

记忆状态下儿童青少年脑波超慢涨落特点的研究^{*}

沃建中 刘慧娟 林崇德

(北京师范大学发展心理研究所, 100875)

摘 要 用 ET 技术对 24 名 7—18 岁的儿童青少年进行了静息状态和记忆状态下脑电超慢涨落特点的比较研究, 结果表明, 在记忆状态下: (1) 被试 S1、S2 频率明显下降, 记忆成绩好的被试这一特点更为明显; (2) 男生左脑功率明显下降, 女生右脑功率明显上升; (3) 左脑优势被试左前脑功率下降, 右脑优势被试右前脑功率上升。

关键词: 儿童青少年 脑波 记忆

1 前言

记忆是大脑功能的基础, 在认知心理学和神经生理学研究中都占有重要的地位。长期以来, 生理心理学和神经生理学者对于记忆的脑功能定位、与记忆相关的神经化学介质等进行了广泛的研究^{[1][2][3]}。

脑波超慢涨落技术(即 ET)是近年来新出现的一种先进的脑波分析技术, 使用这一技术对被试进行超慢脑波分析, 有助于进一步提取 EEG 中所蕴涵的大量信息。近年来, ET 技术的发明者梅磊等人以将这一技术应用于研究成人记忆问题, 并通过研究发现: S1、S4、S13 等基频 S 谱系的活跃不利于高效的记忆活动, 而 S2、S3、S5 等基频 S 谱系的活动则与高效记忆密切相关。同时, 左脑活动与高效记忆的联系更加紧密, 特别是左顶叶(P3)和左颞叶(F7、T5)的活动都与高效的记忆活动密切相关^[4]。

本研究则选取 7—18 岁的儿童青少年作为被试, 同样使用脑波超慢涨落技术(ET), 在研究了 6—12 岁儿童脑电超慢涨落发展特点的基础上^[5], 采集被试在静息状态和记忆状态下的两组 ET 数据, 通过分析被试在静息状态和记忆状态下的不同脑区 ET 数据的区别与联系, 探索被试在记忆状态下脑波超慢涨落的特点, 从而找出儿童青少年在记忆活动中脑活动的独特规律, 并对影响记忆活动和记忆效率的各种可能因素进行初步考察。

2 方法

2.1 被试

从浙江省一所小学和一所中学的学生中随机选取 24 名被试, 其中每年级男生和女生各 1 名。

要求被试身体健康, 无脑部及其它可能影响脑电活动的疾病; 皆为右利手; 被试在实验前 24 小时内禁用中枢性药物及兴奋性饮料, 保证正常睡眠; 测试前一天要求把头洗净, 以配合实验的顺利进行。

2.2 脑波超慢涨落(ET)测试

采用脑电超慢涨落分析仪, 按国际 10—20 系统安置电极, 引出导线连接到 9612 型 12 道脑电放大器, 选用 F3、F4、C3、C4、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T5、T6 共 12 导联进行单极引导, 以双耳连线为参考电极, 前额正中接地保护, 记录被试在正常安静闭眼状态下的脑电 α 波(8~13Hz)信号。采样频率 1—256mHz, 时间常数 0.3 秒。信号采集时间为 1025 秒。

2.3 静息状态与记忆状态下的实验程序

分别采集被试在静息状态和记忆状态下的 ET 数据各一组。在静息状态下, 要求被试在测试时保持安静闭眼状态。在记忆状态下, 要求被试在测试时保持安静闭眼状态, 但同时通过耳机认真收听录音中所播放的内容, 并尽量把这些内容记下来。在测试结束后要求被试写出所记下的内容。

2.4 记忆材料

记忆材料使用录音呈现, 包括词汇对偶联合、算术计算和图形对偶联合三部分, 分别要求被试记住听到的词对、算式得数和图。每部分大约进行 4 分钟, 每两部分间休息 1 分钟。测试后要求被试写下记住的内容。

2.5 数据分析

^{*} 本研究得到全国优秀博士学位论文专项资金 199906 项目和国家自然科学基金会 30170328 项目的资助。

经 ET 程序,脑电超慢涨落分析仪自动对采集的脑电 α 波信号进行分析,生成 Access 数据库文件。将该文件在 P III 计算机上进行转换,用 FoxPro5.0 数据库软件进行管理,并用 SPSS9.0 for Windows 统计软件进行统计分析。

3 结果

3.1 S 谱系频率变化——S1、S2 的减少

在 24 名被试中,各有 17 名被试在记忆状态下的 S1、S2 频率比在静息状态下大大减少,其中有 7

名被试的 S1 频率在记忆状态下下降为 0,4 名被试的 S2 频率在记忆状态下下降为 0。非参数检验表明,被试在记忆状态与静息状态下的 S1 频率存在显著差异,记忆状态下的 S1 频率要显著地低于静息状态($Z = -2.639, P < .01$)。S2 的频率变化也接近显著($Z = -1.834, P < .1$)。

进一步分析表明,这种 S1、S2 频率在记忆状态下明显下降的趋势在年龄较大、记忆成绩较好的被试中表现得更为明显。青少年被试在记忆状态下的 S1、S2 频率几乎全部下降。

表 1 记忆状态和静息状态下 S1 和 S2 频率的变化比较

	第 1 名	第 2 名	第 3 名	第 4 名	第 5 名	第 6 名
静息状态下 S1 个数	8	11	8	7	6	9
记忆状态下 S1 个数	3	8	7	4	0	1
静息状态下 S2 个数	3	8	8	6	5	12
记忆状态下 S2 个数	2	5	5	1	4	3

表 1 为记忆成绩前 6 名的学生在静息状态和记忆状态下的 S1、S2 频率。

从上表中可以看出,记忆成绩为前 6 名的学生在记忆状态下的 S1、S2 频率全部下降。

在记忆状态下,不同被试的脑波平均功率的变化是不同的,有些被试的脑波功率有所升高,而有些被试的脑波功率则有所降低。男、女被试在记忆状态下平均功率升高的人数如表 2 所示。

3.2 各脑区平均功率变化

表 2 记忆状态下平均功率升高人数的性别比较

性别	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T5	T6
男	2	3	4	3	3	3	1	1	3	3	3	5
女	6	7	6	5	4	8	4	5	5	5	5	6

从表 2 可见,记忆状态下脑波平均功率的变化存在着一定的性别差异。有 2/3 以上的男生在绝大多数脑区的脑波平均功率有所下降,特别是在后脑

的枕叶,几乎所有男生的平均功率都比静息状态下低。而女生的情况则有所不同,有近一半女生的脑波平均功率出现上升的情况。

表 3 静息状态和记忆状态下脑波平均功率的性别比较

性别	状态	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O ₂	F7	F8	T5	F6
男	静	11.39	2.42	9.49	2.44	9.18	7.08	115.45	460.03	174.03	82.06	32.03	18.92
	记	1.41	2.00	2.87	1.74	4.25	7.91	23.97	91.48	84.42	53.49	8.70	5.47
女	静	2.17	3.66	2.59	2.13	72.62	11.13	155.89	597.81	295.39	336.48	100.76	11.68
	记	3.54	10.61	2.89	7.63	6.88	33.81	72.89	339.33	75.12	58.22	13.52	14.92

注:静——静息状态;记——记忆状态。

从表 3 中可见,不同性别的被试在记忆状态下各脑区平均功率的变化有着不同的特点。在记忆状态下,男生的右脑,特别是右前脑功率变化不大,而左脑功率则明显下降。与男生不同,在记忆状态下,女生的左前脑平均功率变化不大,而右脑,特别是右前脑功率则明显上升。

同时,记忆状态下,男女生被试的脑平均功率在后脑和两侧颞叶表现出了基本一致的变化特点。除右中央区外,男女生的后脑和颞叶平均功率在记忆状态下都表现出了明显下降的趋势。T 检验表明,

男生右枕叶(O2)功能变化达到显著水平,即在记忆状态下的平均功率显著低于静息状态($t = 2.392, P < .05$)。同时,男生左后脑两个区(P3、O1)的功率变化也达到了接近显著的水平($t = 1.921, t = 2.178, P < .1$)。

静息状态下的左右脑优势是一个十分稳定的指标,它反映了被试由于遗传因素和长期的用脑习惯而形成的大脑一侧化优势。左右脑优势不同的被试在记忆状态下平均功率的变化是不一样的。

表 4 左右脑优势被试记忆状态下平均功率变化

脑区	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T5	T6
左	8.00	1.06	6.40	1.52	63.3	17.4	38.7	19.5	195.2	26.85	97.67	2.53
右	0.05	5.88	0.08	3.29	2.32	5.08	13.4	411.52	87.8	364.36	4.06	8.71

如表 4 所示,右脑占优势的被试在记忆状态下左前脑平均功率的变化很小,而右前脑的平均功率则有着一定程度的上升,而左脑占优势的被试则是右前脑的平均功率变化很小,而左前脑的平均功率有着一定程度的下降。同时,左脑占优势的被试左颞叶功率下降的程度要大于右脑占优势的被试,而右脑占优势的被试右颞叶功率下降的程度要大于左

脑占优势的被试。

3.3 各脑区基频 S 谱系功率变化

在 S 谱系的 255 条谱线中,S1 系、S2 系、S3 系、S4 系、S5 系、S6 系、S7 系、S11 系、S13 系这 9 条谱线是基础频率谱线。在记忆状态下,不同基频谱线的功率是不同的。其中 S1、S2、S11、S13 谱系的变化较为明显。

表 5 静息状态和记忆状态下 S1 功率的性别比较

性别	状态	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T5	T6
男	静	16.23	5.42	10.25	5.16	8.77	11.03	69.97	247.68	51.05	51.87	17.60	9.30
	记	0.89	5.99	2.63	4.97	3.81	20.30	32.11	44.22	22.55	8.76	3.09	5.31
女	静	1.23	1.81	2.31	2.36	32.52	16.09	276.72	348.59	144.41	111.66	32.41	10.11
	记	11.70	6.19	8.50	4.89	14.47	23.01	84.59	108.68	76.89	28.80	20.72	8.24

注:静——静息状态;记——记忆状态。

从表 5 中可见,在记忆状态下,男生和女生的 S1 功率表现出了不同的特点。在右前脑的 F4、C4 区,男生的 S1 功率基本没有变化,而女生的 S1 功率则表现出了明显的上升趋势。在左前脑的 F3、C3 区,男生的 S1 功率明显降低,而女生的 S1 功率则明

显上升。同时,在后脑的枕叶和两侧颞叶,男生和女生的 S1 功率在记忆状态下表现出了明显的下降趋势。T 检验表明,记忆状态下男生右枕叶(O2)和左后颞叶(T5)的功率下降达到了显著水平($t=2.847$, $t=2.338$, $P<.05$)。

表 6 静息状态和记忆状态下 S2 功率的性别比较

性别	状态	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T5	T6
男	静	7.19	1.54	6.33	1.57	7.21	5.23	78.47	351.10	100.32	32.71	10.86	5.74
	记	0.98	1.04	1.75	0.79	2.95	4.15	11.73	35.10	13.49	4.62	3.17	1.37
女	静	0.62	1.45	0.84	1.17	42.29	7.56	197.50	325.55	69.41	112.29	22.60	6.75
	记	2.30	8.06	1.84	5.42	3.12	29.37	61.04	92.30	40.60	40.75	7.36	12.53

注:静——静息状态;记——记忆状态。

从表 6 中可见,在记忆状态下,男生和女生的 S2 功率表现出了与 S1 功率相似的特点。在右前脑的 F4、C4 区,男生的 S2 功率基本没有变化,而女生的 S2 功率则表现出了明显的上升趋势。在左前脑的 F3、C3 区,男生的 S2 功率明显降低,而女生的 S2

功率则有微弱的上升。同时,在后脑的枕叶和两侧颞叶的大部分脑区,男生和女生的 S2 功率在记忆状态下表现出了明显的下降趋势。T 检验表明,记忆状态下男生双侧枕叶(O1、O2)的功率下降达到了接近显著的水平($t=1.945$, $t=2.052$, $P<.1$)。

表 7 静息状态和记忆状态下 S11 功率的性别比较

性别	状态	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T5	T6
男	静	4.58	0.51	3.95	0.47	5.40	1.66	48.18	234.78	54.38	33.89	16.92	9.67
	记	0.94	1.08	1.26	1.09	1.54	3.79	8.45	20.96	37.27	17.89	2.06	2.73
女	静	0.91	2.38	1.10	0.84	61.26	5.64	37.48	91.59	86.20	55.48	48.70	3.44
	记	1.15	7.43	0.96	5.05	2.13	21.09	19.14	19.38	31.56	13.18	7.28	8.57

注:静——静息状态;记——记忆状态。

从表 7 中可见,在记忆状态下,男生和女生的 S11 功率表现出了不同的特点。在右前脑的 F4、C4 区,男生的 S11 功率表现出了微弱的上升趋势,而女生 S11 功率的这种上升趋势则比较明显。在左前脑的 F3、C3 区,女生的 S11 功率基本没有什么变化,而男生的 S11 功率则明

显下降。同时,在后脑的枕叶和两侧颞叶,男生和女生的 S1 功率都在记忆状态下表现出了明显的下降趋势。T 检验表明,记忆状态下男生右枕叶(O2)的功率下降达到了显著水平($t=2.493$, $P<.05$),左后颞叶(T5)的功率下降达到了接近显著的水平($t=1.895$, $P<.1$)。

表 8 静息状态和记忆状态下 S13 功率的性别比较

性别	状态	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T5	T6
男	静	3.38	0.89	2.16	0.66	2.31	0.99	29.92	177.05	50.19	15.25	40.32	16.15
	记	0.93	1.05	1.26	0.85	1.88	2.86	11.54	46.21	57.97	7.51	43.60	2.75
女	静	1.60	1.41	0.86	0.91	50.07	5.77	25.06	259.14	191.05	228.70	62.80	3.56
	记	1.13	8.78	0.98	6.21	1.99	23.70	35.79	165.39	44.53	27.77	5.85	13.72

注:静——静息状态;记——记忆状态。

从表 8 中可见,在记忆状态下,男生和女生的 S13 功率表现出了不同的特点。在右前脑的 F4、C4 区,男生的 S13 功率基本没有变化,而女生的 S13 功率则表现出了明显的上升趋势。在左前脑的 F3、C3 区,男生的 S13 功率明显降低,而女生的 S13 功率则变化不大。同时,在后脑的枕叶和右侧颞叶,男生的 S13 功率在记忆状态下表现出了明显的下降趋势,而女生的 S13 功率在左枕叶和右后颞叶则表现出了一定程度的上升。T 检验表明,记忆状态下男生右枕叶(O2)的功率下降达到了接近显著的水平($t=2.135, P<.1$)。

4 讨论

基频谱系的频率反映着脑内相应神经化学介质的活跃程度。过去的研究发现,S2、S3、S5 等多条谱线频率都与高效记忆有着密切的关系^[4]。而在本研究中,我们只发现了 S1、S2 两条谱线的频率在记忆活动下出现了明显的变化,而且对于记忆成绩为前 6 名的被试来说,在记忆状态下这两条谱线的频率都出现了下降趋势,其中 S1 的下降更为明显。而过去的研究者认为,S2 对具有动员和增强的作用,S2 占优势时记忆效率较高。本研究的结果与其明显不一致,这可能是由于被试的年龄特点决定的。

在记忆状态下,不同性别的被试脑功率的变化表现出了不同的特点,男生的左前脑功率明显下降,而女生的右前脑功率明显上升。我们认为,这种特定脑区功率的明显变化,无论是上升还是下降,都反映着记忆状态下脑活动的激烈程度。也就是说,在记忆状态下左前脑功率的变化较大,说明男生的左前脑活动与记忆活动的相关比较密切,而女生则相反,其右前脑的活动与记忆活动的相关更加密切。

静息状态下的左右脑优势是一个十分稳定的指标,它反映了被试由于遗传因素和长期的用脑习惯而形成的大脑一侧化优势。本研究表明,左右脑优势不同的被试在记忆状态下平均功率的变化是不一样的。右脑占优势的被试在记忆状态下左前脑平均功率的变化很小,而右前脑和平均功率则有着一定程度的上升,而左脑占优势的被试则是右前脑的平

均功率变化很小,而左前脑的平均功率有着一定程度的下降。同时,左脑占优势的被试左颞叶功率下降的程度要大于右脑占优势的被试,而右脑占优势的被试右颞叶功率下降的程度要大于左脑占优势的被试。也就是说,静息状态下左脑占优势的被试在记忆时左前脑功率的变化更大,活动更加剧烈,而静息状态下右脑占优势的被试在记忆时右前脑功率的变化更大,活动更加剧烈。这可以从被试的用脑习惯来解释,左脑优势的被试在认知活动中更倾向于使用左脑来完成任务,而右脑势的被试则更倾向于使用右脑。

在后脑的功率变化中,所有被试表现出了一致特点,在记忆状态下功率都有下降的趋势,特别是在右后脑,男生的平均功率、S1、S2、S11、S13 功率的下降均达到了显著水平。后脑、特别是右后脑功率的降低,使得全脑各个脑区功率的差异相对减小,额高枕低的梯度差异性相对降低,全脑功率更为平均。同时,在后脑的六个区中,P4 区的功率变化与其他五个区不同,无论是平均功率还是各基频谱系的功率都表现出了上升趋势,这与梅磊等人在 1989 年的研究中所得到的结果并不一致。在那项研究中,他们发现 P3 区是记忆活动中一个比较重要而特殊的脑区,记忆效率高的被试 P3 区的脑活动更加活跃^[4]。而在本研究中,发现 P4 区也是一个比较特殊的脑区。这说明,在记忆活动中,顶叶的脑活动可能起着比较特殊的作用。

5 参考文献

- 1 翁旭初,匡培梓.人类记忆的脑功能成像研究概况.心理学报,1997;29(增刊):15—18
- 2 刘燕强,顾景范.学习和记忆的神经化学机制的研究概况.生理科学进展,1998;29(3),203—208
- 3 Frith CD, Friston KJ, Liddle PF, Frackowiak RSJ. A PET study of word finding. Neuropsychologia, 1991;29:1137—1148
- 4 梅磊,刘月红,曲战胜.记忆状态下脑波超慢涨落图分析.航天医学与医学工程,1989;2(3),157—163
- 5 沃建中,林崇德,曹河圻,胡清芬.6~12 岁儿童脑波功率涨落特点与信息加工速度的关系.北京师范大学学报(自然科学版),2001;37(1):118—125