

文盲文字加工的行为和脑机制

曹晓华^{1,2} 李愧敏¹ 陈昌明² 翁旭初²

(¹ 浙江师范大学心理系, 金华 321004) (² 中国科学院心理研究所, 北京 100101)

摘要 文盲作为一个特殊的被试群体, 对其的研究一直备受关注。文盲研究最初集中在文盲的口语加工和语音意识等方面。其后比较关注文盲字词的语音和语义加工。随着脑成像技术的发展, 对文盲的文字加工脑认知机制进行了研究, 探讨脑功能组织是如何受到早期学习的调制, 左侧梭状回在字词识别中的作用及其文盲脑功能偏侧化问题。以后此类研究应关注文盲字词识别学习过程中的脑功能变化和文化认知对认知老化的影响等科学问题。

关键词 文盲; 文字加工; 认知; 脑功能

分类号 B842

1 前言

文化教育对认知的影响, 一直是教育学、心理学、语言学和认知神经科学的重要研究领域。文盲作为一个特殊群体, 其认知特征为学校教育对认知影响的研究提供了机会。由于社会、经济等各方面原因使文盲缺乏字形的表征。因此研究文盲的文字认知加工特征, 更有助于深入理解文字的形音义关系。文盲的研究一直备受各国研究者的重视。特别是近年来, 随着脑科学和心理语言学的发展, 以及文盲的减少趋势加剧, 世界各地的学者加紧了对这一特殊被试群体的研究。国际上有许多学者对文盲进行了大量的研究(Kosmidis, Tsapkini, Folia, Vlahou & Kiosseoglou, 2004; Loureiro et al., 2004; Petersson, Reis, & Ingvar, 2001; Ventura, Kolinsky, Fernandes, Querido & Morais, 2007), 并取得了许多成果, 而国内在这一领域的研究几乎处于空白。

2 文盲文字加工的行为研究

2.1 文盲语音加工

在世界各地, 由于社会、经济等各方面的原因, 一些人不能在正常入学年龄接受正常的文化教育, 形成了文盲群体。此特殊群体, 具有正常的口语表征体系, 但是缺乏文字字形的表征能力和形音转换

能力。此类被试为探讨文字的形音义之间的相互关系提供了独特的研究对象。对于文盲认知的研究, 早期主要集中在探讨其语音认知加工。

Morais, Cary, Alegria 和 Bertelson (1979) 对文盲的语音意识进行探讨, 他们认为文盲处理那些需要外显语音加工的任务是比较困难的, 其研究表明, 文盲和非文盲的语音加工存在基本的差异, 这些差异独立于词汇效应、听觉组织和口语输出系统。他们认为文盲和非文盲的语音加工差异是处于知觉水平和语音输入水平层面上的。Morais, Castro, Scliar-Cabral, Kolinsky 和 Content (1987) 研究发现文盲被试完成口语任务需要词的语音结构意识, 这就显示至少会在某些方面, 文盲和非文盲在语音加工上存在差异。例如, 文盲不能完成在非词 (non-word) 前面加减一个音节的任务, 相对而言, 非文盲完成这项任务的困难就小得多。Gombert (1994) 对文盲、半文盲和非文盲的元语音意识进行了研究。其采用音节长度判断、首字母一致性删除和词汇切分三种任务。前测时文盲三种任务成绩都比其他被试低, 而后对三类被试均进行了相同的语音意识训练, 发现训练对三种被试都有效, 尤其是对文盲和半文盲更有效。其后 Adrian, Alegria 和 Morais (1995) 以及 Lukatela, Carello, Shankweiler 和 Liberman (1995) 对语音意识进行了进一步探讨, 结果发现在音素切分任务和音素 (音节) 删除任务上存在显著差异, 但在音节计算和音调计算任务上差异不显著。Ratcliff 等人 (1998) 用口语流畅任务检验三种

收稿日期: 2008-12-01

* 全国教育科学“十一五”规划 2008 年度国家青年基金项目 (CKA080232) 资助。

作者简介: 曹晓华, E-mail: caoxh@psych.ac.cn

不同文化程度的被试,发现文化程度与语音流畅性成正比,其结果也表明语音意识与文化程度有关。上述研究对文字加工的形音义关系进行了初步探讨,此类研究一致认为语音意识不是随认知或者身体成熟而自然发展的,同时受早期的读写能力获得影响。

随着研究的进一步发展,研究者对文盲口语语音加工进行深入探讨。Reis, Guerreiro 和 Petersson (2003)对文盲和非文盲间多种任务差异进行研究。结果发现,命名任务和口语流畅性任务与文化或者学校教育无关,而口语工作记忆、口语提取等任务是显著的受文化影响的。Dellatolas 等人(2003)对文盲和儿童的语音认知差异进行研究,发现儿童在简短的口语重复方面好于成人文盲。此类研究认为语音意识、语音记忆和口语语义记忆等认知任务的获得是受不同因素影响的。此后 Loureiro 等人(2004)对 97 个巴西文盲和半文盲的语音和元语音技能进行测量,更证实了此观点,其认为语音敏感性、语音记忆、韵律等和语音意识是清晰的不同的认知过程,仅仅是语音意识的认知加工受字母获得影响显著。Ventura 等人(2007)在图片命名任务中,采用不同 SOA 的干扰词启动,干扰词分为语音相关的干扰词和语音无关的干扰词。研究发现,对于所有被试而言,都是有关词干扰时比无关词干扰时的图片命名快。这些结果表明,语音输出过程中的语音表征是独立于文化教育的。Serniclaes, Ventura, Morais 和 Kolinsky (2005)也发现文盲被试在语音加工中展示出更不精确的类别边界效应和更强的词汇偏爱效应,这些可能都是书写语言剥夺或者损害的结果。Reis, Faisca, Mendonca, Ingvar 和 Petersson (2007)也认为语音词长度比较的绩效是与文化相关的,在没有语义干扰时文盲能知觉和加工语音长度,虽然其绩效比非文盲差。

就行为层面上观察而言,文盲和非文盲的口语加工是相似的,但是经过研究者的深入研究发现,文盲和非文盲在口语加工上存在不同的认知加工过程。Morais 等人(1987)研究发现某些处理口语语音单元的能力是学会文字形音转换能力的结果,而不是自然而然获得的。Reis and Castro-Caldas (1997)研究发现文盲复述伪词的绩效显著差于非文盲被试,也表明文盲口语加工的某些方面是不同于非文盲的。Castro-Caldas, Petersson, Reis, Stone-Elander 和 Ingvar (1998)研究发现复述真词时,文盲和非

文盲的绩效相似,但是文盲在复述伪词时是很困难的。在此研究基础上,Castro 等提出了三通路语言加工模型,即包括语义、词汇和语音三个通路,他们还认为外显语音的加工是以获得符号表征能力为基础的。非文盲通过学习匹配字形和相应的语音获得语音意识,学会字词语音分割的视觉表征。因为文盲词汇语义加工的限制,所以非文盲能够有效的结合三通路进行加工进而提高绩效。Graham 等人(1998)也发现口语语音分割能力与文化程度有关。总之,上述有关文盲的口语研究都一致认为文盲和非文盲的口语加工是有差异的,且早期的词形学习影响口语功能。在这些研究的基础上,Petersson, Reis, Askelof, Castro-Caldas 和 Ingvar (2000)对文盲的口语加工网络进行研究,结果发现文盲在复述真词和伪词(pseudoword)时差异显著,但非文盲在这两项任务中是没有显著差异的。他们认为文盲被试的这两项任务的差异可能反映了两类被试在言语加工网络的注意模块、口语工作记忆执行方面和口语输出发音组织上都存在差异。其网络分析的结果进一步表明了听觉口语加工网络是被一系列的正字法言语技能获得所调制的。此后 Reis 等人(2003)(更)发现并不是所有的口语认知过程都受文化影响,虽然口语工作记忆、口语提取等是显著的受文化影响,但命名、口语流畅性和口语记忆与文化或者学校教育无关。

2.2 文盲语义加工

对语义加工认知特征的探讨也是文盲研究的一个重点。Reis 等人(1997)认为语义加工能力不同于语音加工能力,语义加工能力的获得是先天的,不需要后期的训练,因此文盲在语音和语义任务中倾向于使用语义。Castro-Caldas 等人(1998)在以前研究的基础上提出了三通路语言加工模型,即包括语义、词汇和语音三通路,而且他们认为这三条通路是平行加工的。因为非文盲能够有效的结合三通路进行加工,而文盲的词汇加工能力受限,所以非文盲的语言加工绩效高于文盲被试。

多数研究发现文盲和非文盲在语义流畅性任务中的绩效是有差异的(Petersson, Reis, & Ingvar, 2001),然而,Reis 等人(2003)采用超市物品项目进行实验,研究发现文盲的语义流畅性任务绩效与非文盲一致。当然这些不同实验的语义流畅性材料的差异也是可能导致这种相互矛盾的结论。为进一步了解文盲语义加工,在前述研究基础上,Kosmidis

等人(2004)通过比较文盲和不同文化程度被试的语音和语义加工,探讨文盲和非文盲语音和语义加工的差异。其研究进一步证实了前述的一些研究结论,即语音加工是一种需要训练获得的能力。而且此研究还拓展了以前的研究结论。以前的研究认为教育只是提高了语音加工能力而没有提高语义加工能力,此研究发现教育对语音加工和语义加工的发展都有作用。Reis等人(2007)通过文盲和非文盲的比较,考察真词和伪词的加工。研究发现在没有语义干扰时文盲能知觉和加工语音长度,虽然其绩效比非文盲差。但文盲偏爱语义—概念化—程序类型的认知加工。也有研究者对文盲和儿童的语义加工进行研究,结果发现虽然儿童简短的口语重复好于成人文盲,但成人文盲在口语语义流畅性任务上好于儿童(Dellatolas et al., 2003)。

由于文盲没有形成完整的文字形音义表征体系,但是却具有完整的物体或图形的形音义体系,因此许多研究者采用图形或者物体命名对文盲的语义加工进行研究,以期深入了解文字语义加工。Reis, Guerriero 和 Castro-Caldas (1994)对文盲的图形和实物命名进行测量,发现文盲在表征二维图形的命名上差于非文盲。此研究还发现,在正常非文盲中相同的命名二维图形和命名物体的任务,在文盲中却是两类有差异的认知过程。视觉命名任务的绩效主要依靠视觉再认(包括视觉注意)、语言加工以及它们的交互系统。Reis等后续的研究认为这种差异主要是由于在实验中运用的二维图片多是学校学习中出现的,而且二维图形的编码、加工、提取等都与学校教育有关,即这些技能都在学校训练过(Reis, & Castro-Caldas, 1997; Reis, Faisca, Ingvar, & Petersson, 2006)。Reis, Petersson, Castro-Caldas 和 Ingvar (2001)进一步的研究发现,在对二维图形命名时文盲的反应时较长,但是在命名实物时却没有这种现象,说明这种现象与文盲语义加工是无关的。Reis等对错误反应的分析证实了这一假说,文盲的错误出现在视觉相关上的比语言相关上的多,而非文盲却是相反的。此结果同时证实了正字法知识是普通视觉加工系统的一个不可分单元,而且此研究更显示出正字法知识的获得影响视觉加工系统的某些特定成分。

2.3 文盲文字加工策略

在文盲的文字认知研究上,认知加工策略也是备受关注的。Kosmidis等人(2004)发现文盲和非

文盲的语义聚类(clustering)策略差异不显著,表明语义聚类策略不依赖于教育和符号表征的获得,尽管绩效是随教育而增加的。但是,基于语音特征的外显的口语信息加工在文盲和非文盲之间有显著差异。在语音聚类方面,文盲是比较差的,其认为语音信息加工的有效策略是依靠正规教育获得的,但与教育水平无关。此研究结果进一步验证了语音加工和语义加工需要不同的能力。Silva, Petersson, Faisca, Ingvar 和 Reis (2004)采用口语流畅性任务来研究文盲的认知加工策略。实验采用超市食品语义流畅任务和动物语义流畅任务(这些任务与被试有生态学的相关),发现文盲和非文盲被试在基本的语义记忆上无差异,差异可能来源于策略。通过进一步的定量分析发现,前一任务两类被试绩效相同,而后一任务差异显著。通过定性分析发现,不同的被试使用不同的策略,特别是在完成动物流畅性任务时。因此作者认为两类被试在语义记忆的加工方式上没有物质基础的差异,而这种差异只揭示了在不同的文化背景下被试的语义记忆的内容差异以及被试的不同的认知策略。

3 文盲文字加工的脑功能研究

许多研究者采用双耳重听范式来对文盲的语音和语义加工的大脑偏侧化进行研究,但是没有取得共识。随着行为研究的进展,许多研究者也开始采用各种新技术对文盲文字加工的脑机制进行探讨。

Petersson, Reis, Askelöf, Castro-Caldas 和 Ingvar (1998)发现两类被试在口语重复测试中顶叶后部差异显著。而Caldas等人(1998)用PET研究文盲文字加工的脑机制,发现复述真词时,文盲和非文盲的绩效相似,激活的脑区也相同。但是文盲在复述伪词时是很困难的,而且没有激活和非文盲相似的脑区。此结果从脑功能的角度证明了早期的词形学习影响口语功能,同时表明儿童时期的读写学习影响成年后的脑功能组织,且发现连接顶叶后部的胼胝体纤维也是文盲的较细。Petersson, Reis, Castro-Caldas和Ingvar(1999)也用PET对文盲的文字加工进行了研究。此研究采用听觉词对联想线索回忆的任务,发现回忆的绩效与左侧前额皮质下部(PFC, BA47)和左侧颞叶内侧(MTL)相关。文盲被试的PFC和MTL在有效编码中也比无效编码中激活更大。而且这种绩效差异在与语义和语音相关的词对中都可以观察到。这些功能神经影像研究表明书面语的发展和 Learning 显著地调制着口语系统,特别是,

正字法知识的获得对语言网络影响显著。因此, Petersson等认为, 书面语正字法表征系统的发展会导致语言网络的改变。在此假设的基础上, 他们采用网络方法分析文盲的口语加工网络 (Petersson et al., 2000; Petersson et al., 2001)。其目的是为验证言语加工的不同功能解剖区域之间的关系及其交互作用模式在文盲和非文盲之间是不一样的假设, Petersson等采用结构方程模型进行网络分析。此网络中包括了言语加工网络的注意模块、口语工作记忆执行系统、正字法表征系统和口语输出的发音组织等。网络分析的结果也表明儿童时期学习读和写影响成年后的脑功能结构, 更表明了听觉口语脑网络是被正字法意识获得所调制的。

Castro-Caldas (2004) 用 PET 和 fMRI 对文盲的认知加工进行研究, 结果发现: 处理语音时, 只有非文盲被试具有一个复杂的脑激活模式, 而文盲没有这种复杂的激活模式; 也发现文盲的连接顶叶的胼胝体纤维比非文盲被试的要细小。且文盲和非文盲在两半球的顶叶区域的激活是有差异的。而且成年后学习读写的被试比在儿童正常年龄学习读写的被试在枕叶的信息处理要慢。

前述研究都是以字母语系进行的, 都发现学习字母表体系的书面语对听觉口语体系有重要影响, 且脑的功能结构也受文化调制。而汉字作为一种独特的文字表征体系, 对其的研究一直是心理学研究的重点。随着文盲研究的进展, 许多研究者也开始关注中文文盲的认知状况。而且, 许多影像学研究发现, 中文被试和英文被试具有不同的脑激活模式: 在中文被试中, 左侧额叶中部在不同的语言任务中都有激活, 但是英文被试在各类语言任务中左侧额叶中部没有激活或者很少激活; 大声朗读汉字是激活双侧脑区的, 而默读汉字则激活左侧脑区, 特别是左侧额中回, 这些都与字母语系的加工区域存在差异 (的)。因此探讨中文文盲汉字加工的脑机制具有重要意义。LI 等人 (2006) 对中文文盲进行了研究, 实验采用静态词再认任务, 探讨文盲和非文盲激活的脑区差异。研究同时采用 fMRI 和 PET 技术来探讨语音任务中的大脑激活。实验采用 30 个静态字词再认和 30 个交通标识符的静态图形命名任务进行。结果发现, 在字词再认任务中, 两类被试在左侧额下、额中回, 两侧的颞上回激活差异显著; 非文盲被试主要激活左侧额中回, 有较少的激活在左侧额下回、左侧顶叶下部、左侧顶部的中央后回

和左侧颞上回, 而且有更弱的激活在右侧边缘扣带回和左侧颞中回。对于文盲被试, 这种静态汉字再认任务激活的区域主要是两侧的顶叶下部, 较弱的相关激活在两侧的颞中回和颞上回, 更弱的相关激活在两侧的额下回、左侧额叶中央前回和右侧扣带回。在图形命名任务中, 两侧的额下、额中回, 左侧的边缘扣带回的激活差异显著。因此, 可以认为, 与语言任务相关的脑区激活模式受教育的影响, 而且, 教育能增强言语任务中认知加工的有效性。此研究进一步证实了学校和正规教育对字词和图形再认的脑激活模式起决定性作用。此研究表明象形文字再认中左侧额中回和额下回 (BA9/46,44) 起重要作用, 而且左侧梭状回参与了静态词汇再认任务。而且在字词再认任务中, 文盲激活了两侧的颞中回, 表明有视觉注意的参与。另外此研究也表明了静态文字再认任务中文盲被试采用了口语和非口语的操作。

随着视觉词形区域 (Visual Word Form Area, VWFA) 研究的进展, 研究者直接对文盲和非文盲的文字字形加工的脑区进行深入探讨。为了探讨是否存在一个汉字字形加工的特异性区域以及此区域是如何受经验影响的等问题, Ma 等对中文文盲被试和非文盲被试以及英语被试的汉字加工进行研究, 结果发现在中文非文盲被试的左侧梭状回发现了一致性激活, 而在文盲和英文被试的汉字再认中没有发现激活左侧梭状回的 VWFA。而且, 研究者还对文盲进行了短期的汉字培训, 之后再对文盲进行测试, 也没有发现 VWFA 区域的激活。此结果不但证实了中文汉字字形加工特异性区域的存在, 而且表明此区域具有经验依赖性。

随着脑成像分析技术的进步, Petersson, Silva, Castro-Caldas, Ingvar 和 Reis (2007) 关注文字加工对脑功能偏侧化的影响, 其认为当前对于两半球交互作用的理解是有限的, 并不清楚两半球的功能特异性是环境还是遗传作用或是两者相互作用的结果。而文盲被试为探讨文化对顶叶下部的功能偏侧化的影响提供了可能性。在实验中, 他们以文盲和非文盲为被试, 结果显示, 虽然两类被试在颞叶皮质上部的初级语音相关区域显示出一个相似的左-右脑不同, 但文盲比非文盲更具有右侧偏侧化。研究结果表明, 在阅读和口语工作记忆区域, 文化影响半球功能的平衡。他们还进行了灰质和白质的 VBM 分析, 结果显示, 两类被试在白质上差异显著,

但灰质没差异。因此可以认为,与文字加工相关的读写能力和口语工作记忆能力影响脑的功能连接,而不影响灰质。

4 总结与展望

上述研究表明,在行为层面上,研究者已对文盲的认知特征进行了较为深入的研究,特别对文盲的文字形音义加工进行了广泛探讨,同时,研究者对文盲和非文盲语音加工和语义加工的差别取得共识。随着脑成像技术的发展,运用脑成像技术研究文盲的脑功能组织也已经展开,并取得了一定的研究成果。研究者都发现早期的文字认知学习影响成年后的脑结构和功能,特别是这种早期学习能够调制口语加工网络。但是此类研究还刚刚起步,还有许多问题有待探讨。因此深入研究文盲的认知机制对语言学 and 脑功能研究的发展都有重要的意义。

在前述研究的基础上,要深入研究文盲认知机制,可以从以下几个方面进一步展开:

第一,在字词识别中,VWFA的功能特异性是近期研究的一个重点,而文盲为此类研究提供了一个特殊的被试群体,对文盲的VWFA研究,能深入探讨VWFA的形成及其功能,还能进一步研究VWFA形成的影响因素,如VWFA的形成是否受语音和语义的调制等。此类研究也为探讨字词的形、音和义的关系提供了新的思路,而且还可以探讨特异性区域的可塑性。如果文盲不存在VWFA,那么VWFA的形成过程就可以深入理解特异性区域的可塑性;如果成年文盲不能形成VWFA这一特异性区域,或者在VWFA没有形成之前,此特异性区域的功能是什么?……等等问题,都有待探讨。

第二,文盲的文字研究为探讨文字的形音义加工网络提供了独特的思路。虽然Reis等认为文字加工具有语义、词汇和语音的三平行通路,但是此不同通路间的相互关系是如何的还不清楚。儿童时期正常形成的文字加工网络与文盲成年后再经过训练而形成的通路是否一致也不清楚。

第三,文化教育对认知老化的作用也是以后文盲研究的一个重要方面。文化教育是如何在认知老化中起作用的,读写技能的缺失如何影响认知老化的等等,现在都还不清楚。文盲相对于非文盲而言,是否在其他认知功能上有优势也是一个有待探讨的问题。

第四,文盲大脑功能和结构的偏侧化问题也是一个有待深入研究的(一个)问题。此问题虽然在

行为实验和脑科学实验中都已经开展了,但是才刚刚起步,许多问题还有待探讨。如对于读写技能缺失的文盲,其大脑的偏侧化优势或者偏侧化程度是如何的?是受哪些相关因素影响的?等等。

当然,现有的大部分文盲研究的被试都是女性(被试),那么以后的研究也要注意增加男性文盲被试。而且,现有的研究多是以老年文盲为被试,这些老年文盲被试的研究结果是否与年轻文盲的研究结果是一致的也有待考察。

参考文献

- Adrian, A., Alegria, J., Morais, J. (1995). Metaphonological abilities of Spanish illiterate adults. *International Journal of Psychology*, 30, 329-353.
- Castro-Caldas, A., Petersson, K. M., Reis, A., Stone-Elander, S., & Ingvar, M. (1998). The illiterate brain. Learning to read and write during childhood influences the functional organization of the adult brain. *Brain*, 121, 1053-1063.
- Castro-Caldas, A. (2004). Targeting regions of interest for the study of the illiterate brain. *International Journal of Psychology*, 39, 5-17.
- Dellatolas, G., Braga, L. W., Souza, L. D. O. N., Filho, G. N., Queiroz, E., & Deloche, G. (2003). Cognitive consequences of early phase of literacy. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9, 771-782.
- Da Silva, C. G., Petersson, K. M., Faisca, L., Ingvar, M., & Reis, A. (2004). The effects of literacy and education on the quantitative and qualitative aspects of semantic verbal fluency. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26, 266-277.
- Gombert, J. E. (1994). How Do Illiterate Adults React to Metalinguistic Training? *Annals of Dyslexia*, 44, 250-269.
- Kosmidis, M. H., Tsapkini, K., Folia, V., Vlahou, C. H., & Kiosseoglou, G. (2004). Semantic and Phonological Processing in Illiteracy. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10, 818-827.
- Lukatela, K., Carello, C., Shankweiler, D., & Liberman, I. Y. (1995). Phonological awareness in illiterates: observations from Serbo-Croatian. *Applied Psycholinguistics*, 16, 463-487.
- Loureiro, C. S., Willadino Braga, L., Souza, L. N., Filho, G. N., Queiroz, E., & Dellatolas, G. (2004). Degree of illiteracy and phonological and metaphonological skill in unschooled adults. *Brain and Language*, 89, 499-502.
- Li, G., Cheung, R. T. F., Gao, J. H., Lee, T. M. C., Tan, L. H., Fox, P. T., Jack Jr, C. R., & Yang, E. S. (2006). Cognitive Processing in Chinese Literate and illiterate Subjects: An fMRI Study. *Human Brain Mapping*, 27, 144-152.
- Morais, J., Cary, A., Alegria, J. & Bertelson, P. (1979). Does awareness of speech as a sequence of phones arise

- spontaneously? *Cognition*, 7, 323–331.
- Morais, J., Castro, S. L., Scliar-Cabral, L., Kolinsky, R., & Content, A. (1987). The events of literacy on the recognition of dichotic words. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39, 451–465.
- Ma, L., Jiang, Y., Gong, Q., Deng, Y., Cao, X., & Weng, X. Identification and characterization of VWFA in Chinese readers and illiterates. (in press).
- Pettersson, K. M., Reis, A., Askelöf, S., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (1998). Differences in interhemispheric interactions between literate and illiterate subjects during verbal repetition. *Neuroimage*, 7, 217–224.
- Pettersson, K. M., Reis, A., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (1999). Effective auditory-verbal encoding activates the left prefrontal and the medial temporal lobes: A generalization to illiterate subjects. *Neuroimage*, 10, 45–54.
- Pettersson, K. M., Reis, A., Askelof, S., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (2000). Language processing modulated by literacy: a network analysis of verbal repetition in literate and illiterate subjects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 364–382.
- Pettersson, K. M., Reis, A., Ingvar, M. (2001). Cognitive processing in literate and illiterate subjects: a review of some recent behavioral and functional neuroimaging data. *Scandinavian Journal of Psychology*, 42, 251–267.
- Pettersson, K. M., Silva, C., Castro-Caldas, A., Ingvar, M., & Reis, A. (2007). Literacy: a cultural influence on functional left-right differences in the inferior parietal cortex. *European Journal of Neuroscience*, 26, 791–799.
- Ratcliff, G., Ganguli, M., Chandra, V., Sharma, S., Belle, S., Seaberg, E., & Pandav, R. (1998). Effects of Literacy and Education on Measures of Word Fluency. *Brain and Language*, 61, 115–122.
- Reis, A., Guerriero, M., Castro-Caldas, A. (1994). Influence of educational level of non brain-damaged subjects on visual naming capacities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16, 939–942.
- Reis, A., Castro-Caldas, A. (1997). Illiteracy: Abias for cognitive development. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 444–450.
- Reis, A., Castro-Caldas, A. (1997). Learning to read and write increases the efficacy of reaching a target in two dimensional space. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 222–231.
- Reis, A., Pettersson, K. M., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (2001). Formal schooling influences two- but not three-dimensional naming skills. *Brain and Cognition*, 47, 394–411.
- Reis, A., Guerreiro, M., Pettersson, M. (2003). A Sociodemographic and Neuropsychological Characterization of an Illiterate Population. *Applied Neuropsychology*, 10, 191–204.
- Reis, A., Faisca, L., Ingvar, M., & Pettersson, K. M. (2006). Color makes a difference: two-dimensional object naming in literate and illiterate subjects. *Brain and Cognition*, 60, 4–54.
- Reis, A., Faisca, L. I. S., Mendonca, S., Ingvar, M., & Pettersson, K. M., (2007). Semantic interference on a phonological task in illiterate subjects. *Scandinavian Journal of Psychology*, 48, 69–74.
- Serniclaes, W., Ventura, P., Morais, J., & Kolinsky, R. (2005). Categorical Perception of Speech Sound in Illiterate Adults. *Cognition*, 98, 35–44.
- Ventura, P., Kolinsky, R., Fernandes, S., Querido, L., & Morais, J. (2007). Lexical restructuring in the absence of literacy. *Cognition*, 105, 334–361.

The Behavior and Brain Function of Word Processing in Illiterate Subjects

CAO Xiao-Hua^{1,2}; LI Kui-Min¹; CHEN Chang-Ming²; WENG Xu-Chu²

¹Department of Psychology, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

²Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: Many studies have revealed the cognitive ability of illiteracy who had not receive normal school education. Originally, the studies of illiteracy concentrated on spoken processing and phonological awareness. Then, those studies of illiteracy investigated phonological and semantic processing of words. With the development of brain imaging techniques, many researchers focused on the illiteracy' cognitive mechanism of word processing and how the early spelling ability modulated the organization of brain function. These researches discussed the function of the left fusiform gyrus in the word recognition and the laterality of brain function of illiteracy. In the future the studies of how the brain change with the illiteracy learning spelling and how the influence of cultural cognition to aging are interesting.

Key words: illiteracy; word processing; cognition; brain function