尿道海绵体所构成,左右阴茎海绵体在阴茎脚各由一层厚而坚韧的纤维膜(即白膜)包着。白膜的结缔组织伸入海绵体内部形成小梁,分支吻合成网,网眼中有纵行平滑肌囊,囊束间为海绵腔(静脉窦),与阴茎勃起有关。

阴茎头亦称龟头,牛的龟头较尖,与纵轴略成螺旋形,在

顶端左侧形成一条沟状,尿道外口位于此处。

(七)包皮

包皮是由皮肤凹陷而发育的皮肤皱褶,牛包皮口周围有长而硬的包皮毛,形成一撮特殊的毛丛。包皮较长。

(八)阴囊

阴囊是保护睾丸的袋状组织,对生殖机能起着很重要的作用。阴囊皮肤有丰富的汗腺,能调整阴囊壁的厚薄及其表面积,并能改变睾丸与腹壁的距离。气温低时,阴囊内膜皱缩以及提睾肌收缩,使睾丸靠近腹壁并使阴囊壁变厚;气温高时,肌肉松弛,睾丸位置降低,阴囊壁变薄,便于散热。

二、母牛生殖器官解剖及机能

母牛的生殖器官由卵巢、输卵管、子宫、阴道、尿生殖前庭和阴唇组成。

(一)卵巢

卵巢一般位于子宫角尖端外侧,初产或产胎次数少的母牛,卵巢均在耻骨前缘之后,产胎多次的母牛,子宫角往往垂入腹腔,卵巢也随之位于耻骨前缘的下方。

牛卵巢一般为扁卵圆形,附着在卵巢系膜上,附着缘上有卵巢门、血管、神经由此出入。一般牛的卵巢长约2~3cm,宽1.5~2.5cm,厚1~1.5cm。

1.组织: 牛的卵巢组织分为皮质部和髓质部,两者的基质都是结缔组织,皮质内含有卵泡,皮质部的结缔组织含有许多层纤维细胞、胶原纤维、网状纤维、血管、淋巴管、神经和平滑肌纤维。髓质内含有许多细小的血管和神经,它们由卵巢门出入,所以卵巢门上没有皮质。血管分为小支进入皮质,并在卵泡膜上构成血管网。

2. 机能:

(1) 卵泡发育和排卵。在卵巢皮质部卵泡数目很多,它主要是由一个卵母细胞构成的原始卵泡。卵泡经过一系列发育阶段,最后排出卵子,排卵后形成黄体。

(2) 分泌雌激素和孕酮。在卵泡发育过程中,围绕在卵泡细胞外两层卵巢皮质基质细胞,形成卵泡膜。它又可再分为血管性的内膜和纤维性的外膜。内膜能分泌雌激素,一定量的雌激素能导致母畜发情,排卵后形成黄体又能分泌孕酮,它是维持妊娠所必需的激素。

(二) 输卵管

输卵管被包在输卵管系膜内,长15~30cm,有许多弯曲,管的上1/3段较粗,称为壶腹。它是卵子受精的地方,其余部分较细,称为峡部。壶腹和峡部连接处叫做壶峡连接部(简称壶峡部),管的前端接近卵巢,扩大呈漏斗状,叫作漏斗。漏斗的面积,牛约为20~30cm²,漏斗的边缘上有许多皱褶和突出,称为伞。牛的输卵管伞不发达。

1. 组织: 管壁的外层为浆膜,中间为肌肉层,内层为粘膜,肌肉层主要为环状或螺旋形纤维和外层的纵行肌束,其中混有斜形纤维,使整个管壁能协调地收缩。肌组织的厚度,从卵巢端到子宫端逐渐增厚,粘膜上有4个初级纵褶,每一个初级纵褶又有若干次级纵褶。

2. 机能:

(1) 承受并输送卵子,排出的卵子被伞接受。借助纤毛的活动将卵子运输到漏斗,送入壶腹,输卵管以分节蠕动及逆蠕动,粘膜及输卵管系膜的收缩,以及纤毛活动引起的液流活动,卵子通过壶腹的粘膜皱褶被送到壶腹峡连接部。

(2)精子完成获能。精子从子宫进入到输卵管受精部位完成获能。

(3)精子和卵子在输卵管壶峡部接受受精形成受精卵,然后在输卵管内卵裂运行进入子宫。

(4)分泌输卵管液。输卵管液为受精和受精卵的卵裂提供适宜的环境,在输卵管的分泌细胞和卵巢激素的影响下,不同的生理阶段,分泌的量有很大的变化。发情时分泌增多,分泌物主要为粘蛋白和粘多糖,它是输卵管内卵子和精子运载的工具,也是精子和卵子及早期胚胎的培养液。

三、子宫

牛的子宫,可分为子宫颈、子宫体及子宫角三部分。子宫基部之间有一纵隔,将两角分开,形成两个子宫角基部的角间沟。

(一)子宫颈

牛的子宫颈长约5~10cm,粗3~4cm,壁厚而硬,在不发情时子宫颈封闭很紧,发情时开放松弛。子宫颈阴道部粗壮,伸入阴道约2~3cm,称为子宫颈口,粘膜上有放射状皱褶。经产牛的皱褶有时肥大如菜花状,子宫颈肌的环状层很厚,分为两层,内层和粘膜层构成2~5个横向的新月形皱褶,彼此嵌合,使子宫颈管成螺旋状,环状层和纵形层之间有一层稠密的血管网,所以子宫颈破裂时出血很多。子宫粘膜是由动纤毛的纤毛细胞和无纤毛的分泌细胞组成,发情时分泌活动增强,粘膜表面形成初级及次级隐窝。

(二)子宫角

牛的子宫角长20~40cm,青年牛及产胎次少的母牛,弯曲如绵羊角状,位于骨盆腔内,产胎多次的母牛的子宫角较

长，垂入腹腔。子宫粘膜上有凸出表面的半圆形子宫阜70~120个，阜上没有子宫腺，茎深部有丰富的血管，怀孕的子宫阜即发育成为母体胎盘。

(三)子宫体

子宫体是两个子宫角汇合的地方，长约2~4cm的圆筒状管道，两角基部之间的纵隔之上有一纵沟，称为角间沟。

1.组织：子宫组织构造从外向内，分浆膜层、肌层、粘膜层，浆膜与子宫阔韧带的浆膜相连接，肌层的外层薄，为纵形肌纤维，内层厚，为螺旋形的环状纤维。子宫颈肌可看作是子宫颈的附着点，同时也是子宫的括约肌，其内层特别厚，且富有致密的胶质纤维和弹性纤维，是子宫颈皱褶的主要构成部分，内外层交界处有交错的肌束和血管网。粘膜上皮为柱状细胞，在子宫粘膜层里含有简单分支，盘曲的管状腺(子宫腺)在子宫角中较多，子宫体中较少，在子宫颈皱褶之间的深处有腺状结构，其余部分为柱状细胞，能分泌粘液。

2.机能：

(1)输送精子。子宫肌纤维在发情配种后有节律地收缩，把精子输送到输卵管。

(2)帮助胎儿排出。

(3)分泌子宫液。子宫内膜的分泌物和渗出物，可为精子获能提供条件 and 环境。在受精卵和胚胎发育阶段可提供营养。

(4)是最适宜胎儿发育的地方。通过双方胎盘起到交换营养和排泄物的机能。

(5)子宫分泌物中前列腺素对同侧卵巢有消黄体作用，使黄体减退。同垂体分泌的促卵泡素导致发情，共同促进卵巢

上的卵泡发育和排卵。

(6)子宫颈在发情时的分泌物能起到润滑作用,使配种顺利进行。发情过后,子宫颈关闭,分泌物形成子宫塞,防止异物和细菌感染。分娩时子宫颈扩张,使胎儿顺利娩出。

子宫颈分泌粘液能使一部分精子进入子宫颈粘膜隐窝内,宫颈可以滤剔部分活力较弱和缺损的精子,使受精部位避免过多的精子进入。所以,子宫颈是第一个精子的栏栅。

(四)阴道

阴道为母畜的交配器官,也是排出管。阴道背侧为直肠,腹侧为膀胱和尿道,阴道腔为一扁平的缝隙,前端为子宫颈突出其中,子宫颈突出阴道部位的阴道腔为阴道穹隆。后端和尿生殖前庭间以尿道外口为界,上面和两旁以阴瓣为界。

阴道长22~28cm,穹隆下部较窄,阴道底两旁往往各有一卵巢冠纵管,在尿道外口两旁稍前方开口。

阴道组织构造包括肌肉层和粘膜层,前端的外层覆有浆膜,后端则被结缔组织所包围,粘膜层以无腺体的复层扁平上皮细胞组成。

(五)尿生殖前庭

尿生殖前庭是从阴瓣到阴门裂的短管,长约10cm,在前庭两侧壁粘膜下层有前庭大腺,发情时分泌增多。

(六)阴唇

两阴唇的开口为阴门裂,阴唇的外面是皮肤,内为粘膜,两者之间有阴门括约肌和大量结缔组织。

第二节 精子和卵子

精子和卵子都是生殖细胞,是由雄性腺和雌性腺分化出

来的特殊细胞,各具双亲的遗传性,当两个生殖细胞结合时,就能产生一个新的个体。这个新的个体就是受精卵。这里所述的是受精之前的雄性和雌性的生殖细胞。

一、精子

牛精子的体积约 $30\sim 80\mu\text{m}^3$,只有卵子体积的 $1\sim 3$ 万分之一,长度约为卵子长度的一半,在电子显微镜下,可观察到牛精子由头、颈、中段、主段和末段等部构成。头部主要有椭圆形、扁平而含有极为致密染色质的细胞核组成,精核中的染色体数目和DNA的含量均只有体细胞的一半(即雌性单倍体),其中含有X——性染色体或Y——性染色体。精子头部前端被顶体所包裹,它是一个具有两层膜的帽状结构。其后缘是赤道段,顶体富含与受精过程中最早与卵子原生质膜融合的部分,在受精过程中具有一定作用。在顶体之后,精子头上盖有后核帽,在低倍镜下,可见到精子的尾部分为中段、主段和末段,它们的共同轴心是两条中心纤维(filaments),中段的最外面有一层线粒体鞘,主要储备有磷脂质的物质,给精子运动提供能量,而且纤维间还存有可以分解果糖等物质的酶,线粒体鞘之内,围绕中心纤维为9对细的纤维,最外面包有尾鞘,尾鞘有两根粗索贯穿其背腹面,末段则无此尾鞘。

睾丸精细管中产生的成熟精细胞,在释放到精细管管腔内时,是不能运动的,以后靠睾丸精细管中分泌液的液体压力及睾丸输出管纤毛上皮细胞波动的共同作用下,被输送到附睾中,借助附睾管肌的蠕动,通过附睾管达到附睾尾储存起来,精子在通过附睾管的过程中进一步成熟,亦即初步获得能和卵子受精的能力。其中包括精子具备迅速而纵向旋转前进的运动能力,精子运动主要靠尾部的鞭索状波动,而且脱离头和尾仍能活动,这是因为尾部的纤维是具有收缩力的

缘故。中段为精子贮备丰富的能量,主要有磷脂质,成为精子运动的一个重要动力,在纤维之间还有几种酶,可分解果糖等物质。

二、精液

精液由精子和精清两部分组成,精子产生于睾丸曲精细管,存于附睾;精清只是精囊腺、前列腺和尿道球腺的混合分泌物。在射精时和精子混合成精液,组成精液的主要成分是精清,约占总量的90%左右。

(一)精液的主要作用

1. 稀释附睾中浓缩的精子。精子贮存在附睾,经浓缩密度大,为了使精子具有活动能力,就必须有最适宜的液体对精子稀释,精清是体内最理想的稀释液。

2. 能量物质及其作用:精清中含有供给精子能量来源的物质。精液中的果糖是精子的主要营养物质,氨基酸、碳酸根对稳定精液的pH值起到十分重要的作用。

3. 精清和母牛生殖道接触后的作用:有促进母牛分泌催产素、刺激生殖道收缩的作用,可促使精子加速运行。

4. 激发精子的活动。精子在呈酸性环境的附睾中活动力差,而精清一般呈弱碱性,所以它能激发精子活力。

5. 精清扩大精液容量。有利于推动精子在母畜生殖道的运动,使之加速到达受精部位。

(二)乳用公牛的精液量和精子密度和全精子数

乳用公牛的正常精液量为3~10ml,精子密度每ml含5~20亿个,全精子数为30~80亿个。其精液量和精子密度及全精子数是不同个体营养状况、个体差异、气候、采精频率的不同而有不同。

(三)精液的物理学特性

1. 颜色和气味。正常的精液为乳白色或淡白色, 密度越大, 乳白色越深; 反之则越淡。无味或略带腥味。

2. pH值。新鲜精液略偏酸, pH值为6.4~7.8, 平均值为6.9, 随体外保存时间延长, 糖酵解使乳酸积累会使pH值下降。

3. 渗透压。在37℃时相当于709.275~810.6千帕。

4. 密度。牛的精液密度一般为1.015~1.053, 平均密度为1.034。

5. 粘度。粘度以蒸馏水在20℃时作为一个标准单位, 以帕秒表示, 牛精液为0.0022~0.006帕秒(2.2~6.0厘泊), 平均为0.0041帕秒。

6. 光学特性。由于精子对光线的扩散和吸收的性能超过精清而且有较强的反光力, 所以, 在显微镜下精子表面的闪光也较强, 精子密度越大, 透光度越差。因此, 利用光电比色法可以测知每ml精液中精子的数量。

7. 导电性: 因精液中含有各种盐类或离子, 如含量越大, 则导电性越强。

(四) 精液的化学成分

水分每百毫升含87~95g, 蛋白质含6.8g, 钠含140~280mg, 钾含80~210mg, 钙含35~60mg, 镁含7~12mg, 氯含309~433mg, 总磷含32mg, 总氮含441~1169mg, 果糖含150~900mg, 山梨醇含10~140mg, 肌醇含25~46mg, 柠檬酸含340~1150mg, 乳酸含20~50mg, 甘油磷酸胆碱含110~496mg, 缩醛磷脂含30~90mg。

(五) 影响精液质量和数量的主要因素

1. 年龄: 乳用公牛6月龄已有产精能力, 10月龄能采到精液, 20月龄时精液量开始增加。精子密度可从15月龄开始

增加,15岁后精子生存能力显著降低。

2.营养:饲料中缺乏蛋白质、无机盐、维生素等物质,从而影响精液数量和质量。

3.季节和温度:虽无繁殖季节可分,但因夏秋气候炎热,可使精液量下降,质量也较差。

4.运动:种公牛每天必须强制运动1小时,这对增加精子的质量和数量有很大好处。

5.采精频率:一般每周采精2~3次,采精过频会影响精子密度和活力,还会使畸形及幼稚精子增多。

三、精子的生理特性

(一)精子的活动力

1.关于精子活力方面的几个名词概念:

(1)存活力。是精子生存代谢的能力(存活时间的长短)。

(2)活动力。活动力以不同的运动形式出现,在显微镜下能清楚观察到其活动状态。

(3)活力。是指直线运动精子所占总精子的百分率。

(4)活率。指死、活精子的百分率。

2.精子的运动形式:

(1)直线运动。精子向前直线运动,在一定温度条件下,温度越高,运动越快。

(2)转圈运动。精子围绕着一处作圆周运动。

(3)原地摆动。头部左右摇摆,但不能前进。

(4)倒退运动。尾部向前进,呈倒退状。

(5)上下翻滚运动或边翻滚边前进,是精子快死亡的标志。只有直线运动,才是正常的运动。

3.精子运动的特性:

(1)向流性。在流动的液体中,精子表现逆流游动,并随液

体流速增加而运动加快。由于精子具有这种特性,因此能沿生殖道管壁逆流而上。

(2)向触性。精液中如有异物存在时(如上皮细胞、空气泡、稀释后的卵黄球等),精子有向异物边缘运动的趋向,其头部会顶着异物作摆动运动。

(3)向化性。精子有趋向某些化学物质的特性,如精子之所以游向卵细胞,聚集在卵的周围,是由于卵细胞和雌性生殖道分泌某些化学物质之缘故。

(4)爬高性。将冷冻精液(细管精液)一支(规格为 96×0.25 mm)将其一端封闭,管内注满稀释液,然后将其开口端插入装有 $0.5 \sim 1$ ml精液的试管内,在 $37 \sim 38^{\circ}\text{C}$ 条件下静置一定时间,精子即会沿着细管自行上爬,活力好的精子可上爬 $8 \sim 9$ cm。活力差的仅爬 $2 \sim 3$ cm,这种爬高能力可以用来鉴定精子的活力。

4.精子运动的速率:精子运动的速率受精子密度和精液粘度的影响,牛精液经过高倍稀释后,平均每秒速率达 $132 \mu\text{m}$,在子宫颈液中只有 $22 \sim 80 \mu\text{m}$,而在雌性生殖道内平均每秒速率约为 $100 \mu\text{m}$ 。

牛精子的尾部每摆动一次,平均前进 $8.3 \mu\text{m}$,在 37°C 时,前进的平均秒速为 $94 \mu\text{m}$,倘前进无阻,每小时可达约 0.5 m。

5.精子运动的机制:精子代谢获得的能量大多为其活动力所需,由于ATP水解得到的能量转变成可使尾丝中类似肌球蛋白物质的分子排列发生改变,从而引起尾丝的收缩。尾丝中有一种能使ATP去磷的酶,这就是ATP酶,它具有促进尾丝收缩的功能。从牛精子的纤丝中已分析出一种精球蛋白,它和肌球蛋白在分子结构和生化性质上很相似,都具有ATP酶的活性,还有一种毡动素,与肌动素相似,这两种蛋白

质的相互作用决定了精子的运动。

(二)精子存活时间

1. 在雄性生殖器官内的存活时间：精子在睾丸生存以后向附睾移行，牛精子在附睾中保存37天后，约70%精子有活动力，最长可在附睾内保存60天。

2. 射出后精子的存活时间：一般认为，射出后的精子活力越好，则存活时间越长，受精能力越高。要延长保存时间就要抑制精子活动，使能量消耗减少。降低保存温度可延长精子保存时间，温度是精子存活时间长短的主要原因。冷冻保存精液的成功，使精子保存的时间大大延长。牛精子在2~4℃下，保存时间最长可达2000小时以上。最大授精力保存时间达10天以上，实用保存时间为4~5天，冷冻后的存活时间可达几十年之久。

3. 精子在雌性生殖道内的生存时间：精子在生殖道内部位的不同，生存的时间也有所不同。阴道环境对精子生存最为不利，存活时间最多不超过4小时；在子宫颈内存活时间可达30小时；在厌气条件下，在输卵管内可存活12小时；在子宫颈、阴道粘液内可存活9小时；在子宫液内可存活7小时。精子在雌性生殖道内存活的时间，与精子本身的品质有关，也和生殖道的生理状态有密切关系。

(三)精子的代谢

精子的代谢主要是糖酵解、呼吸、磷脂水解和氧化、蛋白质和氨基酸的代谢。

1. 糖酵解：由于精子所代谢的几乎都是果糖，所以也叫果糖酵解。糖的来源是精清，精子都能使6碳糖或经果糖酵解而成丙酮酸或乳酸，其最终产物在有氧时，则氧化而分解成CO₂和水。牛的精子能分解果糖、葡萄糖和甘露糖，但几乎不