

从当代脑科学看禅定状态达成的可能性及其意义

周昌乐

(厦门大学智能科学与技术系、福建省仿脑智能系统重点实验室,福建 厦门 361005;
浙江大学语言与认知研究中心,浙江 杭州 310028)

摘要:禅定状态是一种不可思议的无生无灭、乃至无任何差异的绝对境界,只能直觉体悟而不可概念分别。那么,从当代脑科学的角度来看,这种禅定状态真的能够达成吗?通过归纳目前有关禅定状态的脑科学实验研究成果,对这一问题进行了深入分析,结果发现禅定静虑状态是一种不同于意识休眠状态的特殊心理活动,有着自身特定的脑电波特征,经常进行禅定静虑训练不但会影响个人的生理素质、有利于身体健康,而且还可以改善对生活认知与情感态度的改变,提高生活质量。当然,通过分析也发现,虽然当代脑科学实验手段,为验证禅悟状态的达成提供了一种实证途径,但就禅理上讲,我们依然无法了解禅定状态这种“冷暖自知”的主观体验。相信随着脑科学的不断发展,一定能够通过禅定静虑活动来调节心身健康,从而为提高生活质量提供更多的科学依据。

关键词:禅宗心法;禅定状态;脑科学实验;心身健康;可能性分析

中图分类号: B84 文献标志码: A 文章编号: 1674 - 2338 (2010) 03 - 0017 - 07

一 引言

在禅宗中,所谓禅定状态,就是一种不可思议(非人们的思虑和语言所能认知)的无生无灭、乃至无任何差异的绝对境界,只能直觉体悟而不可概念分别。我们知道,“定”为梵文 Sam dhi 的意译,音译作“三摩地”或“三昧”等,《俱舍论》卷 4 将它定义为“心一境性”,即心专注一境而不散乱。《大智度论》卷 5 则说:“善心一处不动而名三昧。”^[1](P. 11) 被奉为禅宗六祖的惠能则给出了一个更加具体的解释:“见本性不乱为禅。何名为禅定?外离相曰禅,内不乱曰定。外若著相,内心即乱,外若离相,内性不乱。本性自净自

定,只缘触境,触即乱,离相不乱即定。外离相即禅,内不乱即定,外禅内定,故名禅定。”^[2](P. 37) 因此禅定之“定”可以看作是一种心理的超稳定状态。其次,禅定还与禅之“慧”有关,这里的“慧”指一种观照能力,因此禅宗讲修行往往是“定慧”两字联用。由此可见,禅定可从两个方面来看待,即禅悟与禅观,两者一动一静,合为禅定。

对于禅观,就是静虑活动,强调的是坐禅看心、了见佛性的过程,以求达到缄口于是非之场、融心于色空之境。比如《楞伽师资论》中就有这一过程的描述:“初学坐禅观心,独坐一处,先端身正坐,宽衣解带,放身纵体,自按摩七八翻,令

收稿日期: 2010 - 03 - 03

作者简介:周昌乐(1959 -),男,江苏太仓人,理学博士,厦门大学信息科学与技术学院院长、教授、博士生导师,浙江大学语言与认知研究中心兼职教授,主要从事人工智能及其文理交叉方面的研究工作。

周昌乐:从当代脑科学看
禅定状态达成的可能性及其意义

ZHOU Chang le: The Probability of Zen Meditation States
Viewed from the Contemporary Brain Science and Its Significance

心腹中嗔气出尽,即滔然得性清虚恬净,身心调适然,安心神则,窈窈冥冥,气息清冷,徐徐敛心,神道清利,心地明净,照察分明,内外空净,即心性寂灭,如其寂灭,则圣心显矣。性虽无形,志节恒在,然幽灵不竭,常存朗然,是名佛性。见佛性者,永离生死,名出世人。是故《维摩诘经》云:豁然还得本心。信其言也!”[3](PP. 166 - 167)简单说就是“又须明解趣入禅境方便,远离愤闹,住闲静处,调身调息,跏趺宴默,舌拄上腭,心注一境。”[4](P. 430)这是达到禅定的途径。

禅观的目的,当然就是修成“禅定之境”了。惠能在《坛经·顿渐品》中对这种“禅境”的描述是:“见性之人……去来自由,无滞无碍,应用随作,应语随答,普见化身,不离自性,即得自在神通,游戏三昧。”[1](P. 324)这便是禅定状态,是一种超稳定状态:心不起心,色不起色,心色俱离,达到身心不起,常守真心。明代高僧云栖株宏在《禅关策进》中是这样描述这种状态的:“无分昼夜,直得东西不分,南北不辨,如有气的死人相似,触著还知,自然念虑,心识路绝。忽然打破骷髅,原来不从他得。”[5](P. 301)总之是达到了心性寂然不动的状态。用脑科学家 Libet 的意识心灵场 (CMF) 理论讲,就是由神经集群整体活动涌现的主观意识体验所形成的 CMF 达到超稳定状态。[6](PP. 180 - 186)因此,禅宗的心法,就是心进入超稳定状态的修养方法。注意,禅观之用是心,禅定之境也是心,因此禅观是以心观心而识“心”的心理活动过程。

那么,从当代脑科学的角度来看,通过禅定静虑的这种活动过程,真的能够达成禅定状态吗?进一步,如果能够达成这样的禅定状态,那么我们能够采用脑科学实验手段来证实这种状态的存在性吗?以及从脑科学的实证角度看,这种禅定状态的达成真的有助于改善心身健康从而提高我们的生活质量吗?为了能够深入讨论这样的问题,让我们首先来了解目前国际学术界对禅定静虑状态所开展的有关脑科学实验工作。在其基础上,来讨论禅定状态达成的可能性及其意义问题。

二 禅定状态存在性的脑科学实验分析

显然,对禅定静虑状态进行脑科学研究有助于深入认识禅观活动的神经机制,弄清禅定超稳

定状态达成的神经途径及其可能性。[7]目前有关这方面的研究已经取得了比较多的成果,[8]主要涉及的研究内容既包括禅定静虑过程的神经电生理方面脑电特性的研究,也包括有关禅观活动所涉及脑区的脑成像功能定位方面的研究。总的说来,迄今的脑科学研究发现,在脑电分析方面,禅定静虑主要与 (theta) 和 (alpha) 节律波有关联;而脑成像功能定位研究则通过脑区血流变化分析,给出了禅观活动时一般神经相关物 (涉及的脑区),比如与前扣带回 (anterior cingulate) 和背侧前额叶 (dorsolateral prefrontal) 等脑区有关。

在禅观活动的脑电特性方面,台湾交通大学电子与控制工程系的 Lo Pei-Chen 课题组在禅定静虑活动脑电分析方面进行了比较系统的研究工作。首先他们在禅定静虑过程的脑电研究中,记录的 EEG 信号有时出现由眼动、深呼吸等引起复杂的基底漂移。根据脑电节律,基底影响静虑阶段的层次。在研究中,他们描述了一种纠正基底漂移的新方法,能够利用自适应方式来提取复杂的基底漂移模式。[9]在此基础上,运用更加科学的方法来系统研究这种禅定静虑的脑机制,并在他们有关禅定静虑脑电的研究中,把节律的频率变化看作是禅定静虑活动中的一个重要变量。[10] 研究表明,节律可能与对应于各种程度关注性状态 (mindfulness state, 或译为禅观状态) 的不同禅定静虑阶段相关联,并基于周期变换方法给出了随时间变化的规律。

鉴于顿悟 (inner light perception) 是禅定静虑实践者的普遍经验,而定力 (blessing energy) 又是达到顿悟的关键。Lo 课题组也围绕着顿悟开展了研究,发现了脑电节律波的阻塞关联到静虑中的顿悟。[11] 根据实验结果和被试的主观体验,传统的禅师,为了证悟最终的真如本性,在通向目标的过程中他们敞开 (解脱) 内在的能量,此时对内在洞见 (inner light) 的感知可以理解作为一种回响。实验中观察到在内在洞见感知与脑电节律波阻塞之间具有明显的关联性。在进一步研究论文中给出了量化描述这种经验的脑电和 F-VEP (flash visual evoked potential) 的一种方法。[11, 12] 基于小波分析,Lo 课题组导出一组参数能够有效说明抑制波 (alpha-suppressed) 的脑电模式,[12] 并根据 F-VEP 的波峰分析得出在禅定静虑过程

中具有一个更稳定的视觉感受系统。[13]

其他方面的禅定静虑过程的脑电分析发现,禅定静虑状态还与 α 波有关,并分析了其中的一些特性。比如 Kubota 的研究表明,额中线节律 (Fm theta),是处在禅定静虑状态时心灵集中注意力的反映(或者是焦虑释放时的反映)。在包括前扣带回皮层在内的前额叶构成的注意网络被认为是该活动发生的所在(神经相关物)。[14]而对高级参禅者在四种不同重复的禅修中记录了多道脑电。发现在不同的禅修时 EEG α 波(35 - 44 Hz) 频谱活动有明显的不同。这样,对于开始于随意状态、到改变意识状态和自我体验出现等不同被试的禅定静虑状态下,激活不同的神经集群所涉及自诱发禅定静虑中所占优势脑区在不同情况下有差异。[15]有趣的是,这样的分析结果在与禅法具有一脉相承的瑜伽脑电分析中也有类似的问题。Aftanas 等人使用非线性分析方法考察了瑜伽静虑时重要的 EEG 动态性质。非线性维数复杂性估算,指出神经计算复杂性,是采用 62 道脑电仪通过对 20 个被试的休眠与静虑的实验得到的。相对于休眠,静虑在中间额叶与中央脑区伴有非线性维数复杂性下降。相反,在这些脑区的 α_1 (4 - 6 Hz)、 α_2 (6 - 8 Hz) 和 α_3 (8 - 10 Hz) 频谱带则都有增强。也就是说,非线性维数复杂性 (DCx) 反比于 α_2 和 α_1 而正比于 α_3 (22 - 30 Hz)。这说明静虑体验被更小复杂性的 EEG 动力学所描述,包括关闭了无关的维持集中内在化注意和禁止了不适合的信息的神经网络。总之,结果指出在静虑期间,动态变化的内在体验更好地由线性与非线性的 EEG 变化组合来说明。[16]特别是,可以采用 EEG 频谱及对个体化定义的 α_1 、 α_2 和 α_3 频段的关联性估算来说明包括禅定静虑在内的不同脑区活动,其中对于禅定集中性内化注意情绪提高了正向的“禅悦”(blissful) 体验。禅悦状态往往伴随增强前额叶与中线 α 波的同步振荡以及增强 α 在前额与后面联合皮层之间长距离连接性。被试的情感经验明显与 α 节律波相关联,而刻画了 α 更低的同步的内化注意,结果指出了在内化注意和正向情感体验状态中 α 振荡网络活动的选择联想机制。[17]

除了脑电方面的研究外,对于禅定静虑状态也开展了一些脑成像方面的功能定位研究。Lou

等人采用正电子发射断层成像技术 (PET) 对瑜伽禅定静虑状态与通常意识休眠状态的差异进行了实验分析, [18] 发现在禅定中涉及的脑活动部位有 V1、后感觉皮层和联合皮层。而对于通常的意识休眠状态,涉及的脑区则是背侧皮层与眼窝前皮层,前扣带回、左颞叶回、左次顶叶、条纹与视丘、小脑蚓体与小脑半球等主要是执行注意的神经网络。这表明 PET 成像方法可以区分这两种脑活动的脑区血流分布,并刻画这两种不同的脑活动模式。Newberg 等人则采用单光子发射断层成像技术 (SPECT) 来对禅定者进行扫描,实验发现,在禅定静虑活动中,扣带回 (cingulate gyrus), 眼窝前下皮层 (inferior and orbital frontal cortex), 背侧前额皮层 (dorsolateral prefrontal cortex), 以及丘脑 (thalamus) 中,区域性脑血流有显著增加。并且实验结果表明在禅定静虑过程中具有复杂的区域性脑血流模式。[19]

归纳起来,虽然有关禅定状态脑机制的科学实验研究还十分初步,但通过上述有关脑科学实验的研究分析,我们起码可以得知,禅定静虑状态是一种不同于意识休眠状态的特殊心理活动,有着自身特定的脑电波特征,如 α 节律的相关性,并主要与注意与联想等元认知活动有关。这些初步的结论,显然是与禅宗思想中所强调禅悟作为一种超元思维活动是吻合的。[20]

三 禅定状态功效性的脑科学实验分析

除了开展了上述禅定状态存在性的脑科学实验,以探索禅定静虑这种思维修的脑机制之外,当代脑科学界也同时开展了大量有关禅定状态功效性的实验研究。这方面的研究工作,主要研究有关禅定静虑状态对个性品质、生活质量、健康长寿等方面的影响。

Takahashi 等人对禅定活动中个性品质进行了量化分析, [21] 他们通过脑电图 (EEG) 关联性与心律变化 (HRV) 作为自主神经活动指标性参数,分析了禅定静虑对神经生理活动的影响,并估评了 22 位没有任何参禅实践经历的与焦虑品质相结合的结果。发现在禅定静虑期间,就所有被试的平均值而言,在额区出现跨半球间 α 慢波关联性增强,并观察到一个增强的高频自主神经活动和一个减弱的低频自主神经活动。进一步分析发现在反映内化注意的跨半球间 α 慢波与

反映放松程度的心跳自律活动之间具有反比关联性。焦虑品质的度量与跨半球间慢波关联之间是反比相关的,而与心跳自律活动程度是正比相关的。这说明,低度焦虑品质的人更容易进入内化注意的禅定静虑状态,反之则更容易进入放松性的禅定静虑状态。在进一步实验分析中还发现,在禅定静虑活动中,额叶区观察到快速节律波和慢速的节律波的增强。分析结果还说明内化注意和关注性是禅定静虑行为中最主要的核心因素。[22]

我们知道,禅定静虑是一种深度放松与加强内化注意相互依存的特殊意识状态。科学实验研究也发现禅定静虑的神经活动不但牵扯到脑电与血流变化,而且也反映神经递质的变化。Moon YS等人在禅定静虑活动中神经递质方面开展了研究工作。[23,24]他们发现血清中一氧化氮(NO)在禅定静虑中起着重要作用。在实验中,参禅组的血清氮含量明显超过控制组(非参禅组),另外血清中的二醛含量以及脂质的过氧化程度也一样,实验组明显高于控制组。因此可以肯定禅定静虑活动中这些都是相关的迹象,说明参禅活动对人脑确实存在特定的禅定功效作用。Kjaer等人对瑜伽的研究也发现,瑜伽静虑时,多巴胺调质的释放有明显增加,并发现在瑜伽静虑期间前额叶、小脑与皮下脑区等有明显的血流降低现象。[25]

在禅定状态功效性的科学探索方面,还有采用功能核磁共振成像分析方法(MRI)开展的研究。特别是Kakigi的研究,采用有损激光刺激来研究禅定状态对痛觉的消除作用。[26]研究通过核磁共振波谱脑磁图(MEG)和MRI记录瑜伽师声称无痛感觉的静虑状态来进行实验。作为MEG背景活动下,就枕叶、顶叶和颞叶的脑区而言,与非禅定静虑状态相比,在禅定静虑状态中大约在10 Hz范围的频谱峰值大大增加,这可能意味着被试处于非常放松的状态,但却没有睡着。此时,MEG记录的初级(S₁)和二级有关体觉皮层(S₂)与痛觉有关的皮层活动是非常微弱的,甚至没有。对于MRI记录,在静虑与非静虑状态之间,就丘脑、脑岛和扣带回皮层的活动存在非常明显的变化,非静虑状态中这三个区域活动有明显增加;相反,在静虑状态下则活动减弱,并且在丘脑基底中的活动更弱。说明静虑状态

有助于抑制痛觉体验。

由于参禅活动不但对脑电、血流,甚至调质的变化均产生影响,因此可以推测长期进行参禅活动一定对心灵塑造和身体健康产生影响。早期的研究已经发现针灸和禅法,都是精神治疗的方法,而这两种途径的治疗均是由脑电的波刻画的。[27]最近的研究又发现,禅定静虑不但与心律变化有关联,[28]而且修行者理解“禅定”或心灵训练,确实使得自己的心灵生活导致长久认知与情感的改变。[29,30]

目前尚不知禅定静虑活动是否对脑具有物质性的影响。Lutz的研究发现长期自诱导禅修者在静虑中产生高频波振荡子和相位同步,其模式不同于受控情况下情形。以及其他观察到的现象表明心灵训练涉及颞叶整合机制,并可以导致短时和长期神经物质性改变。特别是在瑜伽活动练习中大脑节律波增强变化与死亡细胞活动有关联,[31]这样也许可以解释古代禅师们长寿的奥秘。另外,研究工作还发现,禅定静虑训练也有利于脑机接口的效率。看来,禅定静虑对于大脑高效利用也是很有帮助的。[32]

总之,就目前的脑科学实验研究的结果而言,经常进行禅定静虑训练不但会影响个人的生理素质、有利于身体健康,而且还可以改善对生活认知与情感态度的改变,形成良好的心理素质。这从某种程度上说明,禅定状态对于心身健康具有一定功效性,并非是空穴来风,而是具有科学依据的。

四 禅定状态达成的可能性分析

按照禅宗的理论,心性达到了不动的境界,就可以洞见自己的本心、见取自性,从而了然一切,成佛成祖。如“心不动,不动是佛”、“于自性中,万法皆见(现)”、“万法尽在自心”、“自性心地,以智慧观照,内外明彻,识自本心。若识本心,即是解脱”等讲的都是这层意思。而禅定状态则是洞见自己本心的具体体现。正像引言中指出的,这里所说的禅定状态,是一种不可思议(非人们的思虑和语言所能认知)的无生无灭、乃至无任何差异的绝对境界,只能直觉体悟而不可概念分别。贾题韬在《中论》的“绪论”中指出的:“有些问题,形式逻辑解决不了……就是说世界上所用的一套逻辑,要谈最高的境界——无相,

就要失去效用,因为,我们的理性有所限制,最严重的是我们的理性本身有内在的矛盾,自身的矛盾,自己很难解决。”^[33](P.3)

这样一来,对于禅定状态达成的可能性证明,只有通过禅悟式的自明性体悟,而别无他法。五祖弘忍有言:“无上菩提,须得言下识自本心,见自本性,不生不灭。于一切时中,念念自见,万法无滞,一真一切真,万境自如如。如如之心,即是真实。”^[34](P.325)六祖惠能也强调指出:“故知一切万法,尽在自身中,何不从于自心顿现真如本性。”^[2](P.30)这就是禅宗顿悟真性所强调的“以心观心”之论。

对于“禅定状态”的这种自明性证悟,实际上就是对精神本体的自我展示,也是对万物终极本体的自我展示。因为“性含万法是大,万法尽是自性见”。^[2](P.25)一切事物都是自性的显现,而自性包容万法、显现万法、运作万法,无非一心而已,所谓:“一切万法,本无不有,故知万法本因人兴。”^[2](P.30)

问题是,对于禅宗而言,通过观心是如何能够动态地、富有成效地达成这种禅定状态的呢?或者更具体地说,这种禅定状态,通过修行真的能够达成吗?传统上,验证一位参禅者是否见性往往采用“以心验心”途径进行,即禅宗所谓的“传灯”,主要是由开悟的禅师,通过行为态度或机锋对答来勘察参禅者是否达到了彻悟的境界。现在根据前面脑科学取得的成果,是否就可以通过脑科学实验来衡量参禅者是否真的达成这种境界、甚至给出达到这种状态深度的刻画呢?

问题的回答显然是否定的。尽管有了大量脑科学实验研究,但目前还不足以说明禅定状态达成的可能性问题。从思辨的角度上讲,由于验证“禅定状态”本身的自反映本性,任何分析实证的方法对于这个自我“禅定状态”的把握都是无济于事的,所谓“觅心不可得”者,那么通过“观心”(即以心观心)又如何达到顿悟,从而解决这一问题的呢?为了“了然于心”,你必须“息心”,为了“自我”,你必须“忘我”,禅悟就是要让你“舍”,通过“舍去”来“达成”,包括舍去这“通过“舍去”来“达成”的执著,你才会“明心见性”,达成“禅定状态”。

对如此复杂的问题,或许我们可以借助于混沌动力学分析来给出一些启发性思考。从当代

脑科学的研究成果来说,可以这样看待“心”——心是一种主观体验意识,有两个基本的属性:即(1)主观感受和体验,构成“心”的表现; (2)实施高级心理活动的前提,构成“心”的作用。现在,如果把人脑神经系统看作是一个混沌动力学系统,那么也许禅定状态就是系统的一种混沌吸引子,并具有超稳定性质。一旦参禅者达到了这种超稳定心理状态,我们就可以说参禅者进入了一种禅境。那么,佛教中描述的这种禅境又有什么性质呢?按照佛教《成唯识论》中的解释,这种禅境具有六个方面的性质:(1)刹那灭(涌现性); (2)果俱有(同显性); (3)恒随转(演化性); (4)性决定(整体性); (5)待众缘(全息性); (6)引自果(自因性)。有趣的是,这也正是混沌动力学系统的主要性质。因此,从某种意义上讲,确实可以借助于这种混沌动力学建模的方法,来说明“禅定状态”达成的可能性问题。

一般从神经动力学的观点看,脑动力学建模的首要任务就是要依据脑电实验结果来建立介观状态变量的微分方程组模型。根据 Freeman 介观神经动力学的观点,^[35]应用脑电场时空分布的脑电图(EEG)提供的数据,是完全可以展开相关的整体脑动力学的建模研究的。因此,对于我们的问题,如果能够在大量采集禅定状态脑电实验数据的基础上,结合目前介观脑动力学建模方法,采用数值拟合方法,来建立一种描述禅观活动的动态脑动力学模型,并开展计算仿真研究,对禅观过程中神经活动的一般规律进行分析,那么说不定能够对这种“禅定状态”现象可能性问题给出某种合理性的说明。

我们相信,随着脑科学的进一步发展,或者通过脑科学实验来证实,或者通过混沌动力学分析来证明,人类最终能够通过对自己大脑的认识,来给出禅悟可能性的实证性答复的。我们期待着这一天的来临。

五 结 论

禅修是佛教徒修行的主要方法之一,禅修的目的就是要明心见性,任运自在,而能够达到禅定状态是其中一个重要标志。现在有了脑科学实验手段,就可以对这种神秘的禅定状态存在性与功效性进行科学检验,虽然依然无法了解那种“冷暖自知”的主观体验,但起码可以在某种程度

上了解到达这种境界的神经系统表现特性(多了一种验证禅悟状态达成的实证途径,而不是像传统禅师们,仅仅通过行为表现特征来判定这种禅定状态是否达成)。特别是,目前已有的脑科学实验已经证实,通过合理的禅修活动能够有效提高身心健康。这对于正确引导参禅静虑活动来调节身心健康,从而提高生活质量提供科学依据,有着十分重要的意义。我们希望,随着脑科学研究的不断深入,能够更加全面的考察禅定状态达成的可行性,以及禅观活动对于改善人们身心健康、提高生活质量的意义,让禅宗心法这一古老的思维修行方法,为现代人类获得更加优良的生活而做出新的贡献。

参考文献:

- [1] 洪修平. 禅宗思想的形成与发展 [M]. 南京:江苏古籍出版社, 2000.
- [2] 郭朋. 坛经校释 [M]. 北京:中华书局, 1983.
- [3] 净觉. 楞伽师资论 [C]//石峻. 中国佛教思想资料选编:第2卷第4册. 北京:中华书局, 1981.
- [4] 宗密. 禅源诸途集都序 [C]//石峻. 中国佛教思想资料选编:第2卷第2册. 北京:中华书局, 1981.
- [5] 云栖株宏. 禅关策进 [M]//净慧. 禅宗名著选编. 北京:书目文献出版社, 1994.
- [6] Libet, Benjamin. Mind time: the temporal factor in consciousness [M]. Harvard University Press, 2004.
- [7] Rappagay L, Rinpoche VL, Jessum R, Exploring the nature and functions of the mind: a Tibetan Buddhist meditative perspective [J]. *BIOLOGICAL BASIS FOR MIND BODY INTERACTIONS PROGRESS IN BRAIN RESEARCH*, 122: 507 - 515, 2000.
- [8] Cahn BR, Polich J, Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies [J]. *PSYCHOLOGICAL BULLETIN*, 132 (2): 180 - 211, 2006.
- [9] Lo, P.-C. Leu, J.-S. Adaptive baseline correction of meditation EEG [J]. *American Journal of Electroneurodiagnostic Technology*, 41 (2): 142 - 155, 2001.
- [10] Lo, Pei-Chen; Leu, Jenq-Shiun, Quantification of pseudo-periodicity of alpha rhythm in meditation EEG [J]. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 25 (1): 7 - 13, 2005.
- [11] Lo PC, Huang ML, Chang KM, EEG alpha blocking correlated with perception of inner light during Zen meditation [J]. *AMERICAN JOURNAL OF CHINESE MEDICINE*, 31 (4): 629 - 642, 2003.
- [12] Chang, KangMing, Liu, Chuan-Yi, Lo, Pei-Chen, An investigation of inner light during Zen meditation using alpha-suppressed EEG and VEP [C]. 2nd International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering-Conference Proceedings, 2005, p656 - 659.
- [13] Chang, KangMing; Lo, Pei-Chen, F-VEP and alpha-suppressed EEG-physiological evidence of inner-light perception during Zen meditation [J]. *Bio-medical Engineering-Applications, Basis and Communications*, 18 (1): 25, 1 - 7, 2006.
- [14] Kubota Y, Sato W, Toichi M, Murai T, Okada T, Hayashi A, Sengoku A, Frontal midline theta rhythm is correlated with cardiac autonomic activities during the performance of an attention demanding meditation procedure [J]. *COGNITIVE BRAIN RESEARCH*, 11 (2): 281 - 287, 2001.
- [15] Lehmann D, Faber PL, Achemann P, Jeanmonod D, Gianotti LRR, Pizzagalli D, Brain sources of EEG gamma frequency during volitionally meditation-induced, altered states of consciousness, and experience of the self [J]. *PSYCHIATRY RESEARCH-NEUROIMAGING*, 108 (2): 111 - 121, 2001.
- [16] Aftanas LI, Golubeikine SA, Non-linear dynamic complexity of the human EEG during meditation [J]. *NEUROSCIENCE LETTERS*, 330 (2): 143 - 146, 2002.
- [17] Aftanas LI, Golubeikine SA, Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation [J]. *NEUROSCIENCE LETTERS*, 310 (1): 57 - 60, 2001.
- [18] Lou HC, Kjaer TW, Friberg L, Wildschjodtz G, Holm S, Nowak M, A O-15-H₂O PET study of meditation and the resting state of normal consciousness [J]. *HUMAN BRAIN MAPPING*, 7 (2): 98 - 105, 1999.
- [19] Newberg A, Alavi A, Baime M, Pourdehnad M, Santanna J, d'Aquid E, The measurement of regional cerebral blood flow during the complex cognitive task of meditation: a preliminary SPECT study [J]. *PSYCHIATRY RESEARCH - NEUROIMAGING*, 106 (2): 113 - 122, 2001.
- [20] 周昌乐. 禅悟的实证: 禅宗思想的科学发凡 [M]. 上海: 东方出版社, 2006.
- [21] Murata T, Takahashi T, Hamada T, Omori M, Kosaka H, Yoshida H, Wada Y, Individual trait anxiety levels characterizing the properties of Zen meditation [J]. *NEUROPSYCHOBIOLOGY*, 50 (2): 189 - 194, 2004.
- [22] Takahashi T, Murata T, Hamada T, Omori M, Kosaka H, Kikuchi M, Yoshida H, Wada Y, Changes in EEG and autonomic nervous activity during meditation and their association with personality traits [J]. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PSYCHOPHYSIOLOGY*, 55 (2): 199 - 207, 2005.
- [23] Moon YS, Kim DH, Song DK, Effect of Zen meditation on serum growth factors/cytokines [J]. *EUROPEAN NEUROPSYCHOPHARMACOLOGY*, Suppl 3 (15): S621 - S621, 2005.
- [24] Kim DH, Moon YS, Kim HS, Jung JS, Park HM, Suh HW, Kim YH, Song DK, Effect of Zen Meditation on serum nitric oxide activity and lipid peroxidation [J]. *PROGRESS IN NEUROPSYCHOPHARMACOLOGY & BIOLOGICAL PSYCHIATRY*, 29 (2): 327 - 331, 2005.
- [25] Kjaer TW, Bertelsen C, Piccini P, Brooks D, Alving J, Lou HC, Increased dopamine tone during meditation-induced change

- of consciousness [J]. COGNITIVE BRAIN RESEARCH, 13(2): 255 - 259, 2002.
- [26] Kakigi R, Nakata H, Inui K, Hiroe N, Nagata O, Honda M, Tanaka S, Sadato N, Kawakami M, Intracerebral pain processing in a Yoga Master who claims not to feel pain during meditation [J]. EUROPEAN JOURNAL OF PAIN, 9 (5): 581 - 589, 2005.
- [27] Freed, Simon, POSSIBLE PHYSIOLOGICAL BASIS FOR EFFECTIVENESS OF ACUPUNCTURE AGAINST PSYCHOSOMATIC DISORDERS [J]. *Acupuncture & Electro-Therapeutics Research*, 12(2): 113 - 123, 1987.
- [28] Cysarz D, Bussing A, Cardiorespiratory synchronization during Zen meditation [J]. EUROPEAN JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY, 95(1): 88 - 95, 2005.
- [29] Cormacchi E, Stadler MA, Long-sustained theta-activity during deep meditation: A single case study with a zen master [J]. INTERNATIONAL JOURNAL OF PSYCHOPHYSIOLOGY, 54(1 - 2): 175 - 176, 2004.
- [30] Lutz A, Greischar LL, Rawlings NB, Ricard M, Davidson RJ, Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice [J]. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA, 101(46): 16369 - 16373, 2004.
- [31] Kamei T, Toriumi Y, Kimura H, Kimura K, Correlation between alpha rhythms and natural killer cell activity during yogic respiratory exercise [J]. STRESS AND HEALTH, 17(3): 141 - 145, 2001.
- [32] Lo, Pei-Chen; Wu, Shu-Da; Wu, Yueh-Chang, Meditation training enhances the efficacy of BCI (brain computer interface) system control [C]. Proceeding of IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, 2004, 2: 825 - 828.
- [33] 龙树. 中论 [M]. 重庆: 四川省新闻出版局, 1994.
- [34] 河北禅学研究所. 禅宗七经 [M]. 北京: 宗教文化出版社, 1997.
- [35] Freeman W. J., Neurodynamics: an exploration in mesoscopic brain dynamics [M]. London UK: Springer-Verlag, 2000.

The Probability of Zen Meditation States Viewed from the Contemporary Brain Science and Its Significance

ZHOU Chang-le

(Cognitive Science Department, Xiamen University, Xiamen 361005, China; Fujian Key Lab of the Brain-like Intelligence Systems, Xiamen 361005, China; Center for the Study of Language and Cognition, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China)

Abstract Zen meditation states direct to the most original true self, promising intuitional insight rather than analytical thinking. Can it be proved by brain science today? The paper presents an in-depth analysis of its probability based on brain research findings on Zen meditation states. Zen meditation states are a special mental activity characterized by singular brain waves, different from the state of sleeping. It cannot only benefit the physical health system but also favorably affect the mental outlook on life. Although brain science has yielded evidence for Zen method of mind training, the question remains as to how it happens. With the development of brain science, the question will be investigated fully with more scientific evidence.

Key words: Zen method of mind training; Zen meditation state; brain science experiments; Physical and mental health; probability analysis

(责任编辑:山宁)