PIBB 生物化学与生物物理进展
Progress in Biochemistry and Biophysics
2020，47（1）：69~80
www.pibb.ac.cn

编者按

科教融合是当前我国高等教育发展的趋势，较多的高校和研究机构已经在科教融合的模式和教学实践方面进行了探索．提倡高水平科学家参与教学活动、教学方法和教学内容的创新，是科教融合推进中的重要内容之一．为此，我刊开辟了“科教融合”栏目，该栏目将主要刊登以下各类论文：

（1）生命科学教学中新课程的开设与探索；

（2）包含生命科学新思想或前沿知识的优秀教学案例；

（3）生命科学教学方法的探索．

希望通过科教融合栏目的开辟和建设，积极探索高水平科学家参与教学活动的途径和方法，为从事生命科学教学工作的教师提供交流的园地．

赫荣乔博士，中国科学院生物物理研究所研究员，长期从事神经科学课题的研究，同时也参与神经科学的教学．2019年夏季学期，赫荣乔博士在中国科学院大学开设了《神经美学》课程．在该课程教学中，他将“脑三位一体”学说、“心理人格结构”以及“脑弥散性调节系统”结合在一起，探讨视觉审美体验的神经生物学基础，课程内容涉及人格心理、脑结构、神经元、分子（神经递质）四个层次，为研究生构建了宽阔的思维空间，激发了不同专业学生的学习热情、思考和讨论．《弗洛伊德“人格结构”与麦克林“脑三位一体”学说》一文介绍了《神经美学》课程在中国科学院大学的开设、讲授思路、学术内容及授课效果，既是对《神经美学》课程教学工作的总结，又包含了相关学术内容，贯穿着作者的学术思想．本期，我们推出此文作为科教融合栏目的开篇之作，以飨读者，也希望科教融合栏目能得到广大读者、作者的关注与支持！

弗洛伊德“人格结构”与麦克林“脑三位一体”学说*

——《神经美学》教学中遇到的问题、解决方案与讲义

赫荣定[2]　汲娟娟[1]　赫荣乔[1)**]

（[1)] 中国科学院生物物理研究所，中国科学院大学生命科学学院，北京 100101；[2)] 成都大学美术学院，成都 610106）

摘要　《神经美学》课程在中国科学院大学（国科大）生命科学学院首次开设，吸引了来自生命科学学院内外34种不同专业的99位研究生选课．神经科学或心理学专业的学生占26.5%，虽来自生命科学专业但神经科学知识基础相对薄弱的学生占63.5%，完全没有涉猎过神经科学和心理学的理工科学生占10%. 因此，在教学过程中，既要讲授神经科学等方面的基础知识使初学者得以理解《神经美学》，又要时时吸引神经科学和心理学专业研究生的学习兴趣．为此，我们设计了一个有针对性的教学方案，即把《神经美学》专业内容与相关神经科学的基础知识和前沿研究成果匹配在一起讲授，同时注意与学生互动、讨论．比如，在讲授弗洛伊德“人格心理结构”时，先介绍麦克林“脑三位一体”学说和“脑的弥散性调节系统”，再讲解“本我”与原始皮层和古皮层、“超我”与新皮层，以及“自我”、“本我”和“超我”的关系．然后讨论艺术创作、审美体验的神经基础，以及对经典画作的理解和审美等．课程内容从人格心理、脑结构、神经元、分子（神经递质）四个层次，为学生构建了一个较为宽广的思维空间．从学生课后提交的学习心得来看，此次教学不仅激发了他们对《神经美学》的兴趣和学习热情，同时提高了学生从美学角度进行思考以及追求美的意识．

关键词　神经美学，人格心理结构，脑三位一体结构，脑的弥散性调节系统，脑肠轴

中图分类号　G642，Q42　　**DOI**：10.16476/j.pibb.2019.0241

* 中国科学院大学《神经美学》课程讨论．

** 通讯联系人．Tel：010-64889876，E-mail：herq@ibp.ac.cn

收稿日期：2019-10-16，接受日期：2019-12-16

1 概　　述

1.1 关于《神经美学》

神经美学（neuroaesthetics）是神经科学、心理学、艺术、数学等学科领域的交集，是研究审美体验和艺术创作的神经基础的学科. 1876年，Gustav T. Fechner开创了实验美学（experimental aesthetics）[1]，以心理物理学的实验方法，研究审美行为及其心理学机制. 实验美学的建立和发展，标志着对审美体验的探究，逐渐脱离了哲学美学（philosophical aesthetics）先验论的思辨方式. 20世纪90年代，Kawabata等[2]和Ramachandran等[3]提出了视觉神经美学，开启了神经美学的研究历史. Semir Zeki在1999年建立了国际上第一个神经美学研究所，回答视觉审美体验的神经生物学基础和美的意义.

1.2 弗洛伊德的精神分析理论

奥地利精神病医师，西格蒙德·弗洛伊德（Sigmund Freud）提出的精神分析理论对于心理学、美学，乃至社会学领域都具有重大的影响，其核心内容强调潜在意识动机的存在，以及性和攻击本能的重要性. 弗洛伊德美学艺术观点，始终贯穿于精神分析理论之中. 他建立的人格心理结构（psychological structure of personality，简称：人格结构）理论，特别是无意识（unconscious）概念[4]，对分析和理解人的心理状态、行为、艺术创作等，具有重要的意义[5]. 虽然后来兴起的行为主义（behaviourism）对弗洛伊德的思想形成了挑战，但是他的精神分析理论依然对心理学和美学具有持久的影响，对于艺术创造的原动力、美感的起源、艺术的功用等重大问题的研究和分析依然可以借鉴.

1.3 从边缘叶到“脑三位一体”学说

1878年，Paul Broca[6]观察到，在哺乳动物大脑的内侧表面，拥有一组与周围皮层截然不同的皮层区域，在脑干周围形成一个环形边界，将其命名为边缘叶（limbic lobe），并认为其功能主要与嗅觉相关. 这个区域内有胼胝体周围皮质（主要位于扣带回）、颞叶内侧皮质（包括海马、海马旁回等）、间脑内的核团. 后来，James Papez[7]提出边缘叶存在与情绪相联系的解剖结构，该结构被称为“Papez回路”. 1948年，Yakovlev[8]认为边缘叶控制情绪的回路包括眶额、岛叶、前颞叶皮质、杏仁核、丘脑背内侧核等.

1952年，Paul D. Maclean[9]将边缘叶与脑干区别开来，提出了边缘系统（limbic system）概念. 边缘系统的进化使动物能够体验和表达情感. 他进而提出了人“脑三位一体”学说（triune brain theory），认为人脑的进化，经历了最初的爬行动物、古哺乳动物，再到人类脑新皮层的过程[10]. 此后，正如Rajmohan & Mohandas所述，Nauta及Heimer等学者，进一步发展了“脑三位一体”学说[11].

2 教学中遇到的困境与解决方案

2.1 《神经美学》教学面临不同专业研究生选修

学生专业分布广泛和选课自由度大，是中国科学院大学（国科大）研究生教育的特点. 这个特点在《神经美学》这门课程体现得相当明显，首次开课就吸引了不同学科背景学生的关注. 选课学生99人，来自27个研究院所，34种不同专业（附件图S1）. 选课学生来自神经科学与心理学专业的只有26.5%；更多的学生来自其他生命科学专业（63.5%），神经科学知识基础相对薄弱；还有完全没有涉猎过神经科学和心理学的理工科学生（10%）. 如果照顾非专业初学者而让讲课内容过浅，则神经科学及心理学专业学生的学习任务将不够饱满，反之则会使初学者兴味索然、不得要领.

另外，《神经美学》课程仅12个学时. 在较短的时间内，既要介绍专业内容，又要考虑初学者对神经科学基础知识的需要，如心理学、脑结构与功能等知识，这些都是学生学习和理解《神经美学》必须奠定的基础，是在教学中需要解决的问题.

面对如此情况，在课堂讲授中，采用了把专业知识和相关的基础知识匹配在一起介绍的教学方案（详见**2.2.1**），以求既能够顾及非神经、精神类专业的初学者，又能满足选课学生的求知愿望.

2.2 教学与效果

2.2.1 教学方案

在讲授《神经美学》课程的专业内容过程中，适时穿插必要的神经科学基础知识. 如在讲授弗洛伊德精神分析心理学过程中，先介绍麦克林“脑三位一体”学说，再介绍脑的“弥散性调节系统”（diffuse modulatory system of brain）. 从而简捷、直观地展现人格、意识与脑结构及其功能的相互关联，为理解弗洛伊德精神分析和美学思想奠定基础知识. 麦克林“脑三位一体”学说是对人脑复杂结构与功能进行描述的简化版，适合那些入门研究生了解脑的结构与功能. 而弗洛伊德的人格结构也简

明扼要，容易使人理解.同时介绍这两个学说，不但促进他们理解弗洛伊德美学的关键论点，还可以引发他们对《神经美学》的兴趣和讨论.另外，即使是神经科学专业学生也不会感到知识重复而产生厌倦，反而因过去所学的神经科学知识得到了归纳而获得感顿生.

教学内容包含人格心理、脑结构、神经元、分子（神经递质）四个层次的知识，给予学生一个相对广阔的思考空间.到目前为止，弗洛伊德精神心理分析的神经基础并不清楚，结合“脑三位一体”学说，可以激发研究生对两者之间的联系产生联想，从而迸发出新的思想火花.

2.2.2 测验方法

在课程结束后，让每一位选课学生写一份（1 000~1 500字）学习《神经美学》的感想，其中包括对教学的建议.该感想被作为检验教学效果和学生成绩的依据.

2.2.3 教学效果

统计显示，考试成绩呈正态分布，无学生不及格，表明学生掌握了《神经美学》的基础知识.值得注意的是，虽然两名最高成绩获得者为心理学专业和认知神经科学专业学生，但是成绩分布并不明显依赖于专业相关程度（附件图S2）.这里只展示成绩在前25名（1/4）的学生专业.多数学生在感想中列举自己的学习收获和兴趣点，对课程的设立和教学活动表达感谢之意；有约1/3的学生通过课堂教学引发了一些饶有兴味的神经美学问题，也有少数学生提出了教学改进建议.这在很大程度上肯定了所采用教学方案的合理性和所设计的教学内容对学生学习热情的调动.

2.2.4 学生的建议

在《神经美学》学习感想中，有学生提出，在《神经美学》的教学中应该增加“音乐美”的内容，即应该介绍人脑对音乐信息加工机制，以及音乐调剂人脑情感的生理学机制.也有神经科学专业学生提出，本次《神经美学》的教学，没有必要介绍神经科学和心理学基础知识，因为该同学对课堂上介绍的基础知识都已经学过，但《神经美学》的专业内容仍然吸引他完成了学习.也有学生认为教学进度较快，建议增加《神经美学》课程学时.

3 “脑三位一体”与“人格结构”的讨论（讲义部分）

迄今为止，未见把“脑三位一体”学说、“人格结构”以及“脑弥散性调节系统”结合在一起进行研究的学术报道.在此，作者将该讲义中的部分内容进行简要介绍.

3.1 “脑三位一体”学说

麦克林认为人脑由3部分构成（附件图S3），即“爬行动物脑”（reptilian brain）、古哺乳动物脑（paleomammalian brain）、新哺乳动物脑（neomammalian brain），并且假设这3个“脑”通过神经纤维彼此相互连接、各具功能、相对独立运行[12-14].

3.1.1 爬行动物脑或原始皮层（archicortex）

爬行动物脑又叫爬行动物类复合体（R-complex），是最早出现的动物脑结构，由脑干（间脑、中脑、脑桥、延髓）[15]、小脑和古老的基底核（苍白球与嗅球）组成（附件图S3a）.脑干和小脑对爬行动物的行为起主要作用，并调控和维持个体生命的重要功能，如：呼吸、心跳、觉醒、睡眠等.在脑干的作用下，人具有与爬行动物类似的本能行为模式：贪婪、冲动、多疑、屈服、偏执等.

3.1.2 古哺乳动物脑或古皮层（paleocortex）

人类边缘系统（limbic system），位于新皮层与脑干之间，是古哺乳动物脑的主体（附件图S3b）.其解剖结构包括：扣带回、齿状回、乳头体、杏仁核、海马、海马旁回及内嗅皮层，与大部分进化早期的哺乳动物的大脑相似.所以，麦克林称其为古哺乳类动物脑或古皮层.这些结构通过“Papez环路”相互联系[5]，并与其他脑区（脑干、丘脑、新皮层）有广泛联系，维持新皮层、中脑、间脑之间的信息交流.边缘系统的功能是参与调节动物本能和情感，也维持动物的生存、种族延续等.

3.1.3 新哺乳动物脑或新皮层（neocortex）

首次出现在灵长类动物的大脑的新皮层被定义为新哺乳动物脑（附件图S3c）.新皮层占人类个体脑容量的2/3.在进化过程中，人类额叶前端得到了显著的发展，它调节人的高级认知，包括意识、理性、语言、思维、推理等.同时还抑制边缘系统和爬行动物脑的活动，防止一些不恰当的行为发生.

3.2 弗洛伊德心理人格结构

弗洛伊德提出人格结构由“本我（Id）”、“自我（ego）”、“超我（super-ego）”三部分构成[11, 16].三者之间相互作用、相互依存、相互制约，形成不同的人格心理表现[17]（附件图S4）.

3.2.1 “本我”

“本我”，即原始的自己，人格的基本结构，属于人格的无意识（unconscious）部分，遵循“享乐原则（pleasure principle）”．“本我”包含先天本能、欲望、冲动、生命力在内的多种生理需要构成的能动系统，即心理能量之源．“本我”的欲望冲动受自然律的支配，不受逻辑、理性、社会习俗等因素的约束[18]．弗洛伊德认为，本能驱动是形成人格的基本要素，是动机的启动者．

3.2.2 “自我”

“自我”，即现实的自己，人格的表现型，属于人格的个人意识部分，遵循现实原则．从“本我”中分化出来，也接受“超我”的作用．“自我”具有意识，会对“本我”的冲动加以调节．由于遵从“现实原则”，“自我”充当“本我”与“超我”的调节者，起到个体适应自然和社会环境的作用[19]．

3.2.3 “超我”

“超我”，即理想的自己，人格的高层结构，属于人格的社会意识（包含无意识）部分，遵循道德原则，是道德化的“自我”．“超我”由社会规范、伦理道德、价值观念内化而来，受环境因素的影响，是社会化的结果．“超我”也影响和调节“自我”，使其向道德、宗教和审美等理想形态“升华”[18]．

3.3 心理结构与意识

弗洛伊德将意识分为无意识（有人称潜意识）、前意识、意识3个层次．无意识，即个体未觉察到的心理活动或心理过程，包括感觉和行为的无意识[20]．无意识是一个生存中必不可少的、活跃的自主运行系统．弗洛伊德认为，我们只意识到大脑的一小部分活动，而大部分活动都隐藏在无意识里．尽管我们没有意识到，但无意识的信息会深刻地影响我们的行为[10]．

动态无意识（dynamic unconscious）是去除无意识过程中的不具有心理学或个人意义的随机信息，只考虑与心理学相关的无意识过程[21]．它包含终生隐藏的记忆，人最深层的本能和欲望，以及人在控制这些力量时内心的矛盾[18]．为了表达方便，本文所提及的“无意识”即指动态无意识，除非给予专门的注释．

前意识，在认知心理学中是指曾经储存在长时记忆中的信息，但只有在必要情形下进行回忆时才会对其产生意识．前意识的作用是去除不为意识层面所接受的东西，并将其压抑到潜意识中去．

意识的定义较为繁多，自古以来就是一个模糊而有争议的概念[22]．17世纪，英国哲学家Locke[23]称意识为“人对进入自己心灵事物的知觉”．意识也曾被定义为直觉、主观性、体验和感受的能力，并具有感知“自我”和脑的控制系统（来源：Wikipedia）．2017年，He等[24]提出，意识即清醒状态下个体感受自身在环境中存在的知觉．意识是一种知觉的状态或特性，一种觉察外部事物或自身心灵存在的精神状态．

值得注意的是，无意识、前意识、意识三者之间会相互转化，是一个动态系统．在特殊情况下，当无意识进入前意识，甚至意识范围时，就可能产生梦、口误、笔误、自由联想、“白日梦”等[25]．

3.4 “脑三位一体”学说与“人格结构”

人脑是一个整体．新皮层、古皮层、原始皮层之间形成复杂、精细、准确连接的网络结构．本文假设“本我”与古皮层和原始皮层的功能相关，因为它们决定了人的动物本能，而新皮层与“超我”相关，因为新皮层的进化，代表了人脑区别其他动物的基本特性[26]．

3.4.1 “本我”与原始皮层

“本我”的特点之一是无意识．在无意识状态下，原始本能处于自主运行状态，与神经和内分泌系统密切相关，进而影响边缘系统和大脑皮层．如下丘脑是人调节性激素的中枢[15]，通过合成促性腺激素释放素（GnRH）作用于垂体前叶，后者产生卵泡刺激素（FSH）、黄体生成素（LH），作用于睾丸或卵巢产生性激素．性激素，特别是雄性激素是促进人类性欲的关键因子．就性欲而言，丘脑在视觉刺激性欲的过程中起到明显的作用，而在性欲满足的高潮时，人类的新皮层，特别是前额叶的活动受到抑制．这也许是“本我”享乐时“超我”被抑制的实验结果[27]．食欲的满足也属于生物本能的享乐，脑干是其主要工作的部位．瘦素（leptin）是一种由脂肪组织分泌，能够引起“饱腹感”的激素．该激素的功能作用于下丘脑腹外侧的瘦素受体，从而抑制饥饿感[28]．

再者，“本我”与生俱来，其冲动影响“超我”．脑干是人脑弥散调节系统（diffusive modulatory system，DMS）的起始部位[29]（附件图S5）．弥散系统的神经元位于脑干的中央核团，如去甲肾上腺素能、5-羟色胺能、多巴胺能、乙酰胆碱能神经元，分别位于蓝斑（附件图S5a）、中缝核（附件图S5b）、腹侧被盖区（附件图S5c）、

脑桥中脑被盖复合体（附件图S5d）. 其中每一个神经元都能够通过轴突与众多的突触后神经元接触，这些突触后神经元分布在脑的各个部位包括新皮层，从而作用于人脑功能的各个方面[29].

类似“本我”的特性仿佛可以体现在位于脑干的某些神经元活动上. 如位于脑干的中脑多巴胺能神经元持续放电释放多巴胺，作为“感觉良好、满足感”的大脑奖励机制，增强情感、注意、成瘾、快乐的感受等. 去甲肾上腺素能神经元的兴奋，帮助控制觉醒和警觉，增加交感神经系统（心率、血压、呼吸系统）物质和能量的代谢. 5-羟色胺能神经细胞的功能涉及饮食、睡眠、疼痛、抑郁、情绪、感知、饥饿，以及应对压力，包括奖赏和报酬[30]的调节. 胆碱能神经元在神经肌接头部位释放，调节肌肉运动，在海马释放则与学习、记忆、思考相关. 从人脑弥散系统来看，这些重要的神经递质的起始部位均位于脑干（原始皮层）.

脑干的网状激活系统（reticular activating system，RAS）接收来自脊髓延伸到延髓的多个感觉通路（触觉、痛觉、温觉）的输入，向上通过中脑和丘脑，投射到大脑皮层，维持和调节睡眠、觉醒、意识、警觉、注意等原始知觉[31]. 这些通路或直接到达皮层区域，或通过丘脑影响大脑皮层（导致觉醒和注意），将特定区域的信息转化为一个主观的感觉[31].

3.4.2 “本我”与边缘系统（古皮层）

边缘系统，被作为一个功能概念用来解释大脑的多种功能[31-32]. 边缘系统接受前额叶的抑制作用，又调控脑干功能[33-34]. 在某种程度上说，边缘系统在心理和生理体验之间架起了桥梁，从而连接意识与机体[35]，即调节和营造情绪状态，联系具有意识的大脑皮层功能和无意识的脑干功能，影响人的各种行为[36].

“本我”追求“享乐原则”，药物成瘾是其追求享乐的极端例子. 位于边缘系统的腹侧被盖区（VTA）的多巴胺能神经元，对伏隔核（NAcc）的输出参与成瘾过程[37]. 属于边缘系统的前扣带回与眶额皮层形成的环路与成瘾相关[38]. 总之，边缘系统与我们日常生活——如饮食和性活动——中产生的愉悦和享乐感相关[11]. 边缘系统的这些功能与遵循享乐原则的“本我”相对匹配.

边缘系统与我们的情绪和动机密切相关，尤其是那些与生存有关的情绪和动机、恐惧和愤怒. 海马是记忆操作系统，将短期记忆转化为长期记忆[39]，杏仁核调节情绪并产生与之相关的记忆[40]. 这些功能影响我们的潜在意识. 如果“本我”缺乏欲望和动力，就可能造成“自我”抑郁. Cui等[41]发现，星形胶质细胞钾离子通道Kir4.1，可引发位于边缘系统的外侧缰核神经元的簇状放电，从而抑制其下游单胺能神经元形成的“奖励中枢”导致抑郁情绪的发生[42]. 因此，边缘系统的许多功能或许是“本我”的神经基础.

3.4.3 “超我”与前额叶（新皮层）

从原始哺乳动物、非人灵长类，再进化到现代人，发展出了我们人类独有的更加复杂的社会意识、价值观念、道德体系和审美需求，这正是“超我”的体现. 在漫长的进化中，人类的脑容量增加了一倍左右，增加的部分主要体现在前额叶新皮层面积上[43]. 以至于人类大脑皮层总面积的1/3属于前额叶皮层（附件图S6）. 目前已知前额叶皮层是人脑高级功能组成的关键部位，参与认知、决策、语言、情绪、性格等功能的调节，是人脑的“中央处理器”[26]，调控人的高级智力活动，是人类思想和价值观等的神经基础. 因此，前额叶极有可能是“超我”的神经基础，即前额叶其功能与“超我”相对应.

青春逆反心理为此提供了例证. 驱动情绪的边缘系统从青春期（9~12岁）开始加速发育，并在接下来的数年内逐渐成熟，而抑制冲动的前额叶皮层的发育成熟相对缓慢，落后于充满激素的边缘系统的发育时程. 于是，出现一个过渡性的不平衡状态即青春期逆反. 因此，前额叶皮层发育进程相对缓慢，被认为是导致青少年情绪化行为的重要原因之一[44].

就“超我”的抑制效应而言[45]，可以看到内侧前额叶皮层（mPFC）包含抑制性GABA能中间神经元群体，它们在认知和情绪中起多种作用. mPFC中的GABA能神经元在调节工作记忆、决策、动机、厌恶等行为相关的情绪方面发挥作用，其功能障碍与多种脑疾病相关，包括重性抑郁症、精神分裂症、癫痫等[46].

3.4.4 “自我”可以调节“本我”与“超我”

人是社会性动物，具有社会意识，而“超我”服从道德原则，“自我”受到“超我”的约束；另一方面，无意识的“本我”产生的欲望，又激发和支配“自我”. 根据艾森克人格量表测定结果，“超我”的强度和“本我”衍生物的量表都与神经质呈正相关，而“自我”力量量表与行为“自我”控制

各方面的测量呈正相关[47]. “自我”在承受“超我”的约束和被“本我”支配的状态下，起到协调“本我”和“超我”的作用. “自我”不但受到“本我”的支配，也被“超我”压抑[48]. 在彼此的相互关系中，“自我”自然成为表达“本我”与“超我”之间的桥梁，同时又是调节者（附件图S7）.

面部表情直接与人的情绪相关，也是“自我”对情绪的一种最显著表达. “超我（新皮层）”控制下的“笑容”是有意识、故意做出“笑”，而“本我（古皮层和原始皮层”）是自然的、无意识的、发自内心的“笑”[49]. 大家都知道，无意识的笑，是真实的、快乐的笑（附件图S8）. 这也许可以解释人的面部在不知不觉中表达出来的快乐、恐惧和厌恶等情绪的真实性. 无论（超我）有意识，还是（本我）无意识的笑，综合起来就是展示在他人面前“自我”的笑容.

“超我”具有掩饰“本我”的作用. “本我”的强烈欲望（包括食欲、性欲等动物本能欲望），处于被压抑下的冲动状态. “本我”是动机的发起者，也是艺术创作的激情源泉. “本我”与“超我”的相互作用，综合表达出了一个现实的“自我”（图1）. 既然“自我”是表现型，是一个人的人格体现，必然与其所在的环境相互作用. 环境因素作用于“自我”，并通过自我调节“本我”和“超我”.

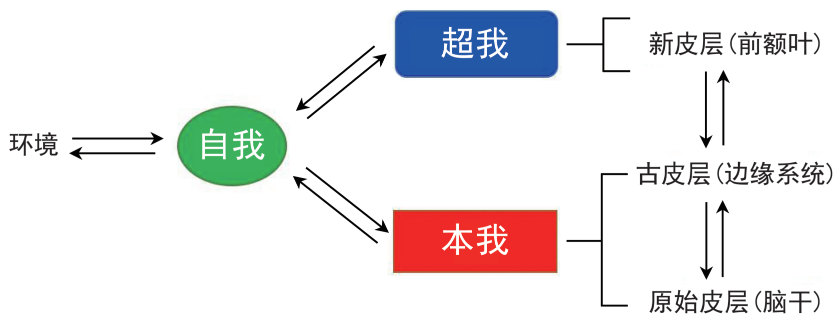

Fig. 1 A putative diagram for the relation among ego，Id and superego based on different cortices

图1 本我、自我、超我及其相关脑结构之间关系的示意图

“超我”与新皮质相关，“本我”与古皮质和原始皮质相关. “自我”体现了“本我”与“超我”的互动，环境影响“自我”，从而作用于“本我”和“超我”.

3.5 审美体验的神经基础

Pearce等[50]认为，复杂的审美体验与特定脑区的功能网络相关. 那么，审美体验的普遍性以及对艺术的群体偏好，是否意味着在人类中枢神经系统中具有共同的工作模式[51]，这就涉及到了共情（empathy）的话题.

共情是人类社会生活的心理基础，是建立行为、道德、审美共同标准的认知基础，涉及“超我”与社会意识. 当旁观者看到别人被触摸时，其脑内的镜像神经元可能被激活，也在心理上体验到被人触摸之感[52]. 这是一种简单的“共情”. “共情”即同理心，是从他人的角度理解或感受他人经历的能力、设身处地为他人着想的能力. “共情”的定义包含了广泛的情感状态，包括认知同理心、情感同理心和身体同理心. 显然共情具有明显的社会意识属性，应该属于“超我”层面.

既然“共情”与“超我”均具社会属性，调节共情的脑结构就可能与“超我”的相关. 脑功能成像显示，共情的发生将激活位于岛叶（insola）和颞中回（middle temporalgyrus）的镜像神经元. 其中，岛叶在面部识别的社会认同感方面起主要作用[53]. 另外，Bolognini[54]认为无意识是共情的基础，也就是说，在形成社会认同感的道德观念中，也有无意识的贡献. 这与弗洛伊德认为的“超我”也存在无意识行为相一致（附件图S4）. 总之，“共情”是人类建立社会同理心、共同的行为道德标准、美学标准所必需的[55]，也是神经美学必然面对的课题. 个人所获得信息总量的大约90%来自视觉系统，并且视觉体验更为直观和容易量化，所以审美研究主要集中在视觉审美. 研究表明，视觉审美体验的神经中枢与前额叶密切关联. Ishizu等[56]采用脑功能成像的研究结果显示，内侧额叶

皮质（mOFC）和尾状核的活动与视觉美感的体验有关. 在高尚行为引起的道德审美中，尾状核的活动波及前扣带回皮质可能是相关崇高体验的脑区.

4 讨 论

4.1 激发学生的兴趣和思考

激发对科学研究的兴趣，培养学生自觉主动学习、思考、讨论，提高解决科学与技术上问题的能力，是研究生教学的基本任务之一. 在《神经美学》的本次课程中，通过对课程内容的合理安排，选择弗洛伊德人格结构与麦克林的“脑三位一体”学说一并进行介绍和讨论，使不同专业的学生在较短时间内理解了人格、意识、审美与脑之间的相关性，激发了他们对艺术、审美，及其相关脑机制的好奇心.

在教学中，当把“人格结构”与“脑三位一体”两个学说放在一起讲授时，确实起到了引人思考的教学效果. 听课研究生很自然将两个“三分论”进行联系和比较，提出了一些体现求证愿望的问题. 脑干是否是“本我”的神经基础？边缘系统调节功能可以代表或部分代表“自我”吗？“人格结构”在脑内能够找到相应的分区吗？要回答这些问题，尚需长期研究和大量数据来证明. 总之，这次课程起到了促进研究生思考和想象的作用.

4.2 关于“三分论”

“三分（tripartite）论”就是将某事物“一分为三”进行考虑和分析的思维方法. 神经心理学的“三分论”可以追溯到2500年前的西方思想源头. 公元前5世纪的《理想国（the Republic）》及其毕达哥拉斯续集《底买（the Timaeus）》是心理生理学中“三分论”发展的基础. 在历史和当今一再出现“三分论”的思维方式，同时“三分论”一直在人类神经心理学的发展过程中保持着伸缩性[57]. 麦克林“脑三位一体”及弗洛伊德“人格结构”学说是西方“三分论”的现代科学版. 另一方面，“脑三位一体”学说为我们建立了一种采用“进化论”思路分析脑结构的模式. “脑三位一体”学说被认为是“二战”后神经科学领域最具影响力的理论之一，这是因为利用该学说，可以简捷明了地概括复杂的人脑结构与功能[58].

“脑三位一体”学说将人脑简单分为3个组分体现了时代的局限性，有些“一刀切”的感觉. 由于人脑是异常复杂的网络结构，虽然具有分区，但每一种功能的执行，都存在相关“环路”作为功能基础. 已有报道显示，“三位一体”学说对脑功能和行为的解释存在偏差，该学说有许多细节需要改进和完善. 如一组被称为“沟通大脑”的神经结构，在哺乳动物中介导人类的发音，显示爬行动物脑的组成部分与人类语言中枢的直接沟通[59]. 还有一些报道也说明了“脑三位一体”学说在解释一些脑功能的时候存在偏差等.

另一方面，氯化锂-匹罗卡品诱发癫痫性脑损伤大鼠缺乏母性行为的研究结果，支持了麦克林“脑三位一体”理论[60]. 也有研究发展和细化了“脑三位一体”的学说，提出人脑结构与功能存在多个层次的认知-情感组织和意识[61]. Ploog[62]认为，麦克林的学说为理解人类社会行为和人与人之间交流的生物学根源提供了有价值的见解，并认为在心理学领域，揭示自然科学和社会科学之间联系的时代已经到来.

总之，“脑三位一体”学说是一种近似模型，可以帮助我们理解复杂的脑功能[63]，有利于我们按照脑的进化以及脑发育的时间和空间，对脑进行有层次的结构与功能分析. 在教学上，特别是年轻学子初学脑与认知科学，了解认知、心理、行为等方面的脑机制，麦克林的学说具有显著的优势，并且很容易使脑科学得以在大众中普及.

4.3 心理人格结构与意识层次

如果说人的心理状态是漂浮在海上的一座冰川，意识就是暴露在水面之上的部分，而无意识和前意识暗藏在水下（附件图S4）. “自我”与“超我”相互作用，一部分暴露在水面之上，一部分低于水面，与“本我”相联. 在生理状态下，“本我”代表原始本能和欲望，藏身于水下. “自我”一方面代表“本我”，其目的是满足“本我”的需求；另一方面又受到“超我”的限制，需要在认可和规范的条件下满足“本我”的需求. 同“本我”的无条件自利、“自我”有条件的利己相比，“超我”的原则是符合社会需要、服从道德与利他原则. “本我”一旦浮出水面，就进入了意识层面；在“超我”的社会意识作用下，“本我”就会受到压抑. 当“本我”的欲望得不到满足时，“自我”就可能出现焦虑[64].

精神分析理论通过无意识的作用，来解释人格和动机[65]. 弗洛伊德认为无意识是一个储存库，蓄积欲望，包括社会不可接受的思想、创伤性记忆和心理压抑（特别是性欲的压抑），以及被抛诸脑后的痛苦情绪. 他认为艺术是被压抑欲望的表达和

满足，人们通常被艺术家所塑造人物的性格而感动. 一方面，人格结构为我们理解艺术创作激情的来源，提供了思考的逻辑. 被压抑的“本我”需要得到满足和表达，成为创作的动机和激情；另一方面，艺术家塑造的人物性格，往往与“本我”的人格密切相关. 然而，要弄清其中的神经机制，需要进一步开展研究给予阐明.

4.4 古皮层激活而新皮层失活的意识状态

觉醒（arousal）是人类在睡眠过程中，对其所在环境给予监测的一种生理状态. 外界环境变化，可以刺激引起觉醒. 因此觉醒涉及环境变化的信息处理[66]. Zou等[67]记录了健康年轻人在睡眠早期的脑电图和功能磁共振成像（fMRI）数据. 参照脑电图记录，对19名受试者的83例觉醒进行了功能磁共振成像信号变化分析. 他们发现皮质下区域（古皮层），包括中脑、丘脑、基底神经节和小脑，随着觉醒而被激活.

新皮层失活可能是觉醒的一种脑机制，传入的感官刺激到特定的大脑区域，从而使人在睡眠期间，形成一种下意识（无意识）状态，有利于人对环境扰动的监测[67]. 觉醒时刻，新皮层处于未工作状态，而脑干处于激活状态[68]，即脑干与新皮层之间的联系处于静息态. 脑干（包括丘脑）与前扣带皮层的激活与麻醉后意识的恢复有关. 人在恢复意识（清醒）时，脑干与新皮层之间的联系被激活.

弗洛伊德对梦具有深入的研究. 他认为梦是一种特殊的意识状态，是通向无意识的路径，或者说是一种被压抑欲望的表现形式[69]. fMRI的研究结果显示，睡眠的快速眼动期往往意味着受试者在做梦，在此刻脑干的活动十分明显，包括动眼神经、间脑、运动区等也有激活[70]. 由于梦中的视觉情景来自于无意识行为，因此代表视觉想象的枕叶视觉联合区有激活，而负责我们觉醒状态下视觉的脑区却没有激活[71]. 同时，前额叶也没有激活. 这些现象说明，在梦境中，有意识的前额叶（新皮层）处于静息状态. 如果说觉醒代表“本我”行为，苏醒则应该代表开启“超我”行为.

4.5 “脑三位一体”是否与“人格结构”相匹配

虽然弗洛伊德的“人格结构”与麦克林的“脑三位一体”分别出自社会科学家和自然科学家，虽然理论框架不谋而合，其各自阐述的功能类似，但在许多细节上不能一一吻合也是不言而喻的. 采用“脑三位一体”结构来解释“人格结构”，尚存在相当的距离. 既然“本我”、“自我”、“超我”是脑功能的体现，从逻辑推理，也就应该与其各自脑内的相关环路（网络）关联. 麦克林“脑三位一体”是一种从进化的角度对脑的功能粗旷分区，准确和细致的解剖结构在后来的研究中被一再更新. 比如，麦克林所说的“新皮层”则指整个扣带回以上的人类大脑. 这显然不符合当今神经科学对人脑进化的认识. 裂脑人（the split brain in man）的行为实验显示，对于人的行为，左右半脑之间也存在相互的制约作用[72]. 另外，从非人灵长类进化到现代人，主要体现在前额叶皮层等面积的增加[43]，所以本课程所讨论的新皮层，主要集中在前额叶. 也就是说，按照当今脑科学的发展以及对人脑结构与功能的认识，我们在教学中没有完全采用麦克林关于新皮层的原有结构. 关于这一点，我们在课堂上向学生进行了说明.

4.6 关于脑干与边缘系统结构的说明

脑干的结构组成存在两种不同观点，即是否将间脑纳入脑干的组成[73-74]. 由于脑干内的上行神经纤维直接投射到丘脑，丘脑是感觉系统向皮层投射中转站. 因此，教学中将间脑纳入到了脑干一起进行讨论. 另外，“边缘系统”是始于情绪研究的功能性概念，其组成结构尚未形成共识，不同作者描述的边缘结构组成不尽相同[75]. 其主要的差别也在于是否将间脑（丘脑、下丘脑等）纳入. 根据Morgane等[76]的观点，作者在讨论边缘系统时，也考虑了间脑（丘脑、下丘脑等）功能.

脑干是无意识的基础结构之一. 延髓（脑干的一部分）自主调节内脏活动，如循环、呼吸、消化等是典型无意识行为. 交感神经和副交感神经在自主调节内脏中起主要作用. 同时，性激素的分泌、月经周期无法有意识进行调节. 再者，内脏的疾病状态，如心肌梗死[77]的放射性疼痛、胃疼[78]、肝炎[79]等不良刺激，通过脑干上行网状系统，经丘脑再转投到皮层，也是我们的意识无法控制的. 当然，无意识行为包括呼吸、平衡、唾液、眼泪分泌等均为脑桥（脑干的另一部分）主导. 另外，从无意识角度来看，肠道微生物对脑和情绪的影响[80]，即“脑-肠轴”对脑功能的影响[81]，是一种无意识调节作用，当属“本我”的范畴. “脑-肠轴”通过迷走神经与大脑连接，“脑-肠轴”给予中枢神经系统五羟色胺和多巴胺等递质. 人体内90%血清素经过肠道微生物产生，能通过血液循环影响宿主的脑功能. 肠道微生物发出的信号可以影响边缘系统，

包括与恐惧感相关的杏仁核、与记忆相关的海马，或与积极性相关的前扣带皮层等，甚至可以影响与自我感知相关脑的岛叶，以及与道德感相关的前额叶皮质等许多区域[82].

4.7 学生的收获与建议

通过本次《神经美学》课程的学习和讨论，研究生们的收获如下：通过“脑三位一体”学说不但了解了人类脑结构与功能，而且理解了弗洛伊德“人格结构”和美学理论的基本概念.在了解原始皮层、古皮层、新皮层的功能的同时，比较了“本我”、“自我”、“超我”的概念与含义；在学习脑弥散性调节系统投射系统的同时，了解无意识、前意识、意识的基本内容，包括讨论了它们之间的关系；从理论上了解了人格和影响人性格的因素，相关的脑区和神经递质的作用，以及创造美的激情来源等.了解到无论弗洛伊德人格结构，包括美学理论，还有麦克林“脑三位一体”结构，都是在不断发展和完善中的学说[83].

接受学生们提出的建议，将在未来学期的《神经美学》教学中增加“音乐美”的审美体验及其神经基础.虽然极少数（占约3.8%神经科学专业）学生提出没有必要进行神经科学和心理学基础知识的补习，但是作者依然重视该建议.计划明年进一步改进教学方式，在保证大多数非专业学生正常学习的条件下，尽量提高专业同学的收获感.另外，有学生建议延长课程的学时，也有学生提出对“自我审美”的问题进行讨论等.

5 展 望

尽管弗洛伊德的学说在今天常常被认为含有经验主义的成分，但毫无疑问，它不仅对心理学、美学，甚至在美学的文化层面都产生了较大的影响[84].他的许多思想已经深入到公众的意识中，以至于我们常常忘记它们起源于他的精神分析传统.在他之后，也有一些学者在弗洛伊德的遗产基础上做出了贡献，如原欲动力学美学的创立[83]；而有些人则在批判弗洛伊德思想的基础上，发展了新的理论[85].

神经美学从脑与认知科学的角度为美学问题提供理论框架、实验手段、数据分析，从而可以理解审美体验以及艺术创造的心理学规律和脑机制.神经美学是理科与文科跨学科交叉，涉及神经科学、美学、心理学、绘画、音乐以及计算机科学等，也可能拓展到雕塑、建筑、园林风景等艺术学科.

无论是实验美学还是神经美学，其研究对象都涉及美的本质.审美体验的神经基础，唯美的神经环路，艺术灵感和创作激情的脑机制等，是当今神经美学的研究目标.尽管“脑三位一体”与“人格结构”学说各自存在不完美之处，但这两个理论依然处在发展和完善之中.学习弗洛伊德的美学理论[85]、麦克林的“脑三位一体”学说[86]、以及中枢神经系统的结构与功能，无论对理解神经美学的基本原理，亦或是认知自然美、行为美、艺术美、道德美仍然具有重要的意义.

附件 图S1~S8见本文网络版（http：//www.cnki.net或http：//www.pibb.ac.cn）.

参 考 文 献

[1] Augustin M D, Wagemans J, Carbon C C. All is beautiful? Generality *vs*. specificity of word usage in visual aesthetics. Acta Psychologica, 2012, **139**(1): 187-201

[2] Kawabata H, Zeki, S. Neural correlates ofbeauty. Journal of Neurophysiology, 2004, **91**(4): 1699-1705

[3] RamachandranV, Hirstein W. The science of art: A neurological theory of aesthetic experience. Journal of Consciousness Studies, 1999, **6**(6-7): 15-51

[4] Kandel E R, Schwartz J H, Jessell T M, *et al*. The Unconscious and Conscious Processing of Neural Information in*Principles of Neural Science*. 5th Ed. New York: McGraw Hill, 2013: 1019-1157

[5] Octave M. Freud: The Theory of the Unconscious. London: Verso Books, 2015 [1971]: 49-51, **152**-154

[6] Broca P. Anatomie compare de circonvolutions cérébrales. Legrand lobe limbique et la scissure limbique dans la série des mammiféres. Revue d'Anthropologie,**1878**(1):385-498

[7] Papez J W. A proposed mechanism of emotion. Arch Neurol Psychiatry, 1937, **38**:725-743

[8] Yakovlev PI. Motility behavior and the brain: stereodynamical organization and the neural coordinates of behavior. J Nerv Ment Dis, 1948, **107**:313-335

[9] MacLean PD. The limbic system ("visceral brain") and emotional behavior. Archives of Neurology and Psychiatry,1955, **73**:130-134

[10] MacLeanP D. A mind of three minds: Educating the triune brain// Chall J S, Mirsky A F. Education and The Brain. The Seventy-Seventh Yearbook of the National Society for The Study of Education, Part II. Chicago: University of Chicago Press, 1978: 308-342

[11] Rajmohan V, Mohandas E. The limbic system. Indian J Psychiatry, 2007, **49**(2): 132-139

[12] Holden C. MacLean and the triune brain. Science, 1979, **204**(4397):1066-1068

[13] MacLean PD. Evolutionary psychiatry and the triune brain. Psychol Med, 1985, **15**(2):219-221

[14] Reiner A. The Triune Brain in Evolution. Role in Paleocerebral Functions. Paul D. MacLean. Plenum, New York, 1990. xxiv, 672 pp., illus. $75. Science, 1990, **250**(4978):303-305

[15] Daniel A. Dorland's Illustrated Medical Dictionary. 32ndEd. Philadelphia, PA: Saunders/Elsevier. 2012

[16] Freud S. Introductory Lectures on Psychoanalysis. New York: W. W. Norton, 1933

[17] Compton A. On the psychoanalytic theory of instinctual drives. IV: Instinctual drives and the ego-id-superego model. Psychoanal Q, 1981, **50**(3):363-392

[18] 傅小兰等(译. 心理学[美]. 第3版. 上海: 华东师范大学出版社, 2014: 655-659
Daniel Schacter, Daniel Gilbert, Daniel Wegner, Matthew Nock. Psychology, 3rd Ed., New York: Worth Publisher, 2014

[19] Popper KR, Eccles JC. The Self and Its Brain: An Argument for Interactionism.Berlin:Springer-Verlag, 1977

[20] GeraskovEA. The internal contradiction and the unconscious sources of activity. Journal of Psychology,1994, **128**(6): 625-634

[21] Heather A. Berlin, the neural basis of the dynamic unconscious. Neuropsychoanalysis, 2011, **13** (1): 5-31

[22] Farthing G. The Psychology of Consciousness. Prentice Hall: Englewood Cliffs, 1992: 1-23

[23] Locke J. An Essay Concerning Human Understanding Book I: Innate Notions. London: Jonathan Bennett, 2017: 3-9(http://www.earlymoderntexts.com/assets/pdfs/locke1690book1.pdf)

[24] He RQ. Formaldehyde and Cognition. The Netherland: Springer Nature, 2017: 158-160

[25] Freud S. The Psychopathology of everyday life// Brill A. A. The basic writing of Sigmund Freud. New York: Basic Books, 1938: 38-178 (Original work published 1901)

[26] Zhong S, Zhang S, Fan X, *et al*. A single-cell RNA-seq survey of the developmental landscape of the human prefrontal cortex. Nature, 2018, **555**(7697): 524-528

[27] Stoléru S, Fonteille V, Cornélis C, Joyal C, Moulier V. Functional neuroimaging studies of sexual arousal and orgasm in healthy men and women: a review and meta-analysis. Neurosci Biobehav Rev, 2012, **36**(6):1481-1509

[28] Vannan DT, Bomhof MR, Reimer RA. Comparison of glucose and satiety hormone response to oral glucose *vs*. two mixed-nutrient meals in rats. Front Nutr, 2018, **26**(5):89

[29] Bear MF, Connors BW, Paradiso AM. Chemical Control of the Brain and Behavior, in Neuroscience: Exploring the Brain, 4th Ed, Part III, 2015, 521-550

[30] Li Y, Zhong W, Wang D, *et al*. Serotonin neurons in the dorsal raphe nucleus encode reward signals. Nature Communications, 2016, **7**:10503

[31] Parvizi J, Damasio A. Consciousness and the brainstem. Cognition, 2001, **79**(1-2):135-160

[32] Nakano I. The limbic system: an outline and brief history of the concept. Neuropathology, 1998; **18**:211-214

[33] Quirk G J, Beer J S. Prefrontal involvement in the regulation of emotion: convergence of rat and human studies. 2006, **16**(6): 723-727

[34] Anderson MC, Bunce JG, Barbas H. Prefrontal-hippocampal pathways underlying inhibitory control over memory. Neurobiol Learn Mem. 2016, **134**(A):145-161

[35] Chanes L, Barrett LF. Redefining the role of limbic areas in cortical processing. Trends Cogn Sci, 2016, **20**(2):96-106

[36] McLachlan RS. A brief review of the anatomy and physiology of the limbic system. Can J Neurol Sci, 2009, **36**(Suppl 2):S84-S87

[37] Jones S, Bonci A. Synaptic plasticity and drug addiction. Current Opinion in Pharmacology, 2005, **5**(1): 20-25

[38] Kalivas PW, Volkow ND. The neural basis of addiction: a pathology of motivation and choice. The American Journal of Psychiatry, 2005, **162**(8):1403-1413

[39] Yonelinas AP. The hippocampus supports high-resolution binding in the service of perception, working memory and long-term memory. Behav Brain Res, 2013, **254**:34-44

[40] Bocchio M, Nabavi S, Capogna M. Synaptic plasticity, engrams, and network oscillations in amygdala circuits for storage and retrieval of emotional memories. Neuron, 2017, **94**(4):731-743

[41] Cui Y, Yang Y, Ni Z, *et al*. Astroglial Kir4.1 in the lateral habenula drives neuronal bursts in depression. Nature, 2018, **554**(7692): 323-327

[42] Yang Y, Cui Y, Sang K,*et al*. Ketamine blocks bursting in the lateral habenula to rapidly relieve depression. Nature. 2018, **554**(7692): 317-322

[43] Shaw P, Kabani NJ, Lerch JP, *et al*. Neurodevelopmental trajectories of the human cerebral cortex. J Neurosci, 2008,**28**(14): 3586-3594

[44] Giedd J·N. The amazing teen brain. Scientific American, 2015, **312**(6): 32-37

[45] Radley JJ, Gosselink KL, Sawchenko PE. A discrete GABAergic relay mediates medial prefrontal cortical inhibition of the neuroendocrine stress response. J Neurosci, 2009, **29**(22): 7330-7340

[46] Sun Q, Li X, Ren M, *et al*. A whole-brain map of long-range inputs to GABAergic interneurons in the mouse medial prefrontal cortex. Nature Neuroscience,2019, **22**(8):1357-1370

[47] Cartwright D, DeBruin J. Imagery measures of ego, id, superego, and identity: validity studies. Multivariate Behav Res, 1988, **23**(4): 505-515

[48] 埃里克・坎德尔. 追寻记忆的痕迹. 罗跃嘉,等译. 北京:中国轻工业出版社, 2007
Kandel E R. In Search of Memory—The Emergence of a New Science of Mind. New York: W. W. Norton & Company, 2007: 34-35

[49] Gazzaniga M S, Ivry R B, Mangun G R. Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind. 4th Ed. New York: W. W. Norton & Company, Inc., 2014: 140-141

[50] Pearce MT, Zaidel DW, Vartanian O, *et al*. Neuroaesthetics: The Cognitive Neuroscience of Aesthetic Experience. Perspect Psychol Sci. 2016,**11**(2):265-279

[51] Nadal M, Chatterjee A. Neuroaesthetics and art's diversity and

universality. Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci, 2019;**10**(3):e1487

[52] Linkovski O, Katzin N, Salti M. Mirror neurons and mirror-touch synesthesia. Neuroscientist, 2017, **23**(2):103-108

[53] Braadbaart L, de Grauw H, Perrett DI, *et al*. The shared neural basis of empathy and facial imitation accuracy. Neuroimage, 2014, **84**:367-75

[54] Bolognini S. Empathy and the unconscious. Psychoanal Q. 2001, **70**(2):447-471

[55] Lanzoni S. Imagining and imaging the social brain: the case of mirror neurons. Can Bull Med Hist. Fall 2016;**33**(2):447-464

[56] Ishizu T, Zeki S. A neurobiological enquiry into the origins of our experience of the sublime and beautiful. Front Hum Neurosci, 2014, **8**:891

[57] Smith CU. The triune brain in antiquity: plato, aristotle, erasistratus. J Hist Neurosci, 2010, **19**(1):1-14

[58] Pogliano C. Lucky Triune Brain. Chronicles of Paul D. MacLean's Neuro-Catchword. Nuncius, 2017, **32**(2):330-375

[59] Newman JD. Vocal communication and the triune brain. Physiol Behav, 2003, **79**(3):495-502

[60] Peredery O, Persinger MA, Blomme C, *et al*. Absence of maternal behavior in rats with lithium/pilocarpine seizure-induced brain damage: support of MacLean's triune brain theory. Physiol Behav, 1992, **52**(4):665-671

[61] Velichkovsky BM, Krotkova OA, Kotov AA, *et al*. Consciousness in a multilevel architecture: Evidence from the right side of the brain. Conscious Cogn, 2018, **64**:227-239

[62] Ploog DW. The place of the triune brain in psychiatry. Physiol Behav, 2003, **79**(3):487-493

[63] Dervenis K, Tsialogiannis E. The neurophysiological and evolutionary considerations of close combat: A modular approach. Hell J Nucl Med, 2017, **20** (Suppl):162

[64] Freud S. Introductory lectures on psychoanalysis// StracheyJ, Ed. and Trans. The Standard Edition of the Complete Psychological Works of Sigmund Freud. Vol. 16. London: Hogarth Press, 1963

[65] Weiten W. Psychology: Themes and Variations. 9thEd. Belmont: Cengage Learning Publisher, 2013: 479-501

[66] Halasz P, Terzano M, Parrino L, Bodizs R. The nature of arousal in sleep. J Sleep Res, 2004, **13** (1): 1-23

[67] Zou G, Xu J, Zhou S, *et al*. Functional MRI of arousals in non-rapid eye movement sleep. Sleep, 2019[Epub ahead of print] (DOI: 10.1093/sleep/zsz218)

[68] Falahpour M, Chang C, Wong CW, *et al*. Template-based prediction of vigilance fluctuations in resting-state fMRI. Neuroimage, 2018; **174**: 317-327

[69] Freud S. The interpretation of dream. StracheyJ, Trans. New York: Avon, 1965 (Original work published **1900**)

[70] Schwartz S, Maquet P. Sleep imaging and the neuro-psychological assessment of dreams. Trends Cogn Sci, 2002, **6**(1):23-30

[71] Braun AR, BalkinTJ, WesenstenNJ, *et al*. Dissociated pattern of activity in visual cortices and their projections during rapid eye movement sleep. Science, 1998, **279**(5347):91-95

[72] Gazzaniga MS. The split brain in man. Scientific American, 1967, **217**(2):24-29

[73] Angeles Fernández-Gil M, Palacios-Bote R, Leo-Barahona M, Mora-Encinas JP. Anatomy of the brainstem: a gaze into the stem of life. Semin Ultrasound CT MR, 2010, **31**(3):196-219

[74] Zhu K, Wang X, Sun B, *et al*. Primary age-related tauopathy in human subcortical nuclei. Front Neurosci, 2019, **13**:529

[75] Nakano I. The limbic system: An outline and brief history of the concept. Neuropathology, 1998, **18**:211 – 214

[76] Morgane PJ, Galler JR, Mokler DJ. A review of systems and networks of the limbic forebrain/limbic midbrain. Prog Neurobiol. 2005, **75**(2):143-160

[77] Boateng S, Sanborn T. Acute myocardial infarction. Dis Mon, 2013, **59**(3):83-96

[78] Bolia R. Approach to "Upset Stomach". Indian J Pediatr, 2017, **84**(12):915-921

[79] Zhou Y, Wang X, Fan S, *et al*. A lumbrokinase isozyme targets hepatitis B e-antigen. Sci China Life Sci,2018, **61**(12):1596-1598

[80] Mayer EA. Gut feelings: the emerging biology of gut-brain communication. Nat Rev Neurosci, 2011, **12**(8):453-466

[81] Miller I. The gut-brain axis: historical reflections. Microb Ecol Health Dis, 2018, **29**(1):1542921

[82] Agustí A, García-Pardo MP, López-Almela I, *et al*. Interplay between the gut-brain axis, obesity and cognitive function. Front Neurosci, 2018, **12**:155

[83] Abrams S. A forward view. Celebrating the 150th birthday of the founder of psychoanalysis. Psychoanal Study Child. 2007, **62**:3-17

[84] 向翔 . 试论弗洛伊德的精神分析理论与原欲动力学美学的创立 . 云南社会科学, **1987**(4):80-86
Xiang X. Social Sciences in Yunnan, **1987**(4):80-86

[85] Kapfhammer HP. [Richard Freiherr v. Krafft-Ebing and Sigmund Freud--discourse on the "normality" and "perversion" of human sexuality at the close of the 19th century and the beginning of the 20th century]. Neuropsychiatr. 2015;**29**(4):163-178

[86] Lambert KG. The life and career of Paul MacLean. A journey toward neurobiological and social harmony. Physiol Behav, 2003, **79**(3):343-349

Psychological Structure of Personality and Triune of Brain*

——Problems， solutions and handouts in teaching of neuroaesthetics

HE Rong-Ding[2)], JI Juan-Juan[1)], HE Rong-Qiao[1)**]

([1)]*Institute of Biophysics, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, China;

[2)]*College of Art Fine, University of Chengdu, Chengdu* 610106, China)

Abstract Neuroaesthetics is a discipline in the study of the brain and cognitive basis for aesthetic experience and artistic creation. The course of neuroaesthetics was first opened in the college of life science at the University of Chinese Academy of Sciences (UCAS), attracting 99 graduate students from 34 different majors. Students majoring in neuroscience or psychology accounted for 26.5%, those majoring in life sciences but with a relatively weak knowledge base of neuroscience accounted for 63.5%, and those majoring in science and engineering with no experience in neuroscience or psychology accounted for 10%. Therefore, in the teaching process, we should not only teach basic knowledge of neuroscience and other basic aspects to beginners, in order to better understand neuroaesthetics, but also constantly attract the interest of graduate students majoring in neuroscience. To this end, we designed a set of targeted teaching program, that is, the basic knowledge of related neuroscience is taught together with the professional content of neuroaesthetics. When introducing cutting-edge research results, pay attention to interaction and discussion with students, and then summarize for interesting viewpoints. For example, when teaching Freud's "psychological structure of personality", we introduce Maclean's "triune of brain" theory and also introduce the "diffuse regulatory system of the brain". Then "Id" is discussed corresponding to paleocortex and archicortex, "superego" to neocortex. The relation of "ego" with Id and superego is also discussed in order to stimulate students' interest in and comparative thinking of the two theories of "personality structure" and " triune of brain ". Then, the visual information processing network is introduced. Finally, the creation characteristics of classic paintings are introduced, and the generation of aesthetic feeling is discussed. The content of the course analyzes aesthetic experience from the four levels of personality psychology, brain structure, neuron and molecule (neurotransmitter), and constructs a relatively broad thinking space for students. According to the learning experience submitted by students after the course, this teaching not only stimulates their interest and enthusiasm for learning neuroaesthetics, but also improves students' awareness of thinking from the perspective of aesthetics and the pursuit of beauty.

Key words neuroaesthetics, personality psychological structure, triune of brain, brain diffuse regulatory system, brain-gut axis

DOI：10.16476/j.pibb.2019.0241

---

* Neuroaesthetics course，University of Chinese Academy of Sciences.

** Corresponding author.

Tel：86-10-64889876，E-mail：herq@ibp.ac.cn

Received：October 16，2019 Accepted：December 16，2019