# 脑电区域（P200、N400、P600）在不同词类加工中的差异分析报告 ## 一、研究背景与目的 本研究通过记录29名被试（最终有效数据为27-28名）在加工不同词类时的事件相关电位（ERP），分析P200、N400和P600三种关键ERP成分的峰值振幅、潜伏期在不同词类（Action Verb、Common Noun、Gerund Event Noun、Typical Event Noun）和脑区中的差异，探究语言加工过程中的神经机制。 ## 二、数据概况 ### （一）被试与数据筛选 - 初始被试数：29名 - 最终有效被试数：P200和N400分析为28名，P600分析为27名 - 数据点处理：原始数据经聚合和筛选后，各成分分析数据点范围为672-756个 ### （二）变量设置 - 词类（自变量）：Action Verb（动作动词）、Common Noun（普通名词）、Gerund Event Noun（动名词事件名词）、Typical Event Noun（典型事件名词） - 脑区（自变量）：根据不同成分分析设置6-7个脑区，包括Central（中央区）、Centroparietal（中央顶叶区）、Frontal（额叶区）等 - 因变量：各ERP成分的峰值振幅（μV）和潜伏期（ms） ## 三、P200成分分析 ### （一）峰值振幅分析 1. \*\*描述性统计\*\* - 不同词类在各脑区的平均振幅范围为1.26-2.34μV，其中Common Noun在Occipital（枕叶区）的平均振幅最高（2.34μV），Action Verb在Centroparietal（中央顶叶区）的平均振幅最低（1.26μV）。 - 各条件下标准差范围为0.461-1.58μV，Occipital脑区的标准差普遍较大，提示个体差异更明显。 2. \*\*ANOVA结果\*\* - 主效应：brain\_region（脑区）主效应显著（F=9.080，p=0.000），word\_class（词类）主效应不显著（F=1.956，p=0.127）。 - 交互效应：word\_class:brain\_region交互效应不显著（F=1.194，p=0.273）。 - 球形性校正：brain\_region和交互效应的球形性检验显著，经Greenhouse-Geisser校正后，brain\_region主效应仍显著（p[GG]=0.001）。 ### （二）潜伏期分析 1. \*\*描述性统计\*\* - 平均潜伏期范围为175-207ms，Common Noun在Occipital脑区的潜伏期最长（207ms），Gerund Event Noun在Frontotemporal（额颞区）的潜伏期最短（175ms）。 - 标准差范围为15.4-52.9ms，Occipital脑区潜伏期的标准差最大（44.0-52.9ms）。 2. \*\*ANOVA结果\*\* - 主效应：brain\_region主效应显著（F=3.502，p=0.005），word\_class主效应不显著（F=1.932，p=0.131）。 - 交互效应：word\_class:brain\_region交互效应不显著（F=1.291，p=0.204）。 - 球形性校正：brain\_region和交互效应的球形性检验显著，校正后brain\_region主效应仍显著（p[GG]=0.036）。 ### （三）小结 P200成分的峰值振幅和潜伏期主要受脑区影响，不同词类的加工在P200阶段未表现出显著差异，提示P200可能更多与早期视觉或感知加工相关，而非词类的语义分类加工。 ## 四、N400成分分析 ### （一）峰值振幅分析 1. \*\*描述性统计\*\* - 平均振幅均为负值（范围：-1.34-0.261μV），符合N400成分的负波特征。Common Noun在Occipital脑区的振幅最负（-1.34μV），Gerund Event Noun在Centroparietal脑区的振幅最接近基线（-0.261μV）。 - 标准差范围为0.298-0.963μV，Centroparietal和Occipital脑区的标准差较大。 2. \*\*ANOVA结果\*\* - 主效应：brain\_region主效应显著（F=10.130，p=0.000），word\_class主效应不显著（F=1.708，p=0.172）。 - 交互效应：word\_class:brain\_region交互效应不显著（F=1.525，p=0.093）。 - 球形性校正：brain\_region和交互效应的球形性检验显著，校正后brain\_region主效应仍显著（p[GG]=0.000）。 ### （二）潜伏期分析 1. \*\*描述性统计\*\* - 平均潜伏期范围为382-405ms，符合N400成分的时间窗口特征。Common Noun在Frontocentral（额中央区）的潜伏期最长（405ms），Gerund Event Noun在Frontocentral脑区的潜伏期最短（382ms）。 - 标准差范围为20.2-46.1ms，Occipital脑区的标准差较大（34.3-46.1ms）。 2. \*\*ANOVA结果\*\* - 主效应：brain\_region和word\_class主效应均不显著（p>0.05）。 - 交互效应：word\_class:brain\_region交互效应不显著（F=1.612，p=0.068）。 - 球形性校正：所有效应的球形性检验显著，但校正后均无显著效应。 ### （三）小结 N400成分的峰值振幅受脑区影响显著，而词类差异未达显著水平。N400通常与语义加工相关，本结果提示四种词类的语义整合难度可能无显著差异，或当前实验设计未能敏感捕捉此类差异。 ## 五、P600成分分析 ### （一）峰值振幅分析 1. \*\*描述性统计\*\* - 平均振幅范围为0.619-1.39μV，Common Noun在Temporal（颞叶区）的振幅最高（1.39μV），Typical Event Noun在Centroparietal脑区的振幅最低（0.619μV）。 - 标准差范围为0.203-0.899μV，Temporal脑区的标准差较大（0.587-0.899μV）。 2. \*\*ANOVA结果\*\* - 主效应：brain\_region主效应显著（F=18.258，p=0.000），word\_class主效应不显著（F=0.426，p=0.735）。 - 交互效应：word\_class:brain\_region交互效应接近显著（F=1.566，p=0.065）。 - 球形性校正：brain\_region和交互效应的球形性检验显著，校正后brain\_region主效应仍显著（p[GG]=0.000）。 ### （二）潜伏期分析 1. \*\*描述性统计\*\* - 平均潜伏期范围为601-639ms，符合P600成分的时间窗口特征。Typical Event Noun在Frontocentral脑区的潜伏期最长（639ms），Gerund Event Noun在Parietal（顶叶区）的潜伏期最短（602ms）。 - 标准差范围为19.1-39.7ms，Frontopolar（额极区）和Occipital脑区的标准差较大。 2. \*\*ANOVA结果\*\* - 主效应：brain\_region主效应显著（F=13.892，p=0.000），word\_class主效应不显著（F=0.752，p=0.524）。 - 交互效应：word\_class:brain\_region交互效应不显著（F=1.086，p=0.363）。 - 球形性校正：所有效应的球形性检验显著，校正后brain\_region主效应仍显著（p[GG]=0.000）。 ### （三）小结 P600成分的峰值振幅和潜伏期均受脑区影响显著，词类差异不显著。P600与句法加工或语义重分析相关，本结果提示四种词类在高级语言加工阶段的神经活动模式无显著差异。 ## 六、综合讨论 1. \*\*脑区效应的普遍性\*\*：在P200、N400和P600三种成分中，brain\_region主效应均显著，表明ERP成分的振幅和潜伏期在不同脑区存在稳定差异，反映了大脑语言加工的区域特异性。例如，Occipital脑区在P200阶段振幅和潜伏期均较高，可能与视觉词形加工相关；Frontal和Frontopolar脑区在P600阶段振幅较高，可能参与高级认知调控。 2. \*\*词类效应的缺失\*\*：三种成分的word\_class主效应均不显著，且与脑区的交互效应也未达显著水平（除P600振幅交互效应接近显著）。这可能是由于四种词类虽分类不同，但在语义复杂度、熟悉度等无关变量上未严格控制，导致词类差异未被ERP成分捕捉；也可能提示语言加工中词类的神经表征在这些ERP成分上无显著分化。 3. \*\*成分特异性特征\*\* - P200：作为早期成分，振幅和潜伏期的脑区差异提示其与感知加工的区域特异性相关。 - N400：负波振幅的脑区差异符合其与语义加工相关的特性，但词类差异不显著可能意味着实验词类的语义关联性无显著差异。 - P600：较高的振幅和显著的脑区效应支持其在高级语言加工中的作用，但词类加工未引发显著差异。 ## 七、结论 本研究通过对P200、N400和P600成分的分析发现，\*\*脑区是影响ERP成分振幅和潜伏期的主要因素\*\*，而Action Verb、Common Noun、Gerund Event Noun和Typical Event Noun四种词类的加工在这三种ERP成分上未表现出显著差异。结果提示，这三种ERP成分可能更多反映语言加工的一般性感知或认知过程，而非词类特异性的神经机制，或当前实验设计的词类差异不足以引发ERP成分的显著分化。未来研究可进一步优化词类材料的选择，控制无关变量，或结合更高时间分辨率的分析方法探究词类加工的神经基础。