

早产儿语言发展及其脑机制*

陈永香^{1, 2)} 朱莉琪^{1)**}

(¹⁾中国科学院心理研究所, 北京 100101; ²⁾中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要 早产儿语言发展存在特殊规律。行为研究发现, 早产儿在词汇、句法、语义言语流畅性等方面存在发展滞后的现象。早产对语言发展的影响可能持续到成年早期, 但具体的滞后程度受到生物因素和社会因素的影响。随着脑成像技术的发展, 有研究开始考察早产儿的脑发育情况。研究者发现, 青少年时期的早产儿在大脑白质、皮层下灰质和小脑结构等方面发生了改变, 但关于早产儿语言发展的脑机制还有待进一步的研究来确证。简述了早产儿语言发展的行为研究和脑神经研究方面的最新进展, 以揭示早产儿这一特殊群体在语言发展和认知神经方面的规律。研究认为, 应结合行为研究与脑神经研究的优势, 进一步深化对早产儿语言发展机制的探讨, 也为考察正常儿童语言获得规律提供特殊的科学依据。

关键词 早产儿, 语言发展, 事件相关电位(ERP), 结构核磁共振(sMRI), 扩散张量成像(DTI)

学科分类号 B844

DOI: 10.3724/SP.J.1206.2011.00082

人类婴儿的正常孕育周期通常是 38~41 周, 胎龄在 37 足周以前出生的活产婴儿称为早产儿或未成熟儿(preterm/premature infant)^[1]。根据早产程度的不同, 研究者又将满足“出生时胎龄小于 33 足周”和“出生体重小于 1 500 g”两个条件之一或两者都满足的儿童称为极早产儿(very preterm, VPT), 将胎龄小于 28 周的称为超低早产儿(extremely preterm, EP)^[1]。随着新生儿护理水平的发展, 极早产儿的成活率大大提高^[2]。然而, 早产会带来一系列风险因素, 使他们各方面的发展受到影响^[3]。早产儿出生时胎龄较低, 神经系统发育不完善, 因而他们比正常儿更容易存在重大神经缺陷和神经心理困扰^[4], 也更容易出现学业成绩不良等现象^[5]。即便是没有出现脑损伤等重大神经缺陷, 早产儿在童年早期也可能检测到言语智力分数偏低等^[6]。在过去 20 年中, 有大量行为研究及认知神经科学的研究报告显示, 早产儿在语言发展方面存在种种缺陷和滞后现象, 如早产儿在 2 岁时普遍存在语言发展迟滞, 早产时的胎龄可以预测语言发展滞后的风险等^[1]。

早产带来的语言发展滞后可影响儿童的学业成就和社会适应等方面^[6-7], 因此, 考察早产对儿童语言发展的影响及其脑机制具有重要的临床及理论

意义。本文旨在介绍关于早产儿语言发展方面的行为及脑科学研究进展, 并结合汉语早产儿语言发展研究的现状, 对进一步的研究提出展望。

1 对胎儿及早产婴儿的研究

对正常儿童孕育周期的行为研究表明, 25~32 周的胎儿出现了听觉刺激的最早反应^[8]。儿童对于语音信息的敏感从出生前就存在。Cheour-Luhtanene 等^[9]通过事件相关电位(event related potentials, ERP)研究表明, 胎龄 30~35 周出生的健康(无生理缺陷和重大疾病)早产儿能分辨不同的元音, 因而推测该阶段的胎儿在子宫中就可能学习分辨语音了。在正常妊娠期的第 34~39 周, 通过对胎儿心率的考察可观察到胎儿对熟悉的语音刺激的偏好, 这说明从孕期第 7 个月开始, 胎儿可熟悉母亲的声音^[10]。

早产儿出生以后, 他们在医院住院期间所接受

* 国家自然科学基金资助项目(31070917)和中国科学院心理研究所发展基金(O8CX081008)资助项目。

** 通讯联系人。

Tel: 010-64836643, E-mail: zhulq@psych.ac.cn

收稿日期: 2011-02-24, 接受日期: 2011-05-03

的声音刺激不同于他们在子宫中能接受到的信息。在典型的孕期中, 听觉和语言能力发展的环境是处于一种具有声学韵律的环境, 子宫中具有低频率的背景音(母亲的心脏节律和身体噪音)并可听到熟悉的语音和语调(如母亲的声音)^[11]。而根据美国新生儿加护病房(the neonatal intensive care unit, NICU)的数据, 医院环境中的声音刺激通常都很响, 并且缺乏节奏和韵律特征^[12]。

Herold 等^[13]研究者认为, 早产会导致儿童早期接受的韵律信息不足, 而韵律信息对于语言获得非常重要, 这可能影响他们的语言发展。研究者采用转头偏好范式(head-turn preference paradigm)考察了 50 名无其他病理因素的极低体重(< 1 500 g)早产儿的语言发展, 结果发现, 在匹配的早产和足月儿童中, 早产儿(30 名)在纠正胎龄(the corrected age)4 个月和 6 个月时都没有表现出对重音的分辨(纠正胎龄的计算方法是用出生后的月龄减去早产儿妊娠周期中不足的月龄)。而足月儿在 4 个月和 6 个月时, 对首音节重音和第二音节重音的定向时间存在差异, 说明他们能够辨别词汇重音。因而, 研究者认为早产和早期韵律信息不足影响了生命头半年中的韵律加工^[13]。

2 早产儿语言发展的行为研究

有研究已经发现, 早产儿在生命的第一年中许多方面表现出延迟, 但是这些延迟是否持续更长的时间是一个有争议的问题。Luu 等^[14]发现, 严重脑损伤会给语言发展带来长期的后遗症。Marston 等^[15]也发现临床病理因素与 2 岁早产儿的词汇获得密切相关。但是, 关于不存在重大神经缺陷的早产儿的语言发展, 不同研究得到了不完全一致的结果, 其研究结果随早产儿年龄以及相关影响因素的不同而稍有出入。

2.1 早产对儿童语言发展的影响

Foster-Cohen 等^[1]发现, 2 岁早产儿的词汇和句法发展存在普遍的迟滞现象, 其中超低早产儿(胎龄小于 28 周)的语言发展比胎龄大于 28 周的早产儿更加滞后, 早产年龄可预测语言发展风险。还有研究发现^[16], 早产儿的出生体重与 18 个月时的语音发展相关, 而语音发展与 24 个月时的词汇量大小相关。无重大疾病的极早产儿 2 岁时可能存在语音发展方面的滞后, 且这种滞后独立于一般认知能力的发展^[17]。Sansavini 等^[12]发现, 极低胎龄、男性和极低出生体重儿(出生体重小于 1 500 g)语言延迟

的风险更大, 他们在词汇和语法上都稍微延迟, 但是二者之间的关系仍然属于正常范围。Reilly 等^[18]在澳大利亚所做的大样本追踪研究表明, 男性和家族史这两个因素与 2 岁儿童较弱的语言和沟通发展有关。但是, 早期高危因素如社会经济地位(social economic status, SES)、母亲教育程度、胎龄、出生体重等可解释 2 岁儿童语言发展变异的能力不超过 7%。此外, Walch 等^[19]发现, 父母双语与 2 岁极低体重儿较缓慢的神经发育有关, 但 SES 因素的影响并不显著。

有研究考察了出生体重低于 1 000 g 的早产儿, 发现大部分超低出生体重早产儿在生命前三年内的语言发展正常, 只有部分儿童有轻微或中等程度的语言发育迟缓^[12, 20]。但是, 更多研究确认了 3 到 4 岁早产儿存在语言发展滞后的现象。Schirmer 等^[21]和 Foster-Cohen 等^[22]发现, 早产儿在 3 到 4 岁时普遍存在轻微至中等程度的表达性语言和接受性语言发展滞后。Caravale 等^[23]研究发现, 即便是不存在重大神经缺陷的早产儿(胎龄 30~34 周), 在匹配了年龄、性别、父母教育程度和职业状态的情况下, 他们在 3 到 4 岁时的智力分数仍比足月控制组低(110.8 *v* 121, $P < 0.001$), 视知觉测试和图画-词汇测试成绩等也低于控制组。Sansavini 等^[23]发现, 早产影响了 3.5 岁儿童的语法发展和语音工作记忆, 导致他们与足月儿童相比存在语言发展方面的不足。Dall'oglio 等^[24]考察了 35 名健康(无生理缺陷和重大疾病)早产儿及 50 名足月儿童的神经心理发育, 发现早产儿在 4 岁时的格里菲思心理发展量表(Griffiths Mental Development Scales)平均得分显著低于足月儿童, 在控制母亲受教育程度和儿童认知发展水平这两个因素以后, 两组儿童在言语流畅性($P < 0.05$)和言语理解方面($P < 0.01$)仍存在显著差异。因此, 研究者^[24]建议, 即便是不存在重大疾病的极早产儿也需要做神经心理随访, 这有助于让学龄前早产儿做好入学准备。

Luoma 等^[25]考察了胎龄 32 周出生的早产儿在 5 岁时的语言发展, 研究者发现, 在匹配了年龄、性别和社会背景并排除重大神经缺陷儿童之后, 早产儿在 5 岁时仍存在特异性的语言发展差异, 这些早产儿的智力处于正常水平, 但是在快速词汇提取任务中的速度比正常组慢, 在理解关系概念时也存在困难。说明这些早产儿在 5 岁时存在轻度命名困难, 而这可能导致后续的阅读问题^[25]。van Kessel-Feddema 等^[7]发现, 15% 的 5 岁早产儿(具有

严重残疾的儿童被排除)具有正常的发育但是学业成就比控制组更弱,其中男孩和胎龄小的儿童具有相对较差的运动和语言发展水平。Mikkola 等^[26]发现,只有三分之一的超低出生体重婴儿(出生体重 < 1 000 g)在 5 岁时发育正常。Pritchard 等^[5]发现,没有严重的神经发育损害的早产儿在 6 岁时出现学业成就滞后的比率比正常组高 2~3 倍,其书面语言、语言理解、书写、拼写以及体育等方面的分数都比控制组更低。Wolke 等^[6]也发现,胎龄小于 25 周的超低早产儿 6 岁时在语音、言语测试和学业成就上存在障碍。

Luu 等通过纵向^[14]和横向^[27]研究考察了出生体重 600~1250 g 的 355 名早产儿从 3 岁到 12 岁的发展,结果发现,早产儿在 PPVT 词汇测试上的分数呈现逐年增长的追赶效应,但直到 12 岁时仍有 22%~24%的早产儿显示出语言发展不正常(标准分数少于 70 分),而正常组只有 2%~4%比率的儿童滞后。与正常儿童相比,早产儿在学龄期需要更多的学校服务、阅读、书写和数学上的支持,并表现出更多的行为问题。值得注意的是,在此阶段,母亲受教育程度和少数民族状态对语言发展轨迹有显著影响,SES 更高的环境对早产儿语言发展更有益处^[14]。Allin 等^[28]追踪考察 94 名青春期早产个体(15~19 岁)后发现,早产组(VPT)在总体神经心理发展、言语及操作智商以及语义言语流畅性方面持续低于对照组,成对 *t* 检验显示,正常组的语义言语流畅性在青春期显著增加,但在 VPT 组却没有增长。此外,早产低体重个体在 19 岁时的韦氏言语和操作智力、数学以及视觉-知觉任务成绩也比正常组低^[3]。可见,早产对个体语言发展的影响可能一直持续到成年早期。

2.2 影响早产儿语言发展的因素

行为研究的结果表明,早产对儿童语言发展的影响一直持续到学龄期以后。同时,早产儿语言滞后的程度受到多种因素的影响。

研究表明,影响早产儿语言发展的因素是多方面的,胎龄、出生体重、性别和社会因素(如父母教育水平)等都会对早产儿语言发展和滞后的程度造成影响。根据早产儿胎龄所作的分组研究表明,出生时胎龄 28 周或更小的超低早产儿在语言发展、言语产生以及总体学习障碍上的风险增加^[6],胎龄小的儿童具有相对较差的运动和语言发展水平^[7],胎龄和语言发展滞后之间存在显著相关^[21]。对儿童和成人的研究都表明,极低出生体重早产儿(出生

体重 ≤ 1 500 g)比正常对照组的韦氏智力(包括言语和操作)及语言发展分数更低,说明极低体重对语言和认知能力发展存在广泛而持续的影响^[3, 12]。

生物因素(如性别)和社会因素(如父母受教育水平)也影响早产儿的语言发展。男性早产儿语言发展滞后的风险比女性早产儿更大^[12]。有研究发现,超低早产组的男孩比女孩患发展障碍的风险大一倍,但是正常对照组却没有这样明显的性别差异^[6],这说明遗传因素可能在这里发挥了一定的作用。在社会环境影响因素方面,母亲受教育程度和少数民族状态等因素对早产儿语言发展轨迹有显著影响^[14]。一方面,有研究发现,社会经济地位(SES)更高的成长环境则对早产儿语言发展更有益处^[14],母亲受教育水平对早产儿的语法和认知能力发展存在部分补偿效应^[23]。另一方面,当早产儿面临生物和社会性风险因素时,其语言、认知和社会性发展滞后的可能性增大^[29]。

值得注意的是,生物因素和社会因素不仅影响早产儿的语言发展,同时也影响正常足月儿童的早期语言发展^[30-31]。Campbell 等^[31]研究发现,当 3 岁儿童同时具有母亲低学历、男性性别、家族史这三个因素时,其言语发展滞后的几率是没有这三个因素的儿童的 7.71 倍。

3 脑神经研究

3.1 早产儿大脑发育及结构的改变

有研究者认为极早产儿的语言发展障碍可能与中枢神经系统或一般认知功能障碍相关。Raz 等^[32]考察了两组极早产儿在学龄前的发展,结果发现,出生时胎龄为 23~24 周(20 例)的儿童比出生胎龄 25~26 周(21 例)的儿童在一般智力、非言语智力以及运动能力上存在 0.70~0.80 个标准差的差异,因而,研究者认为胎龄是中枢神经系统在发育过程中易于受到损伤的指标。Wolke 等^[6]考察了 241 例胎龄小于 25 周的早产儿,发现他们在一般认知能力方面的差异可以解释特殊语言障碍或语音意识障碍,因而,这些研究者认为语言或语音障碍不是特殊的,而可能是一般认知功能障碍。而对于胎龄大于 25 周的早产儿,已有研究发现他们存在语言发展的特异性的障碍,这可能与语言发展相关脑区的胚胎发育较晚有关。从脑的个体发育来看,左半球上辅助语言的皮层区域(如布洛卡区)的发展明显滞后于右半球相同皮层区的发展,右侧颞叶在妊娠第 30 周出现,而左侧颞叶要晚 7~10 天才出现^[33]。

社会环境和学习也可能引起大脑结构和功能的可塑性变化. 对于正常儿童, 早期语言环境的差异可能会通过改变根本的认知能力(如分类能力)导致语言发展的差异^[34]. 早产儿的中枢神经系统(CNS)不成熟, 只能感知和处理进入的部分信息, 且早产儿在韵律刺激等方面的环境不同于足月儿^[12]. 根据Giovannelli 等^[35]研究, 假定 CNS 的发育依赖于神经生物性成熟与环境刺激之间的交互作用, 则这可能导致早产与足月儿不同的语言发展模式. 至于这种交互作用具体如何发生, 还需要更多的实验研究来验证.

对早产儿的脑发育研究发现, 早产儿在脑神经发育方面显示出与正常组不一样的变化. 部分早产儿伴随严重脑损伤, 这会给语言发展带来长期的后遗症^[14], 严重的新生儿脑损伤也是智力发育迟滞最强的预测因素^[7]. Volpe 等^[36]发现, 早产儿脑损伤的主要形式是脑室周围白质软化(periventricular leukomalacia, PVL), 这是脑白质损伤的一种特殊形式. 研究表明, PVL 经常伴随着神经元/轴突损伤, 影响脑白质、丘脑、基底节、大脑皮质、脑干和小脑的发育, 这些综合症状被称为“早产儿脑病”(encephalopathy of prematurity)^[36]. Taylor 等^[37]对 14~19 岁极低出生体重(小于 1 500 g)早产儿和正常对照组的对照研究发现, 早产儿的大脑体积比对照组更小, 具有更大的侧脑室, 且胼胝体表面积更小. 控制全脑体积这一变量以后, 两组被试在白质结构、皮层下灰质(GM)和小脑等方面仍存在差异; 与皮层下灰质相比, 白质减少与普遍的认知缺陷的相关更大. 与此研究相对应的是, Zacharia 等^[38]通过磁共振(MR)研究发现, 新生儿皮质发育中等成熟的早产儿(出生胎龄 32.4 ± 1.34 周)在足月龄 41.03 ± 1.33 周时和足月出生的新生儿(出生胎龄 39.64 ± 0.98 周)的皮层是相似的. 这些研究结果表明, 早产儿大脑结构中的白质部分似乎比灰质更易受损.

已有大量研究表明, 语言发展障碍与大脑结构的改变有关^[39-40], 但是对早产儿语言发展滞后相关的大脑结构改变仍知之甚少. Tanskanen 等^[41]对 33~35 岁的早产组(平均出生胎龄 34.6 周, 平均出生体重 2 159 g)和足月控制组所做的认知和 MRI 测试表明, 早产儿在成年期的学业成就和受教育水平较控制组更低, 且在言语学习上表现较差, 但对 9 名早产儿的脑成像结果与控制组相比未发现显著差异. 研究者认为^[42], 虽然早产或低出生体重的成人

未表现出大脑形态的整体改变, 但却表现出更差的受教育水平、职业成就和认知能力, 这可能反映了结构上不明显的脑功能破坏. 此外, Smith 等^[42]通过扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)研究发现, 早产儿在 12 岁时的阅读成绩与大脑白质的性质相关, 说明围产期的白质损伤对阅读技能的发展可能具有长远的影响.

Nosarti 等^[43]的数据显示, 早产(VPT)与青春期的的大脑结构改变有关. Nosarti 等^[43]考察了 218 名 VPT 个体(胎龄小于 33 周)以及 128 名对照组个体在青春期(14~15 岁)的脑发育, 结果发现, 与对照组相比, VPT 个体在颞叶、额叶、枕叶皮质及小脑, 包括壳核、岛叶、梭状回、丘脑和尾状核等部分的灰质体积减小, 而在颞叶和额叶, 包括扣带回、小脑和梭形区域观察到灰质体积的增加. 极早产青少年在语言和执行功能分数上低于对照组, 他们比对照组更易于显现认知缺陷(分别为 27%和 14%). 线性回归分析表明, 大脑结构的改变可解释执行功能结果变异的 29%, 以及语言发展分数的 28%, 而是否属于早产组则不再是统计显著的因素. 白质和灰质体积减小的若干脑区与胎龄线性相关, 并调节认知障碍. 出生时最不成熟的个体表现出双侧感觉运动皮层减少, 包括额下回、颞脑回和脑岛部分; 白质的减少主要表现在双侧中央前回、中央后回、脑干和主要纤维束^[43]. 因此, Nosarti 等认为, 大脑解剖结构的变化可能会导致与早产相关的特定认知障碍, 且这可能被用于个体认知障碍风险诊断.

为了考察早产儿存在语言发展缺陷的神经生物学基础, Myers 等^[44]测查了 31 名 16 岁的早产青少年(出生体重 600~1 250 g)以及 36 名足月控制组, 采用 fMRI 记录被试进行语音加工、词汇阅读等任务时的脑神经活动, 并与韦氏儿童量表(WISC-III)和皮博迪图片词汇测验(PPVT-R)的结果相比较. 结果发现, 早产组在韦氏量表所有分量表上的得分都显著低于控制组($P < 0.05$), 但是在 PPVT-R 得分上没有显著差异. 早产组在左侧颞叶(brodmann area, BA22)和右侧缘上回(BA40)之间的功能联结程度比控制组更强 ($P=0.03$), 且这种联结程度与 PPVT-R 和言语理解分数反向相关. Myers 等的研究表明, 早产儿在青少年期可能采用与足月儿不一样的神经通路来加工语言, 且被试的认知缺陷程度与对这种替代性通路的依赖性呈正相关.

越来越多的证据表明, 早产可能与童年以及青

春期的神经心理问题相关^[4], 并引起童年及青春期大脑结构的改变^[43]. 然而, 现有研究结果还不足以解释关于早产儿语言发展的一些特异性的障碍, 如早产个体在青春期成熟过程中存在语义言语流畅性缺陷^[28]等.

3.2 早产儿小脑发育与语言发展

青春期是社会和认知功能发展并伴随脑功能和结构改变的时期. Parker 等^[45]采用结构性核磁共振成像(sMRI)方法考察了 65 名早产青少年以及 34 名正常对照组从 15 岁到 18 岁时的脑发育, 结果显示 VPT 组在此期间的小脑体积缩小了 3.11%, 而正常组并没有这个现象. 同时, VPT 组的小脑体积与总体 IQ、操作性智力和言语智力分数呈正相关(这种相关在控制白质体积以后消失). Dogil 等^[46]通过采用事件相关功能性神经成像技术研究发现, 与言语动作有关的神经网络不仅包括预期的布洛卡区(Broca's area), 还包括威尔尼克区(Wernicke's area)和小脑的激活, 小脑还与句法编码等相关. 因此, 小脑与言语产生过程中的言语动作和句法编码相关. 此外, 在关于汉语阅读障碍的研究中也有一种解释是小脑理论^[39-40]. 这种理论认为阅读障碍患者的小脑功能失调导致了自动化缺陷, 进而影响了形-音对应并导致儿童阅读能力下降^[47]. 结合这些研究结果, 可以推测早产儿小脑发育的变化或许可以解释他们在青春期存在的语义言语流畅性缺陷等, 但这仍需要进一步的研究来确认.

4 小结与展望

早产会对儿童语言发展带来广泛的影响, 使得儿童具有语言发展障碍的风险加大, 影响儿童的词汇获得、语义言语流畅性等方面, 且这种影响可能一直持续到成年早期. 早产儿语言发展滞后的程度受到早产程度(胎龄和出生体重)、性别因素以及社会因素等的影响, 这些因素可能与早产儿的脑发育发生复杂的交互作用, 使得行为研究表现出不完全一致的结果.

已有研究显示, 早产儿的大脑和小脑发育都呈现出与正常足月儿童不一样的特点, 但影响早产儿语言发展的具体脑机制仍需要进一步的研究来验证. 值得庆幸的是, 随着 MRI 技术的最新进展, 借助于扩散张量成像(DTI)和复杂的图像分析工具, 研究者们发现白质的结构依赖于胎龄, 并已开始提供关于早产儿脑发育、脑损伤、以及脑功能恢复交互作用的动态信息^[48]. 研究者因而认为, 这些进展

使得医生和科学家有可能对早产儿开展针对性的药物和行为治疗, 以恢复其大脑功能连接.

儿童语言发展不仅与先天的大脑结构相关, 同时也具有一定的语言特异性并受到环境和社会学习的影响. 如 Wang 等^[49]训练 9 位美国被试学习中文普通话语调, 训练 2 周后, 发现有两个新的脑区得到激活. 现有关于汉语早产儿语言发展的研究较少, 且对早产儿的研究主要是行为研究和临床干预研究, 较少关注环境因素与脑发育之间的交互作用. 因此, 早产儿语言发展及其脑机制的研究还需要不同领域研究者共同努力, 结合行为研究与认知神经研究等方面的优势, 为早产儿语言发展滞后的临床诊断和干预提供理论基础. 同时, 这类研究也将有助于理解正常儿童语言发展及脑发育的一般规律和语言特异性规律.

参 考 文 献

- [1] Foster-Cohen S, Edgin J, Champion P, *et al.* Early delayed language development in very preterm infants: evidence from the MacArthur-Bates CDI. *J Child Language*, 2007, **34**(03): 655-675
- [2] De Kieviet J, Piek J, Aarnoudse-Moens C, *et al.* Motor development in very preterm and very low-birth-weight children from birth to adolescence: a meta-analysis. *JAMA*, 2009, **302**(20): 2235-2242
- [3] L Haugen G, Gramstad A, Evensen K, *et al.* Cognitive profile in young adults born preterm at very low birthweight. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2010, **52**(12): 1133-1138
- [4] Caravale B. Cognitive development in low risk preterm infants at 3~4 years of life. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 2005, **90**(6): F474-F479
- [5] Pritchard V, Clark C, Libert Y K, *et al.* Early school-based learning difficulties in children born very preterm. *Early Human Development*, 2009, **85**(4): 215-224
- [6] Wolke D, Samara M, Bracewell M, *et al.* Specific language difficulties and school achievement in children born at 25 weeks of gestation or less. *J Pediatrics*, 2008, **152**(2): 256-262.e1
- [7] van Kessel-Feddema B, Sondaar M, De Kleine M, *et al.* Concordance between school outcomes and developmental follow-up results of very preterm and/or low birth weight children at the age of 5 years. *European J Pediatrics*, 2007, **166**(7): 693-699
- [8] Kisilevsky B S, Hains S M J, Low J A. Differential maturation of fetal responses to vibroacoustic stimulation in a high risk population. *Developmental Science*, 1999, **2**(2): 234-245
- [9] Cheour-Luhtanen M, Alho K, Sainio K, *et al.* The ontogenetically earliest discriminative response of the human brain. *Psychophysiology*, 1996, **33**(4): 478-481
- [10] Decasper A J, Lecanuet J P, Busnel M C, *et al.* Fetal reactions to recurrent maternal speech. *Infant Behavior and Development*, 1994, **17**(2): 159-164
- [11] Querleu D, Renard X, Versyp F, *et al.* Fetal hearing. *European*

- J Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology, 1988, **28**(3): 191-212
- [12] Sansavini A, Guarini A, Alessandrini R, *et al.* Early relations between lexical and grammatical development in very immature Italian preterms. *J Child Language*, 2006, **33**(01): 199-216
- [13] Herold B, Hohle B, Walch E, *et al.* Impaired word stress pattern discrimination in very-low-birthweight infants during the first 6 months of life. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2008, **50**(9): 678-683
- [14] Luu T M, Vohr B R, Schneider K C, *et al.* Trajectories of receptive language development from 3 to 12 years of age for very preterm children. *Pediatrics*, 2009, **124**(1): 333-341
- [15] Marston L, Peacock J, Calvert S, *et al.* Factors affecting vocabulary acquisition at age 2 in children born between 23 and 28 weeks' gestation. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2007, **49**(8): 591-596
- [16] D'odorico L, Majorano M, Fasolo M, *et al.* Characteristics of phonological development as a risk factor for language development in Italian-speaking pre-term children: A longitudinal study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 2011, **25**(1): 53-65
- [17] Van Noort-Van Der Spek I L, Franken M, Wieringa M H, *et al.* Phonological development in very-low-birthweight children: An exploratory study. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2010, **52**(6): 541-546
- [18] Reilly S, Wake M, Bavin E L, *et al.* Predicting language at 2 years of age: A prospective community study. *Pediatrics*, 2007, **120**(6): e1441-e1449
- [19] Walch E, Chaudhary T, Herold B, *et al.* Parental bilingualism is associated with slower cognitive development in very low birth weight infants. *Early Human Development*, 2009, **85**(7): 449-454
- [20] Jiménez Martín A M, Servera Ginard C, Roca Jaume A, *et al.* Developmental outcome of extremely low birth weight infants (< 1 000 g) during the first three years of life. *An Pediatr (Barc)*, 2008, **68**(4): 320-328
- [21] Schirmer C, Portuguese M, Nunes M. Clinical assessment of language development in children at age 3 years that were born preterm. *Arq Neuro-Psiquiatria*, 2006, **64**(4): 926-931
- [22] Foster-Cohen S H, Friesen M D, Champion P R, *et al.* High prevalence/low severity language delay in preschool children born very preterm. *J Developmental and Behavioral Pediatrics*, 2010, **31**(8): 658-667
- [23] Sansavini A, Guarini A, Alessandrini R, *et al.* Are early grammatical and phonological working memory abilities affected by preterm birth. *J Communication Disorders*, 2007, **40**(3): 239-256
- [24] Dall'oglio A M, Rossiello B, Coletti M F, *et al.* Do healthy preterm children need neuropsychological follow-up? Preschool outcomes compared with term peers. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2010, **52**(10): 955-961
- [25] Luoma L, Herrgard E, Martikainen A, *et al.* Speech and language development of children born at 32 weeks' gestation: A 5-year prospective follow-up study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 1998, **40**(6): 380-387
- [26] Mikkola K, Ritari N, Tommiska V, *et al.* Neurodevelopmental outcome at 5 years of age of a national cohort of extremely low birth weight infants who were born in 1996 ~ 1997. *Pediatrics*, 2005, **116**(6): 1391-1400
- [27] Luu T M, Ment L R, Schneider K C, *et al.* Lasting effects of preterm birth and neonatal brain hemorrhage at 12 years of age. *Pediatrics*, 2009, **123**(3): 1037-1044
- [28] Allin M, Walshe M, Fern A, *et al.* Cognitive maturation in preterm and term born adolescents. *J Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 2008, **79**(4): 381
- [29] Sansavini A, Rizzardi M, Alessandrini R, *et al.* The development of Italian low- and very-low-birthweight infants from birth to 5 years: the role of biological and social risks. *International J Behavioral Development*, 1996, **19**(3): 533
- [30] Fenson L, Dale P S, Reznick J S, *et al.* Variability in early communicative development. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 1994, **59**(5): 1-185
- [31] Campbell T F, Dollaghan C A, Rockette H E, *et al.* Risk factors for speech delay of unknown origin in 3-year-old children. *Child Development*, 2003, **74**(2): 346-357
- [32] Raz S, Debastos A K, Newman J B, *et al.* Extreme prematurity and neuropsychological outcome in the preschool years. *J Int Neuropsychol Soc*, 2010, **16**(1): 169-179
- [33] 彭聃龄, 郭桃梅, 祁志强. 语言与脑 // 彭聃龄. 汉语儿童语言发展与促进. 北京, 人民教育出版社, 2008: 337-340
Peng D L. Chinese children's language development and promotion // Peng D L. Language and Brain. Beijing: People's Education Press, 2008: 337-340
- [34] Borovsky A, Elman J. Language input and semantic categories: a relation between cognition and early word learning. *J Child Language*, 2006, **33**(04): 759-790
- [35] Giovanelli G, Sansavini A, Farneti A. Perception of sound, rhythm and speech from pre-natal to post-natal life // Kalverboer AF, Genta M L, Hopkins J B. Current Issues in Developmental Psychology: Biopsychological Perspectives. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999: 137-159
- [36] Volpe J J. Brain injury in premature infants: a complex amalgam of destructive and developmental disturbances. *The Lancet Neurology*, 2009, **8**(1): 110-114
- [37] Taylor H G, Filipek P A, Juranek J, *et al.* Brain volumes in adolescents with very low birth weight: effects on brain structure and associations with neuropsychological outcomes. *Developmental Neuropsychology*, 2011, **36**(1): 96-117
- [38] Zacharia A, Zimine S, Lovblad K, *et al.* Early assessment of brain maturation by MR imaging segmentation in neonates and premature infants. *American J Neuroradiology*, 2006, **27**(5): 972
- [39] 王久菊, 毕鸿燕, 卫垌圻, 等. 发展性阅读障碍的产生机制——从行为到遗传研究. *生物化学与生物物理进展*, 2008, **35**(7): 729-734
Wang J J, Bi H Y, Wei T Q, *et al.* Prog Biochem Biophys, 2008, **35**(7): 729-734

- [40] 杨 杨, 毕鸿燕, 王久菊. 发展性阅读障碍的脑机制——来自脑成像研究的证据. 生物化学与生物物理进展, 2009, **36**(11): 1394–1401
Yang Y, Bi H Y, Wang J J. Prog Biochem Biophys, 2009, **36**(11): 1394–1401
- [41] Tanskanen P, Valkama M, Haapea M, *et al.* Is prematurity associated with adult cognitive outcome and brain structure?. *Pediatric Neurology*, 2011, **44**(1): 12–20
- [42] Smith M. Reading performance correlates with white matter properties in preterm and term children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2010, **52**(6): 505–506
- [43] Nosarti C, Giouroukou E, Healy E, *et al.* Grey and white matter distribution in very preterm adolescents mediates neurodevelopmental outcome. *Brain*, 2007, **131**(1): 205–217
- [44] Myers E H, Hampson M, Vohr B, *et al.* Functional connectivity to a right hemisphere language center in prematurely born adolescents. *Neuroimage*, 2010, **51**(4): 1445–1452
- [45] Parker J, Mitchell A, Kalpakidou A, *et al.* Cerebellar growth and behavioural & neuropsychological outcome in preterm adolescents. *Brain*, 2008, **131**(5): 1344
- [46] Dogil G, Ackermann H, Grodd W, *et al.* The speaking brain: a tutorial introduction to fMRI experiments in the production of speech, prosody and syntax. *J Neurolinguistics*, 2002, **15**(1): 59–90
- [47] Nicolson R, Fawcett A, Dean P. Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 2001, **24**(9): 508–511
- [48] Ment L R, Hirtz D, Huppi P S. Imaging biomarkers of outcome in the developing preterm brain. *Lancet Neurol*, 2009, **8**(11): 1042–1055
- [49] Wang Y, Sereno J A, Jongman A, *et al.* fMRI evidence for cortical modification during learning of Mandarin lexical tone. *J Cognitive Neuroscience*, 2003, **15**(7): 1019–1027

Language Development and The Brain Mechanisms of Preterm Children*

CHEN Yong-Xiang^{1,2)}, ZHU Li-Qi¹⁾**

⁽¹⁾ Institute of Psychology, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

⁽²⁾ Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Language development in preterm children is quite special. Behavioral studies found that preterm children were lagging behind their full term peers in areas such as vocabulary, syntax, and semantic verbal fluency. The effect of preterm birth on language development may last till early adulthood, and the degrees of such lags were influenced by biological and social factors. With the development of brain imaging, studies began to examine the brain development of premature children. Researchers have found group differences in white matter (WM) structures, subcortical gray matter (GM), and the cerebellum among preterm adolescents and their full term peers; yet the brain mechanism of language development in preterm children needs further researches to confirm. The paper describes the latest progress of behavior and neuron studies on preterm children's language development, thus to explore the law of language development and cognitive neuroscience mechanism in preterm children. Research suggests that behavior study and brain research should be combined to extend their advantages, thus to explore the mechanism of the language development of premature children, and to provide unique evidence of language acquirement of normal children.

Key words preterm children, language development, ERP, sMRI, DTI

DOI: 10.3724/SP.J.1206.2011.00082

* This work was supported by grants from The National Natural Science Foundation of China (NSFC 31070917) and Development Foundation of Institute of Psychology, The Chinese Academy of Sciences (O8CX081008).

**Corresponding author.

Tel: 86-10-64836643, E-mail: zhulq@psych.ac.cn

Received: February 24, 2011 Accepted: May 3, 2011