

Do Men and Women Differ in Syntactic Processing? Electroencephalographic Evidence from Persian Monolinguals

Simin Meykadeh* 

PhD. in Linguistics, Tarbiat Modares University,
Tehran, Iran

Abstract

There are differences between males and females during language processing, but how the brain functions to support this difference is still controversial. It has been hypothesized that language functions are more strongly left-lateralized in males, whereas they are represented more bilaterally in females. However, insufficient evidence exists to prove it. The present study aimed to investigate the effect of gender on syntactic processing using the analysis of electroencephalography signals. This approach provides the opportunity to identify the difference between males and females in

- This article is derived from the author's doctoral dissertation (1400) and was implemented with the financial support of the Cognitive Sciences and Technologies Center (Grant number 7401) and the Ministry of Science, Research and Technology.

*Corresponding Author: a.meykadeh@modares.ac.ir

How to Cite: Meykadeh, S. (2024). Do Men and Women Differ in Syntactic Processing? Electroencephalographic Evidence from Persian Monolinguals. *Language Science*, 11 (20), 113-140.
doi: [10.22054/lis.2024.78793.1626](https://doi.org/10.22054/lis.2024.78793.1626).

event-related potential (ERP) components associated with syntactic processing. Hence, 22 highly proficient monolingual Persian speakers (11 females) participated in this experiment. Using auditory syntactic violation paradigm, event-related potentials were extracted from the final syllable of Persian sentences in MATLAB software. Then, the mean amplitudes were analyzed using a repeated measures ANOVA in SPSS-26 software. The current electroencephalographic findings revealed that although females exhibited a larger signal amplitude and in ungrammatical stimuli as compared to grammatical stimuli in the 500-700-ms interval, but the difference was not statistically significant ($P > 0.05$). In addition, the amplitude of P600 was widely detected to be left hemisphere dominant, however, no gender-related differences were found. In general, based on these findings, it can be concluded that syntactic processing in highly proficient males and females is independent of the gender variable.

Keywords: Syntactic processing, P600 component, Event-related potentials, Persian language, high language proficiency.

1. Introduction

Although sex differences in language processing have been abundantly reported, the available empirical evidence appears largely debatable. On the basis of an extensive review and meta-analysis and with the aim of characterizing the degree of agreement between previously reported spatial and temporal neurobiological activity differences between male and female during language processing, Sato (2020) proposed that there are much more similarities than differences between male and female in the human brain during language processing. The goal of this study is to investigate how monitoring agreement during a Grammaticality task is modulated by biological differences in the males and females using EEG. Towards that goal, performance during a Grammaticality task will be compared between highly-proficient Persian-speaking males and females.

2. Literature Review

To my knowledge, Dorme et al., (2023) were the first to provide event-related potential (ERP) evidence for the effect of gender on syntactic input processing during sentence comprehension. These authors investigated the native speakers of Dutch (30 males and 30 females) with different education level (from lower educational school to higher education academic), who were subjected to a visually presented word order violation task under electroencephalography recording. They found higher activation in females compared to males, as reflected by a larger amplitude of the P600 effect in the interval of 500-1000 ms in reaction to the grammatical sentences but not to the ungrammatical conditions. Along the lines of other studies, Dorme and colleagues have suggested that the increased amplitude in females reflects the use of different cognitive strategies for information processing in both genders and might indicate the recruitment of a larger neuronal network. As far as I know, there are no studies regarding the effect of gender on the P600 amplitude in highly-proficient speakers. The current study may provide some insight into the role of gender and high proficiency in syntactic processing.

3. Methodology

3.1. Participants

To allow for reliable ERP analysis, twenty-two native speakers of Persian (11 males and 11 females) were selected based on the purposive sampling technique from the statistical population of Persian PhD students of top public universities in Tehran, in 2020. They provided written informed consent and were reimbursed. The study was approved by the Research Ethical Committee of Iran University of Medical Sciences (IR.IUMS.REC.1398.465).

3.2. Stimuli

Stimulus sentences were simple past tense sentences following the Subject-Object-Verb (SOV) structure of Persian, with transitive-direct verbs and without copular verbs, including morphosyntactic agreement violations in the verbs of half of the sentences. The critical syllable always occurred in the verb at the sentence-final position. All sentences were spoken and recorded for auditory presentation.

3.3. Procedure

While participants were seated in a soundproof chamber and refraining from blinking or moving their eyes during stimulus presentation, spoken sentences were presented through in-ear headphones, run on Psychtoolbox in MATLAB. Participants were to judge whether the presented sentence was “grammatical” or “ungrammatical” by pressing one of two buttons with the left and right index fingers on their own pace. Stimuli were presented in a fixed pseudorandomized order, with a black central fixation mark on a gray monitor displayed from the beginning to the end of sentence presentation.

3.4. Data Acquisition

EEG was collected from active electrodes at a sampling rate of 512 Hz using a 64-channel EEG system. All electrodes were referenced to the right mastoid during recording. Horizontal (via electrodes lateral to the right and left eyes) and vertical (via Fp2 and a right infraocular electrode) electro-oculographic (EOG) activity was recorded for artifact rejection purposes.

3.5. Preprocessing

Data preprocessing and analysis were conducted with the EEGLAB toolbox for MATLAB. Offline, data were band-pass filtered at 0.1 to 40 Hz, segmented into 1600-ms epochs starting 100 ms before the onset of the final syllables and re-referenced to averaged mastoids. Artefact contaminated channels were rejected both automatically and

based on visual inspection. Ocular artifacts were corrected using the automatic artifact removal (AAR) toolbox of EEGLAB, followed by independent component analysis using the runica routine.

3.6. Data Analysis

To achieve highly accurate time synchronization, a 100-ms baseline was set from -65 to +35 ms relative to nucleus onset of the last syllable. Statistical analyses for the LAN and P600 were conducted on average amplitudes in a 300-500 and 500-700 ms time windows. Mean ERP amplitudes were measured within fronto-central (FC1/2, FC3/4, F1/2, F3/4, FCz, Fz) and parieto-occipital (PO3/4, P1/2, P3/4, P5/6, O1/2, POz, Pz, Oz) ROIs, aiming at the LAN and P600 components, respectively. The grammaticality effect on the LAN and P600 was assessed by repeated measures ANOVA with factors Gender (male, female), Grammaticality (grammatical, ungrammatical) and Laterality (left, midline, right).

4. Results

This section provides the output of two three-way ANOVAs conducted separately for the LAN and P600 components in female and male participants. Then, the results of the Pearson correlation coefficient on the two variables of VWM scores and mean amplitudes of posterior ROIs are reported. Figures represent the findings graphically.

4.1. LAN ROI analyses

No significant effect was observed for the LAN ROIs during the interval 300-500 ms ($p > 0.1$).

4.2. P600 ROI analysis

As visualized in the figure 1, The 500-700-ms interval revealed a main effect of Grammaticality ($F(1,10) = 38.79, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.79$) with more positive amplitudes for ungrammatical than grammatical conditions. The main effects of Laterality ($F(1,10) = 3.994, p = 0.035$,

$\eta_p^2 = 0.285$) were significant, with more positive amplitudes for left than right electrodes. No other effects or interactions were found ($F_s < 1$, $p_s > 0.1$). A correlation matrix (including Pearson correlation coefficients and significance values) for two variables can be seen in Figure 2. VWM scores were not significantly correlated with the mean amplitude of posterior ROIs in female and male participants.

Figure 1

P600 Effect triggered by Grammaticality task. (A) Grand-average ERPs for incorrect versus correct conditions at electrode P3 separately averaged for male and female participants. (B) Grand-average difference topographies for incorrect minus correct conditions for all electrodes during the 500-700 ms intervals.

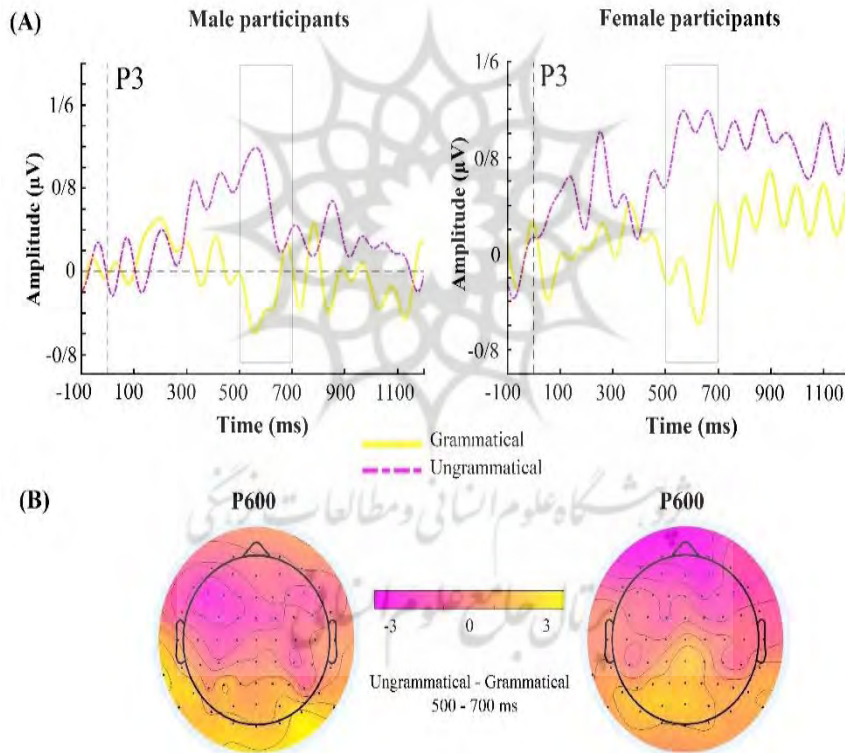
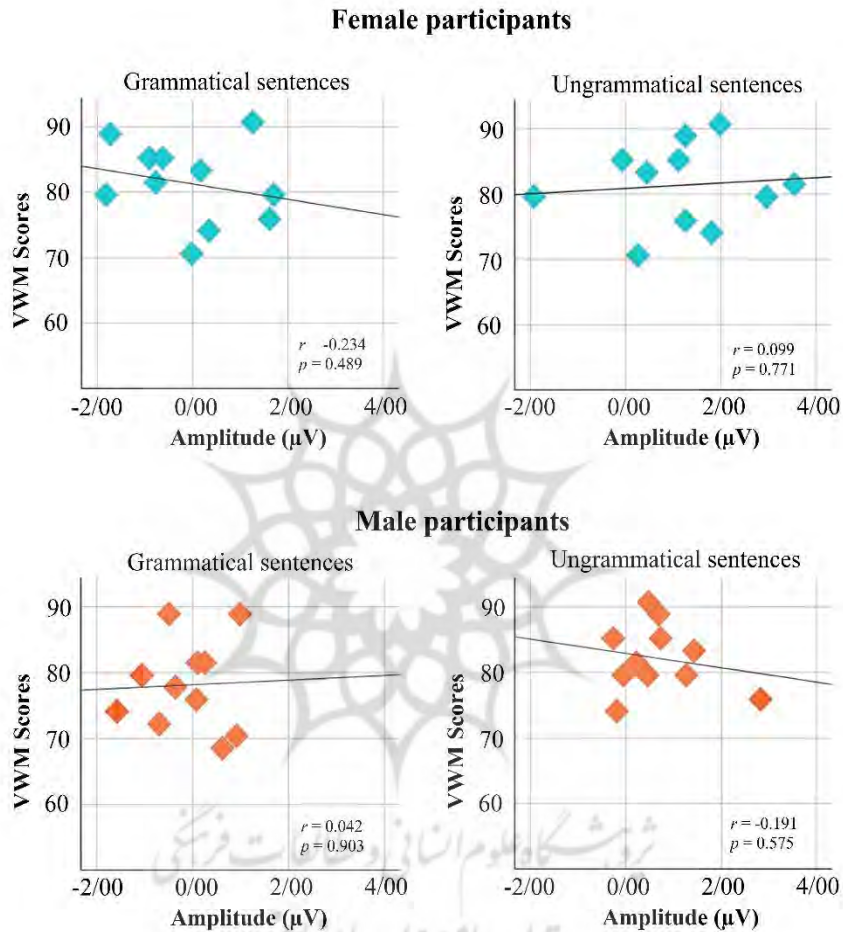


Figure 2

Scatter plots showing the relationship between VWM scores and mean amplitude at posterior ROIs (500–700 ms) in male and female participants per condition.



5. Conclusion

The current study investigated whether P600 component can be modulated by the biological differences. Ungrammatical stimuli triggered a P600 component in both males and females in the 500-700 ms time window, but no evidence of differential processing of the agreement was found between highly proficient Persian males and

females participants which is at variance with the Dorme et al.'s (2023) findings. Unlike Dorme et al., (2023), the parameter of proficiency was controlled in present study which can guarantee the different results observed here. Overall, this study has provided further evidence that the high proficiency can mitigate biological differences.


Acknowledgments

This work was supported by the Cognitive Sciences and Technologies Council of Iran (Grant agreement, no. 7401); a Doctoral Dissertation Grant from the Department of Linguistics, Tarbiat Modares University, a Scholarship Fund (Ph.D. Visiting Scholar Program) from the Iranian Ministry of Science, Research and Technology.





آیا مردان و زنان در پردازش نحوی متفاوت عمل می کنند؟ شواهد الکتروانسفالوگرافی از سخنگویان تک‌زبانۀ فارسی

سیمین میکده*  | دکتری زبان‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

مردان و زنان زبان را به گونه‌ای متفاوت پردازش می کنند، اما نحوه عملکرد مغز برای پشتیبانی از این تفاوت هنوز بحث‌برانگیز است. ادعا شده است که کارکردهای زبانی به احتمال زیاد در مردان جانبی شده‌تر و در زنان هر دو نیمکره مغز را درگیر می کند، اما مطالعات فعلی برای اثبات این امر ناکافی است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر جنسیت بر پردازش نحوی با استفاده از تحلیل سیگنال‌های الکتروانسفالوگرافی اجرا شد. این رویکرد امکان شناسایی تفاوت بین زنان و مردان را در مؤلفه‌های ERP مرتبط با پردازش نحوی فراهم می کند. از این رو، ۲۲ نفر سخنگوی تک‌زبانۀ فارسی (۱۱ زن) با میزان بسندگی بالا در زبان فارسی به صورت هدفمند در این پژوهش شرکت کردند. پتانسیل‌های وابسته به رویداد با استفاده از الگوی شنیداری نقض نحوی در هجای پایانی جملات فارسی در نرم‌افزار متلب استخراج و مقادیر میانگین دامنه با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در نرم‌افزار SPSS-26 تحلیل شد. یافته‌های الکتروانسفالوگرافی حاضر نشان داد گرچه زنان در مقایسه با مردان دامنه سیگنال بزرگتری را در محرک‌های نادرستی در مقایسه با محرک‌های دستوری در بازۀ زمانی ۵۰۰-۷۰۰ هزارم‌ثانیه نشان دادند، اما این اختلاف به لحاظ آماری معنادار نبود ($p > 0/05$). افزون‌براین، دامنه سیگنال در نواحی خلفی نیمکره چپ در مقایسه با نیمکره راست گسترده‌تر بود، اما تأثیر معنادار جنسیت مشاهده نشد. به‌طور کلی، بر اساس یافته‌های حاضر می توان نتیجه گرفت که پردازش نحوی در زنان و مردان با بسندگی زبانی بالا مستقل از متغیر جنسیت عمل می کند. **کلیدواژه‌ها:** پردازش نحوی، مؤلفه P600، پتانسیل‌های وابسته به رویداد، زبان فارسی، بسندگی بالا.

– این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده است (۱۴۰۰) و با حمایت مالی ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی (با کد ۷۴۰۱) و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری اجرا شد.
* نویسنده مسئول: a.meykadeh@modares.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه با پیشرفت تکنولوژی بسیاری از ابهامات موجود پیرامون نقش جنسیت در پردازش زبان مرتفع شده است. اخیراً، ساتو^۱ (2020) در یک مقاله مروری نظام‌مند به تجزیه و تحلیل مطالعاتی پرداخت که با روش‌های تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی^۲، توموگرافی گسیل پوزیترون^۳ و الکتروانسفالوگرافی^۴ عامل جنسیت را بررسی کرده بودند. وی با شناسایی ۵۹ مقاله (۴۰ مقاله با روش fMRI، ۱۵ مقاله با روش EEG، ۳ مقاله با روش PET و ۱ مقاله با روش مگنتوانسفالوگرافی^۵) که عملکرد زنان و مردان سالم را در حین اجرای تکالیف^۶ زبانی مختلف آزموده بودند، به نتایج قابل توجهی دست یافت. در مطالعات fMRI/PET هیچ اتفاق نظری در تفاوت‌های گزارش شده درباره فعالیت نورونی بین مردان و زنان در حین پردازش زبان حاصل نشد (برای جزئیات بیشتر به مقاله اصلی رجوع شود). در مقابل، مطالعات EEG همواره تأخیر پتانسیل‌های مبتنی بر تکالیف شنیداری را در بازه ۴۰۰ هزارم ثانیه (N1, P2, MMN, P400) بعد از اعمال محرک برای زنان در مقایسه با مردان گزارش کردند، اما هیچ اختلاف جنسیتی در دامنه^۷ سیگنال^۸ در مطالعات EEG مشاهده نشد.

به‌طور کلی، مطالعه مروری ساتو (2020) تأییدی بود بر این فرضیه که در طول پردازش زبان شباهت‌های عصب‌زیست‌شناختی^۹ بین مردان و زنان بسیار بیشتر از تفاوت‌هاست. اینک، مطالعه حاضر با به‌کارگیری روش EEG و اندازه‌گیری دامنه سیگنال بر نقش جنسیت در پردازش نحوی متمرکز می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Sato, M.
2. functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)
3. positron emission tomography (PET)
4. electroencephalography (EEG)
5. magnetoencephalography (MEG)
6. task
7. amplitude
8. signal
9. neurobiological

پتانسیل‌های وابسته به رویداد^۱ اطلاعاتی را در ارتباط با پردازش برخط^۲ زبان با دقت زمانی^۳ بسیار بالا فراهم می‌کنند. امروزه، دو شاخص^۴ پردازش نحوی^۵ شناسایی شده است: یک، مؤلفه^۶ LAN که معمولاً ۳۰۰ هزارم ثانیه بعد از اعمال تحریک شروع می‌شود و در نقطه^۷ ۴۰۰ هزارم ثانیه به اوج می‌رسد (Friederici et al., 1993)؛ دو، مؤلفه^۸ P600 که یک انحراف مثبت پسین^۹ است که معمولاً ۵۰۰ هزارم ثانیه بعد از اعمال تحریک شروع شده و در نقطه^{۱۰} زمانی ۶۰۰ هزارم ثانیه و یا دیرتر به اوج می‌رسد (Leckey & Federmeier, 2020). این دو مؤلفه به ترتیب با تشخیص خطاهای^{۱۱} صرفی - نحوی و پردازش بازتحلیل^{۱۲} نحوی پیوند خورده‌اند (Friederici, 2002). مؤلفه‌های LAN و P600 در چندین زبان با ترتیب واژه فاعل - فعل - مفعول^{۱۳} (از جمله انگلیسی، هلندی^{۱۴}، اسپانیایی^{۱۵} یا حتی زبان آلمانی^{۱۶}) مشاهده شده‌اند. اگرچه که، بدون توجه به وجهیت^{۱۷}، برخی از آنها مؤلفه^{۱۸} LAN قبل از P600 را گزارش کرده‌اند، اما اغلب آنها اذعان داشته‌اند که نقض‌های^{۱۹} مطابقت^{۲۰} فعل - فاعل^{۲۱}، علی‌رغم وجود دامنه، تأخیر زمانی^{۲۲} و توزیع مجموعه‌ای^{۲۳} متفاوت، همواره با مؤلفه^{۲۴} P600 همراه بوده است. این مشاهدات گویای این مسئله هستند که صرف نظر از وقوع مؤلفه^{۲۵} LAN، مؤلفه^{۲۶} P600 پیوندی تنگاتنگ با پردازش نحوی دارد.

1. event-related potentials
2. online processing
3. temporal resolution
4. signature
5. syntactic processing
6. component
7. posterior Positivity
8. errors
9. re-analysis
10. subject-verb-object (SVO)
11. dutch
12. español

۱۳. ترتیب واژه در زبان آلمانی منعطف (flexible word-order) است.

۱۴. وجهیت (modality) به حالت ارائه محرک‌ها اشاره دارد (از جمله حالت شنیداری، دیداری و ...).

15. violations
16. subject-verb agreement
17. latency
18. scalp distribution

در زمینه مطابقت فعل - فاعل، مطالعاتی با استفاده از پتانسیل‌های وابسته به رویداد در زبان‌های SOV انجام شده است و الگوهای مطلق - کُنائی^۱ (زبان باسک)^۲، گسسته - کُنائی^۳ (زبان هندی)^۴ و فاعلی - مفعولی^۵ (زبان فارسی)^۶ بررسی شده‌اند. اگرچه زبان هندی از یک نظام صرف^۷ با مطابقت فعلی غنی و ترتیب واژه متعارف فعل پایانی^۸ برخوردار است، نوینس^۹ و همکاران (2007) فعل هدف^{۱۰} را در درون یک بند قیدی در آغاز جمله قرار دادند تا از جایگاه فعل پایانی اجتناب کنند. با به کارگیری «فاعل»هایی با حالت‌نمای فاعلی^{۱۱}، نقض‌های مطابقت منجر به وقوع مؤلفه P600 (در بازه^{۱۲} زمانی ۶۰۰-۱۰۰۰) بدون هیچ اثری از مؤلفه LAN شد. در مقابل، با استفاده از جملاتی با نمود کامل^{۱۳} (با حالت - نمای کُنائی) و ناقص^{۱۴} (با حالت‌نمای فاعلی)، چادری^{۱۵} و همکاران (2009) در هر دو جمله به مؤلفه منفی دست پیدا کردند، اما فقط نقض‌های مطلق - نشان^{۱۶}، مؤلفه مثبت در ناحیه آهیانه^{۱۷} را نشان دادند. در زبان باسک، نقض‌های مطابقت فعل - فاعل در جملات متعدی، یک مؤلفه P600 با مؤلفه منفی پسین^{۱۸} (Zawiszewski & Friederici, 2009؛ 2016) و یا بدون مؤلفه منفی (Diaz et al., 2011) را نشان دادند.

1. ergative-absolutive

2. Basque language

3. split-ergative

4. Hindi language

5. nominative-accusative

6. Persian language

7. morphology

8. canonical verb final word-order

9. Nevins, A.

10. target

11. nominative case

12. interval

13. perfective aspect

14. imperfective aspect

15. Choudhary, K. K.

16. absolutive-marked

17. parietal

18. posterior negativity

در پژوهشی دیگر در زبان باسک، مؤلفه P600 در هر دو جملات متعدی و لازم مشاهده شد، اما مؤلفه منفی پسین فقط در جملات لازم استخراج شد (Chow et al., 2018). در مطالعه‌ای که میکده^۱ و همکاران (2021) بر روی زبان فاعلی - مفعولی فارسی انجام دادند، نقض‌های مطابقه فعل - فاعل در جملات متعدی موجب ایجاد مؤلفه P600 بدون LAN شد. براین اساس، به نظر می‌رسد که سازوکارهای شناختی - عصبی^۲ مشابهی در پردازش مطابقه در زبان‌هایی با الگوی مطلق - کُنائی، گسسته - کُنایی و فاعلی - مفعولی دخیل است. اینک، پژوهش حاضر درصدد است تا میزان تأثیرپذیری مؤلفه P600 از پارامتر جنسیت^۳ را بررسی کند.

بر مبنای دانش نگارنده حاضر، مطالعه دورمی^۴ و همکاران (2023) تنها اثری است که تا کنون به تأثیر جنسیت بر مؤلفه P600 پرداخته است. این محققین، توانمندی پردازش درک نحوی ۶۰ سخنگوی هلندی زبان (۳۰ زن و ۳۰ مرد در بازه سنی ۲۰-۷۹ سال و میزان تحصیلات از دیپلم تا تحصیلات دانشگاهی) را به روش ERP در حین اجرای یک تکلیف دیداری نقض ترتیب واژه آزمودند. جملات دستوری^۵ و نادرستی^۶ به ترتیب شامل ساختار قید - صفت - اسم و صفت - قید - اسم بودند. یافته‌های مطالعه آنها حاکی از فعالیت بیشتر زنان در مقایسه با مردان در بازه زمانی ۵۰۰-۱۰۰۰ هزارم ثانیه بود که به پیشنهاد نویسندگان مؤید مولفه P600 بزرگتر در زنان است. البته، اختلافی که دورمی و همکاران گزارش کردند صرفاً در پاسخ به جملات دستوری و نه نادرستی بود. به باور آنها، دامنه سیگنال بیشتر در زنان، کاربرد راهبردهای شناختی مختلف را برای پردازش اطلاعات زبانی در دو گروه زنان و مردان منعکس می‌کند و ممکن است نشانه به کارگیری یک شبکه نوروئی گسترده‌تر باشد. جالب توجه این است که در آزمایش دورمی و همکاران نتایج تأخیر زمانی و توزیع توپوگرافی^۷ هیچ اثری از اختلافات مبتنی بر جنسیت را در پردازش نحوی نشان نداد.

-
1. Meykadeh, A.
 2. neuronal-cognitive mechanism
 3. gender
 4. Dorme, A.
 5. grammatical
 6. ungrammatical
 7. topographical distribution

نظر به اینکه مطالعه دورمی و همکاران برای نخستین بار اثر جنسیت را بر مؤلفه P600 بررسی کرده‌اند، بی‌تردید اجرای مطالعات بعدی برای تأیید یا رد یافته‌های دورمی و همکاران ضروری می‌نماید. نگارنده حاضر درصدد است تا در این مجال نقش جنسیت را در مؤلفه نحوی P600 شناسایی شده در مطالعه میکده و همکاران (2021) بررسی نماید. بنابراین، پرسش اصلی بازتحلیل^۱ حاضر این است که آیا میانگین دامنه مؤلفه نحوی P600 در بازه ۵۰۰-۷۰۰ هزارم ثانیه در زنان و مردان تک‌زبان فارسی زبان که از بسندگی بالایی در زبان مادری خود برخوردارند، یکسان است. بدین ترتیب، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر جنسیت بر پردازش نحوی در سخنگویان فارسی زبان با روش الکتروانسفالوگرافی^۲ انجام شد.

۲. روش پژوهش

در مطالعه حاضر، داده‌های EEG که توسط میکده و همکاران (2021) گزارش شده بود، بازتحلیل شدند. در پژوهش اصلی، مؤلفه نحوی P600 در بازه زمانی ۵۰۰-۷۰۰ هزارم ثانیه شناسایی شد. در مطالعه حاضر، نگارنده درصدد است تا مقادیر میانگین دامنه را برای نواحی خلفی در هر دو گروه زنان و مردان بررسی کند. به منظور بررسی تأثیر عامل جنسیت بر مؤلفه P600 و رعایت تعداد شرکت‌کنندگان زن و مرد، داده‌های ۶ نفر از شرکت‌کنندگان زن از مجموعه داده‌های اصلی حذف شد. در ادامه، به جزئیات جامعه آماری و محرک‌های^۳ آزمون پرداخته می‌شود. روش اجرای آزمون، تحلیل سیگنال و تحلیل داده‌های آماری نیز تشریح خواهد شد.

۲-۱. شرکت‌کنندگان

جامعه آماری پژوهش کاربردی - بنیادی حاضر شامل دانشجویان تک‌زبان فارسی مقطع دکتری دانشگاه‌های برتر شهر تهران در سال ۱۳۹۹ بود که از بین آنها نمونه‌ای متشکل از ۲۲ نفر (۱۱ زن و ۱۱ مرد؛ محدوده سنی ۲۴-۳۳ سال؛ میانگین سنی و انحراف معیار $28/15 \pm 4/5$ و میانگین سال‌های تحصیل ۱۹ سال) به روش هدفمند انتخاب شد. همه افراد

1. reanalysis
2. electroencephalography
3. stimuli

سالم و فاقد سابقه بیماری، اختلالات عصب شناختی یا شنوایی بودند. بر اساس آزمون دست برتری ادینبورگ^۱ (Oldfield, 1971)، همه افراد راست دست تشخیص داده شدند. به منظور سنجش ظرفیت حافظه فعال^۲، تکلیف فراختای خواندن^۳ (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۳) اجرا شد. کسب امتیاز ۵۰ (از ۱۰۰) الزامی بود و همه افراد عملکرد قابل توجهی داشتند. همچنین، خودارزیابی بسندگی^۴ در زبان فارسی در درک و تولید زبان عالی اعلام شد. مصاحبه‌ای به زبان فارسی توسط یک مصاحبه‌گر زبان‌شناس انجام شد که بر اساس آن، عملکرد همه شرکت کنندگان کاملاً مطلوب تشخیص داده شد (برای جزئیات بیشتر به میکده و همکاران (2021) مراجعه شود). همه افراد با رضایت کتبی در آزمایش شرکت و حق الزحمه حضور دریافت کردند. پژوهش حاضر در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایران (مطابق با اعلامیه هلسینکی) تصویب شده و دارای کد IR.IUMS.REC.1398.465 است.

۲-۲. مواد آزمون

به منظور ارزیابی پردازش نحوی در زنان و مردان فارسی‌زبان یک تکلیف قضاوت دستوری بودگی شنیداری^۵ طراحی شد. مجموعاً ۱۲۰ جمله فارسی با ساختار فاعل + مفعول + فعل استفاده شد که نیمی از محرک‌ها به لحاظ نحوی درست^۶ و سایر محرک‌ها دارای نقض مطابقت فعل - فاعل بودند. همه محرک‌ها به لحاظ معنایی درست بودند و محرک‌های به لحاظ نحوی درست و نادرست^۷، از یکدیگر مشتق نشده بودند. بنابراین، هر محرک، چه درست و چه نادرست فقط یکبار ارائه شد (جدول ۱).

1. Edinburgh handedness inventory (EHI)
2. working memory
3. reading span test
4. proficiency
5. auditory grammaticality judgment task
6. correct
7. incorrect

جدول ۱. مثال‌هایی از مواد آزمون در زبان‌های ترکی و فارسی با حرف‌نویسی و ترجمه انگلیسی

مطابقت دستوری	نقض مطابقت دستوری
من ۱.sg کتابش را فرستادم ۱.sg. man _{1.sg} ketâb-aş râ ferestâdam _{1.sg} . I book-BBJ-CLT.Def send.PAST-1SG (I sent her book.)	* من ۱.sg بسته‌اش را فرستادم ۱.pl. man _{1.sg} baste-ş râ ferestâdim _{1.pl} . I parcel-HI-OBJ-CLT.Def send.PAST-1PL (I sent her parcel.)

* = جملات غیر دستوری. زیر هجای هدف خط کشیده شده است. اختصارات به شرح زیر هستند:

OBJ-CLT, ;1 = First person; SG, Singular; PAST, Past; PL, Plural; HI, Hiatus Objective clitic; Def, Definitive
(اقتباس از Meykadeh et al., 2021)

زمان گذشته ساده افعال (بدون هیچ فعل کمکی^۱) استفاده شد. در محرک‌های درست، فاعل اول و سوم شخص مفرد با افعال اول و سوم شخص مفرد و فاعل اول و سوم شخص جمع با افعال اول و سوم شخص جمع همراه بودند. در مقابل، در شرایط نقض مشخصه‌های شخص^۲، فاعل اول شخص مفرد با فعل سوم شخص مفرد و فاعل اول شخص جمع با فاعل سوم شخص جمع (و بالعکس) همراه بود. در شرایط نقض مشخصه‌های شمار^۳ نیز، فاعل اول و سوم شخص مفرد با افعال اول و سوم شخص جمع (و بالعکس) همراه بود. جملات توسط یک خانم با ریتم طبیعی خوانده و در استودیوی صدا برداری با فرمت WAV ذخیره شد (نرخ نمونه برداری ۱۶^۴ بیت، ۴۴ کیلوهرتز).

۲-۳. نحوه اجرای آزمون

شرکت کنندگان به صورت جداگانه در اتاقک‌های ضد صدا و نویز در مقابل یک صفحه نمایشگر^۵ ۱۹ اینچی بر روی صندلی نشستند. پس از اتصال کلاه حاوی الکترودها بر روی سر فرد، محرک‌ها از طریق جعبه ابزار سایک تولاکس^۶ در نرم افزار متلب^۷ و به وسیله هدفون پخش شد. به علت ماهیت شنیداری تکلیف شناختی حاضر، یک علامت (+) مشکی

1. copula
2. person features
3. number features
4. sampling rate
5. monitor
6. psychtoolbox
7. MATLAB

در وسط صفحه نمایشگر به نمایش در آمد. افزون بر این، محرک‌های دستوری و نادرستی، به طور تصادفی توزیع و به طور یکسان برای همه شرکت کنندگان اجرا شد. شرکت کنندگان با رعایت فاصله ۷۰ سانتی متری از صفحه نمایشگر، حتی الامکان از پلک زدن و حرکات چشم اجتناب کردند. قبل از اجرای هر جمله شنیداری، یک بوق هشدار به مدت ۲۵۰ هزارم ثانیه پخش شد تا افراد را از پخش جمله بعدی آگاه کند. سپس، افراد با استفاده از کلیدهای جهت بر روی صفحه کلید (جهت راست برای وضعیت^۱ دستوری و جهت چپ برای وضعیت نادرستی) پاسخ خود را ثبت کردند. در صورت ثبت پاسخ تا ۲ ثانیه بعد از اتمام محرک، آزمایه^۲ بعدی شروع می‌شد و در صورت ثبت نشدن پاسخ طی ۱۰ ثانیه بعد از اتمام محرک، آزمایه بعدی پخش می‌شد. اجرای آزمون الکتروانسفالوگرافی به انضمام مرحله آماده سازی، تقریباً ۷۰ دقیقه به ازای هر فرد به طول انجامید. داده‌های این آزمایش در آزمایشگاه ملی نقشه برداری مغز ایران استخراج شد.

۲-۴. ثبت و پیش پردازش سیگنال

ثبت سیگنال به وسیله دستگاه g.HIamp ۶۴ کاناله شرکت G.Tech با به کارگیری الکترودهای فعال^۳ و نرخ نمونه برداری ۵۱۲ هرتز مطابق با سیستم بین المللی ۱۰-۱۰^۴ انجام شد. لاله گوش راست^۵ به عنوان الکتروود مرجع^۶ (A₂) و کانال Fpz به عنوان الکتروود زمین^۷ در نظر گرفته شد. حرکات افقی چشم با الکترودهایی که در بخش بیرونی کانتوس^۸ هر چشم قرار گرفته بود ثبت گردید. حرکات عمودی چشم نیز با الکتروودی در زیر چشم راست و الکتروود Fp2 شناسایی شد. پیش پردازش و تحلیل سیگنال به وسیله جعبه ابزار EEGLAB در نرم افزار MATLAB® نسخه R2021b انجام شد. در ابتدا، سیگنال‌های

-
1. condition
 2. trials
 3. active
 4. international 10-10 system
 5. right mastoid
 6. reference
 7. ground
 8. canthus

الکتروانسفالوگرام با فیلتر میان گذر^۱ در بازه فرکانسی ۰/۱ تا ۴۰ هرتز به صورت آفلاین^۲ فیلتر شد. پس از حذف کانال‌های نویزی به روش حذف آرتیفکت خودکار^۳ و بازبینی چشمی^۴، کانال‌های EEG نسبت به مرجع متوسط^۵ مجدداً محاسبه شدند. آرتیفکت‌های چشمی از طریق جعبه ابزار حذف آرتیفکت خودکار اصلاح شدند و در ادامه، با استفاده از الگوریتم تحلیل مؤلفه‌های مستقل^۶، مؤلفه‌های مستقل غیر مغزی و آرتیفکت‌های چشمی شناسایی و حذف گردیدند.

کانال‌های نویزی با روش درون‌یابی میانگین‌های وزنی کانال‌های مجاور همان فرد از طریق درون‌یابی اسپلاین کروی^۷ بازسازی شدند. سیگنال پیوسته به اپوک‌های^۸ ۱۶۰۰ هزارم ثانیه‌ای با نقطه شروع ۱۰۰ هزارم ثانیه قبل از آغاز هجای هدف (محرک)، تقسیم شدند. به‌طور میانگین، طول هجای هدف (آخرین هجای هر جمله) ۴۷۴ (±۹۷) هزارم ثانیه بود. در هر کانال، اپوک‌هایی با محدوده ولتاژ ±۱۰۰ میکروولت حذف شدند. فقط آزمایش‌هایی که شرکت کنندگان در هر وضعیت به آنها پاسخ درست داده بودند، میانگین-گیری و سپس، پتانسیل‌های وابسته به رویداد (ERPs) به‌طور جداگانه برای هر نوع محرک و مکان الکتروود محاسبه شد (برای جزئیات بیشتر ر. ک. Meykadeh et al., 2021).

۲-۵. تحلیل آماری

بررسی چشمی شکل موج‌ها^۹ و توپوپلات‌ها^{۱۰} (نواحی مغزی)، در هر دو گروه زنان و مردان مؤلفه‌هایی شبیه P600 را نشان داد. با توجه به اینکه هجای هدف^{۱۱} تابع الگوی CVC(C) بود و میانگین طول اولین همخوان بین وضعیت‌های دستوری و نادرستی هماهنگ شده

1. band-pass filter
2. offline
3. automatic artifact removal (AAR)
4. visual inspection
5. average reference
6. independent component analyses (ICA)
7. spherical spline interpolation
8. epochs
9. wave-forms
10. topoplot
11. target syllable

بود (۳۳~ هزارم ثانیه)، آغاز واکه به عنوان خط مبدأ^۱ و نقطه هم‌گام^۲ انتخاب شد. به طور دقیق‌تر، خط مبدأ ۱۰۰ هزارم ثانیه‌ای از ۶۵- تا ۳۵+ هزارم ثانیه در نظر گرفته شد. سپس، میانگین دامنه^۳ برای نواحی مورد نظر^۴ در مناطق قدامی^۵ با الکترودهای F_1 ، F_2 ، F_3 ، F_4 ، F_1 ، F_2 ، F_3 ، F_4 و در مناطق خلفی^۶ با الکترودهای P_1 ، P_2 ، P_3 ، P_4 ، P_1 ، P_2 ، P_3 ، P_4 و O_1 ، O_2 ، O_3 ، O_4 ، P_1 ، P_2 ، P_3 ، P_4 ، P_5 ، P_6 ، P_7 ، P_8 ، P_9 ، P_{10} محاسبه شد. در هر ناحیه مورد نظر، دامنه سیگنال برای الکترودهای نیمکره راست، چپ و خط میانی مغز میانگین‌گیری شد. به منظور بررسی مؤلفه LAN و P600، به ترتیب بازه‌های زمانی ۳۰۰-۵۰۰ و ۵۰۰-۷۰۰ هزارم ثانیه در نظر گرفته شدند. تغییرات دامنه سیگنال به روش استنباطی تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر $2 \times 2 \times 3$ (زنان، مردان) \times دستوری بودگی (دستوری، نادرستی) \times نیمکره^۸ (چپ، راست، خط میانی مغز)) تجزیه و تحلیل شد.

۳. یافته‌ها

در ذیل این بخش، نتایج آزمون تحلیل واریانس آمیخته برای دو مؤلفه LAN و P600 ارائه می‌شود. در ادامه، رابطه بین دو متغیر نمرات حافظه فعال و میانگین دامنه در همه وضعیت‌ها در بازه ۵۰۰-۷۰۰ هزارم ثانیه گزارش خواهد شد. جهت شفاف‌سازی و درک بهتر نتایج، شکل موج‌ها، توپوپلات‌ها، جداول و نمودار پراکنش ضمیمه یافته‌های آماری گردید.

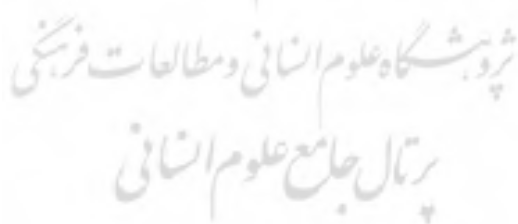
۳-۱. مؤلفه LAN

در بازه زمانی LAN (۳۰۰-۵۰۰ هزارم ثانیه) هیچ اثر معناداری مشاهده نشد ($F_s < 1$).

1. baseline
2. synchronization point
3. mean amplitude
4. regions of interest (ROIs)
5. anterior regions
6. posterior regions
7. repeated measures
8. hemisphere

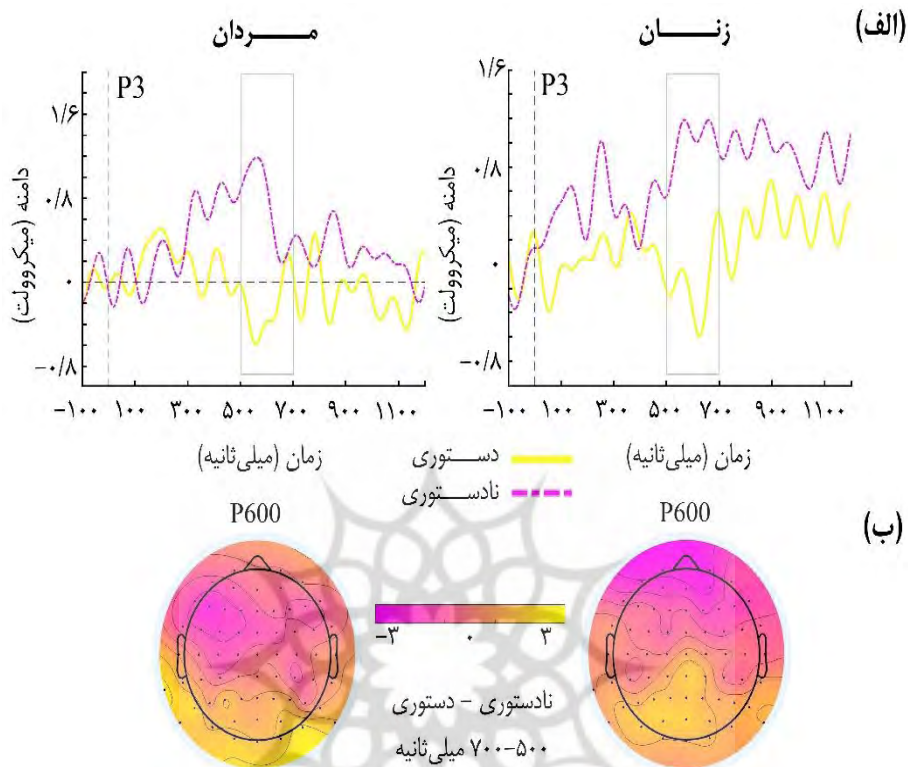
۲-۳. مؤلفه P600

شکل‌های (۱ الف) و (۱ ب) به ترتیب ERPها و نمای توپوگرافی مؤلفه P600 را نشان می‌دهند. آزمون تحلیل واریانس $3^1 \times 2 \times 2$ در بازه زمانی P600 (۵۰۰-۷۰۰ هزارم ثانیه)، معناداری عامل اصلی دستوری بودگی ($\eta_p^2 = 0/79$, $p < 0/001$, $F_{(1,10)} = 38/79$) را در نواحی خلفی نشان داد که دامنه بیشتری برای محرک‌های نادستوری (۰/۹۱۶) در مقایسه با محرک‌های دستوری (۰/۰۹۳-) داشت. همچنین، عامل اصلی جانبی شدگی^۲ به سطح معناداری رسید (جدول ۲). مشخصاً، دامنه سیگنال در نیمکره چپ (۰/۴۹۹) در مقایسه با نیمکره راست (۰/۲۷۳) بزرگتر بود ($p = 0/027$, $t_{(10)} = 2/581$)، اما بین الکترودهای چپ (۰/۴۹۹) و میانی (۰/۴۶۳) هیچ اختلافی وجود نداشت ($p = 0/565$, $t_{(10)} = -0/579$). اختلاف دامنه سیگنال در الکترودهای میانی (۰/۴۶۳) در مقایسه با راست (۰/۲۷۳) نیز معنادار نبود ($p = 0/089$, $t_{(10)} = 1/881$).



-
1. analysis of variance
 2. lateralization

شکل ۱- اثر P600 منتج از تکلیف دستوری بودگی در مردان و زنان



(الف) گرنداوریج^۱ ERPs (N = ۲۲) در الکتروود P3 برای زنان و مردان در دو وضعیت دستوری و نادستوری؛ (ب) توپوگرافی اختلاف گرنداوریج محرک‌های نادستوری و دستوری در زنان و مردان برای مؤلفه P600. پنجره زمانی P600 به شکل مستطیل طوسی‌رنگ مشخص شده است.

باوجوداین، همانگونه که در جدول (۲) قابل مشاهده است، هیچ اختلاف معناداری در عامل اصلی^۲ جنسیت، تعامل^۳ دستوری بودگی × جانبی شدگی، دستوری بودگی × جنسیت، جانبی شدگی × جنسیت و دستوری بودگی × جانبی شدگی × جنسیت دیده نشد.

1. grand average
2. main effect
3. interaction

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس آمیخته برای مؤلفه P600 در بازه ۵۰۰-۷۰۰ هزارم ثانیه

منع تغییرات	مقدار F	درجه آزادی	معناداری	مجذور اتا
دستوری بودگی	۳۸/۷۸۹	۱	<۰/۰۰۱	۰/۷۹۵
جانبی شدگی	۳/۹۹۴	۱	۰/۰۳۵	۰/۲۸۵
جنسیت	۰/۳۷۰	۱	۰/۵۵۷	۰/۰۳۶
دستوری بودگی × جانبی شدگی	۰/۸۱۵	۱	۰/۴۵۷	۰/۰۷۵
دستوری بودگی × جنسیت	۰/۴۲۷	۱	۰/۵۲۸	۰/۰۴۱
جانبی شدگی × جنسیت	۰/۷۸۲	۱	۰/۴۷۱	۰/۰۷۳
دستوری بودگی × جانبی شدگی × جنسیت	۰/۱۸۲	۱	۰/۸۳۵	۰/۰۱۸

با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون^۱، رابطه بین متغیرهای نمرات حافظه فعال و میانگین دامنه در جملات دستوری و نادرستی زنان و مردان در بازه ۵۰۰-۷۰۰ هزارم ثانیه بررسی و نتایج آن به همراه نمودار پراکنش در جدول (۳) و شکل (۲) نشان داده شد. هیچ ارتباط معناداری بین نمرات حافظه فعال و درصد تغییرات سیگنال در سخنگویان فارسی-زبان مشاهده نشد.

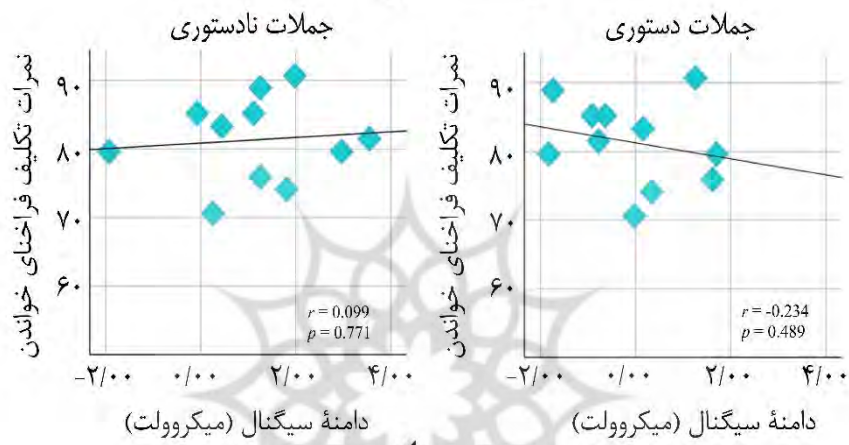
جدول ۳- ضریب همبستگی بین نمرات آزمون حافظه فعال و میانگین دامنه هر وضعیت در زنان و مردان.

گروه مردان		گروه زنان		آماره‌ها	متغیر
وضعیت نادرستی	وضعیت دستوری	وضعیت نادرستی	وضعیت دستوری		
-۰/۱۹۱	۰/۰۴۲	۰/۰۹۹	-۰/۲۳۴	ضریب همبستگی (r)	نمرات حافظه فعال
۰/۵۷۵	۰/۹۰۳	۰/۷۷۱	۰/۴۸۹	سطح معناداری (sig)	
۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	تعداد افراد (N)	

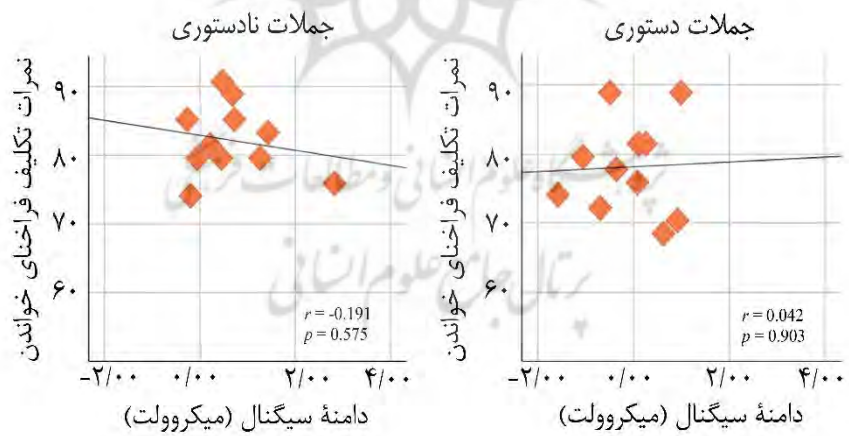
1. Pearson correlation coefficient

شکل ۲- نمودار پراکنش رابطه بین متغیرهای نمرات حافظه فعال و میانگین دامنه در بازه ۵۰۰ - ۷۰۰ هزارم ثانیه برای زنان (ردیف بالا) و مردان (ردیف پایین) به ازای هر وضعیت

زنان



مردان



۴. بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، تأثیر جنسیت بر پردازش نحوی به محرک‌های شنیداری در یک زبان SOV با الگوی فاعلی - مفعولی به روش ERP بررسی شد که به‌ندرت در مطالعات عصب‌شناختی زبان مورد توجه قرار گرفته بود. یافته‌ها نشان داد که اثر دستوری‌بودگی در هر دو گروه زنان و مردان معنادار بود. به‌عبارتی دقیق‌تر، محرک‌های نادرستی در هر دو گروه زنان و مردان موجب ایجاد یک مؤلفه P600 در بازه زمانی ۵۰۰-۷۰۰ شد. همانطور که شکل طول موج‌ها و توپوپلات‌ها (شکل ۱) نیز نشان می‌دهد، دامنه سیگنال در زنان بزرگتر از مردان بود، اما این اثر به‌لحاظ آماری تأیید نشد که برخلاف نتایج تنها اثر موجود در این زمینه است (Dorme et al., 2023). لازم به ذکر است که در پژوهش دورمی و همکاران (2023)، نه تنها هیچ گزارشی از معناداری یا معنادارنبودن اثر دستوری‌بودگی ارائه نشد، بلکه مؤلفه P600 صرفاً در پاسخ به جملات دستوری و نه نادرستی مشاهده گردید، در حالیکه شواهد متقنی وجود دارد که نشان می‌دهد جملات نادرستی به منابع پردازشی بیشتری نیاز دارند (Friederici et al., 1993; 1995; 2002; Kaan & Swaab, 2003; Kuperberg et al., 2003; Zawiszewski & Friederici, 2009; Shen et al., 2012; Pakulak & Neville, 2011; Kaan et al., 2000). بنابراین، بر مبنای شواهد فوق، باید با احتیاط بیشتری به نتایج مطالعه دورمی و همکاران (2023) استناد شود. عامل دیگری که می‌تواند نبود اختلاف در پردازش نحوی بین زنان و مردان را در مطالعه حاضر تبیین کند، بسندگی زبانی شرکت‌کنندگان حاضر است. برخلاف مطالعه دورمی و همکاران (2023)، نمونه آماری حاضر از بین دانشجویان زن و مرد مقطع دکتری انتخاب شده بودند و از بسندگی بالایی در زبان فارسی برخوردار بودند. بدین ترتیب، ممکن است که بسندگی زبانی بالا علت عملکرد نوروئی مشابه در سخنگویان مطالعه حاضر باشد.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از یک طرح پژوهشی است که از حمایت مالی ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی (کد ۷۴۰۱) و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ایران جهت تکمیل اهداف پروژه در دانشگاه هومبولت برلین^۱ (آلمان) برخوردار بوده است. بدین وسیله مراتب تشکر و امتنان خود را از همکاری آن سازمان متبوع اعلام می‌دارم.

ORCID

Simin Meykadeh



<http://orcid.org/0000-0001-8155-2891>

منابع

خدادادی، مجتبی، اسدزاده، حسن، کلانتر قریشی، منیر و امانی، حسین. (۱۳۹۳). نرم‌افزار حافظه کاری دانیمن و کارپتر. تهران: مؤسسه تحقیقات علوم رفتاری - شناختی سینا.
میکده، سیمین. (۱۴۰۰). بررسی اثرات بسندگی زبان و سن یادگیری زبان دوم بر دستگاه عصبی برای پردازش صرفی - نحوی با استفاده از ERPs و fMRI. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

References

- Choudhary, K. K., Schlesewsky, M., Roehm, D., & Bornkessel-Schlesewsky, I. (2009). The N400 as a correlate of interpretively relevant linguistic rules: evidence from Hindi. *Neuropsychologia*, 47(13), 3012-3022.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.05.009>
- Chow, W. Y., Nevins, A., & Carreiras, M. (2018). Effects of subject-case marking on agreement processing: ERP evidence from Basque. *Cortex*, 99, 319-329.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.12.009>
- Diaz, B., Sebastian-Galles, N., Erdocia, K., Mueller, J., & Laka, I. (2011). On the cross-linguistic validity of electrophysiological correlates of morphosyntactic processing: A study of case and

1. Humboldt-Universität zu Berlin

agreement violations in Basque. *Journal of Neurolinguistics*, 24(3), 357-373.

<https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2010.12.003>

Dorme, A., Van Oudenhove, B., Criel, Y., Depuydt, E., De Groote, E., Stalpaert, J., Huysman, E., van Mierlo, P., & De Letter, M. (2023). Effect of healthy aging and gender on syntactic input processing: A P600 Event-Related Potential study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 66(8), 2701–2732.

https://doi.org/10.1044/2023_JSLHR-22-00633

Friederici, A. D., Pfeifer, E., & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: Effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1(3), 183–192.

[https://doi.org/10.1016/0926-6410\(93\)90026-2](https://doi.org/10.1016/0926-6410(93)90026-2)

Friederici A. D. (1995). The time course of syntactic activation during language processing: a model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and Language*, 50(3), 259–281.

<https://doi.org/10.1006/brln.1995.1048>

Friederici A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 78–84.

[https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01839-8](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01839-8)

Kaan, E., Harris, A., Gibson, E., & Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*, 15(2), 159-201.

<https://doi.org/10.1080/016909600386084>

Kaan, E., & Swaab, T. Y. (2003). Electrophysiological evidence for serial sentence processing: a comparison between non-preferred and ungrammatical continuations. *Cognitive Brain Research*, 17(3), 621–635. [https://doi.org/10.1016/s0926-6410\(03\)00175-7](https://doi.org/10.1016/s0926-6410(03)00175-7)

Khodadadi, M., Asadzadeh, H., Kalantar Ghoreishi, M., & Amani, H. (2014). *Working Memory Test. Daneman M. & Carpenter P. A., Software*. Tehran: Institute for Behavioral & Cognitive Sciences. [In Persian]

Kuperberg, G. R., Holcomb, P. J., Sitnikova, T., Greve, D., Dale, A. M., & Caplan, D. (2003). Distinct patterns of neural modulation during the processing of conceptual and syntactic anomalies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(2), 272-293.

<https://doi.org/10.1162/089892903321208204>

- Leckey, M., & Federmeier, K. D. (2020). The P3b and P600(s): Positive contributions to language comprehension. *Psychophysiology*, *57*(7), 1-24. <https://doi.org/10.1111/psyp.13351>
- Meykadeh, S. (2021). *An investigation of the effects of language proficiency and age of acquisition on neural organization for morphosyntactic processing using ERPs and fMRI* [Unpublished doctoral dissertation, Tarbiat Modares University]. [In Persian]
- Meykadeh, S., Golfam, A., Nasrabadi, A. M., Ameri, H., & Sommer, W. (2021). First Event-Related Potentials evidence of auditory morphosyntactic processing in a subject-object-verb nominative-accusative language (Farsi). *Frontiers in Psychology*, *16*(12), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.698165>
- Nevins, A., Dillon, B., Malhotra, S., & Phillips, C. (2007). The role of feature-number and feature-type in processing Hindi verb agreement violations. *Brain Research*, *1164*, 81-94. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.05.058>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97-113.
- Pakulak, E., & Neville, H. J. (2011). Maturational constraints on the recruitment of early processes for syntactic processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(10), 2752-2765. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21586>
- Sato, M. (2020). The neurobiology of sex differences during language processing in healthy adults: A systematic review and a meta-analysis. *Neuropsychologia*, *16*(140), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107404>
- Shen, E., Staub, A., & Sanders, L. (2012). Event-related brain potential evidence that local nouns affect subject-verb agreement processing. *Language and Cognitive Processes*, *28*(4), 498-524. <https://doi.org/10.1080/01690965.2011.650900>
- Zawiszewski, A., & Friederici, A.D. (2009). Processing canonical and non-canonical sentences in Basque: the case of object-verb agreement as revealed by event-related brain potentials. *Brain Research*. 1284, 161-79. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.05.099>

Zawiszewski, A., Santesteban, M., & Laka, I. (2016). Phi-features reloaded: An event-related potential study on person and number agreement processing. *Applied Psycholinguistics*, 37(3), 601–626. <https://doi.org/10.1017/S014271641500017X>



استناد به این مقاله: میکده، سیمین. (۱۴۰۳). آیا مردان و زنان در پردازش نحوی متفاوت عمل می‌کنند؟ شواهد الکتروانسفالوگرافی از سخنگویان تک‌زبانۀ فارسی. *علم زبان*، ۱۱(۲۰)، ۱۱۳-۱۴۰. doi: 10.22054/ls.2024.78793.1626



Language Science is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.