

机会做到能起重要的作用。

董务民译自: United States National Committee on Biomechanics,《Future Research Needs in Biomechanics》, Printed by Calspan Co., Buffalo, New York (July 1986): 20—23.

7. 泌尿系统和生殖系统

7.1 对社会的影响——泌尿、生殖和遗传工程

在上年纪的人和/或患了多种硬化症的晚期病人中,很大一个百分比的人会发生各种尿路问题。这些问题可能危及人的生命。生殖功能的紊乱,对于个人的计划生育和整个社会的人口控制来说,都有极大的重要性。就其对社会的影响来说,遗传工程目前刚刚处于实际发展阶段,但已经看出了有这样的可能性:能够一代代地传下去的遗传缺陷和生殖细胞变异可以得到纠正。其长期的社会后果可能是深刻而久远的。

7.2 未来的需要

7.2.1 尿道力学 尿道问题涉及流体力学和固体力学二者的耦合。最近几年来,流经弹性可瘪管的流动理论已经发展得十分完善。可是作为尿道疾病诊断和治疗的应用的基础,它还没有很好地建立起来。尿道系统的一些组成部分的解剖情况、静息弹性性质和主动行为,尚未在病人身上很好地确定或使之容易测量,成为诊断疾病的理论力学基础。需要进行研究工作,来对具有尿路出口梗阻或逼尿肌收缩无力的病人的分类提供实用的基础。

就修复的需要来说,一个重要的补充将是发展膀胱括约肌修复术。这种需要将在对一些病人的控制下进行。另一个可能有用的领域,是发展电刺激系统,这种系统将干预有关排尿的神经网络。这种设备可以用来抑制或排放尿流。泌尿系统功能的紊乱常常传给神经控制,或者与膀胱及尿道的力学系统相互作用。需要对这个系统进行更多的研究,以便精确描述交感神经控制单元及随意控制单元与泌尿系统的力学部分之间的关系。

在涉及生殖系统的力学中,有精子泳动和卵子通过输卵管系统运动的经典问题,它们对于通过可能的干预办法来找出生育控制方法仍然使人感兴趣,也有可能值得发展如输精管置换和可植入精液贮存器等修复术。收缩和射精机理的力学研究,以及在睾丸循环中血液流动的力学研究,也是威胁生殖系统的疾病在临床方面感兴趣的课题。

7.2.2 生殖过程研究中的生物力学 生物力学有许多途径已经或将要继续对了解生殖和繁殖能力的生物学作出贡献。这些贡献既对生殖过程的基础研究有影响,也对这种基础研究在诊断和治疗方面的临床工作有影响。在历史上,研究集中在配子运输的机理上:精子通过雄性生殖道和从授精的地方到受精的地方的机理;卵子从卵巢通过输卵管到子宫,并在那里发育的机理。现在有一些新的生物力学问题可能被确定和研究,它们包括受精本身以及雄性和雌性两方面遗传物质的结合等问题。

精子泳动在运输中起着极重要的作用。对其流体动力学的研究已经进行了30多年。当今普遍存在的低 Reynolds 数细长体理论,最初就是考虑到精子的运动而发展起来的。大部分研究是分析处理无限大范围牛顿流体中的运动。从生物医学上看,壁面影响是重要的。在这

方面,需要更多的工作来说明。在体内,精子怎样接近雌性生殖道的上皮表面和接近卵子;在体外,精子怎样接近显微镜载物玻片和盖玻片。令人惊奇的是,仅有相当少的实验研究试图描述精子运动的运动学特性并检验理论的精确性。显然,这需要作更多的工作。

在许多种哺乳动物中,精子的运动是通过充满粘液的子宫颈而迁移。子宫颈粘液的宏观流变特性是粘弹性的。这种粘弹性特性在生殖期间以及在某些病理状态期间是变化着的。这样,希望通过检查排卵情况来了解雌性的不育症,以及为了避孕的目的而改变子宫颈粘液特性,这些需要就导致进行许多流变学的实验研究。今后,这方面的工作应当更多地注意用单个精子作实验,以了解精液的物理性质。这需要一种大分子尺度的细观流变学方法。当代连续介质流变理论的适用性,必须给以必要的检验。要想达到精度允许的程度,需要致力于精子在这种非牛顿非均质物质中运动的流体动力学研究。

关于卵子在排卵期从卵巢排出的力学,已经有了一种分析处理的方法。几个实验和理论研究已经论述了由内脏收缩和纤毛活动引起的卵子复体在输卵管内的泵吸作用。在研究呼吸系统中粘液的清除时,纤毛活动已经受到了相当大的注意。内脏收缩的可能的生物力学比拟,已经对尿道的蠕动作了研究。这些也都与精子的泵吸有关。在这个领域中,未来的研究工作将致力于排卵本身的力学,输卵管上皮表面和卵子复体之间的力学边界条件,卵子复体的顺应性,以及输卵管收缩的更详细的情况。

精子和卵子的结合,发生在精子穿透几种包围着卵子的有结构的非牛顿体外膜以后。穿透的机理是力学-化学的作用,包括精子酶的溶解活性以及鞭毛的穿刺。这些机理的研究,是当代最有兴趣和有争论的一些课题。与卵子外膜阻力有关的精子穿刺的未来生物力学分析,将对这个领域作出极大的贡献。这种分析也应当有可能对配子配合前含遗传物质的原核的最后泳动中,卵子细胞骨架的作用在进行力学分析时起很大的促进作用。受精之后的有关运动,包括分裂,也应当能够对生物力学的分析有所改进。

7.2.3 遗传工程 遗传学中的许多过程,涉及分子构造的变化。例如,DNA的转录、复制和修复,包含着螺旋分子结构的解旋和回复。这些分子过程的生物力学方面问题,尚未予以研究。这是化学-力学间的相互关系或转导作用的一个特殊情况,它同几乎所有的生物过程都有关系。

在细胞层次上,精子使卵子受精的详细情况,以及其后的细胞分裂,从固体生物力学的观点来看,还没有完善地给以描述。这些现象涉及能动的系统,不能把它们作为静息的力学问题来处理;但是由于适当考虑了内部分子的结构和这些结构的能动生化特性,最终的力学结果应该是经得起分析的。这些考虑紧密地与细胞内部力学的其他研究联系在一起,例如白血细胞的伪足的形成,血小板的活性,或者阿米巴的游动等等。

7.3 参考文献

- 1 Corcoran, W., Genetic Engineering and the Engineer. National Academy of Engineering. National Academy Press, Washington, D.C., 1982.
- 2 Dresdner, R.A., and Katz, D.F., Relationships of mammalian sperm motility and morphology to hydrodynamic aspects of cell function. *Biology of Reproduction*, 23: 920-930, 1981.
- 3 Griffiths, D.J., Urodynamics: The Mechanics and Hydro-dynamics of the Lower Urinary Tract. *Medical Physics Handbooks No. 4*, Adam Hilger, Ltd., Bristol, England, 1980.
- 4 Katz, D.F., and Overstreet, J.W., Mechanisms and analysis of sperm migration in cervical mucus. In Chahrier, E.N., Elder, J.B., and Elstein, M. (Eds.), *Mucus in Health and Disease II*. Plenum Press, New York, 319-330, 1982.
- 5 Olson, S., *Biotechnology - An Industry Comes of Age*. National Academy Press, Washington, D.C., 1986.
- 6 Rondelli, P., Biophysical aspects of ovulation. *Biology of Reproduction Supplement*, 2, 64-89, 1970.
- 7 Schafer, W., Detrusor as the energy source of micturition. In Hinman, F., Jr. (Ed.), *Benign Prostatic Hypertrophy*. New York-Heidelberg-Berlin: Springer, 450-469, 1983a.
- 8 Schafer, W., The contribution of the bladder outlet to the relation between pressure and flow rate during micturition. In Hinman, F., Jr. (Ed.), *Benign Prostatic Hypertrophy*. New York-Heidelberg-Berlin: Springer, 470-498, 1983b.

这方面的生物力学现在正在发展之中，并且正在使之精密化，或者所需要的分析的最终形式还没有搞清楚。

钱民全译自：United States National Committee on Biomechanics, 《Future Research Need in Biomechanics》, Printed by Calspan Co., Buffalo, New York (July 1986); 23—25. (董务民校)

8. 生物技术和生物加工

随着生物学的转变为工业^[1]，生物系统的工程学就增加了它的重要性。生物处理工程，即生化工程(有时如此称呼)，具有如下的目标：从生物学研究实验室汲取当代的科学技术，放大其尺度，直至成为一种经济效益高的工业生产过程。这一领域包括多种化学制品的生产过程，这些化学制品，例如有：抗菌素，维生素，氨基酸，多糖，调味品，工业酶(用于食品、饮料和化学工业)，疫苗，激素，细胞毒素药物和抗痛药物，生物杀虫剂，生物量(biomass)的化学制品和燃料，等等。一些更现代化和未来的过程，包括：具有有用生物活性的多肽或脂蛋白(例如干扰素，血浆酶原活化剂，单克隆抗体等)的生产，强化生物氮固定成氨的过程，以及微生物引起的链烷、脂环、萜烯和生物碱的转化。生化反应是靠酶(生物催化剂)来完成的，各种酶都是高级的特效产品。有关的过程往往是以可更新的原料为基础，并且通常具有无污染副产品的特点。

工程学对成功地完成生化过程的贡献，集中在生物反应器及其外围设备的设计和运行方面，集中在所得产品的分离和提纯方面。生化过程的工程学分析，包括动量传递、能量传递、质量传递和化学动力学(chemical kinetics)等方面的研究。在生化系统或生物系统中，上述这些基本过程的复杂程度，要比传统的化学系统高1个或2个量级。这是因为，每一个总的生物反应，是成千上万次酶的反应以及其他能量传递和质量传递过程的结果。生物系统已经在自然环境中进化和完成其多方面适应和存活下来的使命。对工程师们的挑战，则是要在人造环境中，把生物系统引向按照人们的目的来发生作用的方向上去。分子生物学和遗传学的最近进展，已经能够以崭新的工具，例如重新组合DNA技术，来把生物技术工作者武装起来。与此同时，这些进展又带来了新的挑战，如新的遗传工程物种的优化、稳定化和安全使用，等等。

从生化过程的水流中分离生化制品，并不是一个较小的挑战。工程师们必须发展这样一些分离过程，它们对高级产品的提纯是高效能和高速度的，而且可以保持产品的生物活性。实际上，现在已经变得很清楚，大多数生化过程的经济可行性，强烈地依赖于生物反应器的最优设计和运行，依赖于下游的提纯过程。

虽然生物系统的这些独特特点，在过去阻碍了这些系统的迅速应用，但是，它们也是使生物技术保持有光明前景的关键。现代分子生物学和遗传工程的方法和进展，为生物加工系统的未来工程应用，提供了一个非常乐观的前景。[2]介绍了具有潜在重要性的一些研究领域。涉及生物力学的可能的问题，现在简略讨论如下。

8.1 生物反应器的流体力学及其对生物行为的影响