

解脱波 (EML) 与情绪的相关性 * **

魏景汉 潘垚天 靳海燕

(中国科学院心理研究所, 北京 100012)

摘 要

本实验采用 CNV 反馈与解脱波 (EML) 相结合的实验模式, 以 14 名青年被试者研究了正常人类情绪与 EML 的相关性. 实验分为 3 项. 记录 F_z , C_z , P_z , P_z , P_3-T_3 连线中点和 P_4-T_4 连线中点. 发现, 正情绪与负情绪比较, 引起 EML 潜伏期缩短, 波幅升高, 5 个记录点在正负情绪作用下发生的 EML 变化一致. 讨论了 EML 的脑内源. 在本实验所引发的情绪条件下, EML 有可能作为反映其正负属性的 ERP 指标.

关键词 事件相关电位、解脱波、脑电、关联性负变、情绪

当代科学关于大脑在正常人情绪发生中的作用的资料多来自动物实验和临床观察, 尚属间接论证. 尽管脑电中含有心理活动的信息, 但由于受方法学限制, 关于自发电位 (以下简称 EEG) 与人类情绪关系的研究成效甚微, 至今尚未获得不同情绪状态的 EEG 指标. 本世纪 60 年代, 由于计算机在 EEG 研究中的应用而兴起的事件相关脑电位 (Event-Related Brain Potentials, 简称事件相关电位, 以下简称 ERP) 研究, 在关于各种心理因素的脑机制研究方面进展迅速, 成就突出, 目前已形成一个新的生理心理学分支. 但关于 ERP 与情绪的关系研究很少, 进展迟缓^[1], 主要原因是难以从 ERP 中获取情绪指标. 目前仍处于以寻找与情绪相关的 ERP 成分为主的阶段, 且限于普通的 P300^[2]. 本实验室所观察到的心理负荷解脱波 (Extrication wave of Mental Load, 简称解脱波, 以下简称 EML)^[3], 已被证明是不含任何非心理因素的纯心理性 ERP 成分^[4], EML 是大脑进行心理活动的产物, 如能确定它与情绪的相关性, 将意味着正常人类情绪的新的脑电指标的出现, 从而为进一步直接研究正常人类情绪的脑机制奠定新的基础. 本工作拟采取 CNV (关联性负变) 反馈模式^[5, 6], 结合本实验室独特的 EML 实验方法, 研究正常人正负情绪与 EML 的相关性.

1992-07-21 收稿, 1992-09-10 收修改稿.

* 国家自然科学基金资助项目.

** 梁红同志参加了实验工作.

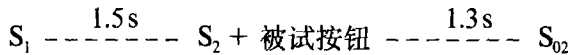
1 实验方法

被试者为14名大学生,年龄19—22岁,男女各半。实验在半隔音的实验室内进行。被试者坐在沙发椅内。面前桌上固定两只相距0.5m的轻触型电钮,被试者双手各放其旁,准备按动。被试者双耳各插入一只耳塞机供接受声音刺激信号之用。EEG记录部位为国际10—20系统 F_7 , C_7 , P_7 , P_3-T_5 连线中点和 P_4-T_6 连线中点。EOG记录部位为右眼外侧1cm与眉上0.5cm。接地点为前额发际下0.5cm处,参考电极为双侧乳突。EEG与EOG记录电极为KOH DEN 熔结式乏极化电极。以OMNI专用清洁剂清理记录点皮肤,以KOH DEN 导电膏与棉沙小垫将电极牢固地固定在头皮记录点上。无头发的皮肤记录点用专用胶圈固定电极。电极间电阻 $<5k\Omega$ 。EEG与EOG皆用KOH DEN AD-611G型高增益直流放大器放大,频响0—30Hz。实验时将EEG, EOG, 触发信号、刺激标记、被试者反应标记同时记录于SONY A-814(FM)型磁带记录器中。实验后以386型计算机和A/D卡离线式采样并进行自动排除EOG等各种伪迹、分类叠加、测量、绘图等一系列数据处理程序。其中A/D采样参数为12bit,点间距5ms,分析时间5120ms。刺激前基线取400ms。叠加次数为30—40次。

每名被试者接受三项实验:

1.1 非情绪对照实验

声音刺激信号由PC-XT计算机内装信号卡以程序控制产生。实验模式可图示为



先于被试者双侧耳塞机内同时发出一个警告信号(以下简称 S_1),为800Hz, 55dB(SPL,下同),持续25ms的短纯音。令被试者听到 S_1 时作好按钮准备。 S_1 出现后1.5s,于耳塞机内呈现命令信号(以下简称 S_2),为1000Hz, 55dB,持续20ms的短纯音。令被试者听到 S_2 时尽快以左(或右)手按一次电钮。在指导语中虚称此乃测定其反应时,属智能测验,以制造紧张气氛,强化其认真努力尽快按钮的动机。在 S_2 出现后1.3s,伪随机地于双侧耳塞机之一发出 S_{02} , S_{02} 是18dB, 100 μ s的脉冲声(短声, Click)。它极其微弱,但是只要被试者注意还是可以听出它是从哪只耳塞机内发出的。令被试者记忆被指定的一只耳内 S_{02} 出现的次数。如此即完成一次测试。2—5s(随机)后再次呈现 S_1 ,从而开始此模式的下一次测试。令被试者每次皆交换按钮手,即左右手逐次轮流按钮。正式实验前练习约20次。正式实验测试40次后,令被试者报告从指定的一只耳内听到的 S_{02} 次数。然后令被试者改变其记忆 S_{02} 次数的耳,再测试40次,令被试者报告在此耳内所听到的 S_{02} 次数。此项实验至此完成。左右耳顺序在被试者间作了平衡。休息10min,并进行问卷,主要询问其体验及临时发生的问题。在数据处理时将 S_{02} 出现耳同侧手按钮时的EEG与异侧手按钮时的EEG分别叠加,以备对比。

1.2 情绪实验 I

声音刺激信号的呈现模式与上项对照实验相同,仅被试者的任务不同。要求被试者猜测 S_{02} 将从哪只耳呈现,并在听到 S_2 时尽快以被猜耳同侧手按钮表示所猜之耳。指导被试者利用两次测试间隔进行猜测决策,当听到 S_1 后作好被猜测耳同侧手的按钮准备,当听到 S_2 时尽快按钮猜测。然后注意 S_{02} 从哪只耳出现,从而得到该次猜测是否正确的答案。在指导语中虚称猜测正确的百分率是智能水平的一项指标,以强化被试者猜测正确的动机。在实验前先

进行数分钟练习,除使被试者熟习操作外,尚指导其注意记忆 S_{02} 在左右耳出现的顺序,并指出有助于正确猜测的概率规律,以使其增强信心,认真操作.正式实验时 S_{02} 是以伪随机顺序于左右耳呈现的,其顺序与练习时相同,但由于规律性不强,被试者只能记住前面 10 次左右,从问卷中也可以了解到这一点.正式实验共测试 100 次.在数据处理时将有可能靠记忆帮助猜测的前 20 次测试抛弃.实验结束后休息约 10min,并进行问卷同前.在数据处理时将猜测正确时的 EEG 与猜测错误时的 EEG 分别叠加,以备对比.

1.3 情绪实验 II

声音刺激呈现模式及被试者的猜测任务同情绪实验 I.与情绪实验 I 唯一的区别在于被试者不是以被猜耳的同侧手,而是异侧手按钮表示所猜测的 S_{02} 出现耳.数据处理时将猜测正确时的 EEG 与猜测错误时的 EEG 分别叠加,以备对比.

实验顺序:每名被试者皆首先进行对照实验,因为在对照实验中 S_{02} 和被试者的操作均无猜测含义,安排在前可免受情绪实验中 S_{02} 的信息化功能及操作任务习惯化的迁移影响.情绪 I 与情绪 II 的实验顺序在被试者间作了平衡.

2 实验结果与讨论

2.1 实验性正、负情绪引起的解脱波差异

根据上述实验方法,在情绪实验 I 与 II,被试者的任务是猜测 S_{02} 从哪只耳中出现,实验指导语及练习性操作已将被试者在实验中关心的焦点集中到了力图猜测正确与盼望得到答案上来.这可以从实验中被试者的表现及问卷中了解到.实验结束时他们普遍主动询问其猜测正确的百分率及其意义,也说明了这一点.实验中,被试者在一次测试完成后即考虑决定下次猜哪只耳,在听到 S_1 后作出按钮手的按钮准备,在听到 S_2 后尽快地用那只选择好的手按钮猜测,然后期待知道自己的猜测是否正确, S_{02} 带给他们的正是他们关心的答案.当得知猜对时,他们的愿望得到了满足,情绪体验只能是满意,属正情绪(亦称肯定性情绪);当得知猜错

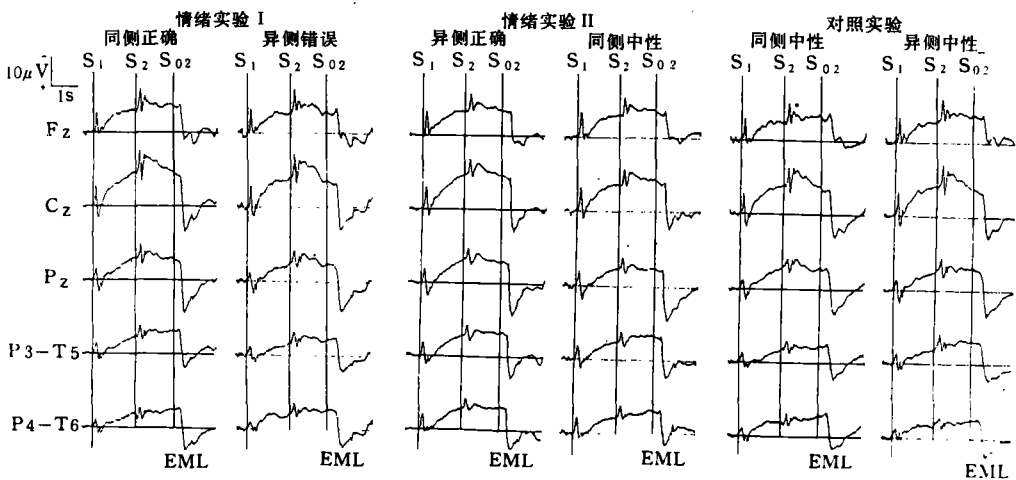


图 1 14 名被试者在不同条件下的 ERP 总平均图

3 项实验共六种条件分别绘为 6 列. 5 个头皮记录点分别绘为五行, S_1 , S_2 , S_{02} 下的竖线为各该刺激开始呈现时间

时,违背意愿,他们的情绪体验只能是不满意,属负情绪(亦称否定性情绪)。这就是说,被试者在实验操作中的情绪正负是在 S_{02} 后立即产生的,在时程上受声刺激模式制约,与 S_{02} 同步,在性质上受 S_{02} 信息内容控制。图1是各种实验条件下全部被试者 ERP 总平均图。从图中可以看出与 S_1, S_2, S_{02} 同步的 ERP 波形。 S_{02} 出现前的波形属于在 S_{02} 前的情绪背景上 EEG 随 S_1 与 S_2 变化的结果,在叠加多次后其情绪性质已被情绪正负的随机性所抵消,因此只有 S_{02} 后的 ERP 才可能与情绪性质有关。从图1中可以看出在各种实验条件下均于 S_{02} 后出现了明显的 EML,但是,正负情绪引起的 EML 存在着明显的差异。图2提供了此段 EML 的部分放大图。表1和表2列出了三项实验共六种条件下的 EML 数据。其中潜伏期为 S_{02} 呈现与 EML 波峰间的时间间隔(ms),波幅为峰-峰值(μV)。数据统计采用方差分析后续 t 检验。

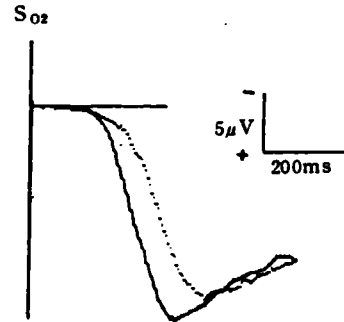


图2 正负情绪 EML 比较例图
取自图1情绪实验 I 之 P_2 。以 S_{02} 呈现时为起点。实线为正情绪 EML,虚线为负情绪 EML

从表1与表2可知,在两项情绪实验中的5个记录点上正情绪与负情绪比较,一致表现为 EML 潜伏期短,波幅高,差异性在统计学上皆达显著或非常显著水平。

表1 不同条件下按钮正误时 EML 的潜伏期与波幅值^{a)}

N=14	EML 潜伏期 (ms)					EML 波幅 (μV)				
	F ₂	C ₂	P ₂	P ₃ -T ₅	P ₄ -T ₆	F ₂	C ₂	P ₂	P ₃ -T ₅	P ₄ -T ₆
对照	362.5±40.8	361.4±38.1	355.4±39.8	351.9±41.4	358.8±41.3	13.1±4.0	18.1±3.6	18.4±3.1	16.3±3.4	14.7±3.4
实验	366.0±37.5	359.9±38.4	352.1±38.0	354.1±35.3	353.3±37.4	12.7±3.5	18.4±3.8	19.0±4.0	15.2±3.7	14.9±2.8
情绪 I	331.7±22.3	331.1±20.1	320.2±15.1	328.8±22.9	327.1±15.6	16.1±4.1	22.8±5.5	21.5±5.0	18.8±4.0	17.8±4.5
	350.9±16.7	347.5±17.1	346.7±18.7	350.9±17.5	350.9±15.7	14.3±4.7	19.5±6.1	19.1±5.5	17.0±4.9	16.0±4.1
情绪 II	337.4±29.2	331.9±29.7	331.0±32.2	338.8±40.1	343.5±44.9	15.3±5.4	20.4±4.6	21.5±4.4	19.5±4.6	18.0±4.6
	369.1±47.3	362.5±51.3	380.3±52.1	376.2±58.7	382.7±55.0	12.8±4.1	18.1±4.7	19.0±4.8	17.6±4.7	16.0±3.8

a) 表内数值为均值 ± 标准差。

表2 EML 潜伏期与波幅在不同条件下按钮正误时的差异 (t 值)

N=14	EML 潜伏期					EML 波幅				
	F _a	C ₂	P ₂	P ₃ -T ₅	P ₄ -T ₆	F ₂	C _a	P ₂	P ₃ -T ₅	P ₄ -T ₆
对照实验	0.172	0.465	0.254	0.109	1.287	0.087	1.539	0.495	0.038	1.113
情绪 I	2.394 ^{a)}	2.692 ^{a)}	5.953 ^{b)}	3.213 ^{b)}	5.116 ^{b)}	2.400 ^{a)}	3.319 ^{b)}	4.062 ^{b)}	3.106 ^{b)}	2.757 ^{a)}
情绪 II	3.259 ^{b)}	2.538 ^{a)}	4.528 ^{b)}	2.814 ^{a)}	3.113 ^{b)}	2.181 ^{a)}	3.574 ^{b)}	3.036 ^{b)}	2.390 ^{a)}	2.312 ^{a)}

a) $p < 0.05$, b) $p < 0.01$.

在情绪实验 I, 正负情绪的外在实验条件是相同的。但是, 凡获正情绪者皆伴随 S_{02} 出现耳的同侧手按钮, 凡获负情绪者皆伴随 S_{02} 出现耳的异侧手按钮。ERP 是十分敏感的, 可因微小的内外因素差异而变化。为此设计了情绪实验 II。这里, 凡获正情绪者皆伴随 S_{02} 出现耳的异侧手按钮, 凡获负情绪者皆伴随 S_{02} 出现耳的同侧手按钮。统计结果表明, 两项情绪实验结果未出现显著差异。因此, 上述因猜测正误不同所引起的 EML 差异已可归结为情绪正负单因素之差异。

情绪实验与对照实验的比较也是上述情绪实验结果的验证。在对照实验中,声刺激模式与情绪实验相同,被试者同样需在听到 S_1 后作好按钮准备,听到 S_2 时尽快按钮,同样需注意 S_{02} 于哪只耳出现。对照实验与情绪实验的区别仅在于被试者是记忆 S_{02} 出现于单耳中的次数而不是猜测,被试者在 S_{02} 后不发生情绪的正负性变化。在数据处理时,如同情绪实验一样分类,将按钮后于同侧耳出现 S_{02} 的 EEG 叠加为一类 ERP,将按钮后于异侧耳出现 S_{02} 的 EEG 叠加为另一类 ERP。比较这两类 EML,结果未显示出任何统计学上有意义的差异(具体数值见表 1 与表 2)。这一结果表明,情绪实验所得到的 EML 差异,不能除外情绪因素。

2.2 EML 在头皮记录点的分布——关于 EML 脑内源的一点推论

本实验选择 ERP 研究常用的 3 个记录点 F_z , C_z , P_z , 它们分别代表头皮上接近大脑皮层额叶、中央区和顶叶的部位。此外尚选择了 P_3-T_5 连线中点及 P_4-T_6 连线中点,代表与双侧皮层高级整合区较为接近的部位。

在三项实验全部六种分类条件内部,统计结果显示,EML 的波幅皆于 P_z 与 C_z 最大。 P_z 与 C_z 间无显著差异。 P_z 与其它三点间差异达到非常显著的水平($p < 0.01$)。 C_z 与 F_z , P_4-T_6 两点间差异达到显著水平($p < 0.05$),但与 P_3-T_5 之差异未达显著水平($p < 0.1$)。EML 的潜伏期在 5 个记录点间未见显著差异。如前所述,情绪正负在 5 个记录点引起的 EML 差异都是显著的。进一步统计显示,5 个记录点间因情绪正负造成的差异量并无显著差异,仅 F_z 点的变化相对较弱。这些结果表明,情绪的变化未能改变 EML 在这些头皮记录点的分布状态。头皮分布状态是决定 EML 成分是否在脑内同源,即是否为同一种成分的主要标准^[1]。因此,上述结果表明,EML 的脑内源可能只有一个,或者其脑内源距离很近。当然,这一推论尚待采用更多记录点并做进一步的系统研究加以证明。

Johnston 等^[2]采用声音与图片联系的方法观察到了情绪与 P300 的相关性。它们的头皮分布状态与 EML 不同,因此有理由认为 EML 与这些正成分的脑内源不同,即不是同一种成分。在本实验条件所引发的情绪条件下,EML 可能为反映其正负属性的 ERP 指标。

2.3 尚待继续研究的机理问题

在 ERP 研究领域中,认为 ERP 是认知过程或认知评价的表现,很少提到 ERP 与情绪的关系。实际上,有些情绪体验来自认知评价过程^[7],并且情绪对认知过程是有影响的^[8],情绪可以反映在 ERP 中。近年 Johnston 等^[2]更提出了情绪直接参与 ERP 波幅组成观点。根据 EML 在以前实验中与心理负荷解脱相关及本实验中它与与情绪相关的事实,可以推测,在本实验条件下,当被试者得知其反应正确的消息后无所顾忌,心理负荷得以立即解脱。当被试者得知其反应错误后有所懊悔,心理负荷得不到立即解脱,这可能是 EML 潜伏期相应缩短与延长,波幅相应增高与降低的心理机制。本实验尚未涉及具体情绪,因此关于此推论及关于 EML 是否含有直接表现情绪属性的成分的问题,尚待继续研究,取得更多的证据。

3 结 论

本实验可得如下结论:在本实验所引发的情绪条件下,正常人正情绪与负情绪比较,引起 EML 的潜伏期缩短,波幅升高。 F_z, C_z, P_z, P_3-T_5 连线中点和 P_4-T_6 连线中点在正负情绪作用下发生的变化一致。在本实验所引发的情绪条件下,EML 有可能作为反映其正负属性的 ERP 指标。

参 考 文 献

- [1] Coles M. G. H., Gratten, G., Fabiani, M., in *Principles of Psychophysiology: Physical, Social and Inferential Elements* (eds Cacioppo, J. T., Tassinari, L. G.), Cambridge University Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney, 1990. 413—455.
- [2] Johnston, V. S., Miller, D. R., Bureson, M. H., *Psychophysiology*, 1986, **23**: 684—694.
- [3] 魏景汉, 尔未光, *中国科学, B辑*, 1986, (7): 734—739.
- [4] Wei Jing-han, Zheng Lian-xing, *Intern. J. Neuroscience*, 1987, **32**: 747—756.
- [5] Kakigi, S., Natsuta, T., Hagino, G., *Japanese Psychological Research*, 1978, **20**: 187—190.
- [6] Damen, E. J. P., Brunia, C. H. M., *Psychophysiology*, 1987, **24**: 700—713.
- [7] Arnold, M. B., *Emotion and Personality*, Columbio University Press, New York, 1960.
- [8] Bower, G. H., *American Psychologist*, 1981, **36**: 129—148.