

内隐序列学习意识的理论、测量和影响因素*

张剑心 黄 颀 张润来 刘电芝

(苏州大学教育学院, 苏州 215123)

摘 要 内隐序列学习意识理论有二分和渐进两种观点。意识的主观和客观行为测量来源于二分理论, 其研究却产生了渐进理论; 电生理和脑成像测量则存在严重的二分偏向。影响意识的三因素——反应刺激间隔(RSI)、人格开放性和新异刺激都是意识产生的原因, 其有关研究各自支持或反对两种意识理论, 进一步探索可能孕育出新的意识理论。鉴于二分理论无法解释中间意识, 反之渐进理论无法解释意识与无意识的脑区分, 本文提出双系统渐进理论或可统合两者, 且可能促使大脑网络技术探索意识产生机制的多样性和竞争性等新研究的产生。此外, 所有测量方式的敏感性等级尚待确定, 影响意识三因素的交互作用也值得探索。

关键词 二分理论; 渐进理论; 双系统渐进理论; 意识测量方式; 意识影响因素

分类号 B842

内隐学习不仅是人类学习的重要形式, 也是研究意识的有效方法(付秋芳, 傅小兰, 2006; Voss & Paller, 2009)。内隐序列学习是内隐学习及意识的主要研究范式之一。相比于人工语法和复杂系统学习等内隐学习范式, 内隐序列学习能够产生完全内隐、直觉、熟悉感、边缘意识和外显这样具有层级的不同意识状态, 因此研究内隐序列学习中的意识, 可能是揭示人的意识产生、不同意识状态特征和其机制的重要途径。下面通过介绍意识理论、测量方式和影响因素三个紧密联系领域的研究, 试图揭示内隐序列学习中意识的本质, 意识的不同种类, 及意识产生与变化的机制。

1 内隐序列学习中意识理论的分歧

1.1 内隐学习意识的定义

内隐学习中对意识的定义, 有两种方式: 一种是操作性定义(Destrebecqz & Peigneux, 2005)。研究者忽略意识的概念性定义, 而采用某种测量方式来定义意识, 如各种主观测量和客观测量。其优点在于可以获得量化的意识数据以成功区分

内隐和外显学习, 但是缺点是必然以测量方式的特性来定义意识, 这可能出现以下问题: (1)无法保证这些特性能界定意识。如客观测量方式的加工分离程序 PDP (Jacoby, 1991)以受控来定义意识, 但是受控未必只是意识的特征(Fu, Dienes, & Fu, 2010)。而主观测量方式如信心评价、熟悉感、直觉等测量的很可能是某种特殊的中间意识, 既不是意识也不是无意识(Dienes & Scott, 2005)。(2)无法探测纯粹的意识加工, 所得数据中包含了一定的无意识成分和中间意识成分(如再认任务)。因此操作性定义的意识很不严谨, 而且是情景依赖的。由于各种测量方式探测意识的敏感度不同, 同一个实验采用不同的意识测量方式, 可能得到不同的结论。于是一些研究者试图采用意识的概念性定义。一些学者采用高阶意识理论(HOT, Rosenthal, 1986; 1995)来定义意识, 如信心评价(Holender, 1986; Reingold & Merikle, 1993)。但是信心评价不是对意识的直接测量, 而是对意识的元认知的测量。而且无意识知识也可能产生高信心如直觉, 并且信心评价会受到个体反应偏向差异影响(Dienes, 2004), 削弱外部效度。因此不能完全区分意识和无意识。所以 Rünger 和 Frensch (2010) 等采用全局可用性(global availability)定义意识, 全局可用性包含两个方面, 一是可以在任何任务和测量方式中利用刺激(规则)的全部内

收稿日期: 2014-07-28

* 国家自然科学基金面上项目(31271084)资助。

通讯作者: 刘电芝, E-mail: dianzhiliu@foxmail.com;

张剑心, E-mail: blade_kensin@163.com

容,如口语报告和迁移任务;二是建立了一个全脑的长时程连接的工作空间(a global Workspace)——前额叶、顶叶和扣带回等认知控制组件与刺激加工脑区(如纹状体)的长时程连接,从而能随时对刺激(规则)进行自上而下的调用和处理。根据该定义得到口语报告是纯粹的意识测量,而其它所有的主观和客观测量方式,都不能完全满足全局可用性定义。如被试可能通过熟悉性和流畅性完成再认任务,虽然再认任务高于随机,但其知识不具有全局可用性;生成任务也有相同的问题。Rünger等认为全局可用性是最好的定义,而口语报告是最纯粹和最敏感的意识指标。但是正是因为全局可用性定义及其操作性测量方式——口语报告的这些优点,造成其对意识限定的范围狭窄——被试可能不报告信心低的意识内容(Shanks, 2005),而且无法测量到介于意识和无意识之间的中间意识状态,如直觉、熟悉性等,也无法分离出中间意识状态中客观存在的纯粹意识成分。因为中间意识状态虽然伴随着口语报告,但是这种口语报告(直觉、熟悉性)由于不符合全局可用性定义,而被排除在意识定义之外。笔者认为意识可能是多种多样的,操作性和概念性定义都可能是正确的,但都只是对不同的意识状态或某个特征的定义,因此试图获得一个统一的纯粹的意识定义是不可能的,且不合乎事实。未来应该探索各种不同的意识状态,用各自的特征来定义自身,获得不同意识状态的定义,这样或许更可行并更接近真相。

1.2 内隐序列学习意识理论的二分和渐进观点

内隐序列学习中的意识主要有二分和渐进两种基本观点。

二分的观点认为内隐学习是一种与外显有意识学习相对应的纯粹的无意识学习过程,内隐和外显是两个相互分离的独立的加工系统(Goschke & Bolte, 2007)。相关的研究致力于无意识学习和意识学习的分离。常用的研究范式是内隐序列学习,如果被试习得了序列规则,即在后续练习中反应速度提高,改换成随机序列则反应速度下降,但实验后的主观测试却不能报告获得的规则,就认为产生了无意识学习;反之,能报告规则并用以指导行动的是有意识学习(Haider, Eichler, & Lange, 2011)。双眼竞争(Dehaene, Sergent, & Changeux, 2003; Sergent & Dehaene, 2004)和掩蔽刺激范式

(Del Cul, Baillet, & Dehaene, 2007)的大量研究都显示,意识的产生是无或者全的形式,支持意识和无意识二分的观点。内隐序列学习中意识和无意识知识的加工脑区和ERP特征的分离在ERP和fMRI实验中亦有较多揭示(Ferdinand, Rünger, Frensch, & Mecklinger, 2010)。但是这些实验的目的就是测量意识和无意识的分离,所以一般选取意识程度差异较大的任务作比较:如纯粹内隐序列学习和纯粹外显学习。这就是用有偏差的实验操作来验证二分观点,可能系统性的忽略了从无意识向意识过渡的中间意识阶段。而即使在实际中探测了中间意识状态,研究者也按照二分的观点将中间意识状态拆解为意识和无意识成分(如PDP),这种还原论的方法可能无法描述中间意识状态的本质特征。

另一种观点则认为内隐学习过程是一个意识渐进、动态发展的学习过程(Shanks, 2003; 2005)。研究者发现学习活动中纯粹的意识与无意识状态非常少见,更多的学习状态位于完全意识和完全无意识之间即中间意识状态。Cleeremans和Jiménez (2002)指出,学习过程中知识表征的形成经历了一个神经联系从弱到强,表征质量从差到好的过程,只有具备一定质量(稳定性、强度和独特性)的表征才能进入意识视野,从无意识到意识的过程是动态递进的,内隐知识和外显知识之间只是表征质量“量”的差异,而不存在“质”的区别。Destrebecqz和Cleeremans (2001; 2003)探讨了反应刺激间隔RSI (response stimulus interval, 即被试反应到下一个刺激出现之间的时间间隔)对内隐序列学习意识的影响并采用表征质量理论进行解释,发现RSI = 0 ms时被试主要获得无意识知识,当RSI增加至250 ms及以上主要产生意识知识。近年有关“边缘意识”(fringe consciousness)的研究也支持渐进观点。Norman, Price, Duff和Rune (2007)采用改进的序列学习任务考察了内隐序列学习中的边缘意识。结果表明被试表达出对习得序列片段的可靠熟悉感,或是对后续序列位置的期待感,同时又不知道序列规则的存在,从而证明边缘意识的存在。该研究结果与Dienes和Scott (2005)年的研究结论一致。Dienes和Scott提出了判断知识和结构知识的概念,认为判断知识用来判断字符串是否符合语法,结构知识用来说明具体的语法结构,实际测量的学习结果如直觉和熟

悉似乎是两者的混合体, 既非“纯意识”亦非“纯无意识”——其判断知识是意识的内容, 而结构知识是无意识的。近年来内隐序列学习的研究(Fu et al., 2010)也支持判断知识与结构知识的分类。这些研究也与 Norman (2010)、Norman 等(2007)的边缘意识定义吻合。

已有内隐学习研究, 采用相同范式的不同设计或在单一设计中采用不同测量方式往往会出现不一致的实验结果(Norman, 2010), 测量得到的意识指标大多存在量的差异, 这种差异很难用二分理论来说明, 而意识渐进的观点提供了可能的解释。而且渐进的观点提供了对中间意识状态的一种解释, 用统一的机制描述知识从内隐转化到外显的过程。因此张润来、刘电芝、张剑心和程昊旻(2013)认为二分理论只是功能性概念, 方便意识和无意识的功能性分离以及对分离进行描述性的解释; 而渐进理论则是解释性理论, 可以解释产生分离的机制和过程, 并弥补了二分理论不能解释中间意识状态的缺陷。但是 Cleeremans 和 Jiménez (2002)的渐进理论存在三个问题: 一是无法解释内隐和外显学习在脑区上的分离。二是表征质量线性增长的观点, 可能忽略在意识渐进过程中产生质变的意识区间。三是它是单系统(表征质量)渐进理论, 只是中间意识状态的一种可能性, 不是唯一解释。因此本文在展望中提出了更有解释力和发展前景的双系统渐进理论。

2 内隐序列学习中意识的行为测量方式及其敏感度

意识测量方式可以从意识理论中产生, 同时又是验证意识理论和量化意识的工具。因此, 意识测量方式是所有内隐序列学习意识研究的必要内容。

为探索学习行为和学习意识的分离程度, 内隐序列学习研究分别采用学习效果的测量和意识的测量。学习效果的测量分为直接测量(如规则判断)和间接测量(如反应时), 而意识测量包括主观测验(如口语报告和信心评价等)和客观测验(如再认测验和生成任务)。这些意识测量对内隐序列学习中无意识和意识成份都具有一定程度的敏感性, 但它们又有各自的局限性。

2.1 意识的主观测量

口语报告是内隐序列学习研究中最常用的主

观测量法, 被试完成序列反应时任务后, 通过口头报告来描述序列规则, 当反应时的缩短无法通过口语报告进行解释时, 这种分离被认定为是无意识知识的作用。然而, 口语报告存在的局限是它很可能无法正确表达意识知识(Shanks, 2005; 郭秀艳, 杨治良, 2001)。此外, 信心评价(Holender, 1986; Reingold & Merikle, 1993)、直觉与熟悉感(Deniens & Scott, 2005; Fu et al., 2010)、期待感(Norman et al., 2007)、结构知识与判断知识(Dienes & Scott, 2005; Fu et al., 2010)也是内隐序列学习中常用的主观测量手段, 它们通常是结合客观测量任务进行的, 同样存在可能无法正确表达意识知识的缺陷。

2.2 意识的客观测量

鉴于主观报告存在的局限性, 客观测量就成为意识测量的另一种选择。在内隐序列学习研究范式中, 通常用再认任务作为意识检验指标, 要求被试再认出符合规则的序列。然而有研究发现, 再认任务的成绩与被认为代表了内隐效果的内隐序列学习任务的学习量之间呈现显著的正相关(Shanks & Johnstone, 1998)。从而产生再认任务是否同时包含意识与无意识成分的争论, 进而逐渐发展了具有更强意识测量敏感度的强化再认-编辑任务(Mathews, Buss, Stanley, & Blanchard, 1989)、生成任务(Perruchet & Amorim, 1992)、反馈生成任务(Willingham, Nissen, & Bullemer, 1989)、自由生成任务(Destrebecqz & Cleeremans, 2001)。借鉴内隐记忆中的对抗分离逻辑 PDP (Jacoby, 1991), Destrebecqz 和 Cleeremans (2001; 2003)首先系统地序列学习的生成测试阶段引入包含与排除的生成任务, 包含任务涉及意识和无意识两种成分的协同作用, 排除任务考察对意识成分的主动抑制能力。他们发现不同 RSI 的意识程度是不同的。在采用相似实验设计进行的系列研究中, 有的研究再现了这一结果(Norman et al., 2007), 而其它的一些研究却没有能够再现这种影响(Shanks, Rowland, & Ranger, 2005)。这些不一致的结果使研究者认为排除任务的意识测量敏感度有待提高, Norman 等(2007)设计了改进的方法——生成旋转任务, 研究结果有力的支持了 Destrebecqz 和 Cleeremans (2001; 2003)先前的研究所得出的反应刺激间隔(RSI)影响意识渐进的结论。由于生成旋转任务需要被试更主动地进行意识知识的提取

和抑制,因而比传统的排除任务能更有效地测量意识成分。由于上述不同的方法测量到的意识状态也很可能不一样,因此得到的结果很不一致。

2.3 行为测量方式的敏感区间

关于不同意识方法的敏感性问题,研究者们只是根据各单个的研究,推测出各种测量方式的大致敏感区间(Graham, 1995; Snodgrass, Bernat, & Shevrin, 2004; Rünger & Frensch, 2010),见图1(译自 Rünger & Frensch, 2010)。

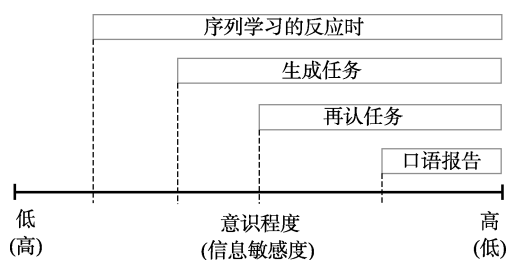


图1 不同意识测量方式的可能的敏感性区间
(译自 Rünger & Frensch, 2010)

注: 竖直的虚线表示每种测量方式高于随机时需要的最小意识程度。意识程度和信息敏感度的方向正好相反, 因为测量方式包含的意识区间越大, 对信息敏感性越高; 反之则敏感性越低。如口语报告只能测量意识程度较高的区间, 不能测量到内隐成分和中间意识成分, 所以对信息敏感度低。

遗憾的是, 不同意识测量方式的敏感性并没有得到系统的实证研究。更值得注意的是: 上述测量得到的都是某种意识状态或某些侧面的特征, 可能包含了多种意识成分, 比如生成任务 PDP 算是量化程度和区分度最高的行为测量, 能够通过包含和排除任务把意识状态拆分为受控加工(即意识成分)和自动加工(即无意识成分), 但是内隐认知控制的大量研究表明, 受控并不是意识成分的独特特征, 无意识成分也能受控(Kiefer, 2012; Horga & Maia, 2012), 所以生成任务 PDP 量化得到的受控加工可能同样包含了意识和无意识成分。因此每种测量方式测量到的意识状态或某些侧面特征是什么, 包含什么意识成分? 需要进一步确定。

2.4 行为测量方式和意识理论互为因果

绝大部分的意识行为测量方式都是遵循二分理论产生的, 这些测量方式也在一定程度上证明了二分理论的合理性和可操作性。特别是客观测量, 如生成任务 PDP, 通过包含和排除任务, 能把任何意识状态还原为意识和无意识成分。当然,

缺点是丢失了该意识状态的本质特征。有趣的是, 建立在二分理论基础上的生成任务, 居然被研究者用来验证渐进理论(Destrebecqz & Cleeremans, 2001; 2003)。Norman 等(2007)则设计新的生成旋转任务发现了边缘意识, 提出了从属于渐进理论的边缘意识观点, 这是测量方式能够证明甚至产生意识理论的例证。

意识的主观测量也来源于二分理论(Rünger & Frensch, 2010)。但由于主观测量是被试的主观感受, 能保留意识状态的本质特征, 所以反而发现了很多新的中间意识状态, 支持了渐进理论。如 Dienes 和 Scott (2005)发明了和生成任务相结合的意识递进主观测量(猜测、直觉、熟悉、规则、记忆), 提出了判断知识和结构知识相分离的观点, 并从两者的关系来解释和完善了渐进理论(Fu et al., 2010)。这也是测量方式能够证明甚至产生意识理论的例证。

3 内隐序列学习中意识的电生理和脑成像测量方式与指标

无论逻辑和实验设计多么严密, 行为测量毕竟是对意识产生和运作机制的一种推测(比如来自于意识理论假设), 且任一个行为测量都包含了多种意识成分。因此, 有必要采用能直接揭示机制和区分度更高的电生理和脑成像测量方式与指标。

3.1 内隐序列学习意识状态的 ERP/EEG 研究

内隐序列学习意识状态的 ERP/EEG 研究是以个体差异为基础。在同一个实验中, 某些被试只能获得内隐知识, 另一些被试则能够获得外显知识。分析这两类被试, 就能分离出内隐成分和外显成分对应的 ERP/EEG 特征。主要有以下 4 种测量方式与相应指标:

一是直接设置内隐组和外显组, 分析训练阶段的 ERP 特征。内隐序列学习过程中, 被试除了可能对呈现的刺激进行预期外, 很可能同时进行纠错, 这就用到了错误相关负波(ERN, Error-Related Negativity), 它出现在前扣带皮质区。从机能上讲, ERN 被认为是当注意到所执行的反应和反应选择的结果不匹配时产生的错误监测指标, 是一种纠错电位。Rüsseler, Kuhlicke 和 M nte (2003) 采用 ERN 对序列学习进行了研究, 发现外显组被试的 ERN 振幅显著大于内隐组被试, 表现出更多的纠错倾向。因此 ERN 可以作为意识测

量的指标。

二是分析同一个内隐组中内隐和外显被试测量阶段的 ERP 特征。研究者在再认任务中发现了熟悉感和再认的 ERP 分离。通过对比旧的和新的序列片段(旧新效应), 熟悉感对应刺激后 300~500 ms 窗口的前额部位的 FN400 成分; 而再认回忆对应刺激后 400~800 ms 窗口的顶叶的正向成分(Friedman & Johnson, 2000; Mecklinger, 2000, 2006; Rugg & Curran, 2007; Wilding & Herron, 2006)。Ferdinand 等(2010)根据能否口语报告把参加内隐序列学习的被试分为报告组, 部分报告组和不能报告组, 分析各自的再认任务的 ERP 特征。以刺激出现为起始点, 发现只有报告组在三元素序列片段的第 2 和第 3 个元素的 300~500 ms 窗口的顶叶和中央区表现出正向成分的新旧效应(即再认回忆), 此外还发现第 2 个元素 900~1000 ms 窗口的中央区的 CNV, 和第 3 个元素顶叶的 N100。他们认为第 2 个元素出现 CNV, 表示被试回忆起了序列规则, 并做好了第三个元素的反应; 而第三个元素的 N100 表示由于成功的回忆, 被试的注意自动快速集中到了第三个元素的位置。以反应出现为起始点, 发现报告组在第三个元素的 -100~100 ms 窗口的前额、中央区和顶叶出现更负的旧新效应; 而不能报告组出现相反的旧新效应, 即前额、中央区和顶叶波幅更正。因此, 300~500 ms 窗口的顶叶和中央区的正向成分, 900~1000 ms 窗口的中央区的 CNV, N100 可以作为意识测量指标。

三是通过测量阶段分离出两类被试, 然后分析训练阶段的 ERP 特征。Fu, Bin, Dienes, Fu 和 Gao (2013)采用 PDP 范式, 通过测量阶段的包含任务和排除任务差值, 确定内隐和外显被试, 然后分析两者在训练阶段的 ERP 差异。对于 N200 是意识成分还是无意识成分, 前人的实验得到矛盾的结果。Rüsseler, Hennighausen, Münte 和 Rosler (2003)发现外显序列学习包含 N200 和 P300, 内隐序列学习则都没有这两种成分。Ferdinand, Mecklinger 和 Kray (2008)却发现 N200 在外显和内隐序列学习中都存在(Eimer, Coschke, Schlaghecken & Stürmer, 1996; Rüsseler, Kuhlicke, & Münte, 2003)。Fu 等认为可能在内隐被试中, 存在没有习得的序列片段, 稀释了 N200 的作用, 他们以主序列和非主序列的平均反应时差异为标准, 分离出

没有习得的序列片段。没有习得、内隐习得和外显习得三者对比, 结果得到 N200 是内隐序列学习的 ERP 特征, P300 是外显学习的 ERP 特征。因此 P300 可以作为意识测量的指标, N200 可以作为内隐序列学习程度的指标。

四是关注获得外显知识的被试从内隐转化为外显过程的 EEG 特征。要获得从内隐转化为外显的过程, 一种常用的方法是睡眠。Wagner, Gais, Haider, Verleger 和 Born (2004)使用数字减少任务(number reduction task, NRT)证实了睡眠能够促使被试的内隐知识转化为外显知识。Yordanova, Kolev, Wagner, Born 和 Verleger 使用该范式(2012)发现只有慢波睡眠中的 Alpha (8~12 Hz) EEG 成分和意识转化有关, 而 Beta 波和意识转化无关。另一种方法是直接探测内隐序列学习从内隐转化为外显的过程的 EEG。这种方法需要对转化过程有准确的界定和提取。Rose, Haider 和 Buchel (2010)发明了突变点与口语报告结合的方法寻找转化区间。他们使用内隐序列学习的修改版(Nissen & Bullemer, 1987; Willingham et al., 1989), 通过口语报告, 首先分出产生外显知识的被试和内隐被试, 然后分析主序列和非主序列反应时差值的变化, 找到第一个突变点(RT drop), 最后选取突变点之前的一部分试次作为意识转化区间, 分析该区间的 EEG 特征和 fMRI。结果表明, 产生外显知识的被试在意识转化区间, 右侧前额叶和枕叶的 gamma 波的耦合增强, 相应的右侧腹外侧前额叶皮质和腹侧纹状体的功能联结也增强; 而内隐被试没有这些变化。Wessel, Haider 和 Rose (2012)采用更复杂的修改版得到相同的结果, 证明右侧前额叶和枕叶的 gamma 波的耦合增强对预测内隐转化为外显知识具有普适性。

上述研究分离了内隐和外显成分的 ERP/EEG 成分。但是共同的缺陷是都在特定的实验程序中采用二分法分析。(1)首先特定的实验程序, 可能也只能引发特定的意识状态, 得到的 ERP 特征只是该意识状态下的特征。而别的意识状态如中间意识状态是否有对应的特殊的 ERP 特征? 或者即使没有特殊的 ERP 成分, 是否同一种 ERP 成分的振幅和潜伏期会表现不同? 这些研究没有给予系统的关注。其中一个原因是 ERP 实验要求和内隐序列学习范式有一定的冲突。如在 RSI 较低(如 0~250 ms)的设定下, 由于两个试次之间的时间间

隔太小甚至没有,前一试次的ERP晚期成分会导致下一试次的ERP的基线不是随机噪声,故无法进行ERP分析,但是可以进行EEG分析。(2)其次采用二分法分析,将被试分为内隐和外显两类,自然忽视了产生中间意识状态的被试,即使存在中间意识状态的ERP特征,也可能被内隐和外显特征掩盖或者稀释了,稀释原理如Fu等(2013)就发现内隐成分被未习得的序列片段稀释。但是同一个RSI的内隐序列学习实验中产生中间意识状态的被试可能十分稀少,而且某种中间意识状态可能只是多种中间意识状态之一。

3.2 内隐序列学习意识状态的脑成像研究

和ERP实验不同,fMRI和PET实验不受RSI的限制。所以fMRI研究的意识状态范围更广,可获得更多信息。Penhune和Steele(2012)探查了内隐序列学习的激活脑区,发现基底节(特别是纹状体),小脑,运动皮层(M1)都有激活。通过一系列实验,他们认为纹状体负责刺激反应联结学习和位置预测,小脑负责形成优化的运动模块和运动控制及错误修正,运动区(M1)负责存储学习到的序列表征。纹状体是公认的内隐序列学习加工(表征)脑区(Simon et al., 2011)。

3.2.1 内侧颞叶(MTL)、基底神经节与意识状态

早期的一些观点认为包括海马在内的内侧颞叶(MTL)和外显学习有关,基底神经节和内隐序列学习有关(Squire, 2009)。一些研究发现,海马受损的病人能够习得内隐序列规则,而没有产生意识知识(Gagnon, Foster, Turcotte, & Jongenelis, 2004; Nissen & Bullemer, 1987; Reber & Squire, 1994);而基底神经节受损病人的内隐序列学习也受到损害(Jackson, Jackson, Harrison, Henderson, & Kennard, 1995; Siegert, Taylor, Weatherall, & Abernethy, 2006; Wilkinson, Khan, & Jahanshahi, 2009)。

但是另一些研究对此观点提出了质疑。Vandenbergh, Schmidt, Fery 和 Cleeremans (2006)发现海马受损病人复杂的概率性内隐序列学习受到损害。Gheysen, Van Opstal, Roggeman, Van Waelvelde 和 Fias (2010)的研究发现在内隐序列学习过程中,海马参与了早期和后期的所有加工。Schendan 等也发现包括海马在内的内侧颞叶(MTL)在内隐和外显学习中都得到激活 (Schendan, Searl, Melrose, & Stern, 2003),而内侧颞叶比包括纹状

体在内的尾状核更早激活。Rose, Haider, Salari 和 Bchel (2010)进一步研究发现海马只有在知觉内隐序列学习中激活,而在单纯的运动内隐序列中没有激活。他们认为海马参与联想学习,内侧颞叶参与各种知觉特征的整合(Gheysen & Fias, 2012),而与是否是内隐或外显学习无关。

然而 Rieckmann, Fischer 和 Bäckman (2010)发现年轻人在内隐序列学习中,随着纹状体激活增加,内侧颞叶的激活减弱,说明两者是竞争关系;而老年人则随着纹状体激活增加,内侧颞叶激活也增加,内侧颞叶是补偿机制(Lin et al., 2012)。Eckart, Huelse-Matia 和 Schwarting (2012)发现背侧海马受损的老鼠的内隐序列任务却得到增强,说明海马可能阻碍内隐序列学习。这些研究表明,即使内侧颞叶在内隐序列学习中得到激活,在年轻人中也是与纯粹的内隐序列学习的脑区纹状体产生了竞争;在老年人中则是对退化的纯粹内隐序列学习脑区纹状体进行补偿,说明它本来不是负责内隐序列学习的。上述三个研究对比,可以推测内侧颞叶可能不是无意识成分的相关脑区,它是否与意识有关,值得进一步探索。

3.2.2 腹侧纹状体和 cACC 脑区与意识状态

在内隐序列学习中, Berns, Cohen 和 Mintun (1997)采用 PET 技术研究由两个不同的序列规则产生的序列学习任务,探寻在学习的中途改变刺激规则时所产生的冲突。PET 扫描的结果显示,在规则转换期间,右脑腹侧纹状体(Right Ventral Striatum)区域血流量的增加最为明显,说明腹侧纹状体在无意识情况下监视内隐序列规则的变化。Ursu, Clark, Aizenstein, Stenger 和 Carter (2009)通过 fMRI 研究内隐序列学习时发现:违反了内隐规则的高冲突刺激较没有违反内隐序列规则的低冲突刺激,cACC 的活动会增强。表明 cACC 可以反映大脑对认知冲突的无意识监控。如果随着意识程度的增加,这两种无意识监控脑区可能随之增强,那么这两种无意识监控脑区就可以作为意识测量指标。

3.2.3 前扣带回/中央前额叶皮质(ACC/MPFC)与意识状态

许多研究表明前外侧前额叶皮质在外显学习中发挥作用(褚勇杰, 刘电芝, 2010; 郭秀艳等, 2008; Strange, Henson, Friston, & Dolan, 2001; Turner et al., 2004; Carter, O'Doherty, Seymour, Koch, & Dolan,

2006)。Rose, Haider 和 Buchel (2005)发现右腹侧前额叶皮质在内隐序列学习中发挥着检验错误的角色, 这种功能在 Rünger 和 Frensch (2008)看来对形成外显记忆很重要。Destrebecqz 和 Peigneux (2005)采用 PDP 范式分离出内隐序列学习中的内隐成分和外显成分。结果发现纹状体和内隐成分(即排除任务的反向得分)相关, 前扣带回/中央前额叶皮质(ACC/MPFC)和外显成分(即排除任务的正向得分)相关。更重要的是, 他们同时考察了接近内隐学习的 $RSI = 0\text{ ms}$ 和接近外显学习的 $RSI = 250\text{ ms}$ 的序列学习, 发现只有在 $RSI = 250\text{ ms}$ 时, 前扣带回/中央前额叶皮质(ACC/MPFC)和纹状体产生了同步性即功能联结, 也就是前扣带回/中央前额叶皮质(ACC/MPFC)控制了纹状体的激活, 外显成分控制内隐成分。但是在 $RSI=0\text{ms}$ 的内隐序列学习中没有发现这样的同步性。因此, 前扣带回/中央前额叶皮质(ACC/MPFC)和纹状体的功能联结程度可以作为意识测量的指标。

综上所述, 内隐序列学习意识的电生理和脑成像研究虽然提供了很多意识的客观指标, 但只探索了差异较大的内隐和外显学习(或者用生成任务 PDP 二分成的内隐和外显成分)的 EEG/ERP 和脑激活特征, 存在严重的二分法倾向。因此得到的意识只是外显状态的特征, 即只是测量了一个特殊的点, 还不是成熟的意识测量的标尺。行为测量方式是公认的意识测量方式, 对意识进行了数值上的量化, 相当于一个具有连续刻度的意识标尺, 这正是意识的电生理和脑成像研究所缺乏的。但是行为测量方式之所以能成为意识测量, 是以测量外显状态作为第一步; 相同的, 意识的电生理和脑成像研究毕竟对意识进行了测量, 而得到的意识的 ERP/EEG 和脑激活特征, 只需往前做很小一步的推论和实验验证, 就可能扩展成为所有意识状态的意识测量方式, 即成为具有连续刻度的意识标尺。已有研究的缺陷正是进一步研究的契机, 未来应该对内隐序列学习中直觉、熟悉性以及边缘意识等中间意识状态进行电生理和脑成像研究。

4 内隐序列学习意识的影响因素——RSI、人格开放性和新异刺激

意识的影响因素, 很可能是意识产生的原因, 因此对意识影响因素的研究, 可以产生出新的意

识理论, 或者证明有关意识理论。意识测量方式, 也是意识的影响因素研究的重要内容, 因为同一种意识影响因素, 采用不同的测量方式, 就可能得到完全相反的结论(见 4.1 中介绍的研究)。意识测量方式, 又来源于或者验证了意识理论。因此, 从因果关系来说, 意识理论和意识测量方式互为因果, 而意识的影响因素, 可能就是前两者的根本原因和最终验证。RSI 是影响内隐序列学习意识程度的三大主要因素之一, Cleeremans 和 Jiménez (2002)以及 Destrebecqz 和 Cleeremans (2001; 2003)将 RSI 作为意识产生的原因, 提出了单系统渐进理论, 在 1.2 中已有详细论述, 此处不再单独介绍。

4.1 人格开放性影响内隐序列学习意识程度

内隐序列学习意识程度的变化与人格的开放性以及责任心方面的个体差异有关。如 Norman, Price 和 Duff(2006)发现, 在 RSI 为 0 ms 和 250 ms 时被试的包含任务成绩表明存在外显学习, 但 RSI 为 0 ms 时被试的包含测试成绩与 NEO 人格量表中的情感开放性子量表的结果正相关, 与严谨性子量表呈负相关, 而 RSI 为 250 ms 的被试成绩则未与量表数据产生相关。因此 Norman 等认为较高情感开放性被试在 RSI 为 0 ms 时对序列规则处于从完全内隐向意识转化的边缘意识状态。然而, 在随后一项增加材料难度的改进实验中(Norman et al., 2007), 在 $RSI = 0\text{ ms}$ 和 $RSI = 1000\text{ ms}$ 条件下没有发现人格因素与意识指标的相关性, Norman 等认为无相关的原因可能是情感开放性子量表测量边缘意识感受性的低效率。Kaufman 等(2010)发现内隐序列学习和直觉、NEO 人格量表的开放性(美学、想象、情节、情感四个维度的总分)、冲动性相关。张剑心、武燕、陈心韵和刘电芝(2014)采用 Norman 等(2007)的实验范式, 将非主序列的习得量作为新的测量方式, 却发现和 Norman 等(2007)相反的结果: 在 $0\sim 1000\text{ ms}$ 之间等距的五个 RSI , 情感开放性都影响了内隐序列学习本身, 而不只是影响意识程度——高情感开放性者在较低的 RSI 时, 对新异刺激(非主序列)更敏感。情感开放性和 RSI 的交互作用对意识程度的影响值得进一步探索。

Woolhouse 和 Bayne (2000)探查了 MBTI (Myers-Briggs Type Indicator 直觉人格测试)与内隐隐藏共变探测任务(Lewicki, Hill, & Sasaki, 1989)的相关, 结果发现, 感觉型被试更可能有意

识地觉察和利用共变规律;而直觉型被试对潜藏的共变规律缺乏意识,更多利用直觉完成内隐任务,以致于不需要产生外显知识。这表明感觉型和直觉型被试的意识产生机制很可能不同,而且不同的意识产生机制也许还会互相竞争。那么高低人格开放性者其意识产生和发展的机制是否有差异,或许还存在互相竞争的机制?值得进一步探索。

4.2 新异刺激影响内隐序列学习意识程度

Rünger和Frensch(2008)认为,在内隐序列学习中加入新异刺激能够促使被试产生对序列结构的意识。Rünger和Frensch(2008)及Haider和Frensch(2009)的研究发现:在对某一序列规则内隐学习一段时间后,突然改变序列规则,被试对原序列的意识增强。Schwager, Rünger, Gaschler和Frensch(2012)也得到相同的结果。他们认为新异刺激是导致意识突然产生的根本原因,支持二分理论。但是在以上实验中,新异刺激的量非常大,与原刺激相当,并且是集中学习,因此把这种大量新异刺激引起的意识的质变定义为突变是不恰当的。最近黄建平、张剑心和刘电芝(2014)的研究操纵新异刺激(序列学习的转移组块)的数量和分布位置,发现只有当新异刺激具有足够的数量并处于合适的位置时,才能增强原刺激意识程度,这支持了渐进理论。而且从逻辑上来说,即使新异刺激可以立即导致意识产生,证明二分理论成立,但也不能证明渐进理论不成立——在没有新异刺激的内隐序列学习中,意识就是随表征质量提高而渐进产生的。新异刺激对意识程度的影响,可能存在复杂的机制,是符合二分理论还是渐进理论,甚至符合两者,尚需进一步研究。另外,新异刺激对意识程度的影响可能会受到RSI和人格开放性的调节,比如新异刺激能促使高人格开放性者立即产生序列意识,对低开放性者则是逐渐发挥作用。

5 未来研究展望

5.1 用大脑网络分析技术验证双系统渐进理论

如1.2所述,二分理论无法解释中间意识的存在,单系统渐进理论无法解释意识与无意识的脑区分离。(1)虽然采用二分法如生成任务PDP仍然能够分离出中间意识状态的意识成分和无意识成分,但这两种成分的简单相加并不能描述中间意识状态的特征(二分法简直就是万能的还原器,能把任

何意识状态拆分为意识和无意识成分)。如Fu等(2010)采用生成任务PDP分析了猜测、直觉、熟悉、规则和记忆五种主观意识测量的意识成分和无意识成分,发现除猜测中不含受控的意识成分外,其他四种都含有受控的意识成分。如果采用二分法,那么直觉、熟悉、规则和记忆就还原为简单的意识+无意识,就算可能在意识和无意识成分上存在量的差异,却完全丧失了使它们互相区别的本质特征。(2)Cleeremans和Jiménez的单系统渐进理论认为表征质量和意识程度具有相同的脑区和机制,而且不同意识状态之间没有本质差异,只有表征质量的量的差异。Destrebecqz和Peigneux(2005)的实验是唯一采用脑成像(PET)和局部网络连接(选取有限的几个种子点做相关)来验证单系统渐进理论的研究,发现在内隐序列学习中,当RSI = 0 ms即接近完全内隐状态时,纹状体和扣带回没有相关;当RSI = 250 ms即接近外显状态时,纹状体和扣带回则产生了相关,此时生成任务显示产生了受控意识。他认为这证明了单系统渐进观点。但是笔者认为单系统渐进观点无法解释纹状体和扣带回相关的本质变化——假如内隐和外显只是表征质量的量的差异,那么在接近内隐时,也应该发现纹状体和扣带回的连接,只不过连接弱于接近外显时。

本文提出的双系统渐进理论也许能更好地解释Destrebecqz和Peigneux(2005)的实验:不同于Cleeremans和Jiménez的单系统渐进理论,笔者认为表征质量和意识程度是两个不同的系统(即双系统),分别对应两个(或多个)不同脑区,随着表征质量增长,两个(或多个)脑区的联结程度和方式发生量和质的改变,导致意识程度会在一定的区间达到质变(类似二分观点),形成具有某种本质特征的中间意识状态,如直觉、熟悉感、边缘意识等,而且不同的中间意识状态可能来源于不同的意识脑区,或者来源于它们之间不同的关联方式——直接相关或间接相关。可见Destrebecqz和Peigneux(2005)的实验应该是双系统渐进理论的初步证据,并且是单系统渐进观点的反证。Rünger和Frensch(2010)也认为意识更可能是刺激加工脑区和认知控制脑区的连接加强。

验证双系统渐进理论,一方面需要证实表征质量和意识程度是不同脑区的功能,另一方面还需要验证随着表征质量的增加,意识加工的脑区

也发生了质变——既可能是同一个意识脑区发生质变,也可能是转移到另一个意识脑区,还可能是多个意识脑区共同作用形成某种独特的中间意识状态,这些相应意识脑区都发生了变化,且连接方式也发生变化。已有大量研究(Simon et al., 2011, 综述)公认内隐序列学习的表征脑区是纹状体,意识程度脑区则有内侧颞叶、cACC 脑区、前扣带回/中央前额叶皮质(ACC/MPFC)等(见3中的论述),这在一定程度上证实了表征质量和意识程度的脑区分隔。由于中间意识状态的特征是主观感受(Dienes & Scott, 2005; Fu et al., 2010),而人格开放性影响主观感受(Norman et al., 2006; Kaufman et al., 2010),因此相关脑区可能还包括情绪脑区如下丘脑、边缘系统、杏仁核等,自我脑区如 DMN,人格开放性和认知控制脑区如前额叶、中央顶区、外侧颞叶和扣带回(DeYoung et al., 2010; Sampaio, Soares, Coutinho, Sousa, & Goncalves, 2013)。已有研究并未关注这些脑区,原因有三点,一是受二分和渐进理论影响,都简单地把意识的来源假定为单一的脑区或机制,未曾关注广泛的可能脑区。二是把意识看作是认知过程,与情绪、自我感受相分离,以致未考虑情绪和自我脑区。三是都采用直接相关,忽略了可能间接相关的脑区。上述意识脑区的具有本质差异的意识甚至会互相竞争(类似于内隐和外显的竞争)。如 Woolhouse 和 Bayne (2000)发现感觉型被试容易对内隐知识产生外显意识,直觉型被试则更喜欢利用直觉,由此笔者推测外显意识和直觉可能存在竞争关系。

如上所述,双系统渐进理论在一定程度上承认二分和渐进的观点,同时又与它们有本质差异。采用双系统渐进理论,不仅能如二分观点解释内隐外显的脑区分隔,也能如单系统渐进观点解释中间意识状态。而且更重要的是:据此观点看来,意识的来源和机制多种多样,相关的脑区也可能有很多;在表征质量渐进增加的过程中,来源于不同脑区的意识状态可能进行了竞争,最后稳定为某种占优势的意识状态。这将开辟新的研究领域——如内隐序列学习意识多样性及对应脑区的多样性、产生原因的多样性和不同意识状态的竞争,并开辟新的研究模式——如间接相关。未来研究应该采用大脑网络分析技术,来探索这些可能性,这是我们团队正在进行的工作之一。

5.2 意识的行为、电生理和脑成像测量的敏感区间的确定

意识的行为、电生理和脑成像测量方式,都存在两个没有解决的问题。一是采用二分法观点,要么只探测内隐和外显学习,要么将某种中间意识状态还原为意识成分和无意识成分,丧失了本质特征。二是这些测量方式的敏感区间都没有得到确定和排序。因此未来的研究,需要放弃二分观点,用各种不同的测量方式探索同一种中间意识状态,并给予量化,确定它的本质特征。比如直觉状态下,得到再认任务得分、生成任务中的包含和排除任务得分、ERP 的波幅和潜伏期、大脑网络等。同样,在熟悉状态下,得到各指标得分。则可以通过多种测量方式的量化指标的综合,比较直觉状态和熟悉状态的差异,既可以弥补单一指标的片面性,又可以得到每种指标的敏感区间和排序。

对电生理和脑成像指标而言,不同的 ERP 特征和脑激活及连接指标,可能是同一个(或不同)意识状态的不同侧面的特征,确定不同指标所测量到的独特加工过程,以及不同指标的组合如何表征同一个意识状态,是值得探索的领域。各种指标能够各自或者结合起来测量得到很多中间意识状态,这些意识状态是怎样连续变化的,能否跳跃?变化过程中有哪些特征?什么条件下会发生转化?也都尚未揭示。未来可以在双系统渐进理论视角下,用各种测量指标作为意识的某方面特征,来探索意识变化和转化的机制。这些是我们团队正在进行的工作之一。

5.3 探索意识产生的原因及各种原因的交互作用

影响意识状态主要有三种因素:RSI、人格开放性和新异刺激。RSI 和新异刺激都被研究者作为意识产生的原因,但是人格开放性却只是被作为影响因素。笔者认为,高开放性者能够产生更高的意识,证明高开放性者的大脑运作机制也是意识产生的原因之一,这种运作机制可能和 RSI 及新异刺激引起的意识增加不同——很可能意识产生具有多种途径和机制。而且高低开放性者对同一任务产生不同的意识程度,说明两者意识产生的机制可能不同,甚至产生同样意识的机制也可能不同。未来研究可考虑验证人格开放性和内隐序列学习意识程度的因果关系,张剑心、武燕、陈心韵和刘电芝(2014)用行为实验对此进行了初

步探讨, 尚需进一步探索高低情感开放性者的意识产生的机制是否不同, 是否互相竞争及其竞争原理; 进一步的扩展研究还应确定 RSI、人格开放性和新异刺激引起意识产生和变化的机制是否相同。另外, 新异刺激与 RSI、人格开放性的两两交互作用还没有相关研究; 三种因素同时存在时的交互作用的初步研究则只有张剑心、武燕、陈心韵和刘电芝(2014)一篇。两个因素的交互作用, 与三个因素同时存在时的两两交互作用, 很可能有差异。因此, 三个因素之间的各种交互作用也是未充分探索的新领域。这些也是我们团队正在进行的工作之一。

参考文献

- 付秋芳, 傅小兰. (2006). 内隐序列学习中表征与意识的关系. *心理科学进展*, 14(1), 18–22.
- 郭秀艳, 高妍, 沈捷, 王丽嘉, 门卫伟, 傅成, 杨治良. (2008). 同步内隐/外显序列学习: 事件相关的 fMRI 的初步研究. *心理科学*, 31(4), 887–891.
- 郭秀艳, 杨治良. (2001). 内隐序列学习研究的核心方法——人工语法范式. *应用心理学*, 7(3), 45–50.
- 黄建平, 张剑心, 刘电芝. (2014). 内隐序列学习中转移组块的数量和位置效应[EB/OL]. 北京: 中国科技论文在线 [2014-05-12]. 2014-09-01 取自 <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/201405-161>
- 张润来, 刘电芝, 张剑心, 程昊旻. (2013). 内隐学习意识性研究的两种理论取向: 二分与渐进. *心理科学*, 36(6), 1517–1523.
- 张剑心, 武燕, 陈心韵, 刘电芝. (2014). 高低情感开放性者概率内隐序列学习进程差异. *心理学报*, 46, 1793–1804.
- 褚勇杰, 刘电芝. (2010). 内隐序列学习意识性动态发展的 ERP 特征. *心理科学*, 33(5), 1070–1073.
- Berns, G. S., Cohen, J. D., & Mintun, M. A. (1997). Brain regions responsive to novelty in the absence of awareness. *Science*, 276(5316), 1272–1275.
- Carter, R. M., O'Doherty, J. P., Seymour, B., Koch, C., & Dolan, R. J. (2006). Contingency awareness in human aversive conditioning involves the middle frontal gyrus. *Neuroimage*, 29, 1007–1012.
- Cleeremans, A., & Jiménez, L. (2002). Implicit learning and consciousness: A graded, dynamic perspective. In R. M. French & A. Cleeremans (Eds.), *Implicit learning and consciousness: An empirical, computational and philosophical consensus in the making?* (pp. 1–40). Hove, UK: Psychology Press.
- Dehaene, S., Sergent, C., & Changeux, J. P. (2003). A neuronal network model linking subjective reports and objective physiological data during conscious perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 8520–8525.
- Del Cul, A., Baillet, S., & Dehaene, S. (2007). Brain dynamics underlying the nonlinear threshold for access to consciousness. *PLoS Biology*, 5, e260, doi: 10.1371/journal.pbio.0050260
- Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2001). Can sequence learning be implicit? New evidence with the process dissociation procedure. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(2), 343–350.
- Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2003). Temporal effects in sequence learning. In L. Jiménez (Ed.), *Attention and implicit learning* (pp. 181–213). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Destrebecqz, A., & Peigneux, P. (2005). Methods for studying unconscious learning. *Progress in Brain Research*, 150, 69–80.
- DeYoung, C. G., Hirsh, J. B., Shane, M. S., Papademetris, X., Rajeevan, N., & Gray, J. R. (2010). Testing predictions from personality neuroscience: Brain structure and the big five. *Psychological Science*, 21(6), 820–828.
- Dienes, Z. (2004). Assumptions of subjective measures of unconscious mental states: Higher order thoughts and bias. *Journal of Consciousness Studies*, 11, 25–45.
- Dienes, Z., & Scott, R. (2005). Measuring unconscious knowledge: Distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research*, 69, 338–351.
- Eckart, M. T., Hulse-Matia, M. C., & Swarting, R. K. W. (2012). Dorsal hippocampal lesions boost performance in the rat sequential reaction time task. *Hippocampus*, 22, 1202–1214.
- Eimer, M., Coschke, T., Schlaghecken, F., & Stürmer, B. (1996). Explicit and implicit learning of event sequences: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 970–987.
- Ferdinand, N. K., Mecklinger, A., & Kray, J. (2008). Error and deviance processing in implicit and explicit sequence learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 629–642.
- Ferdinand, N. K., Rüniger, D., Frensch, P. A., & Mecklinger, A. (2010). Event-related potential correlates of declarative and non-declarative sequence knowledge. *Neuropsychologia*, 48(9), 2665–2674.
- Friedman, D., & Johnson, R., Jr. (2000). Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: A selective review. *Microscopy Research and Techniques*, 51, 6–28.
- Fu, Q. F., Bin, G. Y., Dienes, Z., Fu, X. L., & Gao, X. R. (2013). Learning without consciously knowing: Evidence

- from event-related potentials in sequence learning. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 22–34.
- Fu, Q. F., Dienes, Z., & Fu, X. L. (2010). Can unconscious knowledge allow control in sequence learning? *Consciousness and Cognition*, 19(1), 462–474.
- Gagnon, S., Foster, J. K., Turcotte, J., & Jongenelis, S. (2004). Involvement of the hippocampus in implicit learning of supra-span sequences: The case of SJ. *Cognitive Neuropsychology*, 21, 867–882.
- Gheysen, F., Van Opstal, F., Roggeman, C., Van Waelvelde, H., & Fias, W. (2010). Hippocampal contribution to early and later stages of implicit motor sequence learning. *Experimental Brain Research*, 202, 795–807.
- Gheysen, F., & Fias, W. (2012). Dissociable neural systems of sequence learning. *Advances in Cognitive Psychology*, 8(2), 73–82.
- Goschke, T., & Bolte, A. (2007). Implicit learning of semantic category sequences: Response-independent acquisition of abstract sequential regularities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 33(2), 394–406.
- Graham, G. (1995). Guilty consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 18, 255–256.
- Haider, H., Eichler, A., & Lange, T. (2011). An old problem: How can we distinguish between conscious and unconscious knowledge acquired in an implicit learning task? *Consciousness and Cognition*, 20(3), 658–672.
- Haider, H., & Frensch, P. A. (2009). Conflicts between expected and actually performed behavior lead to verbal report of incidentally acquired sequential knowledge. *Psychological Research PRPF*, 73(6), 817–834.
- Holender, D. (1986). Semantic activation without conscious identification in dichotic listening, parafoveal vision, and visual masking: A survey and appraisal. *Behavioral and Brain Sciences*, 9, 1–66.
- Horga, G., & Maia, T. V. (2012). Conscious and unconscious processes in cognitive control: A theoretical perspective and a novel empirical approach. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 199, doi: 10.3389/fnhum.2012.00199
- Jackson, G. M., Jackson, S. R., Harrison, J., Henderson, L., & Kennard, C. (1995). Serial reaction time learning and Parkinsons disease: Evidence for a procedural learning deficit. *Neuropsychologia*, 33, 577–593.
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30(5), 513–541.
- Kaufman, S. B., DeYoung, C. G., Gray, J. R., Jiménez, L., Brown, J., & Mackintosh, N. (2010). Implicit learning as an ability. *Cognition*, 116, 321–340.
- Kiefer, M. (2012). Executive control over unconscious cognition: Attentional sensitization of unconscious information processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 61, doi: 10.3389/fnhum.2012.00061
- Lewicki, P., Hill, T., & Sasaki, I. (1989). Self-perpetuating development of encoding biases. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 323–337.
- Lin, C. H., Chiang, M. C., Wu, A. D., Iacoboni, M., Udompholkul, P., Yazdanshenas, O., & Knowlton, B. J. (2012). Age related differences in the neural substrates of motor sequence learning after interleaved and repetitive practice. *NeuroImage*, 62, 2007–2020.
- Mathews, R. C., Buss, R. R., Stanley, W. B., & Blanchard, F. F. (1989). Role of implicit and explicit processes in learning from examples: A synergistic effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(6), 1083–1100.
- Mecklinger, A. (2000). Interfacing mind and brain: A neurocognitive model of recognition memory. *Psychophysiology*, 37, 565–582.
- Mecklinger, A. (2006). Electrophysiological measures of familiarity memory. *Clinical EEG and Neuroscience*, 37, 292–299.
- Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1–32.
- Norman, E. (2010). “The Unconscious” in Current Psychology. *European Psychologist*, 15(3), 193–201.
- Norman, E., Price, M. C., & Duff, S. C. (2006). Fringe consciousness in sequence learning: The influence of individual differences. *Consciousness and Cognition*, 15(4), 723–760.
- Norman, E., Price, M. C., Duff, S. C., & Mentzoni, R. A. (2007). Gradations of awareness in a modified sequence learning task. *Consciousness and Cognition*, 16, 809–837.
- Penhune, V. B., & Steele, C. J. (2012). Parallel contributions of cerebellar, striatal and M1 mechanisms to motor sequence learning. *Behavioural Brain Research*, 226(2), 579–591.
- Perruchet, P., & Amorim, M. A. (1992). Conscious knowledge and changes in performance in sequence learning: Evidence against dissociation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 785–800.
- Reber, P. J., & Squire, L. R. (1994). Parallel brain systems for learning with and without awareness. *Learning & Memory*, 1, 217–229.
- Reingold, E. M., & Merikle, P. M. (1993). Theory and measurement in the study of unconscious processes. In M. Davies, & G. W. Humphreys (Eds.), *Consciousness* (pp. 40–57). Oxford: Blackwell.
- Rieckmann, A., Fischer, H., & Bäckman, L. (2010).

- Activation in striatum and medial temporal lobe during sequence learning in younger and older adults: Relations to performance. *Neuroimage*, 50, 1303–1312.
- Rose, M., Haider, H., & Buchel, C. (2005). Unconscious detection of implicit expectancies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 918–927.
- Rose, M., Haider, H., & Buchel, C. (2010). The emergence of explicit memory during learning. *Cerebral Cortex*, 20(12), 2787–2797.
- Rosenthal, D. M. (1986). Two concepts of consciousness. *Philosophical Studies*, 49, 329–359.
- Rosenthal, D. M. (1995). Multiple drafts and facts of the matter. In T. Metzinger (Ed.), *Conscious experience* (pp. 275–290). Exeter: Imprint Academic.
- Rugg, M. D., & Curran, T. (2007). Event-related potentials and recognition memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 251–257.
- Rünger, D., & Frensch, P. A. (2008). How incidental sequence learning creates reportable knowledge: The role of unexpected events. *Journal of Experimental Psychology-learning Memory and Cognition*, 34, 1011–1026.
- Rünger, D., & Frensch, P. A. (2010). Defining consciousness in the context of incidental sequence learning: Theoretical considerations and empirical implications. *Psychological Research PRPF*, 74(2), 121–137.
- Rüsseler, J., Hennighausen, E., Münte, T. F., & Rüsseler, F. (2003). Differences in incidental and intentional learning of sensorimotor sequences as revealed by event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 15, 116–126.
- Rüsseler, J., Kuhlcke, D., & Münte, T. F. (2003). Human error monitoring during implicit and explicit learning of a sensorimotor sequence. *Neuroscience Research*, 47, 233–240.
- Sampaio, A., Soares, J. M., Coutinho, J., Sousa, N., & Gonçalves, O. F. (2013). The Big Five default brain: functional evidence. *Brain Structure and Function*, 219(6), 1913–1922.
- Schendan, H. E., Searl, M. M., Melrose, R. J., & Stern, C. E. (2003). An fmri study of the role of the medial temporal lobe in implicit and explicit sequence learning. *Neuron*, 37(6), 1013–1025.
- Schwager, S., Rünger, D., Gaschler, R., & Frensch, P. A. (2012). Data-driven sequence learning or search: What are the prerequisites for the generation of explicit sequence knowledge? *Advances in Cognitive Psychology*, 8(2), 132–143.
- Sergeant, C., & Dehaene, S. (2004). Is consciousness a gradual phenomenon? Evidence for an all-or-none bifurcation during the attentional blink. *Psychological Science*, 15, 720–729.
- Shanks, D. R. (2003). Attention and awareness in “implicit” sequence learning. In L. Jiménez (Ed.), *Attention and implicit learning* (pp. 11–42). Amsterdam: Benjamins.
- Shanks, D. R. (2005). Implicit learning. In K. Lamberts & R. Goldstone (Eds.), *Handbook of cognition* (pp. 202–220). London: Sage.
- Shanks, D. R., & Johnstone, T. (1998). Implicit knowledge in sequential learning tasks. In M. A. Stadler, & P. A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning* (pp. 533–572). Sage Publications.
- Shanks, D. R., Rowland, L. A., & Ranger, M. S. (2005). Attentional load and implicit sequence learning. *Psychological Research*, 69(5–6), 369–382.
- Siebert, R. J., Taylor, K. D., Weatherall, M., & Abernethy, D. A. (2006). Is implicit sequence learning impaired in Parkinson’s disease? A meta-analysis. *Neuropsychology*, 20, 490–495.
- Simon, J. R., Stollstorff, M., Westbay, L. C., Vaidya, C. J., Howard, J. H., & Howard, D. V. (2011). Dopamine transporter genotype predicts implicit sequence learning. *Behavioural Brain Research*, 216, 452–457.
- Snodgrass, M., Bernat, E., & Shevrin, H. (2004). Unconscious perception: A model-based approach to method and evidence. *Perception & Psychophysics*, 66, 846–867.
- Squire, L. R. (2009). Memory and brain systems: 1969–2009. *Journal of Neuroscience*, 29, 12711–12716.
- Strange, B. A., Henson, R. N. A., Friston, K. J., & Dolan, R. J. (2001). Anterior prefrontal cortex mediates rule learning in humans. *Cerebral Cortex*, 11, 1040–1046.
- Turner, D. C., Aitken, M. R., Shanks, D. R., Sahakian, B. J., Robbins, T. W., Schwarzbauer, C., & Fletcher, P. C. (2004). The role of the lateral frontal cortex in causal associative learning: Exploring preventative and super-learning. *Cerebral Cortex*, 14, 872–880.
- Ursu, S., Clark, K. A., Aizenstein, H. J., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2009). Conflict-related activity in the caudal anterior cingulate cortex in the absence of awareness. *Biological Psychology*, 80, 279–286.
- Vandenberghe, M., Schmidt, N., Fery, P., & Cleeremans, A. (2006). Can amnesic patients learn without awareness? New evidence comparing deterministic and probabilistic sequence learning. *Neuropsychologia*, 44, 1629–1641.
- Voss, J. L., & Paller, K. A. (2009). An electrophysiological signature of unconscious recognition memory. *Nature Neuroscience*, 12(3), 349–355.
- Wagner, U., Gais, S., Haider, H., Verleger, R., & Born, J. (2004). Sleep inspires insight. *Nature*, 427, 352–355.
- Wessel, J. R., Haider, H., & Rose, M. (2012). The transition from implicit to explicit representations in incidental learning situations: More evidence from highfrequency

- EEG coupling. *Experimental Brain Research*, 217, 153–162.
- Wilding, E. L., & Herron, J. E. (2006). Electrophysiological measures of episodic memory control and memory retrieval. *Clinical EEG and Neuroscience*, 37, 315–321.
- Wilkinson, L., Khan, Z., & Jahanshahi, M. (2009). The role of the basal ganglia and its cortical connections in sequence learning: Evidence from implicit and explicit sequence learning in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 47, 2564–2573.
- Willingham, D. B., Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1989). On the development of procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1047–1060.
- Woolhouse, L. S., & Bayne, R. (2000). Personality and the use of intuition: Individual differences in strategy and performance on an implicit learning task. *European Journal of Personality*, 14, 157–169.
- Yordanova, J., Kolev, V., Wagner, U., Born, J., & Verleger, R. (2012). Increased alpha (8–12 Hz) activity during slow wave sleep as a marker for the transition from implicit knowledge to explicit insight. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(1), 119–132.

Theories, Measures and Influence Factors of Consciousness in Implicit Sequence Learning

ZHANG Jianxin; HUANG Qi; ZHANG Runlai; LIU Dianzhi

(School of Education, Soochow University, Soochow 215123, China)

Abstract: There are two theories on consciousness in implicit sequence learning: dichotomy theory and graded consciousness theory. Both subjective and objective consciousness behavior measures come from the dichotomy theory, but their researches have enlightened the graded consciousness theory. With electrophysiological and brain imaging measures we can get the objective indicators, but there are much dichotomy bias in them. The influence factors of consciousness are response-stimulus intervals (RSI), openness and novelty. Investigations on the three factors respectively support dichotomous or graded theory and future studies may breed new theory. Because dichotomy theory can not explain phenomenon of intermediate consciousness, and graded consciousness theory fails to explain the separation of conscious and unconscious brain areas, we propose a new dual-system graded consciousness theory which may integrate both and may promote new researches adopting brain network technology to explore the diversity and competitiveness of consciousness generation mechanisms. In addition, the sensitivity scale of behavior measures on consciousness remains to be confirmed and interactions between the three factors are worth exploring.

Key words: dichotomy theory; graded consciousness theory; dual-system graded consciousness theory; measures of consciousness; influence factors of consciousness