·教学改革·

数理与医学结合的课堂教学探索

包家立[1]　朱朝阳[2]

[1]浙江大学医学院公共卫生系,杭州　310058;[1]浙江大学医学院基础医学系,杭州 310058

通信作者:包家立,Email:baojl@zju.edu.cn

【摘要】 数理与医学相结合是医学教育的难点之一。在此分析现有医学教育中制约数理与医学结合课堂教学的 7 个因素;通过针对医学生设置的《医疗仪器的临床应用》课程,尝试凝练知识点、问题引导、逻辑推演、实验验证等教学实践。上述举措提高了学生的知识综合运用能力、逻辑思考能力、解决问题能力,提升了课程教学质量。

【关键词】 医疗器械;　课堂教学;　数学;　物理;　医学

【中图分类号】 R-05

基金项目:浙江省高等教育课堂教学改革项目(kg20160028)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2020.02.007

Exploration of classroom teaching combining mathematics and physics with medicine

Bao Jiali[1], Zhu Chaoyang[2]

[1]School of Public Health, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; [2]School of Basic Medical Sciences, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

Corresponding author: Bao Jiali, Email: baojl@zju.edu.cn

[3] 任津瑶, 葛超, 陈丽霞, 等. 高职医学影像技术专业“三重一强”师资队伍建设的改革与实践[J]. 中国医学教育技术, 2017, 31(4): 396-398. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201704010.
Ren JY, Ge C, Chen LX, et al. Reform and practice of constructing teachers' team of medical imaging technology with "three focuses plus one strength" at vocational colleges [J]. China Medical Education Technology, 2017, 31(4): 396-398. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201704010.

[4] 赵瑞斌, 张晶, 郝晨汝, 等. 培养医学影像技术专业学生创新能力的研究与实践[J].中国继续医学教育, 2017, 9(4): 56-58. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2017.04.029.
Zhao RB, Zhang J, Hao CR, et al. Cultivation of practice ability and innovation ability of college students majoring in medical imaging technology [J]. China Continuing Medical Education, 2017, 9(4): 56-58. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2017.04.029.

[5] 肖寒, 程敬海, 俞洁莹, 等. 中日医学影像技术专业本科人才培养的比较与思考[J].卫生职业教育, 2018, 36(19): 7-8.
Xiao H, Cheng JH, Yu JY, et al. Comparison and thought on cultivation of medical imaging technology majors between China and Japan [J]. Health Vocational Education, 2018, 36(19): 7-8.

[6] 李兴辉, 黄小华. 数字化影像环境下医学影像技术专业教育的思考与探索[J]. 影像技术, 2017, 29(5): 4-6. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0270.2017.05.01.
Li XH, Huang XH. Thought and exploration on medical imaging technology education in digital image environment [J]. Image Technology, 2017, 29(5): 4-6. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0270.2017.05.01.

[7] 尹建东, 郭文力, 陈志安, 等. 关于四年制医学影像技术专业建设的思考[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32(11): 1803-1805. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2016.11.040.
Yin JD, Guo WL, Chen ZA, et al. Thought on the disciplinary construction of four-year medical imaging technology [J]. Journal of Practical Radiology, 2016, 32(11): 1803-1805. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2016.11.040.

[8] 于广浩, 朱险峰, 李莲娣, 等. 针对生物医学工程、医学影像技术专业的实践教学改革[J]. 中国卫生产业, 2017, 14(28): 197-198. DOI: 10.16659/j.cnki.1672-5654.2017.28.197.
Yu GH, Zhu XF, Li LD, et al. Practical teaching reform for the majors of biomedical engineering and medical imaging technology specialty [J]. China Health Industry, 2017, 14(28): 197-198. DOI: 10.16659/j.cnki.1672-5654.2017.28.197.

(收稿日期:2019-08-19)

(本文编辑:蔡骏翔)

【Abstract】 The combination of mathematics and physics with medicine is one of the difficulties in medical education. This paper analyzed seven factors that restricted the combination of mathematics and physics with medicine in current medical education, and explored classroom teaching methods including highlighting key knowledge, problem-guided teaching, logical deduction and experiment and so on in Clinical Application of Medical Device, a course particularly for medical students. In the end, it is concluded that the above methods have improved students' ability of comprehensive application of knowledge, logical thinking and problem-solving, and improved teaching quality. Also, this paper discussed teaching methods to improve the level of the course combining mathematics and physics with medicine.

【Key words】 Medical device; Classroom teaching; Mathematics; Physics; Medicine

Fund program: Project of Classroom Teaching Reform in Higher Education in Zhejiang Province (kg20160028)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2020.02.007

数学和物理在医学教育中常作为通识课程,在大学一年级开设。初入大学的医学生对数理课程在医学中的意义认识不深,医学类课程制定也没有体现数理知识对掌握、创造先进医疗技术的作用。通识课程设置的指导思想是只求知晓、不求精通。因此,医学教育中数学和物理课程较为浅显、内容难度较低。如浙江大学临床医学专业的高等数学课程的难度与文科类专业相当,临床医学专业的大学物理(丙)课程难度与农学类相当,是浙江大学数理课程中难度最低的。相当多的医学生认为数理知识对医学学习没有意义[1]。

纵观医学近 30 年发展,会发现如今的医疗水平有极大提高,其中医疗器械、仪器创新与应用进展较快,医师工作越来越依赖先进的医疗器械、仪器已成为不争事实。在此,针对目前医学教育忽视数理教育的重要性,分析课程理念、课程内容、教学方法等因素,提出数理与医学相结合的教学改革,以期提高医学生对未来医学进步,尤其是对医疗器械与仪器进步的适应力。

1　制约数理与医学结合的因素

1.1　医学教育对数理知识认知不充分

传统医学主要是依靠药物治疗,不需要数理知识,惯性思维中没有数理知识也可以培养出合格医师。随着现代医学的发展,依靠器械、仪器的诊疗越来越多,而当前医学教育没有深入分析过数理课程的医学意义、需要的知识点、认知的螺旋性,没有要求数理知识贯穿于医学教育全程;尤其医学本科教育阶段的课程设计中弱化了数理教育。

1.2　学生对数理课程认知不充分

多数医学生对医学的初认识来自于对现实医院、医师的认识,认为医学是生物学的延展,只要学好生物、化学就可以做好医师;不认为数学、物理对医学有用,甚至有学生自觉数理不好因而学医。在入学阶段缺乏专业指导,有些医学生一开始从心理上就对学习数理产生抵触。

1.3　缺乏数理与医学学科交叉背景的教师

医学数理课程基本上是由数学和物理专业教师承担,综合性大学此情况尤为突出。因与医学学科交集较少,这类教师不知道医学中需要什么数理知识,教学中也不能结合医学应用实例,使学生缺乏学习兴趣和动力。如很多学生反映物理中热力学知识与医学没有一点关系。另一方面,医学专业背景教师也不会教授医学中的数理。

1.4　课程内容不符合医学需求

医学数理课程简单、浅显,其内容没有覆盖医学所需知识点。例如,频谱(高频心电图、多普勒频谱、脑电图滤波器等)的概念在医学很多场合用到,其数学知识含级数、傅里叶级数、傅里叶变换等,而这些知识点在医学专业高等数学课程中不讲授。

1.5　医学专业课程中缺乏与数理相关内容

医学专业课程阶段,除了医学统计学外,没有其他与数理相关的医学专业课,学生没有机会进一步接触与数理相关的医学知识和技术训练。

1.6　医学课程回避数理表达,割裂了数理与医学的关系

人体系统状态变化都有内在逻辑,呈因果关系,数学可以揭示这种逻辑;用数学描述人体系统的概

念和因果关系是合理的，尤其是人体功能描述方面。然而，医学专业课中很少用数学描述医学概念、规律。例如，《生理学》描述肺顺应性是用公式“肺顺应性(C)=$\frac{\text{肺容积的变化}(\Delta V)}{\text{跨肺压的变化}(\Delta p)}$”[2]，这个概念完全可以用导数来描述“$C=\frac{\mathrm{d}V)}{\mathrm{d}p)}$”；并且可以进一步用图，如 p–V 图分析各种情况下的顺应性，如尘肺、肺气肿 p–V 斜率图；把文字概念用图描述，可以更好地帮助学生理解顺应性。

1.7 医学课程回避了物理原理和定律，使原有的逻辑变成教条

人体系统是一个自然系统，集成了自然固有特性和属性，包括物理特性。一些医学课程未讲解物理的概念和理论。例如，《临床诊断学》描述心电图产生原理时，在没有引用物理学电偶极子概念的前提下，提出了心电向量的概念[3]。学生很难理解心电向量，只能背诵相应知识点。在心电综合向量描述中，用很多文字描述向量加法，而这个关系用矢量代数是很容易说清楚的。再如《生理学》在描述肺通气阻力时独立描述弹性阻力和非弹性阻力，使其成为知识孤点和背诵点[2]。其实完全可以用数学方程，将这两个知识点与肺内压力、肺容量、呼吸流量等联系起来，成为关联性知识点。

2 数理与医学交叉的课堂教学实践

浙江大学医学院从 2010 年开始，在临床医学专业大学四年级开设《医疗仪器的临床应用》课程。目的是通过本门课程学习，使学生了解医疗仪器的分类、物理与生理原理、技术性能与特性、应用质量甄别与判断、临床适应证与禁忌证等，以帮助学生更好地学习、掌握、应用医疗仪器，使医疗仪器能够安全、有效、经济地应用[4]。该课程教师多年来积累了如下教学经验。

2.1 凝练知识点

从医疗仪器的物理、生理原理，凝练数理与医学结合的重要知识点，见表 1。

2.2 问题引导的教学实践

在每一堂课前，首先向学生提出与本节课相关的问题。例如，在血压测量中，为什么袖带要与心脏平齐；在心电图测量中，用乙醇作为电极导电膏可以吗、为什么；为什么超声检查时要用耦合剂；为什么 CT 不能检查出早期肿瘤，而 MRI 可以；如何判断脑电图中 α、β、δ、θ 波；如何判断呼吸机的气体泄漏。教师准备的都是临床上容易犯错或原理不清的问题，以提高学生的求知欲望。

2.3 数理与医学结合的逻辑推演的教学实践

每一个章节都有相应的医学问题和相应的数理理论，针对医学问题用数学和物理理论分析。例如，传统的呼吸机通气模式教学方法为词条式罗列所有通气模式，分别讲授各模式的特点和应用。本教学实践首先根据呼吸系统的生理过程建立呼吸的微分方程：

$$P_{\mathrm{A}}-P_{\mathrm{PL}}=R\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}t}+\frac{V}{C}$$

其中，R 为呼吸道阻力或非弹性阻力，C 为弹性阻力，P_{A} 为口腔压力，P_{PL} 为胸膜压，V 为肺容积变化量。

在这个模型中有 3 种情况：①当 $P_{\mathrm{PL}}=P_{\mathrm{atm}}$（大气压），表示胸膜压不变，即没有自主呼吸能力。呼吸机出口产生的口腔压 P_{A} 维持通气，为“强迫”通气模式。②当 $P_{\mathrm{A}}=P_{\mathrm{atm}}$（大气压），表示口腔压不变，有自主呼吸能力。人体呼吸系统产生胸膜压 P_{PL} 变化维持通气，为“自主”通气模式。③当 P_{A} 和 P_{PL} 均有变化时，表示有自主呼吸能力，但还要依靠呼吸机帮助，为“辅助”通气模式。

每一章都凝练医学问题的内在数理逻辑，用逻辑分析导出医学的解决方案。

2.4 理论与实践结合的实验验证的教学实践

实验分为 3 类：第一类在课堂上直接就可以做的，如血压测量；第二类在实验室可以做的，如导电膏、耦合剂、超声成像、X 线成像、呼吸机、除颤器、有创血压测量、监护仪等；第三类在医院才可以观摩的，如 CT、MRI、PET/CT 等。

对操作简单的医疗仪器可以进行课堂理论与实践相结合教学。例如，在血压测量中，为什么袖带要与心脏平齐？针对此问题教学，可用一个手腕式电子血压计，分别在手腕与心脏平齐、高于心脏、低于心脏 3 个体位上检测 3 个不同的结果。然后，提出利用伯努利方程，对于静态流体有：

$$P_1+\rho g h_1=P_2+\rho g h_2$$

其中，ρ 为血液密度，g 为重力加速度，P_1 和 h_1 为袖带处压力和位置，P_2 和 h_2 为心脏处压力和位置。

有 3 种情况：①当 $h_1=h_2$，表示袖带与心脏平齐；根据方程有 $P_1=P_2$，即袖带压与心脏压一致。②当

表 1　数理与医学结合的知识点

章节	数学	物理	医学
电子医疗仪器	矢量代数	基尔霍夫定律	细胞膜模型
		电偶极子	心电向量
		直流电	电极导电膏
	级数、傅里叶级数、傅里叶变换	滤波器	生物电频谱、脑电波、诱发电位
		伯努力原理	血压测量
电磁治疗仪器		电场	心脏起搏
		电磁波谱、电场能、容积导体	电除颤、射频消融、电刀
		冲击波、电磁能	体外碎石
电磁诊断仪器	像素、灰阶	磁矩、核磁共振、量子力学	组织弛豫（T1、T2）
		梯度场	磁共振成像
		电介质	电阻抗图
生命支持系统	微分方程	热力学过程、p–V 图	机械通气
		可逆循环	呼吸功
		连续性方程	通气模式
		扩散定理	血液透析
超声医疗仪器		声阻抗	耦合剂
		声的反射与透射	超声波成像
		声强度	听觉检查、HIFU
		波频率	目标器官检查深度
		波的聚焦	目标器官检查范围
		波的衰减	图像平衡(TGC)
放射医疗设备	能量减影	朗伯定律	X 线衰减
			DSA
	反投影法		CT
	像素、灰阶		CT 成像、MRI 成像
		CT 值	器官检查
核医学设备	弧中心理论	半衰期	氟代葡萄糖（FDG）
		正电子、量子力学	PET/CT
			γ 刀、立体定位
		高能粒子、量子力学	直线加速器
微创医疗仪器		瑞利准则	显微成像
		原子光谱	免疫荧光

$h_1 > h_2$，表示袖带高于心脏；根据方程有 $P_1 < P_2$，即袖带压低于心脏压。③当 $h_1 < h_2$，表示袖带低于心脏；根据方程有 $P_1 > P_2$，即袖带压高于心脏压。把 3 种分析结果与测试结果进行对照，以求证理论分析的正确性。

对于理论分析与实验结果一致的知识，可以肯定这个知识的正确性和稳定性。本课程不含“可能的”“提示我们”这类不确定的知识；这类知识可以作为科学研究，但不作为本科教学内容。

3　提高数理与医学结合课程教学水平的探讨

3.1　思想上要有共识

近年来，有医学教育研究提出，实施跨学科融合课程[6]、培养交叉学科视野下的复合型医学人才[7]、培养医学生医工结合创新能力[8]等。数理是跨学科、交叉学科研究的重要基础，应该强化数理课程在医学教育中的地位，提高课程难度和深度，达到理工类专业培养要求。

“用进废退”学说也许可以用在学习方面。医学生刚进入大学的数理能力与理工专业学生没有区别，但经过本科教育后医学生的数理能力显著不如理工专业学生，其原因是医学生接触的数理类课程太少、训练也太少、数理能力显著退化。建议在医学教育中段和后段，开设与数理相关的医学课程，如《医疗器械学》《医疗仪器的临床应用》等，使医学生适度保持数理能力并运用到医学实践中。

3.2 数理教学内容需改革

在有限学时下,要全面系统地讲授数理知识是不可能的;只有改进数理教学内容,突出医学上要用到的知识重点(表 1),以及未来医学有可能需要的数理知识(如纳米物理)。

3.3 医学教材编写需有医工专家参与

我国已有多版医学教材,但这些教材未注重数理与医学的结合。例如,某《生理学》教材已提及体外实验肺顺应性曲线[3],这就是物理热力学所述的 $p-V$ 图,但可惜没有成为数理与医学的结合点。

3.4 培养跨学科交叉的教师

教师素质在数理和医学结合的知识传授与能力培养中起决定性作用。从原创医疗器械、仪器发明者的学历和经历看,大多数人都具备多学科背景[9]。在师资遴选与培养方面,授课教师要有交叉学科学习和研究经历,至少本、硕、博学习期间不为同一专业。

3.5 有相应的实验支撑

医疗器械、仪器学科具有很强的实践性。有研究表明,各学制医学生辅助检查能力较弱[9]。这与学生的医疗器械和仪器理论不精、实践操作少有很大关系。所以,需强化医疗器械、仪器课程相应的实验教学,这可与临床技能训练相结合。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明　包家立:提出论点、因素分析、交叉知识点凝练、论文撰写、教学实施;朱朝阳:教学方法讨论

参考文献

[1] 裴群羽, 栗昭霞, 王景超, 等. 八年制临床医学专业课程设置和教学模式探析[J]. 中华医学教育杂志, 2011, 31(4): 519-520, 599. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2011.04.014.
Pei QY, Li ZX, Wang JC, et al. The analysis on curriculum design and teaching mode of eight-year clinical medicine specialty [J]. Chin J Med Edu, 2011, 31(4): 519-520, 599. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2011.04.014.

[2] 王庭槐, 阎剑群, 郑煜, 等. 生理学[M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 215-225.
Wang TH, Yan JQ, Zheng Y, et al. Physiology [M]. 3rd ed. Beijing: People's Medical Publishing House Co. Ltd, 2015: 215-225.

[3] 欧阳钦, 吴汉妮, 刘成玉. 临床诊断学[M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 340-344.
Ouyang Q, Wu HN, Liu CY. Clinical diagnostics [M]. 2nd ed. Beijing: People's Medical Publishing House Co. Ltd, 2005: 340-344.

[4] 包家立, 朱朝阳. 医疗器械在医学教育中的意义及教学实践[J]. 中华医学教育杂志, 2013, 33(1): 113-115. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2013.01.039.
Bao JL, Zhu CY. The significance and teaching practice of medical devices in medical education [J]. Chin J Med Edu, 2013, 33(1): 113-115. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2013.01.039.

[5] 宋汉君, 李丽疆, 张东东, 等. 本科医学教育中实施跨学科融合课程的研究与对策[J]. 中华医学教育杂志, 2008, 28(4): 39-40, 97. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2008.04.015.
Song HJ, Li LJ, Zhang DD, et al. Study and countermeasures for implementing interdisciplinary integrated courses in undergraduate medical teaching [J]. Chin J Med Edu, 2008, 28(4): 39-40, 97. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2008.04.015.

[6] 袁力, 张敬军, 刘林祥, 等. 交叉学科视野下复合型医学人才培养[J]. 中华医学教育杂志, 2014, 34(4): 500-503. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2014.04.007.
Yuan L, Zhang JJ, Liu LX, et al. Study on the training of compound medical talents under interdisciplinary background [J]. Chin J Med Edu, 2014, 34(4): 500-503. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2014.04.007.

[7] 高琴, 李伟正, 谭娟, 等. 医学生医工结合创新能力培养模式探析[J]. 中华医学教育杂志, 2014, 34(1): 41-44. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2014.01.012.
Gao Q, Li WZ, Tan J, et al. A study on cultivation model of medical talents's innovative ability in the combination of medicine and engineering [J]. Chin J Med Edu, 2014, 34(1): 41-43. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2014.01.012.

[8] 包家立, 朱朝阳. 从原创医疗器械的发明看创新型医师的培养[J]. 中华医学教育杂志, 2013, 33(4): 518-521. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2013.04.014.
Bao JL, Zhu CY. The cultivation of innovative physicians from the invention of medical device [J]. Chin J Med Edu, 2013, 33(4): 518-521. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2013.04.014.

[9] 卢燕, 续岩, 刘宝花. 北京大学医学部 2004 级~2008 级八年制临床医学专业学生临床能力分析[J]. 中华医学教育杂志, 2014, 34(6): 884-889. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2014.06.027.
Lu Yan, Xu Y, Liu BH. Analysis on the clinical competence of eight-year program medical students from 2004 to 2008 grade at Peking University Health Science Center [J]. Chin J Med Edu, 2014, 34(6): 884-889. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2014.06.027.

(收稿日期:2019-08-21)
(本文编辑:蔡骏翔)