

- [1] Lachman, R., et al., Cognitive Psychology and information Processing, Hillsdale, 1979.
- [2] Solso, R.L., Cognitive Psychology, Harcourt Brace Javanovich Inc., 1979.
- [3] Dodd, D.H., et al., Cognition; Mental Structure and Processes, Allyn and Bacon Inc., 1980.
- [4] Atkinson, R. C., et al., Human memory; A proposed system and its control processes. In. The psychology of learning and motivation, Academic press, 1968.
- [5] Norman, D. A., et al., On the role of active memory processes in perception and cognition, In. The structure of human memory, Freeman, 1976.
- [6] Atkinson, R. C., et al., Search and decision processes in cognitive memory, In. Contemporary developments in mathematical psychology, Freeman, 1974.
- [7] Craik F. I.M., Levels of processing; A framework for memory research, Journal of verbal learning and verbal, behavior 1972.
- [8] Quillian, M.R., Semantic memory, In. Semantic information processing, MIT press, 1968.
- [9] Quillian, M.R., The teachable language comprehender, A simulation, program and theory of language Communication of the Association for Computing Machinery, 1969, 12
- [10] Collins, A.M., et al., A spreading activation theory of semantic processing, psychological Review, 1975, 82.
- [11] Smith, E.E., et al., Structure and process in semantic memory; A featural model for semantic decisions, psychological Review, 1974, 81.
- [12] Tulving, E., Episodic and semantic memory, In. Organization of memory, N.Y. 1972.

关于早期经验对脑影响的实验研究

李 德 明

中国科学院心理研究所

近年来, 强调早期教育(或训练)对儿童智力和行为发展重要性的文章很多, 其理论根据是: 早期教育(或训练)是一种早期经验, 早期经验对个体后来的发展和学习具有重要作用。动物方面的实验研究证明, 早期经验对脑解剖学和脑化学有明显影响, 这些结果正在为早期教育理论提供生理上的根据。本文准备介绍有关研究情况, 希望对于发展心理学的研究有参考价值。

一. 历史回顾

训练(或经验)是否影响脑的发育? 正式提出这个问题是在十八世纪后期, 然而, 远在公元前就有人认为, 脑的沟回越多就是智力越高的物种。到了十五世纪在欧洲掀起探讨智力与脑解剖学关系的热潮, 其结果丰富了对许多新种的认识, 为后来的种间比较解剖学提供了大量资料。

到十八世纪后期，著名的瑞士自然科学家Bonnet提出训练是否影响脑发育的问题，他假设心理训练可能影响脑的生长。当时，他的一位朋友，意大利解剖学家Mala-carne为了验证这个假说，他选择同胎的两只幼犬、同窝蛋孵出的成对幼鸟（包括鸚鵡、苍头燕雀和乌鸦）作为实验对象，每对动物中的一只获得严格的训练，而另一只不给任何训练，经过几年的不同处理之后，处死动物，解剖动物的脑发现：受过训练的动物小脑的皱褶较未受过训练的动物要多。该实验结果于1791年公布，对Bonnet的假说给予肯定的支持。

正巧在一百年后，Waldeyer(1891)公布了神经元学说。随之，意大利精神病学家Tanzi(1893)提出学习可能是通过神经元之间联系的变化来实现的，他假设学习引起神经元之间接触的组织学变化，这些变化是学习记忆的基础。并假设不同经验会引起脑的变化，甚至包括脑的组织的生长在内。他的假说得到某些学者的支持。与此同时，Ramon y Cajal(1894)阐述他所观察的各种脊椎动物的脑标本中，分类等级越高的动物其神经元的末梢和所分出的侧枝越多；在个体发育过程中，神经元的分枝也随个体的发育而不断增加，直到成年为止。他也认为训练引起神经元侧枝的更多生长是可能的。

较系统性的实验研究是在本世纪五十年代才开展起来的，至今仅三十年，此期间已有大量研究报告，所观察到的结果支持不同经验会引起脑组织变化的假说，正日益为人们所重视。在这个研究领域里，特别值得提出的是美国加利福尼亚大学(Berkley分校)Rosenzweig(心理学家)、Krech(心理学家)、Bennett(生物化学家)和Diamond(神经解剖学家)等人自1953年开始的关于环境对脑的可塑性影响的研究，他们已提出大量令人信服的研究报告。本文将以他们的资料为主，同时参考其他作者的工作。

二. 早期经验对脑解剖学的影响

Rosenzweig小组用大鼠作实验对象，他们为动物设计了三种不同的生活环境。第一种是丰富环境(简称EC)：10—12只大鼠饲养在一个大笼子(70×70×46厘米)内，笼内有云梯、迷津和坑道等设备供动物玩耍；第二种是枯燥影境(即隔离环境、简称IC)：单只大鼠饲养在一个小笼子(34×20×20厘米)内，笼内无任何供动物玩耍的设备，并且笼内的大鼠不能与同类交往；第三种是一般的标准饲养(简称SE)：3只大鼠饲养在一个类似的小笼子内，笼内也无玩耍设备，但这里是群体生活。动物在上述三种不同的环境中生活一段时间(30—160天)后被处死，然后对各组动物的脑进行解剖学和化学分析的比较，大量工作集中于对皮层的研究。

Rosenzweig等于1962年首次报告丰富环境引起大鼠大脑皮层的重量和厚度明显增加，此后，该结果得到许多研究者的重复(Altman等1968；Henderson，1970；Riege，1971；Greenough等，1973)。而且，得到Bennett(1964)、Diamond等(1966)、Rosenzweig(1971)及Rosenzweig等(1972)等相当精确的验证。他们发现，不同年龄的大鼠在丰富环境中生活一段时间后其大脑皮层的重量和厚度都有所增加，但是，幼鼠从断奶(25日龄)开始在丰富环境中饲养后的影响更大些，尤其以枕

叶皮层最为明显,重量常高出8%或更多,结果见表1。幼鼠脑对环境的影响很敏感,动物从25日龄开始,仅仅在丰富环境中生活4天就可引起脑和皮层重量的明显变化,见表2。

表 1 不同年龄开始在不同环境饲养30天大鼠脑重和体重的比较(1960—1974年)

不同环境饲养的起始年龄	EC组与IC组不同部位脑重和体重差异百分率(%)						动物对数(2N)
	枕叶皮层	总皮层	脑的其余部分	全脑	皮层/脑的其余部分	体重	
25日龄	9.6 ***	5.2 ***	2.3 ***	0.1	5.0 ***	-8.9 ***	267
60日龄	7.2 ***	5.5 ***	3.4 ***	1.9 ***	3.6 ***	-0.8	133
185日龄	6.0 **	3.2 **	2.0	1.1	2.1 **	0.6	21
290日龄	4.8 ***	2.7 **	1.2	0.2	2.5	-4.3	21

注: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.(Rosenzweig等1967) [6]

表 2 25日龄开始在不同环境饲养不同时间大鼠脑重的比较

脑 部 位	EC组与IC组饲养不同时间后脑重差异百分率(%)			
	4天	8天	12天	15天
枕叶皮层	6.6 ***	7.1 ***	7.3 **	10.4 ***
总皮层	2.2 ***	2.8 **	3.8 ***	6.4 ***
全脑	2.0 ***	1.8 *	2.4 **	5.3 ***
皮层/脑的其余部分	0.2	1.7 *	2.3 **	2.0 **
动物对数(2N)	48	24	12	22

注: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001 (Rosenzweig等,1976) [6]

在幼鼠断奶后于不同环境饲养的研究中, Diamond等(1972)报告EC大鼠大脑皮层感觉区、颞叶和额叶中央区域的厚度较IC大鼠要厚,而且,丰富环境对枕叶的影响最大。SC动物的皮层影响处于EC动物与IC动物之间。

Ferchmin等(1970)设计了更为复杂的丰富环境,他们让动物每天在四种丰富环境的笼子轮流两次,笼子内有更多爬上爬下的设备。他们观察到类似结果,同样发现幼鼠从断奶开始,仅仅在这样的丰富环境中生活4天就引起脑和皮层重量明显增加,结果见表3。

表 3 25日龄开始在Ferchmin丰富环境(FEC)饲养不同时间的大鼠与IC大鼠脑重的比较

脑 部 位	FEC组与IC组饲养不同时间后脑重差异百分率(%)		
	4天	8天	12天
枕叶皮层	5.2 ***	5.4 ***	8.3 ***
总皮层	2.6 ***	2.0 *	2.7 **
全脑	1.7 ***	0.6	1.3
皮层/脑的其余部分	1.7 ***	2.6 ***	2.6 ***
动物对数(2n)	72	24	12

注: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001(Ferchmin等,1970) [3]

迄今关于断奶前幼鼠生活于不同环境的研究尚少，这里介绍Malkasian和Diamond (1971) 的报告，他们把三只母鼠与其各带的3只子鼠一起放在丰富环境中饲养22天，然后处死子鼠与标准饲养对照鼠相比，其大脑皮层的体感觉区和枕叶区域的皮层厚度和神经元的核的大小都明显增加。作者认为，一月龄内幼鼠的脑较年轻大鼠的脑有更大的可塑性，更易受环境的影响。

皮层重量和厚度的宏观变化可能包含细胞数量、细胞体、神经元的突起（轴突和树突）等微观变化的内容，实验证明正是如此。

Diamond(1966)报告EC大鼠枕叶皮层胶质细胞数较IC大鼠增加14%，胶质细胞/神经元之比增加16%。他还发现EC大鼠枕叶皮层的核周体（神经细胞体）和细胞核较大(1967)。Helloway (1966) 报告EC大鼠视皮层第二层星状细胞的树突分枝较IC大鼠多。Diamond等(1972)报告EC大鼠视皮层第四层锥体神经元的基部树突明显增加，结果见图1。Greenough等(1976)报告EC大鼠视皮层第四层星状细胞树突的长度和分枝数量较IC大鼠明显增加，结果见图2。这些结果与Diamond(1972)报告的EC大鼠皮层重量和厚度增加的区域明显一致。Globus等(1973)报告EC大鼠枕叶皮层锥体细胞基部树突的突触棘数量较EC大鼠增加。Møllgaard等(1971)、West和Greenough(1972)分别用电子显微镜观察EC大鼠和IC大鼠皮层神经元的单个突触。Møllgaard等测定了第三层内I型突触的突触后膜上不透明区域的长度，证明EC大鼠这个区域的长度平均增加52%，而突触数目则减少1/3。West和Greenough测定了枕叶皮层第一、四、六层内I型突触的突触后膜加厚区域的长度，证明EC大鼠枕叶皮层第四层的突触后膜加厚区域的长度平均增加14%。

不同经验对脑微观结构影响的实验结果，为上述宏观结果提供了支持的证据，同时也提供了解释的可能性。丰富环境引起动物皮层内神经元某些微观结构的变化，使人可以推测神经元之间的相互联系增加，可能反映某些新的联系的建立；而胶质细胞数量的增加，可以对活跃的神经元起到更好的支持作用。

关于不同经验对海马和小脑的影响也有一些研究。Walsh等(1969)和Rosenzweig(1971)报告丰富环境引起动物海马的厚度增加。Fiala等(1978)发现从断奶开始不同环境饲养，其EC大鼠海马颗粒细胞树突的第1、2次分枝(即是接近细胞体的分枝)较IC大鼠明显增加，这与前面所叙述的皮层内的发现不同，那里不同经验引起皮层神

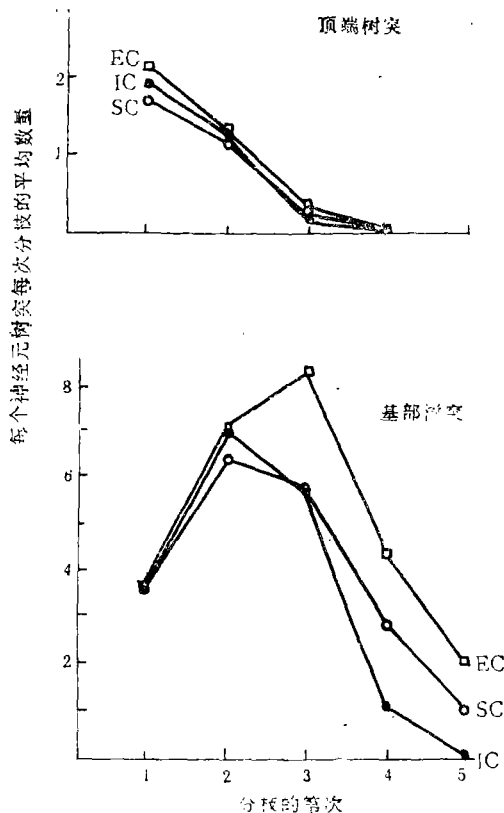


图1 幼鼠在不同环境中饲养30天后皮层第4层锥体神经元顶端树突和基部树突每次分枝的平均数量比较

注：动物总数为18只（每组6只），每3只同窝幼鼠分别到三种环境饲养。Diamond等(1972) [2]。

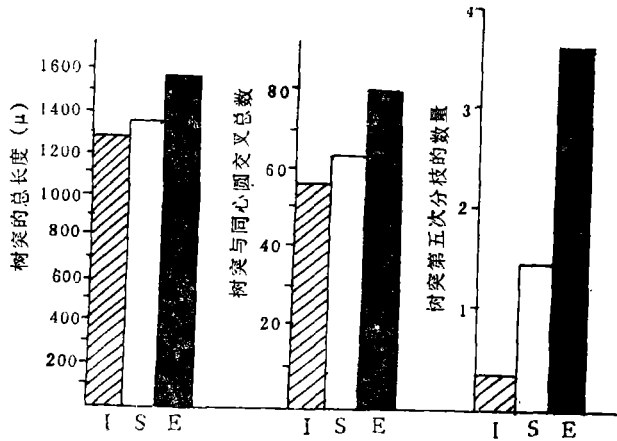


图2 幼鼠在不同环境中饲养30天后皮层第4层星状细胞延伸范围测定的比较。E：丰富环境，S：准标饲养环境，I：枯燥(隔离)环境

注：测定皮层神经元树突延伸范围有两种方法：1. 计数树突分枝与以细胞体为同心圆的一系列同心圆交叉的数量(图中)；2. 测量每个神经元树突每次分枝的数量和长度(图左和右)(Greenough等, 1976), [6][7]

神经元树突分枝的增加都发生在较高次的分枝(第3、4、5次分枝, 即是远离细胞体的分枝)部位, 这可能表明海马对环境的影响较皮层敏感。而且, Fiala等人还发现动物从成年(145日龄)开始在不同环境饲养, 上述差异就观察不到, 这表明海马受环境的影响是依赖于年龄的。

Floeter (1979) 报告了不同经验对灵长类动物小脑解剖学影响的初步研究。他将1—2周龄的幼猴分别在三种不同环境中饲养到6月龄, 三种环境是: 群养、隔离和部份隔离(每天与同类交往4小时), 他发现生活于群养环境的小猴小脑蚓垂内浦金野氏细胞的棘分枝明显较另外两组动物要多。

此外, 在实验室小鼠、跳鼠和鹿鼠身上, 也观察到不同经验对脑解剖学的类似影响。

三. 早期经验对脑化学的影响

由于脑组织的区域异源性、细胞类型的多样性, 以及细胞过程的不同, 使测定核酸和蛋白质的工作比较困难。尽管如此, 近期关于早期经验对脑化学的影响的工作仍取得一定成效。研究表明, 丰富环境引起脑的DNA、RNA、蛋白质和己糖激酶(一类参予由己糖合成糖元的重要的酶)的变化与动物脑的皮层重量和厚度的解剖学变化相吻合。

Rosenzweig等(1972)报告EC动物脑单位重量组织DNA含量较IC动物低, 说明EC动物脑内细胞体积相对增大; EC动物脑的RNA/DNA比例增高, 其枕叶皮层特别明显, 断奶后在丰富环境中饲养12—15天的大鼠, 枕叶皮层RNA/DNA比例较IC大鼠高11.2%; 幼鼠脑对环境影响的敏感性, 从断奶后仅仅在丰富环境中生活4天, 其枕叶皮层RNA/DNA比例较IC大鼠高出8.5%可以说明; 但是, 环境对皮层下区域的影响很小。Altman和Das(1964)报告H³-胸腺嘧啶渗入EC大鼠枕叶皮层胶质细胞DNA的量增加, 并证明渗入EC大鼠新皮层的量较IC大鼠高60%, 这些表明EC动物皮层胶质细胞数量增加。

Levitan等(1972)应用同位素标记亮氨酸渗入各种亚细胞级分的蛋白质,测定幼鼠从断奶开始在丰富环境或标准环境中饲养16天后的代谢水平,结果表明EC动物皮下区域同位素渗入核蛋白质和突触体级分的水平较高,特别明显的是海马区域。

Essman(1971)报告IC小鼠小脑内DNA量明显减少,这表明枯燥环境会使小鼠脑细胞数量减少。

Bennett等(1964)报告幼鼠从断奶开始在不同环境饲养80天后脑乙酰胆碱(ACh)活性的变化,证明大鼠总皮层ACh活性较IC大鼠高2.7%,而脑的其余部份高2.1%,视皮层ACh活性差异最大,高3.6%。有关的酶学测定的工作较多,包括乙酰胆碱脂酶(AChE)、胆碱脂酶(ChE)、胆碱乙酰化酶(ChAc)。Rosenzweig等(1971,1972)报告了断奶后经不同环境饲养80天的大鼠比较的结果,表明EC大鼠皮层内的AChE和ChE都较IC大鼠低,这可能与EC动物脑内胶质细胞数量的增加有关,也可能与非胆碱能神经元的生长有关;AChE与ChAc的变化似乎是平行的。Geller和Yuwiler(1968)报告了AChE和ACh的类似变化。

Geller等(1965)报告三种环境饲养的大鼠全脑的5-羟色胺(5-HT)和多巴胺(DA)水平无明显差异,单位蛋白质所含的5-羟色氨酸脱羧酶和谷氨酸脱羧酶无明显差异;而IC大鼠全脑的去甲肾上腺素(NE)水平较高。他们继续证明IC大鼠尾核内NE增高(Geller和yuwiler,1968,Geller,1971)。汤慈美、林文娟(1980)报告IC大鼠与群居大鼠脑内5-HT、DA和NE均无明显差异。Stolk等(1974)报告IC动物脑内NE更新速度增高。Modigh(1973)和Weinstock等(1978)报告IC动物脑内NE和DA合成更新速度降低。Garttinl等(1967)、Vazelli(1971)等报告IC动物脑内5-HT的更新率降低。这方面的研究结果不一,尚待进一步验证。

目前尚不能对这些脑化学变化给以清楚的解释,但许多变化是与脑解剖学的变化相一致的,而且,有助于对脑解剖学变化的解释。因此,这是研究早期经验对脑的影响的一个重要方面,也许是更深入的方面。

四.几种假说

二十多年来,试图解释不同经验对脑影响的假说很多,下面作简单介绍。

1. 应激假说 主张脑的变化是由应激(stress)引起。丰富环境对于动物是信息负担过重的应激,而枯燥环境对于动物是社会隔离的应激。

2. 激素假说 认为不同环境对脑的影响是通过对动物内分泌系统的影响而起作用的。

3. 加速成熟假说 认为丰富环境促进动物脑的成熟。这是EC动物与IC动物之间产生脑差异的可能原因。

4. 知觉功能改变假说 该假说是建立在感觉输入的剥夺或歪曲引起知觉功能变化(如皮层神经元感受野的变化)的基础之上,认为环境对脑的影响可能也是通过改变知觉功能状况得以实现的。

5. 唤醒假说 这是在发育理论的前提下提出来的,发育理论认为神经元发育的完善与否依赖于环境刺激。由于丰富环境的感觉刺激对脑的唤醒反应,因而引起脑解剖学和

生物学和认知

〔瑞士〕J. Piaget

为了比较认知的和生物学的机制，首先必须说明，前者是生物自动调节的扩展和利用，它是这种自动调节的最后产品的一种形式。为了证明这一点，人们可以从观察生物学家所面对的问题和智力或认知理论家所面对的问题之间严格类似之处开始。其次，人们可以分析有机体生命和认知手段之间在功能上的类似性，特别是结构上的同形现象：“勾连”的结构，有序的结构，不断增加的对应，等等。人们也可以对不同水平的行为（本能的“逻辑”或学习过程的“逻辑”等）尝试建立一种比较认识论。最后，人们可以考查当前生物学家中间流行的解释来说明智力的形成。但是，如果上述种种分析突出了有机体生命和认知机制之间的连续性，那么还应该看到的是，后者为从生理上对外部世界作出反应构成了分化的和特化的器官。换句话说，这些机制尽管仍然是生物性的，但却执行着特殊的功能。下述的讨论所依据的就是这个前提，但应该懂得，这不是一个把认知同有机体行为进行对比的问题，而是把前者的功能纳入后者的构架中去的问题。

认知特有的功能

在研究认知功能和机体功能之间的功能关系和部分结构同形的过程中，人们可以看到存在着很多的类似点，但也有相当数量的差异，这说明认知也有其特殊功能。而且，相反的情况是难以想象的，因为如果有机体是自给自足——没有本能、获得的能力或智力——的话，那么在生命和认知之间就会在性质上显示出根本的二元性，因为认知机制实际上是存在的。这反过来又会为一种单是要解释科学如何能获得客观知识的认识论提出难以克服的困难。

脑化学的变化。

6. 学习-记忆假说 认为不同的环境为动物提供了不同的学习机会，并假设所观察到的脑影响反映了不同学习和记忆的储存，强调动物与环境的相互作用是重要的条件。

上述种种假说的提出都是以某些实验结果为依据的，但是，其中以最后一种“学习-记忆假说”得到较多实验的支持。然而，要解释清楚早期经验对脑的影响最大的问题，无疑必须对脑的发育和生长情况加以考虑。

这里所介绍的资料全是在动物身上观察到的，不能直接推测到人，但是，不可否认这些研究对我们是很有启发的。尽管现在对这些工作尚存在不同看法，但是，现有的材料对于传统的能力固定论已是一个致命的打击。看来，在与良好的后天环境的相互作用中，先天遗传的潜在可能性才能得到最佳的发展。可以认为，这方面的研究正在为先天遗传控制与后天环境影响的辩证统一奠定实验基础。

行为、环境的扩展和“开放系统”的封闭

首先,从习性学的基本事实来看,作为动物特点的大部分知觉都是功利和实用性的。本能总是为营养、自卫和繁殖这三种基本需要服务。如果由于存在迁徙或不同类型的社群组织它似乎追求着派生的目标的话,这些目标也只是在这样的意义上才是派生的,即根植于这三项主要需要上的兴趣,仍是以这些需要为基础并且最终服从于物种的生存和个体可能的生存。

知觉或感知运动学习的基本形式也属于类似的结构,而且绝大部分日常行为或感知运动智力也是这样。然而,人们必须承认,在后边这个领域中,哺乳动物特别是类人猿身上出现了某些活动,这些活动虽然仍是功能性的,却有其本身的含义。我们知道幼小的哺乳动物有游戏活动,尽管K.Groos这样认为,它却不单是本能的练习,实际上乃是在某个特定水平上所能进行的活动的一般的练习,并没有眼前的效用或用它来做什么。游戏只是在个体发展进程中起作用的功能过程的一个极端,另一个极端乃是非游戏性的练习,通过这种练习,年幼的被试在一种认知适应的情境中“学着去学习”(Harlow),而不单是游戏的练习。我们有一个大约1岁的孩子碰巧把一件他想要的玩具从游戏栏的栅条间捅过来了,这件玩具很长必须竖着才能捅过来。他不满足于他的偶然的成功,而是又把玩具放到栏外,并反复尝试直到他“明白了”为止。这种无利害关系的知识的开端,黑猩猩无疑也是可以达到的。

可是不论完全是功利的还是在这种转变中所包含的从“想知道为什么”到“理解”,动物的认知就这样已经清楚地表明具有特定的功能,同求生存、营养或繁殖等纯生物的方面比较,这是一种扩展环境的功能。寻找食物而不是象植物一样从泥土和空气中获得营

参 考 文 献

- [1] Bennett, E. L., in Rosenzweig, M. R., et al. (Eds.): *Neural Mechanisms of Learning and Memory*, 1976, PP. 279—287.
- [2] Diamond, M.C., et al. *Journal of Neurobiology* 1972, vol. 3, PP. 47—64.
- [3] Ferchmin, P.A., et al., *Brain Research*, 1970, vol. 20, PP. 49—57.
- [4] Geller, E., et al., *Journal of Neurochemistry*, 1965, vol. 12, PP. 949—955.
- [5] Greenough, W.T., in Rosenzweig, M. R., et al. (Eds.): *Neural Mechanisms of Learning and Memory*, 1976, PP. 255—278.
- [6] Greenough, W.T., et al., in Mostofsky, D.I.(Ed.): *Behavior control and Modification of physiological activity*, 1976, PP. 220—245.
- [7] Greenough, W. T., et al., in Hahn, M.E., et al (Eds): *Development and Evolution of Brain Size*, 1979, PP. 295—320.
- [8] Hollway, R. L., *Brain Research*, 1966, Vol. 2, PP. 393—396.
- [9] Levitan, L. B., et al., *Brain Research*, 1972, Vol. 41, 498—502.
- [10] Rosenzweig, M.R., in Hahn, M.E., et al. (Eds.): *Development and Evolution of Brain size*, 1979, PP. 263—294.
- [11] 汤慈美、林文娟,《心理学报》1980年第3卷,第328—334页。
- [12] 林文娟、汤慈美,《生理心理学学术年会论文集》,1981年第115—122页。