

# 复杂适应性系统理论在言语认知康复中的应用前景

江钟立<sup>1</sup> 林 枫<sup>1</sup> 孟殿怀<sup>1</sup>

## 1 复杂适应性系统理论

生命的本质不在于分子本身而更可能在于分子之间的关系,人类社会现象的根源不在于个体或单位本身而在于个体或单位之间的关系。这种分子之间和个体或单位之间的相互联系、中断、重组的过程构建了新的生物体、新的社会结构和体制,适应了新的变化了的环境。事物间这种相互动态的变化关系形成了复杂的自适应系统。复杂适应性系统(complex adaptive systems, CAS)是指相互作用的具有适应性的主体(agent)的集合,每个主体能够根据其本身所处环境的信息采取适当的行为,其目的是保证各生命体的繁衍和进化,保障社会的进步和发展。在自然界,生态系统、免疫系统、细胞、发育中的胚胎乃至蛋白质、基因等存在着复杂系统的调节机制以适应外环境的变化<sup>[1]</sup>。在人文社会科学,政党、行政管理、社团乃至具有社会属性的蚁群、蜂群等也通过其内在的自适应调节机制保证本系统或族群的生存和发展<sup>[2]</sup>。构建复杂适应系统必须具有两个至关重要的条件<sup>[3]</sup>。

○每个系统都是由许多平行作用的“主体”组成的网络

这个网络中的控制力是相当分散的,并不存在某个特定的绝对控制力。例如人脑的主体是神经细胞,生态系统中的主体是物种,细胞中的主体是细胞核和线粒体等细胞器,胚胎中的主体就是细胞等。在经济系统中,主体可以是个人、家庭或公司、甚至可能是各个国家。不管如何界定,每个主体都处于一个由其自身和其他主体相互作用而形成的系统环境中,正如人脑中并没有某个起主要作用的神经元,一个发育的胚胎中也没有某个起关键作用的细胞一样,每个主体都不断根据其他主体的动向采取反应和行动,因此在整个环境中所有的事物都是变化着的。如果某个系统出现连续一致的行为,那么这种行为是由该系统中各主体之间的相互竞争与合作所产生的结果。

○每个系统都具有多层次的组织,并形成隶属关系

各个层次的主体对更高层次的主体来说都是一个基建单元(brick unit),复杂系统的适应机制在于不断修整和重组自己的基建单元。例如,一组蛋白质、脂肪和氨基酸会组成一个细胞,一组细胞会组成一个组织,一群组织会形成一个器官,器官的组合会形成一个完整的生物体,一群不同的生物体会形成一个生态环境。在人脑中,一组神经元会形成言语中枢,另外一组神经元则会形成运动中枢,还有一组神经元会形成视觉中枢。生物体的下一代会在进化过程中修整和重组自身组织。人类个体在与世界的接触中不断学习,人脑神经元之间的无数关联随之不断加强或减弱。

## 2 言语是一个复杂适应性系统

言语(speech,表达思想的声音)的出现是人类进化史一个重大的转折。人类拥有其他物种所不具备的符号化理解能力。人类用有限的基建单元构造出的言语实际上可以满足无

限的沟通需要。句子构建的过程是快速且稳定有效的,这种现象提示我们能够通过高度有效的方式迅速找到单词构成句子。言语系统可以说是一个复杂适应性系统,因为它符合复杂适应性系统的两大基本要素<sup>[4]</sup>。

○言语是以大量的单词(主体)为建筑材料构建而成的,这些单词形成一个平行的词语网络

言语交流时,每个单词都处于一个由其自身和其他主体相互作用而形成的言语环境中。各个单词有其习惯性搭配的词语范围,表达相对应的语义。每个单词和其他单词(主体)相互搭配构成了特定的言语交流内容。为了表达不同的主题思想,各个单词不断根据其他单词的动向而进行动态组合。

○言语系统存在着多层次的隶属结构形式

包括主、谓、宾、介词等语法成分;听、说、读、写等交流行为;音素、字、词、短语、句子等结构层次;家庭、社区和社会等功能层面。一段话的意思无法通过已知的词频分布直接能推演得到,而需要借助于语法结构层次和社会文化背景方能辨别理解。同样,如果仅考虑各个平行的主体(单词)功能而忽视言语系统的多层次隶属关系,就如将一篇文章打乱,虽然其词频分布并未改变,但是其内容则变得无法理解。

## 3 复杂适应性系统的两大特征

①涌现性(emergence)。各部分相加后会涌现出原有部分简单叠加在一起所没有的特性。正如一个氨基酸分子并不是有生命的、一个神经元并不能产生意识、一个单独的声音并不具有表现力一样,一旦相同单体叠加后则表现出了生命的多彩性、社会的多样性<sup>[5]</sup>。

②网络性(network property)。万事万物都可以在特定层次上形成一个系统,系统的结构可以抽象为网络,网络中的各个节点代表着系统中相互作用的物体(即主体),而节点之间的“连线”则代表着系统中主体之间的相互作用关系<sup>[6]</sup>。

最新研究表明,复杂适应性系统的网络性具有小世界性(small-world property)特点:①成长性,复杂适应性系统的网络主体处于不断增长的过程中,例如言语习得过程中词汇量不断增加;②优先连接性,不断增加的主体在接入网络中时,原有高连接的节点更容易获得新的连接。这就使得网络的节点分布存在着高度集中的区域。在这些区域中,节点是高度聚集的,其参数为C(又称为云集系数),C越大,其集中度越大,两个重叠的点的云集系数是1,而随机网络的云集系数可以小到 $1 \times 10^{-4}$ ;同时也使得网络中每一个节点到达其他任何节点的最短路径的值很小,用d来表示(称为最短路径);③小世界网络具备适宜的强韧性(robustness)、敏感性(sensitiv-

1 南京医科大学第一附属医院康复医学科, 210029

作者简介:江钟立,男,主任医师

收稿日期:2005-07-29

ity)和脆弱性(vulnerability)。通常用无尺度网络模型来描述<sup>[7]</sup>。

无尺度网络模型是相对于随机网络模型而言,其具备小世界网络的上述特征,并且其节点的分布符合幂率。高速公路网络是随机网络的代表,其网络中的节点与节点之间的连结分布遵循钟形曲线。即网络中每个节点所拥有的与之相连的节点的数目(连线数)大致相等,大多数节点拥有连线数不多。航空路线网络是无尺度网络的代表,其网络中节点与节点之间的连结分布遵循幂次定律分布。其中大部分节点只有少数连接,而有少数节点拥有大量的连接数,也就是说网络中存在着一些“霸占”大量的连线的集散节点。

无尺度网络模型是复杂适应性系统的小世界强韧性和敏感性的结构基础。由于无尺度网络存在高度集中的域,并且有很小的最短路径。因此其对外界的刺激很敏感,很小的刺激就能传遍整个网络(敏感性)。而无尺度网络中一些非集散节点在受到损害时,并不影响整个网络的功能状态,因此无尺度网络承受意外故障的代偿能力很强(强韧性)。缺点是无尺度网络模型对于针对集散节点的攻击的耐受性很弱(脆弱性)。

#### 4 复杂适应性系统在言语认知康复中的应用前景

言语系统同样也具备复杂适应性系统的涌现性、网络性 2 大基本特征和成长性、优先连接性、敏感性、强韧性、脆弱性 5 个无尺度网络的特点,利用复杂适应性系统的理论对言语功能障碍的康复评估和训练具有指导意义。

##### 4.1 涌现性—体现言语康复训练的有效性

在原始人两百万年的进化历程中,大脑和言语是同步进化的。这个过程包括(可能是突然的)从非语句交流向言语交流的转变。而在人类个体的发育过程中,大脑和言语的发育也存在着相似的过程,言语交流各层面之间的跃迁也是存在涌现的过程。例如在言语习得的过程中,音素及音素之间的搭配的习得会在某一天涌现出对单词的发音,此后进入词汇量及词汇之间联系的增长层面并会再次涌现出对意义的表达能力。言语康复训练的结果同样也是通过涌现现象恢复言语交流行为(如听说读写)能力;在较低功能层面训练可以期望获得向更高功能层面的跃迁(功能的涌现),即家庭日常生活活动层面交流向社区活动能力层面和社会活动层面交流的转变。这也就是言语功能康复需求的可行性理论依据所在。

##### 4.2 网络性—利用网络特性研究言语康复方法学

人类的言语可以用单词间的相互作用图来描述。这种作用图具有某些与其他生物和科技网络相同的属性,是言语的多样性和适应性的基础。生理状态下言语系统符合无尺度分布的特征:①单词按照其功能存在着聚集的域(用云集系数  $C$  表示,大约是 0.43—0.69 之间,远大于随机网络的  $C$  值  $1.55 \times 10^{-4}$ ),有利于形成核心词汇。核心词汇是谈话者个体全部言语成分的一个多功能的子集。很少的几千个单词可以说几乎任何事情。核心词汇包括了整个交谈者群体共用的词汇,只有当交流者之间进行交流时核心词汇相重叠才能产生有效的交流。②从一个单词连接到任意一个单词所需要经过的

最少单词数目(连线数  $d$ )是 2.6—2.7 之间,也就是说尽管人类能够记忆大量的单词,但是在使用这些单词时人们从一个单词切换到另外一个单词的跳转节点不超过 3 个。这意味着达到合适的速度和有效的交流。人类的言语受到时间和空间的限制,在人们谈话过程中,交流速度非常重要。如果插入的单词是相互靠拢的,那么交谈速度就很容易满足要求。同时,有效交流需要充足的词汇。但是除了核心词汇以外,某些单词对某个谈话者是能理解的,而对其他人是难理解的。核心以外的词汇却相距不远,因此仅仅只需要花费很少的努力就可以从词汇网络中抽调出所需的词汇从而达到有效交流的目的。③在词汇网络中存在着集散节点(也称为功能单词),是那些连接数最大的单词。最常见的是一些作为导航词的虚词,如:“的、在、和、了、是、中、有”等<sup>[8]</sup>。

脑损伤患者原有的言语无尺度网络结构已遭受破坏,例如:①功能单词的缺失;虽然无尺度网络对于节点的随机移除是有很强的适应性,但是如果受波及的是那些连接性最强的节点的话,网络将崩溃为碎片。单纯导航词的缺失导致电报语。而口吃和言语欠流畅主要是因为言语网络对于去除集散节点非常脆弱,表意过程变得冗长,出现表达时命名或找词困难,临床上表现为非流畅性失语(如 Broca 失语)。运用无尺度网络模型寻找高连接性的功能单词进行强化训练可能成为言语治疗的一个方向。②一般的单词缺失;单词网络是一个成长性过程的产物,符合成长性和优先连接性的小世界网络特性。新单词的掌握往往依赖于高连接性的单词与原有的网络相连接,如果不能有效地建立与原有网络的连接可能造成理解或复述的困难,临床多表现为流畅性失语(如 Wernicke 失语)。运用无尺度网络寻找高功能单词的聚集域和连接路径恢复或重建已经损失的词汇,补充词汇量,提高理解和复述能力。③患者会出现语法错乱(paragrammatism)和替代现象。患者通过语法错乱而恢复言语的流畅程度,也就是说在脑损伤后,单词之间的距离  $d$  增大,而患者代偿性使用残留的高连接性的单词,从而试图降低单词和单词之间的距离,而这所付出的代价是,表现在交谈的过程中经常使用替代词的现象,造成复述障碍而导致常人无法理解,临床可表现为传导性失语。运用无尺度网络特性分析最短连接路径的残存情况,有的放矢地进行训练,学会合理使用高功能单词间的转换路径以恢复言语交流功能。

无尺度网络的特性对拓展言语康复治疗的方法学具有重要的理论指导价值。①成长性;通过高连接点扩充患者的词汇量;②优先连接性;寻找使用高连接点(频率最高或链接性最高)的单词进行训练;③敏感性;言语训练促通网络加快语言功能的恢复;④强韧性;采用替代(触觉、视觉等)和代偿(单词、短语等)的方法完成言语的交流功能;⑤脆弱性;借助言语集散节点(词频)进行言语康复训练,纠正言语网络的病理缺失状态,最大程度地恢复常用词汇的生理分布状态。

目前言语康复尚不能量化评估患者功能缺失,其主要原因可能是缺乏汉语言语评估的量化模型。引入无尺度网络模型可以通过计算云集系数和最短连接路径反映高连接性功能单词的频率分布和语法现象,可能为解决量化评估脑损伤后患者单词缺失和语法错乱情况(包括对不同类型的失语症

患者的损伤程度进行量化评估)带来新的解决方案。并可以利用常态模型为患者进行正常无尺度网络模式康复训练,或者利用原有无尺度网络的特性进行适应性或代偿性训练。在家庭、社区和社会三个功能层面的评估和训练的词库建立方面,无尺度网络模型可以克服原有的词频调查无法实现的反映患者真正意义上的社区和社会回归功能的词汇需求的缺点,通过计算机建立功能词库模型,避免进行不同行业的大规模调查词频,节约社会资源成本。

#### 参考文献

[1] 代荣阳,李洪,周志远,等. 细胞信号转导网络的无尺度属性及其意义[J]. 自然杂志,2004,26(5):259—264.

- [2] Fromm J.The emergence of complexity [M].1ed.Kassel:Kassel University Press GmbH,2004.71—111.
- [3] 车宏安,顾基发.无标度网络及其系统科学意义[J].系统工程理论与实践,2004,4:11—16.
- [4] Ferreri-Cancho R,Sol RV.The small world of human language [J].Proc R Soc Lond B,2001,268(7):2261—2265.
- [5] Bhalla US,Iyengar R.Emergent properties of networks of biological signaling pathways[J].Science,1999,283:381—387.
- [6] Dorogovtsev SN, Mendes JFF. Evolution of networks [J]. Adv Phys, 2002, 51(4):1079—1187.
- [7] Albert R,Barabasi AL.Statistical mechanics of complex networks [J].Rev Mod Phys,2002,74(1):47—97.
- [8] 韦洛霞,李勇,李伟,等. 汉字网络的3度分隔与小世界效应[J].科学通报,2004,49(24):2615—2616.

## ·综述·

# 卒中后抑郁的治疗\*

张长青<sup>1</sup>

脑卒中是当今危害人类健康的最主要疾病之一,研究显示脑卒中在城市人群死亡顺位中列第1—2位,在农村列第2—3位<sup>[1]</sup>。2000年对北京市60岁以上老年人的调查显示:脑卒中的患病率已经从1992年的4.8%上升到2000年的12.8%<sup>[2-3]</sup>。脑卒中患病率的上升会随之带来一系列问题,卒中后抑郁(poststroke depression,PSD)就是困扰脑卒中患者及其家属的主要问题之一。大量临床研究表明PSD是脑卒中后常见的并发症之一,卒中后1年内PSD的累计发病率在40%左右<sup>[4]</sup>。PSD临床表现为悲伤、焦虑、兴趣减退、自责内疚、消极、精力明显减退、体重减轻、思考能力下降等,它不仅影响患者的生存质量,导致患者出现种种不良的心境体验和躯体功能障碍<sup>[5]</sup>,同时还影响患者神经功能和肢体功能的康复<sup>[6]</sup>,而且PSD患者的死亡率要比无PSD患者高<sup>[7]</sup>。因此对PSD进行早期诊断和治疗就具有重要意义。

PSD的治疗方法有药物治疗、心理干预或认知行为治疗、社会支持治疗等。大量的研究证实对PSD患者早期给予抗抑郁药物治疗可以减轻或治愈患者的抑郁,并有研究认为抗抑郁药物能降低卒中患者的死亡率<sup>[8]</sup>。

## 1 药物治疗

PSD的药物治疗多是采用抗抑郁药物。目前临床上常用的抗抑郁药物有5-羟色胺再摄取抑制剂(selective serotonin reuptake inhibitor,SSRI)和去甲肾上腺素再摄取抑制剂(noradrenaline reuptake inhibitor, NARI)两大类。三环类抗抑郁药(tricyclic antidepressants, TCA)和单胺氧化酶抑制剂(monoamine oxidase inhibitor, MAOI)的副作用较大,因而限制了它们的临床应用。目前还出现了选择性5-羟色胺和去甲肾上腺素再摄取抑制剂(selective serotonin and noradrenaline reuptake inhibitor, SNRI),它们已经通过了药物试验,并被证实具有更少的副作用和更好的疗效。

## 1.1 SSRI类抗抑郁药物

国外进行了大量SSRI类药物治疗PSD的临床随机对照试验,尤以对百忧解进行的评价最多。

Wiar<sup>[9]</sup>对百忧解进行的临床试验采用多中心、随机对照、双盲的方法。试验组有16人、对照组有15人,试验观察时间为45天。两组均为卒中后3个月内的PSD患者,2组患者可比性良好,年龄、性别、试验距离卒中发生的平均时间(47天)、治疗开始前Montgomery-Asberg抑郁分级量表(MADRS)平均评分、病灶的部位、肢体活动能力、神经功能缺损程度、认知功能评分等许多方面差异都没有显著性意义。试验组服用百忧解20mg/d,对照组给予同百忧解胶囊外形、颜色相同的空白对照。结果表明:试验开始2周以内不管是否给予百忧解,试验组和对照组的MADRS评分均有明显下降,两组抑郁状况改善程度差异没有显著性意义。但是服药2—6周时对照组抑郁状况改善不再明显,而试验组的抑郁状况继续有明显好转。在试验终点,试验组的MADRS平均评分为11.8分,而对照组MADRS平均评分为18.7分,两者差异有显著性意义。因此他认为PSD患者口服百忧解20mg/d可以显著改善抑郁状况,而且与对照组相比没有明显副作用发生。但是他同时注意到试验组并不是所有的PSD患者在服用百忧解后抑郁状况都有改善。试验开始第30天时,试验组只有43.8%的患者抑郁状况明显改善(MADRS量表评分下降一半以上);第45天时,也只有62.5%的患者抑郁状况明显改善。即PSD患者对百忧解的治疗反应有很大的异质性。该药对患

\* 审校:方向华(首都医科大学宣武医院流行病学和社会医学部,北京市宣武区长椿街45号,100053)

1 首都医科大学宣武医院流行病学和社会医学部,北京市宣武区长椿街45号,100053

作者简介:张长青,男,硕士

收稿日期:2005-08-10