

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ФИЛОЗОФСКИ ФАКУЛТЕТ

Војислав Н. Јовановић

**НЕУРОФИЗИОЛОШКИ КОРЕЛАТИ  
СЕМАНТИЧКЕ ОБРАДЕ У ПЕРЦЕПЦИЈИ  
АТИПИЧНИХ ОБЈЕКТА**

докторска дисертација

Београд, 2022

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF PHILOSOPHY

Vojislav N. Jovanović

**NEUROPHYSIOLOGICAL CORRELATES OF  
SEMANTIC PROCESSING IN PERCEPTION OF  
ATYPICAL OBJECTS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2022

*Ментор:*

проф. др Вања Ковић, редовни професор

Филозофски факултет

Универзитет у Београду

*Чланови комисије:*

проф. др Дејан Лаловић, редовни професор

Филозофски факултет

Универзитет у Београду

проф. др Василије Гвозденовић, редовни професор

Филозофски факултет

Универзитет у Београду

др Андреј Савић, виши научни сарадник

Електротехнички факултет

Универзитет у Београду

Датум одбране докторске дисертације

---

## Изјаве захвалности

На првом месту, желео бих да се захвалим менторки проф. др Вањи Ковић која је својом подршком и саветима не само учинила овај рад могућим, већ је оставила неизбрисив траг примера академске честитости и човечности. Уз њено вођење, целокупан ток докторских студија је наликовао правој научној авантури каква се више може видети на филмском платну, него чути из искустава колегиница и колега широм домаће и светске научне заједнице.

Такође, желео бих да се захвалим др Игору Петрушићу без чије сјајне организације и невероватно ефикасне истраживачке прагматичности спровођење овог рада у условима COVID-19 не би било замисливо. Захваљујем се и др Андреју Савићу, вишем научном сараднику са Електротехничког факултета, Универзитета у Београду на практичној помоћи, обуци и супервизији процеса обраде ЕЕГ сигнала у студијама и научним публикацијама проистеклим из рада на докторској тези. Овај ангажман био је подржан од стране Министарства науке, просвете и технолошког развоја, Републике Србије, број уговора: 451-03-68/2022-14/200103, у оквиру активности радног задатка којима је др Андреј Савић руководио.

Посебно сам захвалан др Бојану Лалићу и др Анђели Шошкић као колегама уз чију помоћ сам начинио прве кораке у свету ЕЕГ-а, како практично коришћењем гела и шприца, тако и академски уз помоћ Microsoft Excel-а.

Коначно, моју неизмерну захвалност дугујем супрузи Вањи Ивановић на стрпљењу, подршци и саветима током посебно животно изазовног периода који је пратио моје докторске студије.

## Неурофизиолошки корелати семантичке обраде у перцепцији атипичних објеката

### *Сажетак*

Препознавање објеката и визуелна категоризација се у оквиру свакодневног искуства доживљавају као наизглед врло лаки задаци који се обављају изузетно брзо и без пуно промишљања. Претходна истраживања указују да ефекат типичности у знатној мери утиче на процес категоризације, при чему се типични представници неког концепта лакше и брже категоризују од атипичних. Предмет ове студије представља испитивање процеса класификације визуелно приказаних атипичних објеката, са циљем детаљнијег увида у утицај семантичке обраде. У те сврхе спроведена су три експеримента током којих су испитаницима снимани потенцијали у вези са догађајем (ERP). Користећи задатак именовања слика, истражено је на који начин се обрађују и класификују атипични објекти, док су на основу задатака диференцијације и верификације формиран Р300 и N400 профили који су упоређени са профилем задатка именовања. Добијени резултати указују да, за разлику од претходних ERP истраживања атипичних објеката, у задатку именовања нису идентификоване Р300 и N400 компоненте у временском опсегу и на локацијама обично навођеним у литератури. Међутим, значајне разлике између типичних и атипичних објеката су пронађене у оквиру неколико раних и средњих временских прозора који одговарају постериорном N1, централном P2, антериорном и постериорном N2 таласу. Такође, разлике су биле присутне и латерално у средњем временском опсегу, уз међусобно супротан образац разлика у зависности од хемисфере. ERP подаци сугеришу да диференцијација између типичних и атипичних објеката започиње врло рано, око 120 милисекунди након излагања стимулуса и завршава се оквирно око 500 милисекунди након излагања стимулуса. Анализа ERP компоненти указује да се процес класификације ослања на неки вид имплицитног додељивања ознака мете и стандардног стимулуса/дистрактора, при чему је удео процеса одозго на доле, односно семантичке обраде, сведен на најмању могућу меру довољну за успешно извршење задатка.

*Кључне речи:* категоризација, атипични објекти, именовање, семантичка обрада, визуелна перцепција, потенцијали у вези са догађајем

*Научна област:* психологија

*Ужа научна област:* општа и когнитивна психологија

УДК: 159.95:159.93/.94:612.8(043.3)

## Neurophysiological correlates of semantic processing in perception of atypical objects

### *Abstract*

Object recognition and visual categorization are perceived as seemingly effortless tasks in everyday experience that are performed extremely quickly and without much thought. Previous research indicates that the typicality effect significantly affects the process of categorization, whereby typical members of a concept are easier and faster categorized than atypical ones. The subject of this study is an examination of the classification process of visually presented atypical objects, with the aim of a more detailed insight into semantic processing influence. For these purposes, three experiments were conducted during which event-related potentials (ERPs) were recorded. Atypical objects processing and classification was investigated using the picture naming task, while the differentiation and verification tasks were used to form P300 and N400 profiles that were compared with the naming task profile. In contrast to previous ERP studies of atypical objects, the picture naming task did not produce P300 and N400 components in the time range and locations usually reported in the literature. However, significant differences between typical and atypical objects were found within several early and mid-latency time windows corresponding to the posterior N1, central P2, anterior and posterior N2 waves. Differences were also present laterally in the mid-latency time range, consisting of opposite patterns of differences depending on the hemisphere. ERP data suggest that the differentiation between typical and atypical objects begins very early, about 120 milliseconds after stimulus presentation, and ends approximately 500 milliseconds after stimulus presentation. The analysis of ERP components indicates that the classification process relies on some kind of implicit label assignment of target and standard stimulus/distractor, whereby the amount of the top-down processes, ie semantic processing, is reduced to the smallest possible extent sufficient for the successful completion of the task.

*Keywords:* categorization, atypical objects, naming, semantic processing, visual perception, event-related potentials

*Scientific field:* psychology

*Scientific subfield:* general and cognitive psychology

UDC: 159.95:159.93/.94:612.8(043.3)

# Садржај

<b>Увод</b> .....	1
<b>Именовање слика</b> .....	2
Теоријски оквир.....	2
<b>Потенцијали у вези са догађајем – опште одреднице</b> .....	3
Увремењеност ERP компоненти – одлике и функционални значај.....	5
Ране ERP компоненте.....	6
P1 .....	6
N1 .....	7
Средње ERP компоненте (компоненте средњег опсега латенци) .....	7
P2.....	7
N2 .....	8
Касне ERP компоненте .....	9
P300.....	9
N400 .....	10
<b>ERP и именовање</b> .....	11
ERP образац раних компоненти у визуелним задацима .....	11
ERP компоненте у задатку именовања – утицај различитих варијабли.....	12
<b>Типичност и атипичност</b> .....	13
<b>Утицај језика на перцепцију</b> .....	13
<b>Предмет и циљ истраживања</b> .....	14
Нормативна студија.....	15
ERP студије .....	16
<b>Прва група студија</b> .....	17
Нормативна студија	
Метод.....	17
Резултати и дискусија .....	18
<b>Друга група студија</b> .....	22
Задатак верификације (N400) и задатак дискриминације (P300)	
Експеримент 1 – Задатак верификације .....	22
Метод.....	22
Резултати .....	24
Дискусија.....	27
Експеримент 2 – Задатак дискриминације .....	28
Метод.....	28
Резултати .....	29
Дискусија.....	32

<b>Трећа група студија</b> .....	33
Испитивање процесирања атипичних и типичних објеката у задатку именовања	
Експеримент 3 – Задатак именовања.....	33
Метод.....	33
Резултати .....	34
Сумирање активности у задатку именовања .....	48
Поређење ERP профила .....	49
<b>Дискусија</b> .....	51
<b>Закључак</b> .....	60
<b>Литература</b> .....	61



## Увод

Препознавање и категоризација објеката представљају кључне когнитивне процесе који омогућавају свакодневно функционисање. Опажање функције објеката одређује њихову употребну вредност и омогућава ефикасно сналажење у свету који нас окружује. Већина теоретичара визуелне перцепције заступа становиште по коме се опажање функције објекта обавља индиректно, односно путем категоризације (Palmer, 1999). Опажена структура објекта, односно његове суштинске одлике се пореде са унутрашњим представама већ познатих категорија, након чега се функција објекта одређује на основу асоцијација између категорије објекта и њених употребних својстава. Да би се процес категоризације уопште могао спровести, нужно је постојање репрезентација објеката, репрезентација категорија, те процеса упоређивања и доношења одлуке. Сматра се да је план репрезентације објеката представљен кроз основне димензије као што су облик, величина, боја, оријентација и слично, док се за категорије сматра да су заступљене на три основна нивоа апстракције – подређени ниво, основни (базични) ниво и надређени ниво (Rosch, 1975). Функција процеса упоређивања се односи на посредовање између репрезентација објекта и категорија, при чему је неопходно да су репрезентације на оба плана истог типа, односно да припадају истој концептуалној класи како би поређење уопште било могуће. Коначно, процес доношења одлуке представља исход процеса поређења, доводећи до категоризације објекта.

Испитивање процеса визуелне категоризације се обавља у зависности од циљног нивоа обраде и укључује задатке одлуке, препознавања и именовања, при чему свака од експерименталних парадигми вишег нивоа укључује и претходни ниво обраде. Тако, задаци одлуке у којима се од испитаника тражи да се одреде да ли је приказани стимулус објекат или не, укључују само структурални ниво репрезентација, док задаци препознавања који изискују од испитаника да сврста објекте у неку од категорија у складу са одређеним визуелним својством, укључују поред структуралног и семантички ниво репрезентација. Коначно, задаци именовања поред претходна два нивоа, такође захтевају и лексичко-фонолошке репрезентације (Pernet et al., 2003).

Један од проблема приликом категоризације објеката представља сусрет са објектима који су нови и/или јединствени. Овакви објекти покрећу питање на који начин се врши њихова класификација, односно класификација објеката који не припадају ни једној до тада познатој категорији. Постоје два приступа овом проблему који заправо одсликавају теорије о механизму доношења одлука приликом категоризације објеката, и представљени су као правила прага (*threshold rules*) и правила најбољег уклапања (*maximum/best fit rules*). По правилима прага објекат бива додељен категорији када пређе одређену критеријумску вредност исхода процеса упоређивања. Са друге стране, правила најбољег уклапања претпостављају категоризацију која се заснива на највећем могућем преклапању објекта и свих могућих постојећих категорија. Такође, могуће је и комбиновање ова два приступа у виду најбољег уклапања после досезања прага, при чему се праг поставља ниже и смањује број могућих категорија које се користе у даљој обради по принципу најбољег уклапања (Palmer, 1999).

## Именовање слика

Иако се у свакодневном искуству виђење и говор обављају толико брзо и лако да остављају утисак незахтевности, количина подложних процеса и степен неуралне активације у овом кратком опсегу указују на изразиту сложеност. Диференцијација и временски след ових процеса је од кључне важности у разумевању начина на који опажање објеката и њихово именовање функционишу. Подаци добијени на основу техника функционалног осликавања мозга и неурофизиолошких студија указују да именовање визуелно приказаних објеката прати поступна активација широко распрострањених кортикалних мрежа, доминантно позиционираних у левој хемисфери, почевши од окципиталних и предњих темпоралних структура, након чега следи активација инфериорног паријеталног кортекса и постериорног темпоралног режња, те коначно премоторних и моторних зона. (Llorens et al., 2014).

Како се приликом визуелне перцепције ангажују вишеструки паралелни канали, препознавање објеката се обавља врло брзо, те је за именовање визуелно приказаног објекта довољно око 1 секунде (Martinovic et al., 2008; Valente et al., 2014). Пре саме артикулације, издвајају се похрањене структуралне информације из визуелне репрезентације објекта, активирају се концепти везани за објекат, те се извлачи име објекта селекцијом *леме*<sup>1</sup>, уз фонолошко и фонетско кодирање (Levelt, 1999; Levelt et al., 1999). Детаљнији увид у прецизни след различитих узастопних процеса који се том приликом обављају пружа мета-анализа Индефрија и Левелта спроведена на истраживањима продукције речи у задацима именовања слика (Indefrey & Levelt, 2004). Аутори наводе како подаци различитих студија указују да се концептуална лексичка селекција одвија између 175 и 250 милесекунди након излагања стимулуса, уз највећу активацију средишњег дела левог средњег темпоралног гируса. Извлачење лексичко-фонолошког кода се одвија између 250 и 330 милесекунди након излагања стимулуса и сматра се да овај процес обављају постериорни делови средњег и супериорног темпоралног гируса леве хемисфере, док се силабификација (растављање на слоге) одвија између 330 и 455 милесекунди након излагања стимулуса уз кореспондентну активацију левог постериорног инфериорног фронталног гируса.

### Теоријски оквир

Како именовање слика укључује низ сустичућих перцептивних, концептуалних и говорних процеса, неопходно је приступање вишеструким нивоима репрезентација које пружају различиту врсту ускладиштеног знања о приказаном објекту. Прва од репрезентација представља структурални опис и одређује визуелни облик објекта. Друга репрезентација представља семантичку представу и она одређује функционалне и асоцијативне одлике објеката, док трећа репрезентација представља фонолошку репрезентацију и она одређује име објекта (Humphreys et al., 1988). На плану именовања слика постоје два становишта који на различит начин посматрају след обраде информација, односно приступ претходно наведеним подацима о објекту. Једно од становишта претпоставља секвенцијални приступ различитим врстама знања о објектима, према коме структурални, семантички и фонолошки нивои представљају одвојене фазе обраде које се одвијају поступно. По овоме приступу, неопходно је да обрада информација у једној фази буде завршена како би се уопште могао започети следећи корак. Другим речима, да би дошло до активације семантичких репрезентација о објекту, неопходна је претходна евалуација на нивоу структуралног описа, односно уколико се приказани објекат поклапа са кореспондентним структуралним описом. На исти начин и активација на нивоу фонолошких репрезентација изискује претходну активацију семантичких репрезентација. Друго становиште указује на такозвани каскадни приступ информацијама о објектима, према коме се пренос информација између различитих репрезентација обавља континуирано од тренутка активације у претходној репрезентацији (McClelland, 1979). Овај

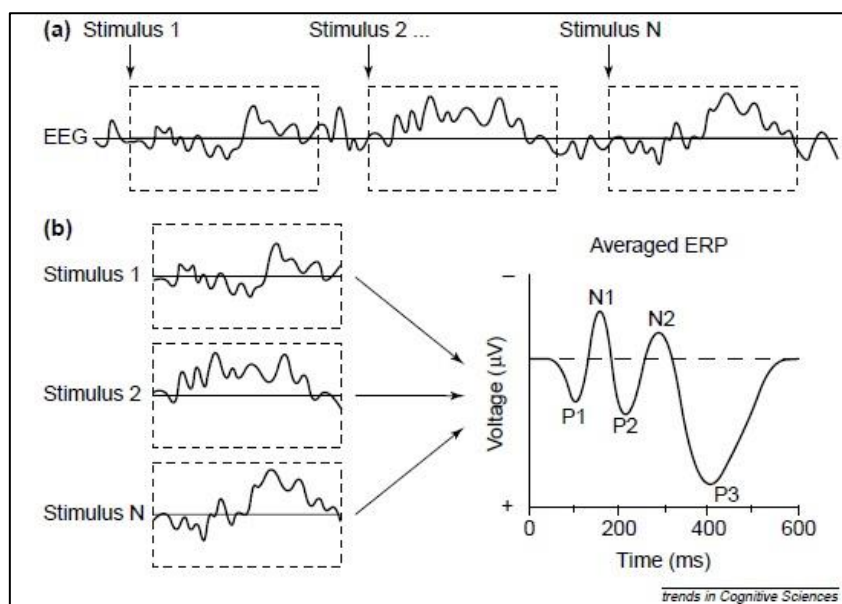
---

<sup>1</sup> Лема (lemma) представља пакет синтаксичких информација, односно различитих синтаксичких својстава једне речи.

приступ претпоставља да је на било којем нивоу репрезентације могуће паралелно активирање похрањених описа великог броја стимулуса, као и да ова вишеструка активација омогућава умрежавање, односно успостављање веза између дискретних елемената различитих нивоа репрезентација (Humphreys et al., 1988). Аутори даље наводе и различите импликације начина на који ова два модела разрешавају потенцијално конфликтне ситуације. На пример, у случају ефекта структуралне сличности између различитих слика приликом именовања, оба модела претпостављају активацију структуралних репрезентација свих објеката сличних визуелних одлика слици која је била приказана. На даље се два модела значајно разликују, те секвенцијални модел ограничава ефекте структуралне сличности само на фазу приступа структуралном опису, док каскадни модел дозвољава могућност утицаја структуралне сличности и на накнадне процесе, односно на семантичку и фонолошку раван. По каскадном моделу вишеструка активација на структуралном нивоу доводи до кореспондентних активација структурално сличних објеката на семантичком и фонолошком нивоу, односно процеса који следе структуралну обраду. На исти начин се посматрају и ефекти семантичке сличности на именовање слика, где су ефекти ограничени само на ниво семантичких репрезентација у оквиру секвенцијалног приступа, односно показују могући утицај и на фонолошку раван у складу са каскадним приступом. Сходно томе, каскадни модел допушта приступ информацијама о имену објекта чак и пре комплетирања структуралног описа.

## Потенцијали у вези са догађајем – опште одреднице

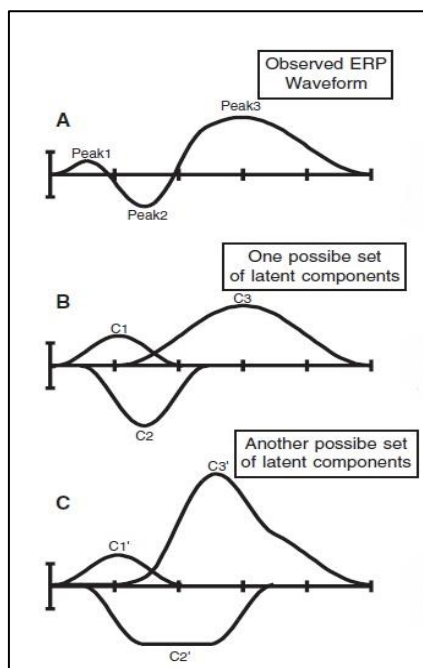
Потенцијали у вези са догађајем (*event related potentials, ERP*) представљају неуралне одговоре који су повезани са специфичним сензорним, когнитивним или моторним догађајима, и део су опште ЕЕГ активности. Лак наводи како је прву дефиницију појма ERP пружио Ваугхан (Vaughan) 1969. године: „Предлаже се термин *потенцијали у вези са догађајем* који би именовао уопштenu класу потенцијала који показују стабилну временску везу са одређеним референтним догађајем“ (Luck, 2014). Извори ERP активности се налазе у постсинаптичким потенцијалима који се стварају током неуротрансмисије, односно током везивања неуротрансмитера за рецепторе. Како је оваква појединачна активност превише слаба да би могла бити мерљива на кожи главе, неопходно је истовремено активирање великог броја слично оријентисаних неурона како би дошло до сумирања потенцијала, који након тога пролазе кроз мозак и лобању до коже главе, где доприносе свеукупном електроенцефалограму (Luck et al., 2000). Поред тога, важно је истаћи да су ERP сигнали превасходно последица постсинаптичких потенцијала кортикалних пирамидалних ћелија које су перпендикуларно (под углом од 90 степени) оријентисане у односу на површину мозга (Woodman, 2010). Имајући у виду да су кости лобање, као и кожа главе препреке које у великој мери утичу на квалитет ERP сигнала, овај сигнал је неопходно појачати и филтрирати након снимања ЕЕГ-а. Различити артефакти (нпр. трептаји ока, померање главе, необезбеђени електрични уређаји) представљају шум који може у значајној мери утицати на ЕЕГ запис, што се може отклонити идентификовањем и уклањањем снимака који садрже артефакте, или путем неког вида корекције сигнала. Након обраде артефаката, континуални ЕЕГ запис се дели на мање сегменте, односно такозване „епохе“ које садрже сигнал везан за догађај, након чега се врши њихово усредњавање (*averaging*) (Слика1). Идеја која стоји у позадини процеса усредњавања је да ће се, уколико постоји велики број експерименталних покушаја, све мождане активности које нису повезане са стимулусом међусобно потирати, тако да видљива остаје само она



Слика 1. Обрада ЕЕГ сигнала. (а) Процес издвајања епоха из континуираног ЕЕГ сигнала. (б) Усредњавање више епоха и добијање једног усредњеног ERP таласа састављеног од неколико узастопних компоненти. Слика преузета из Luck et al., 2010.

мождана активност која је конзистентно временски повезана са стимулацијом (Luck, 2014). Након усредњавања, добија се ERP талас који се састоји од неколико позитивних и негативних отклона који се зову "врхови", "таласи", или "компоненте". Сматра се да след компоненти која прати стимулус на неки начин одражава ток неуралних процеса покренутих стимулусом, почевши са раним сензорним процесима, праћеним поступним укључивањем све сложенијих неуралних структура, односно виших когнитивних процеса. Амплитуда и латенца добијених врхова би оквирно одражавали интензитет и брзину подложних процеса, док се расподела волтаже по кожи главе користи у циљу процене могућег неуроанатомског извора ових процеса (Luck et al., 2000).

Термин ERP компонента се сматра једним од најважнијих, али истовремено и једним од најнејаснијих концепата у оквиру ERP истраживања. ERP талас се недвосмислено састоји од серије узвишења и удубљења, али ово варирање у волтажи представља скуп неколико релативно независних подложних или латентних компоненти. Врхови таласа се типично обележавају са P или N у зависности да ли су позитивни или негативни, као и бројеви који означавају временски оквир врха таласа (нпр. „P1“ као ознака за први позитивни врх таласа или „N400“ као показатељ времена латенце, односно досезања максимума 400 милисекунди од почетка излагања стимулуса). Другим речима, у зависности како су означена, имена компоненти нам указују на њихов поларитет (P или N), позицију у оквиру таласа (1,2,3, итд) или латенцу (N170, P300, N400, P600). Како Лак наводи, изразито је тешко издвојити латентне компоненте тако да се оне могу измерити независно, и ово представља једну од највећих препрека приликом дизајнирања и интерпретирања ERP експеримената (Luck, 2014). Сходно томе, један од најважнијих фактора за успешно ERP истраживање представља разликовање између таласа који се могу посматрати (Слика 2-А) и латентних компоненти које се не могу



Слика 2. Подложна структура ERP таласа. (A) Приказ ERP таласа добијеног након усредњавања. (B) и (C) Могући сложаји подложних компоненти чијим се сабирањем добија ERP талас A. Преузето из Luck, 2014.

посматрати (Слика 2-B,C). Било би идеално уколико би применом неке математичке процедуре имали увид на који начин одређене компоненте сачињавају снимљени ERP талас, чиме бисмо могли да измеримо амплитуду и латенце изолованих компоненти. Нажалост, као што постоји неограничен број извора који генеришу одређену ERP дистрибуцију по површини главе, тако постоји и неограничен број могућих сложаја латентних компоненти чије сумирање обликује ERP таласе. Иако постоје одређене технике које су овоме намењене, ни једна од њих још увек није усавршена, што у великој мери зависи и од начина на који дефинишемо ERP компоненте. Како одлике компоненте (латенца, дистрибуција по кожи главе, поларитет итд.) зависе од вишеструких фактора, многи истраживачи дефинишу компоненте у виду комбинације рачунских функција и неуроанатомског места извора. У складу са тим, Лак (Luck, 2014) нуди дефиницију: „ERP компонента се може операционално дефинисати као сложај промена волтаже конзистентних са појединачним неуралним извором који систематично варира у амплитуди у зависности од експерименталне ситуације, времена, особа и тако даље. Односно, ERP компонента представља извор систематичне и поуздане варијабилности у оквиру скупа ERP података“. У складу са овом дефиницијом, аутор наводи како се компонента може појавити у различито време у зависности од експерименталне ситуације, али уколико долази из истог модула и представља исту рачунску операцију, у питању је идентична компонента.

## Увремењеност ERP компоненти – одлике и функционални значај

Једна од кључних предности ERP технике у односу на друге начине осликавања мозга је изузетно висока временска резолуција која се мери у миллисекундама (Luck, 2014). Иако је временско дефинисање у ERP кључно и даље не постоји општеприхваћени стандард класификације компоненти. И док код неких истраживача налазимо поделе које комбинују латенце и претпостављени подложни процес (Pratt, 2011)<sup>2</sup>, већина се руководи колоквијалном поделом на ране, средње и касне ERP компоненте. Под раним ERP компонентама (*early ERP*

<sup>2</sup> нпр. у оквиру аудитивних потенцијала: ABR's до 10ms, MLRs 10-60ms, компоненте са дугом латенцом 60-200ms, когнитивне компоненте преко 200ms.

*components*) се обично подразумевају компоненте као што су C1, P1 и N1 које се јављају до 100 милисекунди након излагања стимулуса. Након њих се извештава о компонентама средњег опсега латенци (*mid-latency ERP components*), као што су P2 и N2, док се компоненте почевши од P300 већ посматрају као касне компоненте (*late ERP components*). Важно је истаћи да је претходно наведена подела само оријентационе природе и арбитарна, јер се неретко могу наћи ERP истраживања која све компоненте до P300 називају раним компонентама, као и истраживања и прегледи у оквиру којих се P1 и N1 означавају као касне компоненте (Coch & Gullick, 2011). Са друге стране, значајну улогу у временском одређењу такође има и област истраживања, те као што Лак наводи (Luck, 2014), 100 милисекунди се посматра као релативно касно из перспективе аудитивног сензорног процесирања, имајући у виду брзину којом се информације преносе дуж аудитивних путева.

За ране компоненте се сматра да претежно одсликавају сензорне процесе, као и процесе у оквиру којих не учествује свест, те да представљају ране стадијуме обраде информација (одоздо на горе, *bottom-up*), за разлику од „касих ERP компоненти“ које представљају одраз виших когнитивних процеса, односно каснијег стадијума обраде информација (одозго на доле, *top-down*) (Portella et al., 2012). Поред тога, постоји тренд да се термин ране компоненте изједначава са терминима сензорни потенцијали и егзогене компоненте, а касне компоненте са терминима когнитивне, односно ендogene компоненте. Међутим, не може се поставити знак једнакости између раних и егзогених, као ни касних и ендогених компоненти, имајући у виду да су термини егзогене и ендogene компоненте врло јасно дефинисани, док је подела на ране и касне компоненте потпуно арбитарна. Егзогене сензорне компоненте су нужно покренуте присуством стимулуса и у одређеној мери су под утицајем обраде одозго на доле, док ендogene компоненте одсликавају неуралне процесе и у потпуности су зависне од задатка (Luck, 2014). Најсажетије, егзогене компоненте изазива неки стимулус, док су ендogene интерно изазване, односно „изнутра“ (Luck & Карренман, 2011). Поред тога, изједначавање раних и касних компоненти са егзогеним и ендогеним је и концептуално проблематично (имајући у виду да још увек није јасан удео одозго на доле и одоздо на горе процеса у свакој од компоненти). Подела на ране и касне ERP компоненте иако арбитарна, у литератури је већ доста дуго, те ћемо и у радовима од пре 50 година видети да се P300 назива „касна позитивна компонента“ (Picton & Hillyard, 1974).

У изостанку општеприхваћене класификације и поделе, у оквиру овог истраживања ће се користити неформална, али уобичајена подела на ране компоненте (P1, N1), средње компоненте или компоненте средњег опсега латенци (P2, N2) и касне компоненте (P300, N400).

## **Ране ERP компоненте**

### **P1**

Визуелни P1 талас одликује најизраженија активација на латералним окципиталним електродама која досеже врх између 100-130 милисекунди након излагања стимулуса (Luck, 2014). Ова компонента је осетљива на различите одлике стимулуса, селективну пажњу, као и на степен испитаникове побуђености (*arousal*) (Luck et al., 2000; Vogel & Luck, 2000). Досадашња истраживања различитим методама лоцирају могуће порекло ове компоненте доминантно у стриатним и екстрастриатним деловима окципиталног кортекса (Di Russo et al., 2002; Clark & Hillyard, 1996; Woldorff et al., 1997). Аудитивни P1 талас, који се такође назива и P50, нема никакве сличности са визуелним P1 таласом. Аудитивни P1 досеже врх око 50 милисекунди након излагања стимулуса, уз најизраженију активацију на вертексу, и његов извор се везује за примарни аудитивни кортекс (Winkler et al., 2013). Упркос анатомским и топографским разликама, аудитивни P1 талас је као и визуелни осетљив на одлике стимулуса и утицај пажње (Picton, 2010).

## **N1**

N1 талас се у оквиру оба модалитета, односно и визуелном и аудитивном, састоји од неколико субкомпоненти. Сматра се како аудитивни N1 сачињавају бар три субкомпоненте: фронтоцентрална компонента која достиже врх око 75 милисекунди након излагања стимулуса, централна компонента која је најизраженија на вертексу и досеже врх на око 100 милисекунди, те латерална компонента која досеже врхунац 150 милисекунди након излагања стимулуса (Näätänen & Picton, 1987). У оквиру визуелног модалитета, најранија N1 компонента се јавља антериорно око 100-150 милисекунди након излагања стимулуса, коју затим прате две постериорне N1 компоненте 150-200 милисекунди након излагања стимулуса, које потичу из паријеталног и латералног окципиталног кортекса (Luck, 2014). N1 компонента је у оба модалитета осетљива на пажњу. Поред тога, на визуелни N1 утичу и различите варијације одлика стимулуса као што су просторна учесталост и оријентација (Mangun & Hillyard, 1988; O'Donnell et al., 1997). Претпоставља се да N1 компонента одсликава почетни испис информација из сензорних анализатора, као и да један од подложних процеса аудитивног N1 таласа представља процес неспецифичног покретања пажње (Näätänen & Picton, 1987). Особена дистрибуција визуелног N1 таласа се наводи и као доказ за теорију о градијентном распоређивању просторне пажње преко визуелног поља (Mangun & Hillyard, 1988).

## **Средње ERP компоненте (компоненте средњег опсега латенци)**

### **P2**

У оквиру аудитивног модалитета N1 и P2 таласи се углавном посматрају заједно као компоненте везане за рану фазу стимулусног кодирања у аудитивном кортексу (Näätänen & Picton, 1987), чија је активација најизраженија на фронтоцентралним и централним електродама (Picton & Hillyard, 1974). Сматра се како N1 и P2 аудитивне компоненте у задацима пасивног слушања могу одсликавати окидач за премештање пажње и рано премештање пажње (Näätänen, 2018), као и да повећана активност аудитивног кортекса у временском оквиру P2 указује на неки вид верификације или процеса валидације, у виду могућег поређења стимулуса са репрезентацијом ехоичке меморије створеном током N1 таласа (Gilmore et al., 2005). Неки аутори интерпретирају блок раних аудитивних компоненти P50, N1 и P2 као вид сензорног филтрирања, при чему би варијације у P2 латенци могле бити у вези са пажњом (Lijffijt et al., 2009). Аудитивна P2 компонента се, заједно са N1, везује за неки од сегмената процеса премештања пажње (Picton & Hillyard, 1974), док се за визуелни антериорни P2 талас претежно сматра да је осетљив на вероватноћу појављивања мете (Luck, 2011). За разлику од аудитивног, визуелни P2 талас је најизраженији на антериорним и централним локацијама, показујући осетљивост на стимулусе са одликама мете, уз додатно повећање амплитуде за ниско учестале стимулусе (Luck, 2014), али само у ситуацијама када се мета разликује од стандардног стимулуса по релативно једноставној одлици (Luck, 2011). Иако се P2 талас везује за процес категоризације стимулуса (Pernet et al., 2003), функционална важност ове компоненте још увек није довољно истражена.

## N2

У литератури се N2 представља као сензорни одговор (Polich, 2011), али и као компонента која одсликава процесирање које се дешава након сензорне перцепције (Pratt, 2011), односно каснији когнитивни потенцијал заједно са P300 (Kayser et al., 2010). Када се говори о N2 компоненти, често се заправо мисли на такозвану *фамилију* N2 компоненти састављену од неколико субкомпоненти (N2a, N2b, N2c и N2pc) при чему је свака од њих потпуно независна и одсликава различите функционално и анатомски одређене процесе, али су услед сличне увремењености и поларности сврстани у оквиру исте фамилије (Karpenman & Luck, 2011). N2a компонента је много познатија под именом MMN (mismatch negativity), док се N2b и N2c компоненте још називају антериорни N2 и постериорни N2 (Luck, 2014). Антериорна N2 компонента је осетљива на неусклађеност са очекивањем (mismatch), везује се за инхибицију одговора, као и конфликт приликом избора правог међу конкурентним одговорима, и јавља се као реакција на повратну информацију о тачности пруженог одговора (Bruin & Wijers, 2002; Luck, 2014). За разлику од антериорног N2 таласа, о N2c компоненти или постериорном N2 таласу се мало зна, осим да га одликује осетљивост на учесталост појављивања мете (Luck, 2014). N2pc талас је специфична компонента где скраћеница "pc" означава термин „posterior contralateral“ који указује да се компонента јавља на постериорним електродама контралатерално од локације мете. N2pc компонента није осетљива на вероватноћу, већ одсликава фокусирање просторне пажње на локацију мете и могућу супресију околних стимулуса (Luck, 2011).

За аудитивни N2 се сматра да се јавља као одговор само на стимулусе који су релевантни за задатак (O'Donnell et al., 1993), одсликава процес доношења одлука везан за сензорну дискриминацију опажених стимулуса (Ritter et al., 1979), представља одступање од централно успостављеног стандарда (модела стандардног стимулуса) и везана је за дискриминацију вишег реда и категоризацију стимулуса (O'Donnell et al., 1993; Salisbury et al., 1994; Kayser et al., 2010), као и да њено јављање претпоставља контролисани или свесни процес (Novak et al., 1990). N2 латенца се продужава са повећањем тежине дискриминације стимулуса и обично коварира са временом реакције, док је амплитуда обрнуто пропорционална вероватноћи јављања стимулуса (Ritter et al., 1979; Sams et al., 1985; Novak et al., 1990). Већина налаза о N2 компоненти у оквиру аудитивног модалитета је заснована претежно на задацима дискриминације, односно експерименталним парадигмама сличним Oddball нацрту. За разлику од визуелног, N2 субкомпоненте су ретко испитиване у аудитивном Go/No-Go задатку, а што је вероватно последица изостанка типичног N2 No-Go одговора очекиваног на централној линији (Huster et al., 2013), односно налаза да визуелни стоп сигнали изазивају веће N2 амплитуде од оних који су приказани у аудитивном домену (Falkenstein et al., 1999). Ефекат аудитивне N2 компоненте је најјачи на централним електродама, док је ефекат визуелне N2 компоненте најизраженији на постериорним локацијама (Luck, 2011; Luck, 2014).

Визуелни N2 талас се у литератури претежно везује за процес инхибиције одговора и учесталост излагања стимулуса, при чему његова локализација у великој мери зависи од коришћене парадигме. У визуелном Oddball задатку мало фреквентни стимулуси изазивају вишеструку N2 активацију на различитим локацијама, али се као најизраженији издваја диференцијални N2 талас на постериорним електродама (Folstein & van Petten, 2007). Са друге стране, N2 компоненту у оквиру визуелног Go/No-Go задатка представља негативни талас који досеже врх између 200 и 300 милесекунди након излагања стимулуса, јавља се на фронтоцентралним локацијама и увећан је у No-Go ситуацији (Eimer, 1993; Jodo & Kayama, 1992; Pfefferbaum et al., 1985). Сматра се да је N2 компонента везана за инхибицију одговора (Jodo & Kayama, 1992; Корп et al., 1996) и модулисана пажњом (Eimer, 1993), иако је други аутори доводе у везу са процесима надгледања могућих конфликта, а не са инхибицијом одговора (Donkers & van Boxtel, 2004). По неким ауторима N2 Oddball компонента је иста као



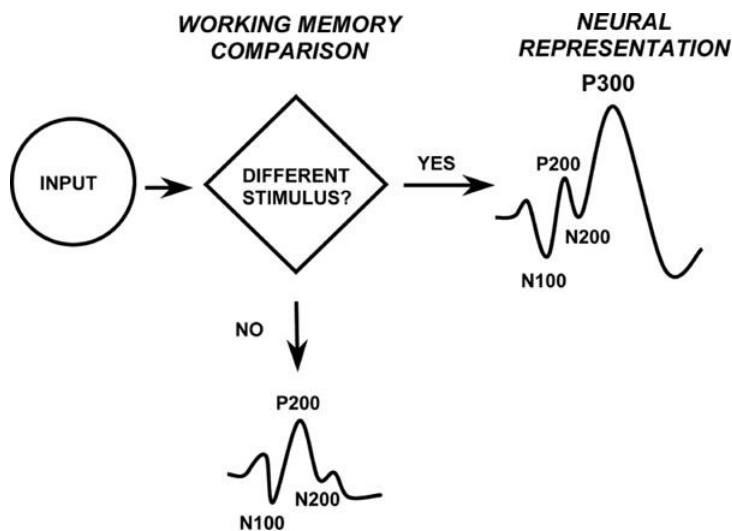
Go/No-Go N2 компонента, те се наводи како обе имају заједничко порекло, јављају се у сличном временском оквиру, имају сличну дистрибуцију по кожи главе и осетљиве су на варијацију релативне учесталости врсте одговора независно да ли се ради о мети или стандардним стимулусима (Nieuwenhuis et al., 2003).

## Касне ERP компоненте

### P300

Термин P300 се односи на класичну и једну од највише испитиваних ERP компоненти, такође познатој као P3 и LPC (late positive component). У оквиру P300 временског оквира се могу издвојити P3a и P3b као две засебне субкомпоненте, при чему се у литератури називи P300 и P3b обично изједначавају, уколико није наведено другачије (Luck, 2014; Polich, 2011). P3a компоненту изазива промена у понављајућем обрасцу стимулуса на који није директно усмерена пажња и одликује је фронтоцентрална дистрибуција по кожи главе, док се P3b компонента јавља у задацима са активним учешћем пажње и показује доминантну централнопаритеталну дистрибуцију (Snyder & Hillyard, 1976; Luck, 2014). Иако и даље не постоји консензус шта представља P300 талас, сматра се да је основна одлика ове компоненте осетљивост на вероватноћу појављивања мете, односно на вероватноћу задатком одређене категорије стимулуса (Luck, 2014). Ово становиште је и даље доминантно иако постоје истраживања која указују да је осетљивост на вероватноћу категорије присутна само уколико је разлика између приказаних стимулуса довољно изражена да уопште омогућава адекватну категоризацију (Mecklinger & Ullsperger, 1993).

На P300 амплитуду могу утицати различите варијабле, као што су степен уложености у задатак, односно количина ресурса одређених за перцептивну обраду (Isreal et al., 1980), локална секвенцијална вероватноћа, при чему P300 амплитуда приликом излагања мете расте уколико јој претходни већи број узастопних стандардних стимулуса (Sommer et al., 1990), те количина протеклог времена између излагања две мете (target-to-target interval) која показује значајан утицај на ефекте глобалне вероватноће мете и секвенцијалну вероватноћу (Polich, 2011). Постоје различита тумачења функционалног значаја P300 таласа, од којих најпознатије доводи у везу ову компоненту са *ажурирањем контекста* (Слика 3), односно ажурирањем

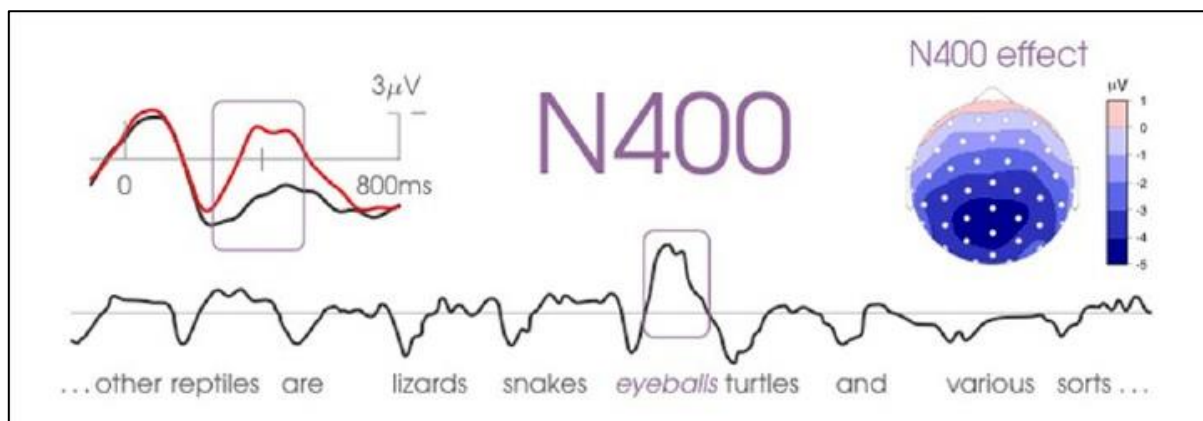


Слика 3. Приказ модела ажурирања контекста. Стимулуси који не представљају промену претходног следа изложених стимулуса доводе до активирања компоненти N100 и P200, док стимулуси који се разликују од претходног следа изазивају и P300 неурални одговор. Презето из Polich, 2011.

испитаникове репрезентације тренутног окружења (Donchin, 1981). Поред тога, присутне су и претпоставке да је P300 повезан са ажурирањем радне меморије (Luck, 2014), да представља исход поцеса процене стимулуса и доношења одлуке, односно одлика стимулуса важних за задатак и њихово повезивање са кореспондентним реакцијама (Nieuwenhuis et al., 2005), као и да је степен изражености P300 пропорционалан количини ревизије или ажурирања менталног модела у оквиру радне меморије (Mecklinger & Ullsperger, 1995). Такође, постоји хипотеза и о инхибиторном пореклу P300 компоненте по којој она представља показатељ инхибиције ирелевантне мождане активности у циљу појачања преноса података од фронталних ка темпоропаријеталним локацијама (Polich, 2011). Како Лак наводи (Luck, 2014), једна од врло важних импликација осетљивости P300 амплитуде на вероватноћу појављивања експериментално дефинисаних категорија (мета, стандардни стимулус, дистрактор, итд.) јесте њена недвосмислена потврда покренутог процеса категоризације. Наиме, да би разлика између нискофреквентног и високофреквентног стимулуса уопште могла бити присутна у ERP запису, неопходан је претходно започети процес категоризације стимулуса у складу са правилима експерименталног задатка по којима су стимулусима додељене различите улоге. Сходно томе, Лак закључује како се P300 компонента не може посматрати као последица процеса категоризације, с обзиром на то да је њено појављивање заправо њиме условљено. У погледу анатомског лоцирања извора P300 компоненте, сматра се да P3a потиче из фронталних зона, док је P3b компонента последица темпоропаријеталне активности (Polich, 2007).

#### **N400**

N400 диференцијални ефекат представља монофазну негативност између 200 и 600 милисекунди након почетка излагања стимулуса, која је највећа на центропаритеталним локацијама, уз благо израженији ефекат на десној хемисфери (Kutas & Federmeier, 2011). N400 као и P300 представља једну од највише истраживаних ERP компоненти, уз широки распон истраживања у односу на тип стимулуса (речи, слике објеката, лица, мириси, видео записи), област (језик, меморија, пажња, математика) и циљну популацију (неуротипични, особе са неуролошким и психијатријским болестима). Иако се у литератури N400 претежно везује за нарушење семантичког контекста, односно очекивања, сматра се да је улога ове компоненте шира, као и да је кључно везана за обраду значења и то не само на пољу обраде језика, већ и објеката и људских лица, уз врло сличан N400 ефекат какав се добија у лексичко-семантичкој парадигми (Balconi & Pozzoli, 2005; Olivares et al., 1994; Olivares et al., 1999). Потврду сличности између парадигми пружа и анализа 132 истраживања N400 реакције на сликовну стимулацију која указује да је временски прозор од 300-500 милисекунди након излагања стимулуса најпогоднији као а priori избор за истраживање овог ефекта, као и да су за главну анализу у највећем броју истраживања коришћене фронталне, централне и паритеталне електроде (Šoškić et al., 2020). У погледу локализације, односно анатомског порекла N400, као зоне најактивније у временском оквиру њеног јављања се издвајају темпоралне и префронталне зоне, уз нешто јачу активацију левострано, о чему сведоче истраживања која су користила различите технике снимања (Kutas & Federmeier, 2011). Сходно броју и распореду зона који доприносе општој N400 активности, сматра се да ова компонента није производ једног извора, већ да представља суму већег броја таласа из различитих извора. Имајући у виду локализацију наведених извора, иако би се највећа ERP активност очекивала на темпоралним и фронтотемпоралним зонама, то није случај. Наиме, иако постоје истраживања која указују на латерални N400 ефекат (Olichney et al., 2002; Wagshul et al., 2005), те назнаке тог ефекта у зонама кључним за говор и разумевање језика (Iragui et al., 1996), као зоне избора у већини истраживања доминирају центропаритеталне локације. Иако још увек није познато које све процесе представља N400, сматра се да одсликава тренутак у коме се процеси које изазива стимулус синхронизују са широком мултимодалном неуралном мрежом, чије је тренутно стање под утицајем скоријих и трајних искустава из различитих домена (Kutas & Federmeier, 2011). Вишеструке одлике N400 компоненте су приказане на Слици 4.



Слика 4. Приказ временског оквира и просторне расподеле N400 ефекта у парадигми која користи неочекиване речи. Преузето из Kutas & Federmeier, 2011.

## ERP и именовање

### ERP образац раних компоненти у визуелним задацима

У погледу ERP активације током задатака који укључују визуелну стимулацију, след активације раних компоненти започиње око 50 милисекунди након излагања стимулуса у виду C1 компоненте коју даље следе P1 и N1 компоненте, чије се латенце и дистрибуција по кожи главе не мењају сходно количини пажње усмерене на локацију стимулуса, за разлику од амплитуде (Hillyard & Anllo-Vento, 1998). Претходна истраживања указују да P1 компоненту одликује локализована активација која је најизраженија на окципиталним и паријетоокципиталним зонама, контралатерално од позиције изложеног стимулуса, док се N1 активност може регистровати на великој површини коже главе која укључује окципиталне, темпоралне, паријеталне и део антериорних зона (Mangun, 1995). Претпоставља се да ове две компоненте одсликавају обраду која се одвија у два одвојена система обраде визуелних стимулуса, односно вентралног и дорзалног пута, при чему би P1 компонента била део вентралног, а N1 компонента део дорзалног пута (Mangun et al., 1993). Теорија о два различита визуелна пута, односно два различита тока визуелне обраде, представљеним у виду дорзалног и вентралног пута је први пут јасно концептуализована у раду Гудејла и Милнера (Goodale & Milner, 1992). По овоме становишту пројекције из примарних визуелних зона смештених у стриатном кортексу у доње темпоралне зоне (вентрални ток) се везују за перцептивну идентификацију објеката, док су пројекције које воде ка задњим паријеталним зонама (дорзални ток) повезане са сензомоторним трансформацијама које се врше током извођења неке акције са објектом, односно визуелном контролом. Ова два пута се у литератури често описују још и као путеви *шта* и *где* (what and where pathways), односно два визуелна система при чему *пут шта* служи за препознавање објекта, док *пут где* служи за његово локализовање (Schneider, 1969). По претходно понуђеном моделу, P1 компонента се као део вентралног или *пута шта* везује за процес препознавања објекта, док би N1 компонента, као део дорзалног или *пута где* одражавала обраду просторних аспеката приказаних објеката. Међутим, услед наведених одлика ERP активности која се одвија у N1 временском прозору, претпоставља се постојање већег броја компоненти чија локализација и осетљивост на одлике стимулуса варира, при чему се окципитално-темпорална N1 активност може приписати вентралном, док би паријетална N1 била део дорзалног пута (Mangun, 1995). Од осталих компоненти од интереса које се везују за ова два визуелна пута, у оквиру експеримената који су укључивали некомплетне фигуре, говори се и о специфичној ERP компоненти коју аутори везују за процес

„опажајног комплетирања“ (*perceptual closure*) фрагментарно приказаног објекта што претходи самом препознавању објекта (Doniger et al., 2000). Ову компоненту одликује билатерална окципитално-темпорална негативност која започиње око 230 милисекунди и досеже свој максимум 290 милисекунди након излагања стимулуса и претпоставља се да представља део вентралног *пута шма*.

## **ERP компоненте у задатку именовања – утицај различитих варијабли**

Истраживања именовања слика уз помоћ потенцијала у вези са догађајем се углавном разликују у начину реализације самог именовања, које може бити у виду гласног изговарања имена приказаног објекта (*overt*) или именовања у себи (*covert*). Утицај различитих експерименталних процедура показује да нису пронађене значајне разлике у ERP компонентама до 400 милисекунди након излагања стимулуса између задатка гласног изговарања и изговарања у себи (Eulitz et al., 2000). След ERP компоненти у задацима именовања у себи је у складу са временским оквирима о којима је претходно извештавано у ERP истраживањима, те се компонента P1 јавља око 120 милисекунди након излагања стимулуса, N1 око 170 милисекунди, P2 око 220 милисекунди, N2 око 290 милисекунди, док се P300 компонента региструје око 400 милисекунди након излагања стимулуса (Cheng et al., 2010).

Прегледи литературе која се бави моделима именовања слика указују на неколико варијабли за које се у претходним истраживањима извештава да утичу на овај процес у различитим временским прозорима, односно у току различитих корака обраде информација (Valente et al., 2014). Те варијабле су визуелна сложеност, познатост концепта, сагласност са сликом (*image agreement*), сагласност са именом (*name agreement*), лексичка фреквенција, узраст усвајања, дужина речи, густина фонолошког окружења и фонотатичка вероватноћа. Визуелна сложеност представља степен детаља или сложености слике, познатост концепта је степен у коме испитаници долазе у контакт или мисле о концепту (појму), сагласност са сликом се односи на близину између репрезентованог објекта и његове менталне слике, сагласност са именом је мера степена повезаности између слике и кореспондентног модалног имена, лексичка фреквенција означава степен учесталости употребе речи у језику, узраст усвајања се односи на године када је дата реч научена, густина фонолошког окружења представља број речи који је фонолошки сличан циљаној речи (Vitevitch, 2002), док се фонотатичка вероватноћа односи на фреквенцу појављивања одређених фонолошких сегмената и секвенци у речима, односно вероватноћу појављивања одређене секвенце звукова (Vitevitch et al., 2004). Топографска ERP анализа потврђује значајне и независне ефекте на латенцу продукције речи код три варијабле: узраст усвајања речи, сагласности са именом и сагласност са сликом (Valente et al., 2014). У погледу осталих варијабли, иако није установљен ефекат визуелне сложености на латенцу, извештава се о његовом утицају на ERP таласе, што је у складу са резултатима претходних истраживања која указују на модулацију можданих таласа у оквиру опсега P1 компоненте (Martinovic et al., 2008). У овоме временском оквиру се такође извештава о утицају сагласности са именом, уз најизраженији ефекат на фронталним и паријеталним електродама за P1 компоненту, односно паријеталним електродама за N2 компоненту (Cheng et al., 2010). За лексичку фреквенцију постоје налази о утицају на ERP таласе 180 милисекунди након излагања слике-стимулуса (временски прозор P2 компоненте), при чему високо фреквентне речи доводе до нижих амплитуда у односу на речи са ниском фреквенцијом (Strijkers et al., 2010).

## Типичност и атипичност

Препознавање и визуелна категоризација се код људи обављају брзо, чак и приликом изразито захтевних и сложених ситуација. Коришћењем интракранијалних потенцијала поља показано је, независно од величине и дубинских ротација, да је за процес категоризације, односно процене да ли објекат припада некој од пет задатих категорија („животиње“, „столице“, „људска лица“, „воће“ и „возила“) довољно тек 100 милисекунди (Liu et al., 2009). Истраживања у оквиру којих је варирана визуелна сложеност приказаних слика-стимулуса нису пронашла разлике у времену реакције и тачности класификације између стимулуса са ниском и високом визуелном сложености, када је сложеност дефинисана као количина детаља представљена у контури (Martinovic et al., 2008). Слични резултати су добијени и у истраживањима ЕЕГ таласа у фронтоцентралном тета и окципиталном алфа опсегу приликом диференцијације познатих и непознатих објеката, између којих нису пронађене разлике у горњем опсегу алфа таласа током овог задатка (Martinovic et al., 2012). Како се сматра да горњи алфа опсег представља показатељ комплексности перцептивног процесирања, наведени резултат може указивати на једнаки степен перцептивног ангажовања приликом задатка дискриминације код познатих и непознатих објеката.

Већина људи би се сложила да је “вук” репрезентативнији пример концепта “сисари”, од чланова као што су “делфин” или “кит”, док би као најтипичнији представници вероватно били процењени “мајмун” и “човек”. Менталне репрезентације концепта као што је овај укључују различите чланове који су опажени као типични или атипични, у складу са проценом у којој мери је члан добар представник концепта (Murphy & Ross, 2005; Lei et al., 2010). Типичним представницима неког концепта се даје већа предност приликом процесирања у односу на атипичне и овај феномен се зове прототипски ефекат (ефекат типичности) (Fujihara et al., 1998; Lurayan et al., 2010). Атипични представници се спорије и теже категоризују услед тога што се репрезентације атипичних објеката у већој мери разликују од концепта циљане категорије, али и услед тога што поседују одлике и неких других категорија (Murphy & Ross 2005; Lei et al., 2010). Резултати истраживања утицаја типичности чланова одређене категорије на дедуктивно резонување указују на три фазе приликом категоричког задатка дедуктивног резонувања на вербалном материјалу, које су поткрепљене одговарајућим ERP компонентама: N1, P2 и N400 (Lei et al., 2010). Аутори наводе како повишене амплитуде N1 и P2 таласа код обраде атипичних објеката указују на већи степен ангажовања селективне пажње и будности, те коришћења више ресурса приликом одозго на доле обраде у ситуацијама повишене семантичке захтевности. Такође, истичу и како повишена N400 амплитуда код атипичних у односу на типичне објекте указује на већи степен семантичког процесирања приликом доношења одлуке о категоризацији. Потврда ефекта типичности у виду веће амплитуде N400 компоненте приликом обраде атипичних речи у односу на типичне пронађена је и у оквиру задатка верификације категорије (Fujihara et al., 1998).

## Утицај језика на перцепцију

Липјан и сарадници наводе како све већи број истраживања указује на утицај концептуалних репрезентација на рано визуелно процесирање, односно на могућност да језик у значајној мери утиче на визуелну перцепцију (Lurayan et al., 2010). Овакав вид, како аутори наводе, концептуалног продора у визуелно процесирање (*conceptual penetration of visual processing*) претпоставља могућност модулације визуелних репрезентација од стране концептуалних репрезентација вишег нивоа, посматрајући категоричку перцепцију као динамички процес. Показано је да учење чак и бесмислених вербалних ознака (*label*) олакшава категоризацију нових стимулуса у односу на учење невербалних асоцијација, каква је на пример спаривање звука са сликом-стимулусом (Lurayan et al., 2007). На значај лингвистичких репрезентација приликом категоризације нових и непознатих објеката указују и Мајер и Абдел Рахман, наводећи како формирање било какве лингвистичке категорије нових и непознатих

објеката доводи до ефекта категоричке перцепције без обзира да ли су категорије засноване искључиво на вербалној ознаци, семантичком знању или комбинацији вербалне ознаке и семантичког знања (Maier & Abdel Rahman, 2019). Аутори закључују и како ефекат језички засноване категоричке перцепције (ефикаснија дискриминација стимулуса различитих лингвистичких категорија у поређењу са стимулусима из исте категорије) потврђује значајан утицај одозго на доле процеса на визуелну перцепцију већ на раним стадијумима обраде информација у оквиру временских прозора P1, N1 и N2 компоненти.

Један од предложених модела који покушава да објасни овакав утицај језика на перцепцију је модел *предиктивног процесирања* (*The predictive-processing framework*) заснован на Бајезијанском приступу, по коме језик твори предвиђања у односу на која се процењују долазећи сензорни сигнали (Lupyan & Clark, 2015). По овом моделу, перцепти представљају производ интеракције одозго на доле предикција (онога шта систем зна о свету и тренутном контексту) и прилива сензорних података. На тај начин долази до прогресивног побољшања претпоставки о извору сигнала, при чему се делови улазних информација које није могуће објаснити шаљу на виши ниво обраде, како би се активирала нова одозго на доле хипотеза која би била сагласнија са присутним сензорним сигналом. Модел предиктивног процесирања третира речи и сложеније вербалне конструкције као специјални тип перцептивних улазних информација, до степена да се могу посматрати као високо флексибилни артифицијелни контексти у односу на које организам вага и обрађује долазеће информације.

## Предмет и циљ истраживања

Предмет ове студије представља испитивање процеса класификације визуелно приказаних атипичних објеката применом задатка именованја. Досадашња испитивања типичности и атипичности представника неког концепта су вршена у задацима примовања, док су истраживања категоризације обично усмерена на добро познате објекте и категорије. Међутим, није довољно познато на који начин се обавља опажање, покушај класификације и именовање атипичних објеката ван претходно задатог контекста, експериментално задате или обликоване категорије, као и који механизми стоје у позадини овог процеса.

Ова студија имала је за циљ да одговори на питање – да ли постоје знаци обраде вишег нивоа у задатку именованја слика које приказују стварне типичне и атипичне објекте, без претходног експерименталног концептуалног примовања. У задатку именованја слике, када се испитаник суочи са атипичним или непознатим објектом, успешна класификација није могућа или је у великој мери отежана, што утиче на коначни одговор (спорије именовање, нетачно именовање, „не знам“ или нема одговора, итд.). Као посебно интересантна категорија атипичних објекта издвајају се они који су истовремено ретки и необични да већина испитаника није у стању да их правилно именује, док истовремено одају утисак неодређене познатости. У складу са тим, циљ студије је усмерен на истраживање механизма и кључног временског оквира у коме се овакви објекти одбацују из даље обраде као нешто што није могуће именовати, односно тренутка у коме долази до немогућности тачне и исцрпне класификације. Проблем се може преформулисати и на следећи начин: да ли до одлуке о немогућности именованја долази на раном или касном стадијуму обраде информација? Ако се то догоди у раним фазама, биће мало или нимало доказа о директној обради одозго надолу, као што су P300 и N400, уз уобичајено или појачано активирање претходних ERP компоненти, као што су P1, N1, P2 и N2. Овај модел обраде атипичних објеката би означио ране фазе као кључне у доношењу одлука, одражавајући когнитивну економичност, минимизирајући напор и ресурсе обраде. Даље, уколико се уочи појачана P300 активност приликом обраде атипичних објеката, то би указивало да њихова класификација укључује и неки удео вероватноће појављивања, што би у том случају довело до проширења схватања P300 компоненте и ван ситуационо дефинисаних експерименталних околности. Као финална могућност се издваја и најкаснији тренутак „елиминације“, што подразумева значајан ангажман сложенијих

когнитивних процеса, те директну семантичку обраду у виду повећане N400 амплитуде, одражавајући потребу за додатним ресурсима, као и неку врсту кршења претходно успостављеног контекста. Како компонента N400 представља поуздани показатељ нарушавања семантичког очекивања, у том случају би ова активација указивала да обрада визуелно опажених атипичних објеката укључује семантичко поређење са унутрашњим репрезентима, прототиповима или представама, односно срањивање са неким видом структурисаног семантички кодираниог контекста (Kutas & Federmeier, 2011). У досадашњим истраживањима N400 компоненте контекст је уобичајено експлицитно дат, формулисан или наговештен током саме експерименталне процедуре. У овом истраживању је покушано проширење разумевања концепта контекста, одређујући га кроз могућност класификације и именовања. На овај начин је контекст померен са експлицитно експериментално формулисаниог имена или ознаке, на апстрактни оквир очекиваних когнитивних операција. У том смислу, претходно успостављени контекст би чинила могућност класификације и именовања, те би стимулуси које је могуће класификовати и именовати били у складу са очекивањем (објекти које је могуће именовати – *nameable*), док би стимулуси које није могуће класификовати и именовати, на неки начин нарушавали претходни контекст, односно очекивање (објекти које није могуће именовати – *unnnameable*). На овоме месту је важно истаћи како присуство искључиво раних компоненти, односно одсуство касних компоненти, не значи и изостанак процеса одозго на доле, будући да је њихов утицај на ране компоненте вишеструко потврђен (Cheng et al., 2010; Luck, 2014; Luck & Kappenman, 2011; Maier & Abdel Rahman, 2019). Сходно томе, било би корисно формулисати нешто прецизније одређење претходно направљене поделе у складу са могућим исходима експеримента, према коме би постојање разлике само у оквиру раних компоненти указивало на доминацију сензорних и одоздо на горе процеса уз тек посредан учинак обраде одозго на доле, док би постојање разлике у касним компонентама указивало на доминантинији удео виших когнитивних процеса приликом класификације оваквог типа објеката.

## Нормативна студија

Претходна истраживања са атипичним или непознатим објектима углавном су користила нове компјутерски генерисане објекте (Cheung & Gauthier, 2014; Gauthier et al., 2003; Smith & Federmeier, 2020), као и објекте који су на неки начин измењени, било да им нешто недостаје или представљају комбинацију делова предмета из стварног света (Busch et al., 2006; Gruber et al., 2006; Hauk et al., 2007; Soldan et al., 2008). Будући да се те врсте објеката могу чинити донекле вештачким и нестварним, као и да њихова обрада може ангажовати другачије процесе од оних приликом класификације реалних објеката (Pernet et al., 2003), одабрани су стварни објекти који су веома ретки у свакодневном искуству, али ипак могу оставити утисак неодређене познатости, слично објектима коришћеним у претходним истраживањима сличног типа (Craddock et al., 2011; Martinovic et al., 2012; Rabovsky et al., 2012). То уједно представља и главни разлог за коришћење ове врсте објеката, уместо неке од већ добро успостављених база нових натуралистичких стимулуса као што је на пример база података NOUN (Horst & Hout, 2016). За разлику од атипичних, типични објекти су одабрани тако да се њихово препознавање и именовање обавља без напора. Разлог за овакав избор представља потреба да се категоризација ових објеката обавља брзо и ефикасно, односно да се могу врло лако разликовати од атипичних објеката. При томе је слеђена претпоставка да што је објекат у већој мери познат, изискиваће мањи утрошак доступних ресурса, што би се на ERP плану одразило у сниженим амплитудама и краћим латенцама релевантних компоненти код типичних у односу на атипичне објекте (Pernet et al., 2013). Стимулуси опредељени за експерименте именовања и верификације су били испитани у оквиру нормативне студије у циљу детаљнијег увида у њихове одлике које потенцијално могу утицати на ERP резултате.

## ERP студије

Тестирање именована атипичних објеката је обављено помоћу парадигме задатка именована која укључује презентацију типичних и атипичних објеката, након чега испитаници гласно изговарају име приказаног објекта или дају одговор „не знам“ уколико им име није познато. Услед изостанка претходних ERP студија задатка именована са оваквом врстом стимулуса, очекивани тип ERP активације, као и временски оквир кореспондентних компоненти није унапред био познат. Сходно томе, у задатку именована је обављена опсежна експлоративна анализа ERP активације уз мапирање релевантних образаца разлика између експерименталних ситуација. Имајући у виду интерес за потенцијално откривање и утицај P300 и N400 компоненти у задатку именована, спроведена су још два експеримента са истим учесницима у циљу обликовања одговарајућих ERP профила који би се упоредили са профилом добијеним у задатку именована. Изабрани су задаци дискриминације и верификације јер су се показали као изузетно поуздане и добро успостављене парадигме које производе препознатљиве компоненте P300 и N400.



# Прва група студија

## Нормативна студија

### Метод

### Испитаници

У оквиру нормативне студије је учествовало укупно 87 студената психологије.

### Стимулуси

Стимулусе у оквиру нормативне студије су чиниле фотографије типичних и атипичних објеката које су након тога употребљене у оквиру ERP студија. Фотографије-стимулуси типичних објеката су преузети из сликовних база података Photodisc collection и Nemera Photo-Objects, као и коришћењем Google Image Search сервиса претраге интернета. Изабране стимулусе су сачињавале фотографије објеката које је лако препознати и именовати, као што су познате животиње, уобичајено воће, предмети у свакодневној употреби, итд. Фотографије-стимулусе атипичних објеката је чинило 60 фотографија реалних предмета који су изузетно ретки у свакодневном искуству, као што су старе алатке, издвојени делови машина, калупи и слично (Слика 5)<sup>3</sup>.



Атипични објекти



Типични објекти

Слика 5. Примери фотографија-стимулуса типичних и атипичних објеката коришћених у задатку именовања.

<sup>3</sup> Фотографије-стимулуси атипичних објеката су добијени захваљујући Јасни Мартиновић, Department of Psychology, School of Philosophy, Psychology and Language Sciences, University of Edinburgh, UK.

## Инструменти и апаратура

Испитивање је обављено путем упитника састављеног у Qualtrics софтверу (Qualtrics, Provo, UT) за упитничко тестирање преко интернета. Упитник се састојао од 180 различитих фотографија-стимулуса (120 типичних и 60 атипичних објеката), при чему је задатак испитаника био да приказане објекте именују, а затим и процене на скали од седам подеока у оквиру димензија: познатост (1 = *потпуно непознат* до 7 = *потпуно познат*), типичност (1 = *потпуно атипичан* до 7 = *потпуно типичан*), могућност именовања (1 = *врло лако* до 7 = *врло тешко*), визуелна сложеност (1 = *врло једноставан* до 7 = *врло сложен*) и сагласност са сликом (1 = *нема никакве сличности* до 7 = *готово су идентични*). У погледу варијабле узраст усвајања, испитаници су бирали оквирну категорију узраста у коме сматрају да су усвојили реч која означава објекат на слици (1 = *до 2 године*, 2 = *од 2 до 4 године*, 3 = *од 4 до 6 година*, 4 = *од 6 до 8 година*, 5 = *од 8 до 10 година*, 6 = *од 10 до 12 година*, 7 = *од 12 година*). Сагласност са именом је процењена у складу са најчешће датим називом приказаног објекта, док је лексичка фреквенција одређена субјективном проценом учесталости речи од стране испитаника на скали од седам подеока (1 = *изразито ретко* до 7 = *изразито често*). Избор ове мере произилази из резултата истраживања која указују на висок степен повезаности између објективних мера фреквенције и субјективне процене фреквенције циљаних речи (Carroll, 1971; Flieller & Tournois, 1994; Thompson & Desrochers, 2009). Статистичка анализа добијених података је обављена програмом SPSS 25.

### Резултати и дискусија

Процена 60 фотографија-стимулуса одређених за задатак верификације је приказана у Табели 1. Свеукупно, на димензијама сагласности са именом, познатости, типичности и сагласности са сликом се уочавају високе вредности што указује да су ови објекти-стимулуси лако препознатљиви. Именовање ових објеката испитаницима није представљало већу тешкоћу, имајући у виду изразито ниске вредности на димензији тешкоће именовања. Све називе приказаних објеката су испитаници, према властитој процени, усвојили до десете године, док је просечна процењена фреквенција назива приказаних објеката висока.

Табела 1. Процена стимулуса коришћених у задатку верификације.

	M	SD	S.E. Mean	Минимум	Максимум
Сагласност са именом	93.36	13.32	1.72	44.20	100
Одговор „не знам“	1.27	3.73	0.48	0.00	20.50
Познатост	6.87	0.21	0.027	5.68	7.00
Визуелна сложеност	3.22	1.18	0.15	1.25	5.49
Тешкоћа именовања	1.15	0.23	0.03	1.00	2.05
Типичност	6.47	0.38	0.05	4.95	6.98
Сагласност са сликом	6.44	0.49	0.06	4.52	7.00
Узраст усвајања	2.48	0.59	0.07	1.53	4.43
Процена фреквенције	5.16	1.16	0.15	2.52	6.95

Процена по истим димензијама 60 типичних фотографија-стимулуса намењених задатку именованја је приказана у Табели 2. Као и за стимулусе који ће бити коришћени у задатку верификације, добијене вредности указују на лаку препознатљивост и могућност именованја приказаних фотографија-стимулуса. Према процени испитаника, сва имена приказаних објеката су усвојили до десете године, уз висок степен просечне процењене фреквенности.

Табела 2. Процена типичних стимулуса коришћених у задатку именованја.

	M	SD	S.E. Mean	Минимум	Максимум
Тачност имена	93.65	11.93	1.54	30.20	100
Одговор „не знам“	1.24	2.89	0.37	0.00	18.60
Познатост	6.83	0.24	0.03	5.58	7.00
Визуелна сложеност	3.57	1.01	0.13	1.41	5.48
Тешкоћа именованја	1.18	0.27	0.03	1.00	2.31
Типичност	6.45	0.35	0.05	5.20	6.95
Сагласност са сликом	6.41	0.49	0.06	5.03	7.00
Узраст усвајања	2.57	0.66	0.08	1.48	4.45
Процена фреквенције	5.12	1.16	0.15	2.47	6.89

Поређењем ове две скупине фотографија-стимулуса, нису пронађене разлике ни на једној од процењиваних димензија, тако да се потенцијални ERP ефекти не могу приписати разликама између излаганих фотографија-стимулуса у задатку верификације и типичних фотографија-стимулуса у задатку именованја (Табела 3).

Табела 3. Поређење стимулуса задатка верификације и задатка именованја.

	Задатак верификације		Задатак именованја		df	t	p
	M	SD	M	SD			
Тачност имена	93.36	13.32	93.65	11.93	118	0.13	.90
Одговор „не знам“	1.27	3.73	1.24	2.89	118	-0.05	.96
Познатост	6.87	0.21	6.83	0.24	118	-1.11	.27
Визуелна сложеност	3.22	1.18	3.57	1.01	118	1.71	.09
Тешкоћа именованја	1.15	0.23	1.18	0.27	118	0.63	.53
Типичност	6.47	0.38	6.45	0.35	118	-0.31	.75
Сагласност са сликом	6.44	0.49	6.41	0.49	118	-0.29	.77
Узраст усвајања	2.48	0.59	2.57	0.66	118	0.73	.47
Процена фреквенције	5.16	1.16	5.12	1.16	118	-0.21	.84

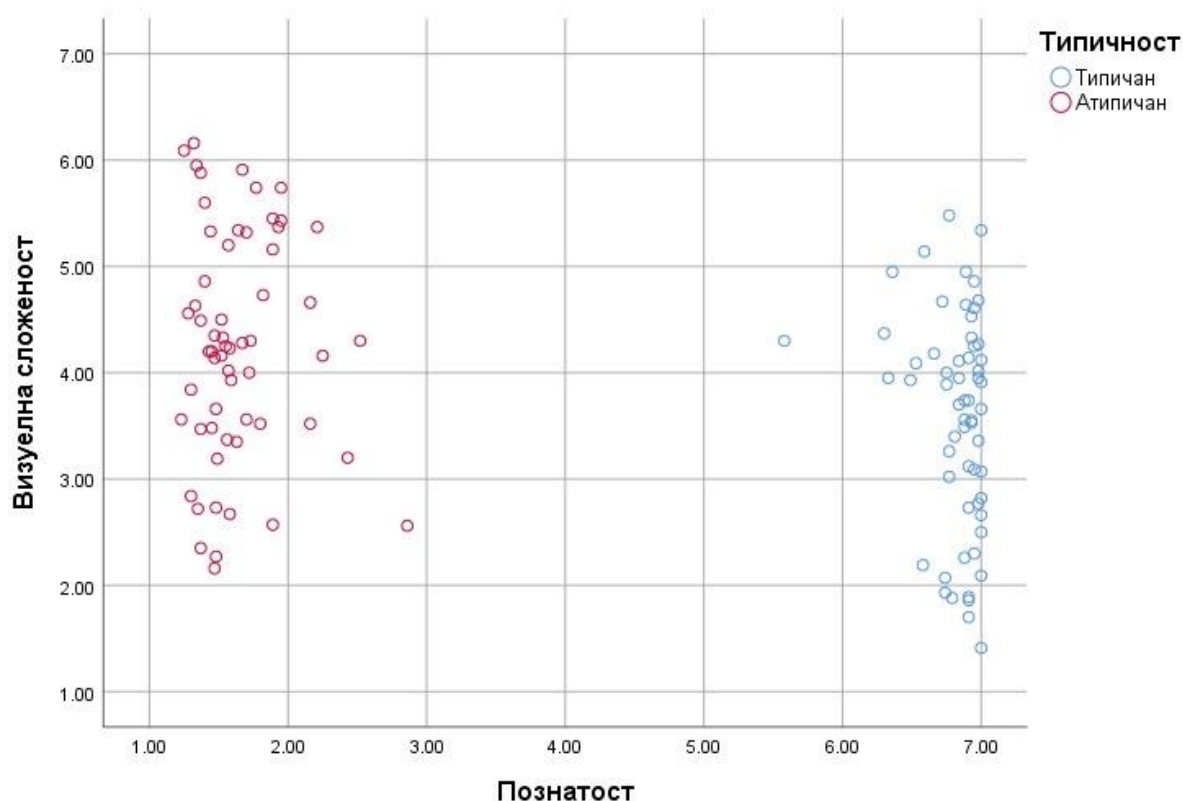
Резултати процене 60 атипичних стимулуса-фотографија који ће бити коришћени у задатку Именованја су приказани у Табели 4. Имајући у виду да се ради о објектима које је тешко именовати, односно о објектима који већински немају устаљен, познат и општеприхваћен назив, процењене су димензије давања пожељног одговора („не знам“), познатости и визуелне сложености.

Табела 4. Процена атипичних стимулуса коришћених у задатку именованја.

	M	SD	S.E. Mean	Минимум	Максимум
Одговор „не знам“	94.92	6.02	0.78	75.00	100
Познатост	1.64	0.33	0.04	1.23	2.86
Визуелна сложеност	4.25	1.07	0.14	2.16	6.16

Испитаници за већину атипичних објеката наводе како им није познато име изложене фотографије-стимулуса, што потврђују и ниске вредности на димензији познатости. Поређењем 60 типичних и 60 атипичних фотографија стимулуса који ће бити излагани у задатку именованја, пронађена је значајна разлика између две групе стимулуса на димензији познатости,  $t(118) = 98.08$ ,  $p < .001$ , уз просечну процену познатости од 6.83 за познате и 1.64 за непознате објекте (1 = *потпуно непознат* до 7 = *потпуно познат*). На овај начин је задовољен један од кључних критеријума избора стимулуса за студију именованја, односно могућност лаког и брзог препознавања типичних у односу на атипичне објекте. Поред ове разлике, добијена је и значајна разлика на димензији визуелне сложености,  $t(118) = 3.59$ ,  $p < .001$ , при чему испитаници процењују атипичне објекте као визуелно сложеније у односу на

типичне, уз просечну процену визуелне сложености од 3.57 за типичне и 4.25 за атипичне објекте (1 = врло једноставан до 7 = врло сложен) (Слика 6).



Слика 6. Однос димензија познатости и визуелне сложености типичних и атипичних фотографија-стимулуса опредељених за задатак именованја.

Ови резултати на добар начин приказују повезаност познатости и процене визуелне сложености – феномен на који указују и претходна истраживања процене визуелне сложености непознатих објеката, указујући на значајан степен субјективности ове мере (Forsythe et al., 2008). Додатна потврда високог степена повезаности ове две мере представља и њихова негативна корелација,  $r = -.32$ ,  $n = 60$ ,  $p < .001$ .

Закључно, у оквиру нормативне студије задовољена су два неопходна услова приликом селекције стимулуса. Први услов представља изостанак разлика на испитиваним димензијама између стимулуса коришћених у задатку верификације и типичних стимулуса коришћених у задатку именованја, с обзиром на то да оне могу условити различите модификације ERP компоненти, што је показано у претходним истраживањима (Valente et al., 2014). Као други услов се издвајала неопходност изражене разлике између типичних и атипичних стимулуса у задатку именованја на димензији познатости, у циљу брзог и лаког разликовања ове две категорије објеката.

## Друга група студија

Задатак верификације (N400) и задатак дискриминације (P300)

### Експеримент 1 – Задатак верификације

#### *Метод*

#### **Испитаници**

У експерименту је учествовало 30 испитаника, али је услед изражених ЕЕГ артефаката и неактивних електрода, девет испитаника одстрањено. Све даље анализе су спроведене на преосталих 21 испитаника, чији је распон година био од 20 до 53 године ( $M = 35.9$ ,  $SD = 9.7$ ). Сви испитаници су били нормалног или коригованог вида, без претходне историје повреда главе.

#### **Инструменти и апаратура**

Израда експеримента и излагање стимулуса-фотографија је обављено помоћу софтвера OpenSesame 3.3.9 (Mathôt et al., 2012), при чему су коришћени PC рачунари са CRT мониторима LG Flatron ez T710BH, величине дијагонале екрана од 17 инча. За снимање ЕЕГ сигнала су коришћене Easycap капе (EASYCAP GmbH) повезане на Neuroscan NuAmps дигитално појачало. Снимање ЕЕГ сигнала на хард диск компјутера је обављено помоћу софтвера Scan 4.5 (Compumedics Neuroscan), док је за обраду сигнала коришћен софтвер MATLAB. Статистичка анализа бихејвиоралних и ERP података је обављена програмом SPSS 25.

#### **Стимулуси**

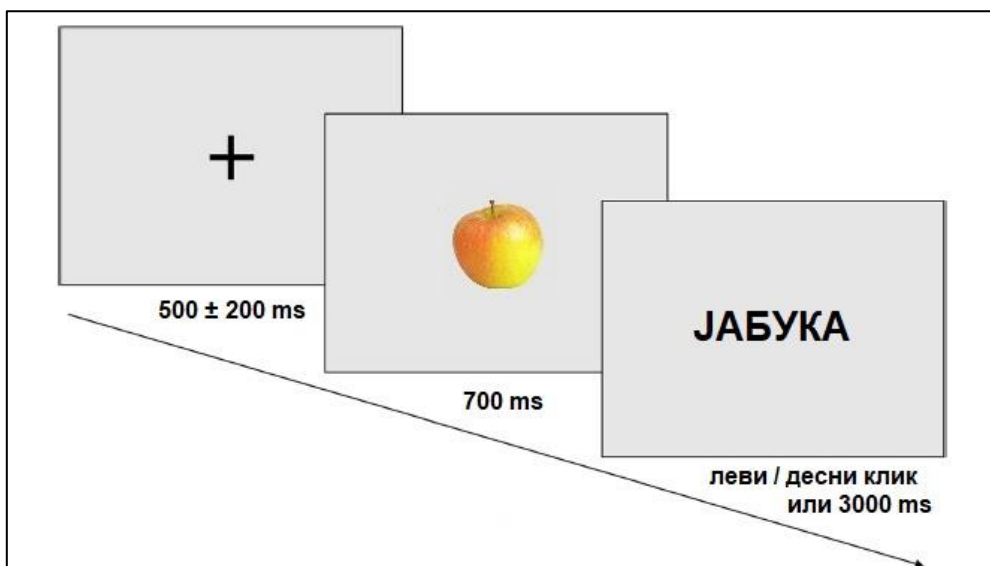
Одлике стимулуса коришћених за овај експеримент су детаљно представљене у оквиру нормативне студије. За потребе задатка верификације, свим фотографијама-стимулусима је промењена величина тако да стају у оквир од 400 x 400 пиксела постављеним у средиште екрана, уз светлосиву позадину како би се избегли нежељени покрети очију приликом задатка. Свака фотографија-стимулус је била спарена са метом у виду речи (именица у номинативу у првом лицу једнине) која је подударна са претходно приказаним објектом (име приказаног објекта), односно није подударна са претходно приказаним објектом (име неког другог објекта). Истих 60 фотографија-стимулуса је приказано у две експерименталне ситуације упарено са подударном и неподударном речи, чинећи свеукупно 120 излагања.

#### **Експериментална процедура**

Испитаници су седели у замраченој просторији заштићеној од утицаја спољашњег статичког електричног поља, на удаљености од око 60 cm од екрана величине 17 инча на коме су приказивани стимулуси. Експериментални покушаји су почињали приказивањем фиксационог крстића у средишту екрана, чије је трајање излагања представљало насумичну фиксну вредност за сваког испитаника у оквиру временског интервала између 300 и 700 услед софтверске омашке<sup>4</sup>. Након фиксационог крстића, излагана је фотографија-стимулус на средишту екрана у трајању од 700 ms, након чега је следила мета, односно реч која је била присутна све док испитаник не притисне леви или десни тастер миша, а најдуже у трајању од 3000 ms (Слика 7). Испитаницима је предочено да притисну леви тастер миша уколико су приказана слика и реч подударни (сагласни, конгруентни стимулуси), односно десни тастер

---

<sup>4</sup> Првобитна идеја је била да сваки од експерименталних покушаја поседује променљиву вредност излагања фиксационог крстића у опсегу од 300 до 700 ms, у циљу избегавања навикавања на стални интервал. Ипак, како се ради о нацрту са поновљеним мерењима, овај ефекат се сматра занемарљивим.



Слика 7. Редослед излагања стимулуса у задатку верификације.

миша уколико приказана слика и реч нису подударни (несагласни, неконгруентни стимулуси). Речи приказиване након фотографија-стимулуса су биле исписане црном бојом на сивој позадини, фонтом Моно, величине 24 (приближно 5мм). Одабрана величина фонта је омогућавала јасно читање приказане речи без напора, док је коришћени тип фонта изабран као подразумеван (default) у оквиру програма. Експеримент је садржао укупно 120 излагања, од чега 60 подударних и 60 неподударних покушаја, чинећи две експерименталне ситуације: конгруентну (подударну) и неконгруентну (неподударну). Редослед излагања је био насумичан и различит за сваког од испитаника.

## Нацрт

Нацрт експеримента верификације је трофакторски. Први варирани фактор је конгруентност стимулуса, са два нивоа: конгруентан и неконгруентан, док се други и трећи фактор тичу локације сигнала, односно фронталности и латералности, са варирајућим бројем нивоа у зависности од ERP анализе. Зависне варијабле у овом сету чине тачност одговора и време реакције (бихејвиорална анализа), односно просечна вредност амплитуде и латенца ERP таласа (ERP анализа).

## ЕЕГ снимање и ERP обрада

Континуирани ЕЕГ сигнал је сниман у оквиру монополарног подешавања са 36 електрода постављених у складу са међународним 10/20 стандардом. Електроде са којих је добијен сигнал су: Fp1, Fp2, F7, F8, FT9, FT10, T7, T8, F3, Fz, F4, FC5, FC6, FC1, FC2, FCz, C3, Cz, C4, CP5, CP6, CP1, CP2, Pz, P4, TP9, TP10, P7, P8, PO9, PO10, O1, Oz и O2. P3 електрода је служила као референца током снимања сигнала, док је електрода AFz служила као уземљење. Поред наведених 34 електрода помоћу којих је бележен сигнал са коже главе испитаника, снимани су и сигнали са обе ушне шкољке (A1 и A2). Након снимања сигнала, добијени подаци су дигитално ре-референцирани у односу на леву ушну шкољку. Фреквенција одабирања је током снимања износила 1000 Hz, док су вредности импеданси држане на нивоу испод 5 kΩ. Компјутерска обрада сигнала је обављена коришћењем прилагођених MATLAB рутина (version 2020, The Mathworks, Natick, MA, U.S.A.). Сви ЕЕГ канали су филтрирани 0.1–25 Hz филтером (zero-phase 4th order Butterworth filter), након чега су издвојене појединачне епохе у трајању од 1000 ms. Свака епоха је састављена од временског интервала у трајању од 100 ms пре излагања стимулуса и 900 ms након почетка излагања стимулуса, при чему нулта тачка (0 ms) представља тренутак излагања стимулуса. Затим је извршена корекција нулте линије свих ЕЕГ канала одузимањем просечних вредности амплитуде нулте линије од остатка

сигнала. Епохе са великим бројем артефаката као и високим степеном шума су одстрањене из даље анализе. Испитаници са мање од 30 „чистих“ епоха (без шума) у било којој од експерименталних ситуација су одстрањени из даље анализе. За сваког испитаника у оквиру сваке експерименталне ситуације су израчунати ERP таласи усредњавањем преосталих епоха. ERP таласи, као и диференцијални таласи<sup>5</sup> сваког од канала су подељени на непреклапајуће временске одсечке од по 25 ms, након чега је израчуната просечна вредност амплитуде ERP сигнала за сваки од одсечака. На тај начин, за сваку од епоха је добијено 40 одсечака, односно просечних вредности амплитуда у оквиру временског опсега датог одсечка. Вредности латенци су за задатке верификације и дискриминације дефинисане као најниже, односно највише вредности амплитуда у унапред одређеним временским прозорима. У задатку верификације то је представљао негативни максимум (N400) у временском прозору од 272.5 до 522.5 милсекунди након излагања стимулуса, док је у задатку дискриминације то представљао позитивни максимум (P300) у оквиру истог временског интервала. У погледу задатка именованог, како нису били унапред дефинисани временски прозори, за потребе анализе латенци формирано је неколико узастопних интервала на основу визуелне инспекције таласа у оквиру којих су израчунате вредности позитивног и негативног максимума.

## **Резултати**

### **Бихејвиорални резултати**

Испитаници су показали висок степен успешности у оквиру обе експерименталне ситуације, остварујући просечну прецизност од  $97.9 \pm 2.0\%$  за конгруентне стимулусе, односно  $98.6 \pm 2.1\%$  за неконгруентне стимулусе. Није пронађена разлика у броју грешака,  $t(20) = 1.64$ ,  $p = .12$ , као и времену реакције,  $t(20) = 1.79$ ,  $p = .09$ , између експерименталних ситуација.

### **ERP резултати. Статистички приступ.**

На основу претходних истраживања и у складу са циљевима ове студије, а пре свега могућности поређења различитих експеримената, обављене су две ERP анализе које су укључивале различите зоне на кожи главе.

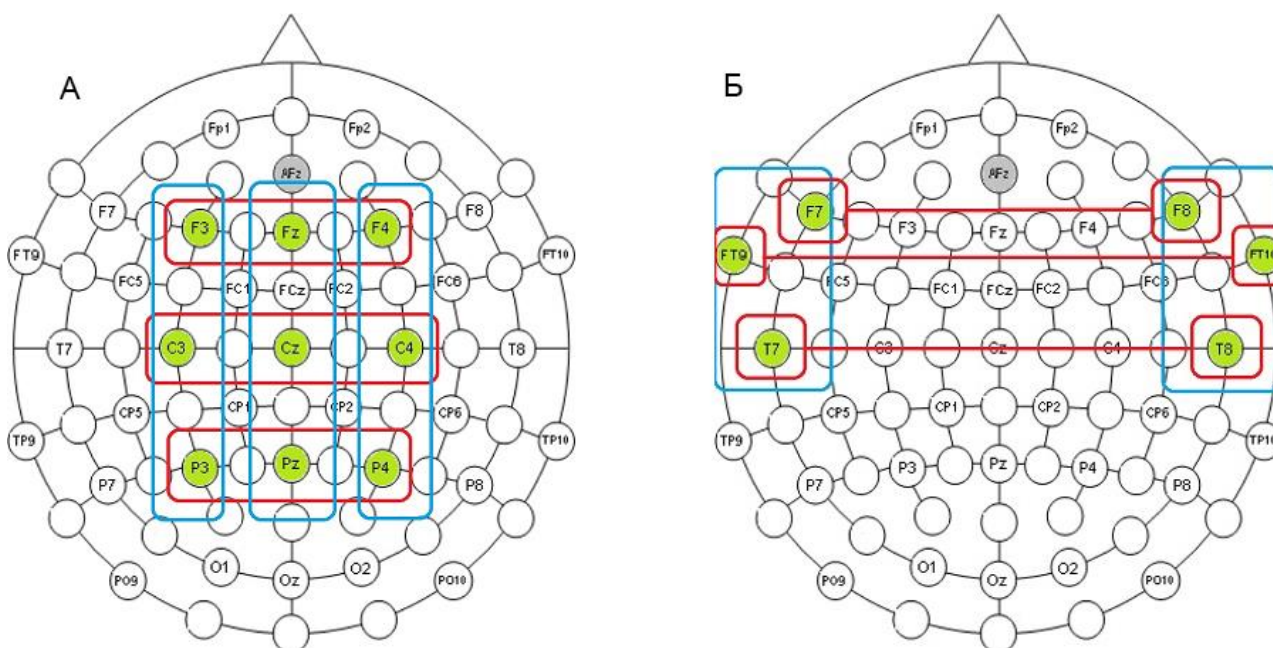
Прва ERP анализа је руковођена уобичајеним и најчешће коришћеним локацијама за регистровање N400 ефекта. Издвојено је девет електрода које су груписане у шест зона, састављених од три хоризонтална и три вертикална појаса (Слика 8А). Избор хоризонталних појасева је начињен у односу на фронталност: фронтални (F3, Fz, F4), централни (C3, Cz, C4) и паријетални (P3, Pz, P4), док је избор вертикалних појасева начињен у односу на латералност: леви (F3, C3, P3), централна линија (Fz, Cz, Pz), и десни (F4, C4, P4). Трофакторска анализа варијансе (ANOVA) за поновљена мерења са факторима Конгруентност (2), Фронталност (3) и Латералност (3) је била примењена на просечну ERP амплитуду измерену у оквиру одговарајућег временског прозора, као и на латенцу најниже вредности амплитуде у оквиру прозора (негативни максимум), уз накнадне t-тестове у циљу детаљнијег испитивања добијених ефеката. За анализу просечне амплитуде и латенце, у складу са структуром ERP података, а priori је одређен интервал од 272–522.5 милсекунди након излагања стимулуса. Избор овог интервала је руковођен тиме да укључује временски опсег од 300 до 500 милсекунди након излагања стимулуса, као највише коришћеног и препорученог прозора у оквиру N400 студија који укључују сликовну стимулацију (Šoškić et al., 2020). У случају нарушења сферичности, коришћена је Гринхаус-Гајсерова корекција (Greenhouse-

<sup>5</sup> Добијени одузимањем усредњених таласа различитих експерименталних ситуација



Geisser correction), док је за вишеструка поређења коришћена Бонферони корекција (Bonferroni correction).

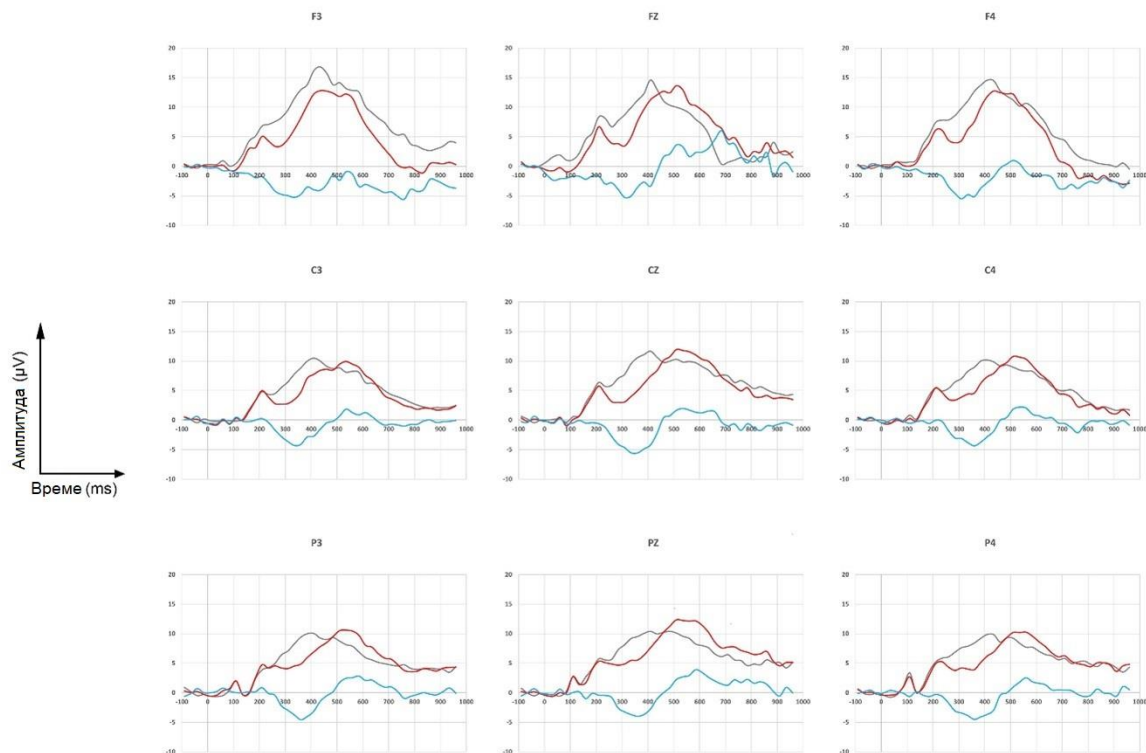
Друга ERP анализа је заснована на резултатима претходних истраживања која указују на темпоралне изворе N400 активности (Van Petten & Luka, 2006), као и студија која указују на латерални N400 ефекат (Olichney et al., 2002; Wagshul et al., 2005). Сходно томе, одабрано је шест електрода које су груписане у пет зона, састављених од три хоризонтална и два вертикална појаса (Слика 8Б). Избор хоризонталних појасева је начињен у односу на фронталност: фронтални (F7, F8), фронтотемпорални (FT9, FT10) и темпорални (T7, T8), док је избор вертикалних појасева начињен у односу на латералност: леви (F7, FT9, T7) и десни (F8, FT10, T8). Вредности просечне амплитуде у временском прозору су анализирани трофакторском анализом варијансе са факторима Конгруентност (2), Фронталност (3) и Латералност (2). Остали кораци и корекције коришћени у даљој анализи су идентични као и током прве ERP анализе.



Слика 8. Груписање електрода у ERP анализама. (А) Три хоризонтална (црвено) и три вертикална појаса (плаво) коришћена у првој ERP анализи. (Б) Три хоризонтална (црвено) и два вертикална појаса (плаво) коришћена у другој ERP анализи.

### Прва ERP анализа (временски прозор 272.5–522.5 ms; N400)

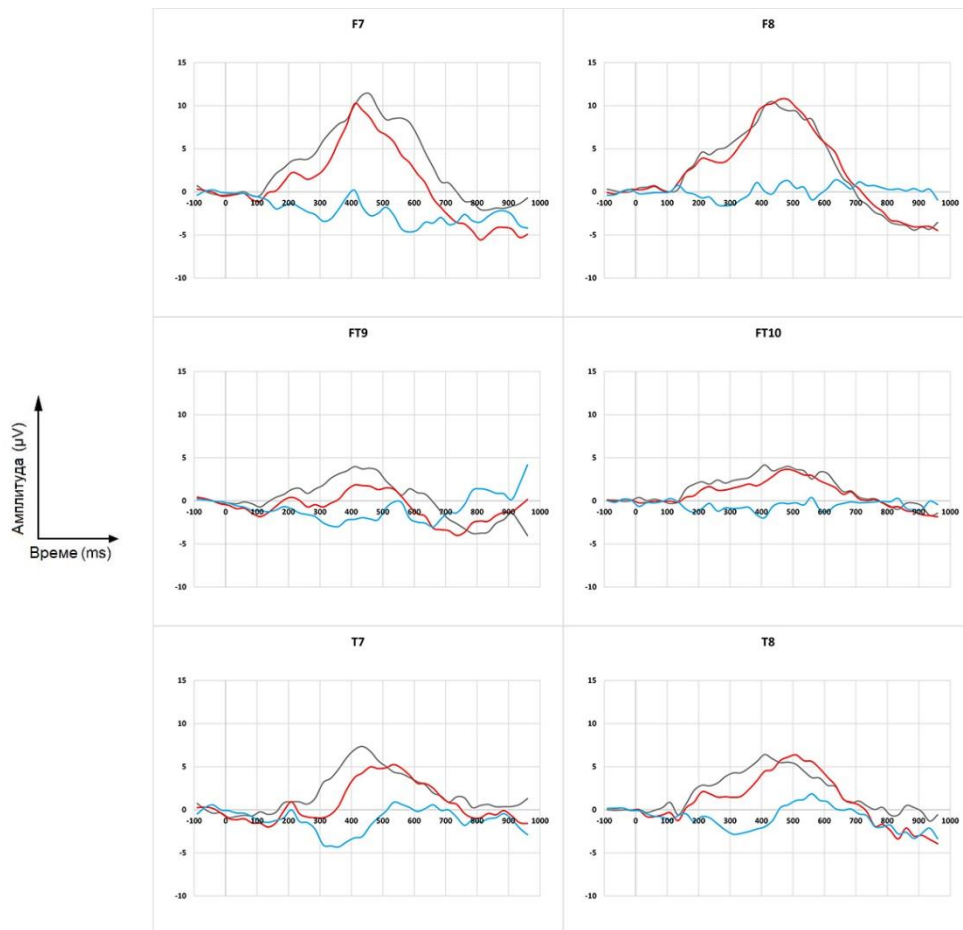
**Електроде фронталних, централних и паријеталних регија (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz и P4):** Трофакторском анализом варијансе (ANOVA) Конгруентност (2) X Фронталност (3) X Латералност (3) је утврђен главни ефекат Конгруентности,  $F(1, 20) = 12.22, p = .002, \eta_p^2 = .38$ , при чему неконгруентни стимулуси изазивају већи степен негативности у односу на конгруентне стимулусе. Такође, издваја се и главни ефекат Фронталности,  $F(1.15, 22.95) = 5.77, p = .021, \eta_p^2 = .22$ , указујући на већи степен негативности централних и паријеталних појасева у односу на фронтални, али уз значајну разлику само између фронталног и централног појаса електрода,  $t(20) = 3.32, p = .003$ . Остали главни ефекти и интеракције нису значајни. Анализа латенци није показала значајне главне ефекте ни интеракције. N400 ефекат се јасно може препознати на свим сетовима електрода (Слика 9).



Слика 9. Задатак верификације. Главни усредњени ERP таласи на фронталним, централним и паријеталним електродама. Сива линија представља експерименталну ситуацију у којој су слика и реч конгруентни, црвена линија представља ситуацију неконгруентности, док плава линија означава диференцијални талас (неконгруентно минус конгруентно).

### Друга ERP анализа (временски прозор 272.5–522.5 ms; N400)

**Електроде латералних фронталних и темпоралних регија (F7, FT9, T7, F8, FT10, T8):** Трофакторска ANOVA, Конгруентност (2) X Фронталност (3) X Латералност (2) није потврдила главни ефекат Конгруентности који је био евидентан у претходној анализи, иако се уочава одређени тренд,  $F(1, 20) = 3.26, p = .086$ . Откривен је главни ефекат Фронталности,  $F(2, 40) = 11.12, p < .001, \eta_p^2 = .36$ , који као и на претходно описаним регијама открива значајно више вредности амплитуда фронталних регија (F7, F8) у односу на фронтотемпоралне (FT9, FT10),  $t(20) = 4.42, p < .001$ , и темпоралне (T7, T8),  $t(20) = 2.76, p = .012$ , у оквиру обе експерименталне ситуације. Изостанак израженог N400 ефекта је евидентан и на приложеним графицима (Слика 10)



Слика 10. Задатак верификације. Главни усредњени ERP таласи на левостраним и десностраним електродама.. Сива линија представља експерименталну ситуацију у којој су слика и реч конгруентни, црвена линија представља ситуацију неконгруентности, док плава линија означава диференцијални талас (неконгруентно минус конгруентно).

## Дискусија

На бихејвиоралном плану, током задатка верификације није уочена разлика између две експерименталне ситуације. Међутим, ERP анализом се уочава N400 ефекат у виду израженије негативности у ситуацији излагања неконгруентних стимулуса на теменом сету електрода фронталног, централног и паријеталног појаса. Анализа латенци није показала разлике између експерименталних ситуација, што је у складу и са бихејвиоралним подацима о изостанку разлика у времену реакције. Наведени резултати су у потпуности очекивани, с обзиром на то да је главна одлика N400 компоненте управо осетљивост амплитуде на експерименталне манипулације, док је латенца претежно стабилна (Kutas & Federmeier, 2011). У оквиру латералних регија, присутне су назнаке ефекта конгруентности (превасходно постериорно), али који не досеже ниво статистичке значајности. Будући да се у литератури N400 компонента означава као когнитивна компонента коју одликује стабилни временски оквир јављања у оквиру централних и паријеталних локација независно од модалитета стимулуса уз коришћење неке од уобичајених референци (ушна шкољка, мастоидне електроде, општи просек), очекивано је да њени ефекти слабе или потпуно изостају са удаљавањем од наведених зона. Самим тим, латералне електроде, без обзира на тип коришћених стимулуса (слика, реч, звук, итд.) нису погодне за регистровање ове компоненте.

## Експеримент 2 – Задатак дискриминације

### Метод

### Испитаници

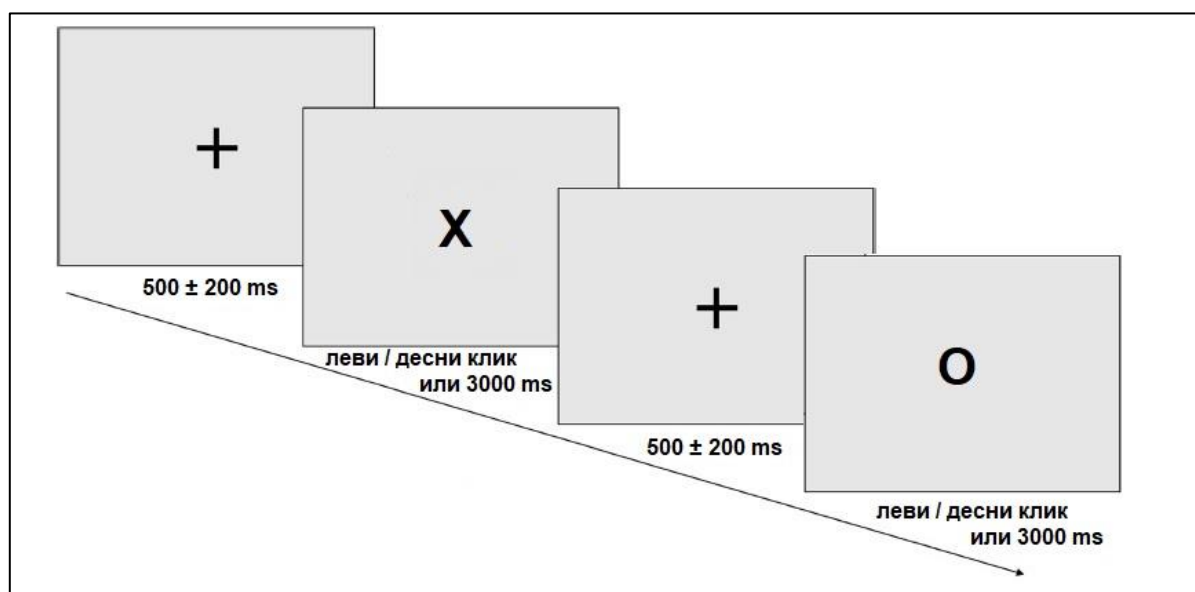
У експерименту дискриминације су учествовали исти испитаници као и у експерименту 1, односно анализе су обављене на подацима снимљеним од истих 21 испитаника.

### Стимулуси

Стимулуси приказивани у експерименту дискриминације су се састојали од слова “Х” и “О”, исписаних црном бојом на светлосивој позадини, фонтом Моно, величине 52 (приближно 1 цм). Избор величине и типа фонта је руковођен истим принципима као и током задатка верификације.

### Експериментална процедура

Експериментални услови, ЕЕГ снимање и ERP обрада су били идентични као и у задатку верификације. Експериментални покушаји су се састојали од излагања фиксационог крстића у средишту екрана, трајања насумичне фиксне вредности за сваког испитаника у оквиру временског интервала између 300 и 700 ms, након чега је приказивано високофреквентно слово “О” (вероватноћа јављања 0.80) или нискофреквентно слово “Х” (вероватноћа јављања 0.20) до испитаниковог одговора, а најдуже у трајању од 3000 ms (Слика 11). Испитаници су упућени да притисну леви тастер миша приликом излагања слова “О”, односно десни тастер уколико је приказано слово “Х”. У експерименту је било укупно 300 излагања, од чега 60 нискофреквентних и 240 високофреквентних излагања. Редослед излагања је био насумичан и различит за сваког од испитаника.



Слика 11. Редослед излагања стимулуса у задатку дискриминације.

### Нацрт

Нацрт експеримента дискриминације је трофакторски. Први варирани фактор је фреквентност стимулуса, са два нивоа: високофреквентни и нискофреквентни, док је број нивоа фактора фронталности и фактора латералности, као и у случају задатка верификације, прилагођаван типу ERP анализе. Зависне варијабле у овом експерименту чине тачност одговора и време реакције (бихејвиорална анализа), односно просечна вредност амплитуде и латенца ERP таласа (ERP анализа).

## Резултати

### Бихејвиорални резултати

Просечна прецизност је била на високом нивоу у оквиру обе експерименталне ситуације, иако је проценат тачних одговора био већи за високофреквентне стимулусе ( $99.8 \pm 0.2\%$  у односу на  $94.7 \pm 4.6\%$ ), односно број грешака је био значајно већи приликом излагања нискофреквентних стимулуса ( $3.2 \pm 2.7$  у односу на  $0.3 \pm 0.6$ ;  $t(20) = 4.51$ ,  $p < .001$ ). Такође, време реакције је било значајно дуже за нискофреквентне стимулусе ( $394.3 \pm 95.1$  ms у односу на  $295.1 \pm 98.3$  ms;  $t(20) = 11.28$ ,  $p < .001$ ).

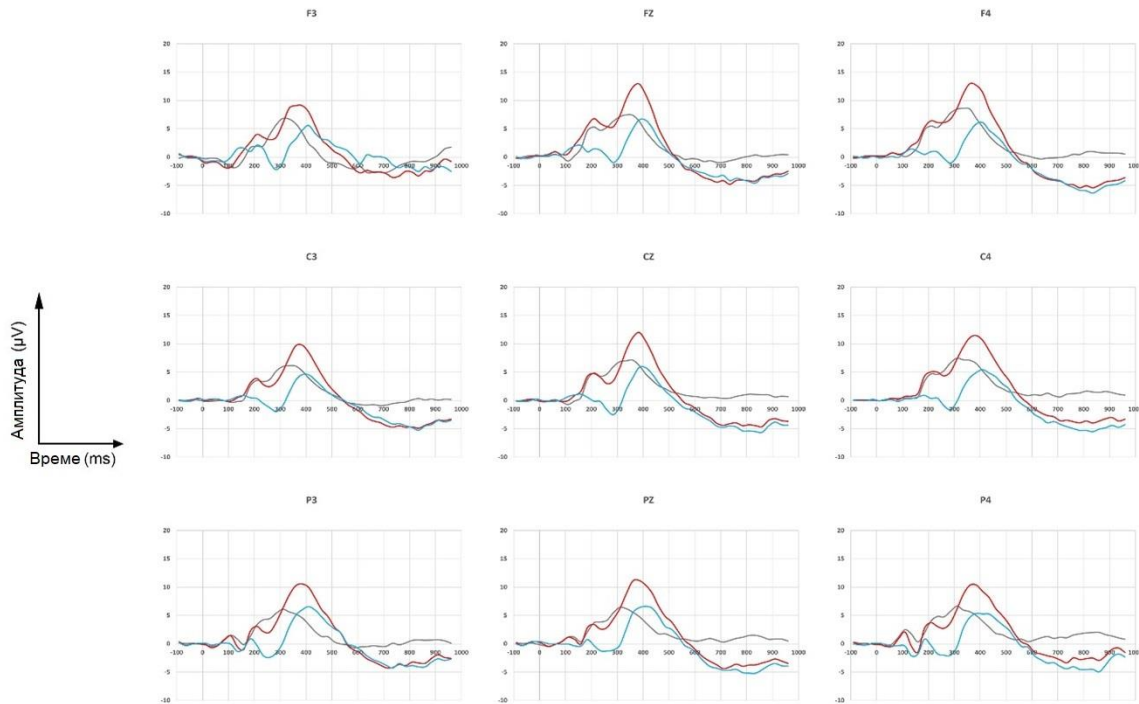
### ERP резултати. Статистички приступ

Као и у оквиру задатка верификације, обављене су две ERP анализе на идентичном сету локација, односно локацијама на којима је јављање P300 компоненте у задацима овог типа очекивано, као и латералним локацијама у циљу могућности поређења резултата између парадигми.

Груписање електрода у ERP анализама је обављено на идентичан начин као и у кореспондентним анализама експеримента верификације. У првој анализи је примењена трофакторска анализа варијансе (ANOVA) за поновљена мерења са факторима Фреквентност (2), Фронталност (3) и Латералност (3) на просечну ERP амплитуду одговарајућег временског прозора, уз Гринхаус-Гајсерову корекцију (Greenhouse-Geisser correction), док је у другој анализи примењена трофакторска ANOVA са два нивоа на фактору латералности. Као и у оквиру задатка верификације, а priori је одабран исти временски временски прозор опсега 272.5–522.5 милсекунди након излагања стимулуса, јер укључује интервал од 250 до 500 милсекунди који се препоручује као оптималан за испитивање P300 компоненте (Polich, 2007). Анализа латенци је обављена на највишим вредностима амплитуде у оквиру прозора (позитивни максимум). Накнадна испитивања добијених ефеката су обављена t-тестом, уз коришћење Бонферони корекције (Bonferroni correction) за вишеструка поређења.

### Прва ERP анализа (временски прозор 272.5–522.5 ms; P300)

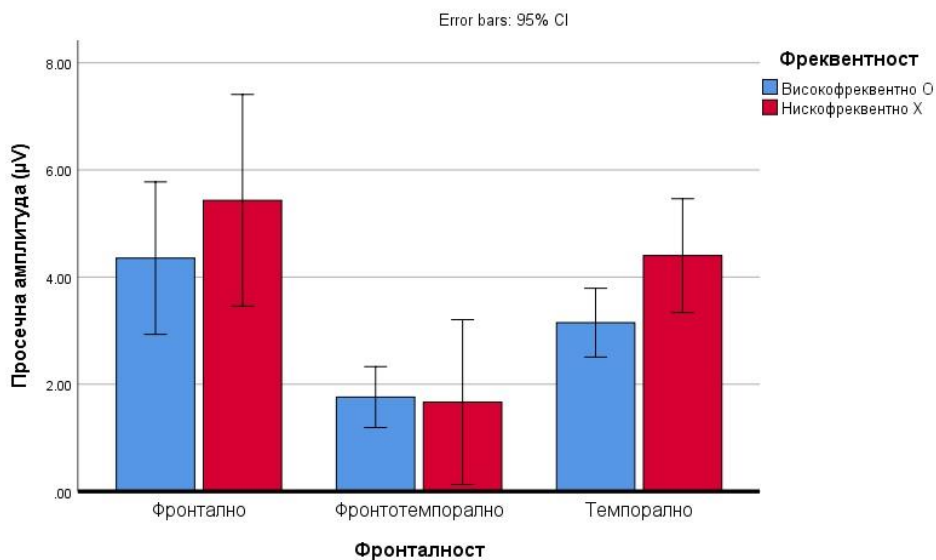
Електроде фронталних, централних и паријеталних регија (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz и P4): Трофакторска ANOVA, Фреквентност (2) X Фронталност (3) X Латералност (3) је показала главни ефекат Фреквентности,  $F(1, 20) = 34.82$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .63$ , односно значајно позитивније вредности ERP амплитуда приликом излагања нискофреквентних стимулуса. Иако је уочен и главни ефекат Латералности,  $F(1.15, 22.94) = 5.35$ ,  $p = .026$ ,  $\eta_p^2 = .21$ , који је указивао на постепени раст позитивних вредности амплитуда од леве ка десној стани, након корекције за вишеструка поређења, ефекат је остао изван оквира статистичке значајности. Остали главни ефекти и интеракције нису значајни. Анализа латенци је показала главни ефекат Фреквентности,  $F(1, 20) = 18.59$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .48$ , уз значајно дуже латенце у ситуацији излагања нискофреквентних стимулуса. Пронађена је и двострука интеракција Фреквентност X Фронталност,  $F(2, 40) = 5.73$ ,  $p = .006$ ,  $\eta_p^2 = .22$ , која указује на значајно краће латенце паријеталног у односу на централни појас у оквиру високофреквентне експерименталне ситуације,  $t(20) = 3.93$ ,  $p = .001$ . P300 ефекат је приказан на одговарајућим сетовима електрода (Слика 12).



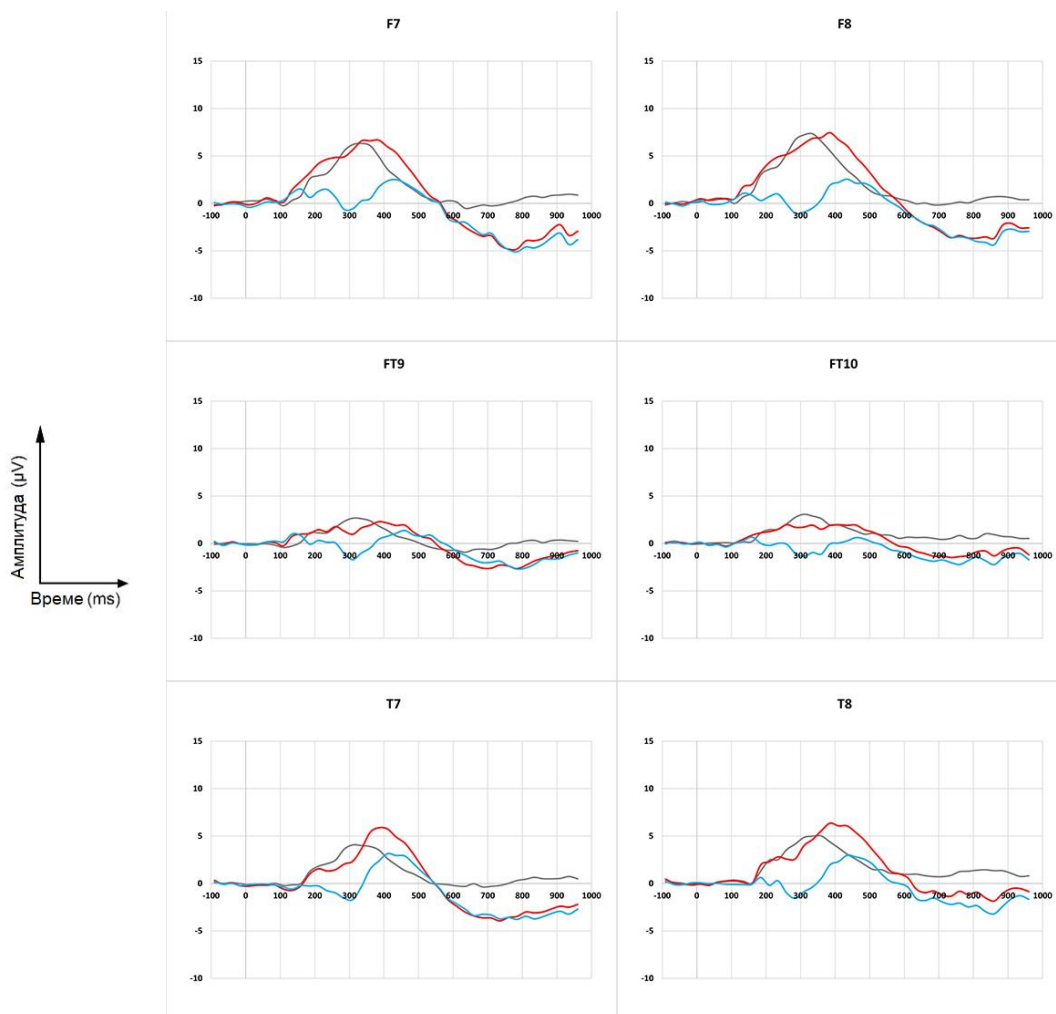
Слика 12. Задатак дискриминације. Главни усредњени ERP таласи на фронталним, централним и паријеталним електродама. Сива линија представља експерименталну ситуацију у којој се излаже високофреквентно „О“, црвена линија представља ситуацију излагања нискофреквентног „Х“, док плава линија означава диференцијални талас (нискофреквентно минус високофреквентно).

### Друга ERP анализа (временски прозор 272.5–522.5 ms; P300)

Електроде латералних фронталних и темпоралних регија (F7, FT9, T7, F8, FT10, T8): Трофакторска ANOVA, Фреквентност (2) X Фронталност (3) X Латералност (2) је показала главни ефекат Фронталности,  $F(1.33, 26.56) = 22.73, p < .001, \eta_p^2 = .53$ , уз значајно ниже вредности амплитуда фронтотемпоралних електрода (FT9, FT10) у односу на фронталне (F7, F8),  $t(20) = 5.96, p < .001$ , и темпоралне (T7, T8),  $t(20) = 7.88, p < .001$ . Иако није пронађен главни ефекат Фреквентности, уочена је значајна двострука интеракција Фреквентност X Фронталност,  $F(2, 40) = 6.04, p = .005, \eta_p^2 = .23$ , која указује да је ефекат Фреквентности присутан само на темпоралним електродама (T7, T8),  $t(20) = 3.23, p = .004$  (Слика 13). Анализа латенци показује главни ефекат Фреквентности,  $F(1, 20) = 17.95, p < .001, \eta_p^2 = .47$ , уз продужене латенце приликом излагања нискофреквентних стимулуса. Такође, пронађен је и главни ефекат Фронталности,  $F(1.52, 30.33) = 11.57, p = .001, \eta_p^2 = .37$ , у виду значајно дужих латенци фронтотемпоралних електрода (FT9, FT10) у односу на фронталне (F7, F8),  $t(20) = 4.81, p < .001$ , и темпоралне (T7, T8),  $t(20) = 2.78, p = .012$ . ERP активација на латералним електродама је приказана на Слици 14.



Слика 13. Графички приказ двоструке интеракције Фреквентност X Фронталност у задатку дискриминације на латералним електродама.



Слика 14. Задатак дискриминације. Главни усредњени ERP таласи на левостраним и десностраним електродама. Сива линија представља експерименталну ситуацију у којој се излаже високофреквентно „O“, црвена линија представља ситуацију излагања нискофреквентног „X“, док плава линија означава диференцијални талас (нискофреквентно минус високофреквентно).

## *Дискусија*

Анализом бихејвиоралних показатеља, уочава се значајно већи број грешака и дуже време реакције у ситуацији излагања нискофреквентних стимулуса. ERP анализа потврђује наведене резултате у виду позитивнијих амплитуда и дужих латенци нискофреквентних стимулуса, што су очекиване одлике P300 компоненте. Како је и P300 компонента у великој мери независна од модалитета (Luck, 2014), одликује је стабилан образац увремењености и најоптималнијих локација уколико се користи нека од уобичајених референци. Њена дистрибуција по кожи главе је слична као и код N400 компоненте, односно најизраженија је на централним и паријеталним регијама, што потврђују резултати и ове студије. У оквиру латералних регија, упркос томе што је анализа латенци у складу са резултатима са темених региона, анализа амплитуда указује да је ефекат фреквенности ограничен само на темпоралне локације, што је донекле и очекивано, имајући у виду њихову близину у односу на централне и паријеталне локације. Сходно добијеним резултатима, као и у случају задатка верификације, ERP анализа указује да латералне регије не представљају локације избора приликом испитивања P300 компоненте.



## Трећа група студија

Испитивање процесирања атипичних и типичних објеката у задатку

именовања

### Експеримент 3 – Задатак именовања

#### *Метод*

#### **Испитаници**

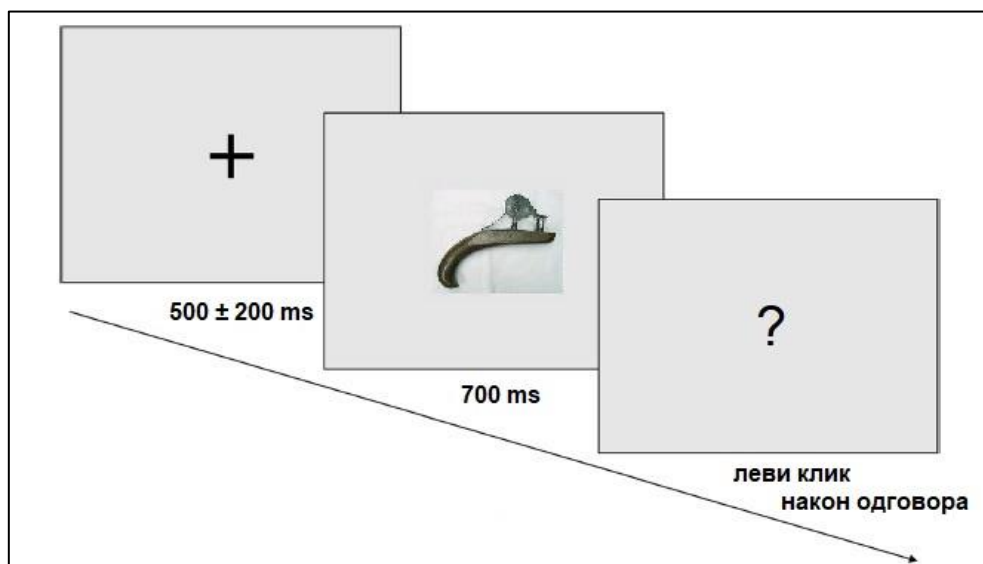
У експерименту именовања су учествовали исти испитаници као и у претходна два експеримента. Анализа резултата је обављена на истих 21 испитаника.

#### **Стимулуси**

За потребе овог експеримента коришћене су фотографије-стимулуси описани у нормативној студији, састављени од 60 типичних и 60 атипичних објеката. Као и у оквиру задатка верификације, фотографије-стимулуси су обрађени на начин да се уклапају у оквир од 400 x 400 пиксела постављеним у средиште екрана, са светлосивом позадином.

#### **Експериментална процедура**

Експериментални услови, ЕЕГ снимање и ERP обрада су били идентични као и у претходна две експеримента. Свако од излагања је отпочињало приказивањем фиксационог крстића у средишту екрана, трајања насумичне фиксне вредности за сваког испитаника у оквиру временског интервала између 300 и 700 ms. Фиксациони крстић је следила фотографија-стимулус типичног или атипичног објекта у средишту екрана у трајању од 700 ms, након чега је приказан знак питања, такође постављен у средишту екрана до одговора испитаника и притиска левог тастера миша (Слика 15). Вероватноће јављања типичног и атипичног објекта су биле једнаке, односно 0.50. Испитаницима је у оквиру инструкције објашњено да одмах након појављивања знака питања гласно изговоре име објекта који је



Слика 15. Редослед излагања стимулуса у задатку именовања.

претходно био приказан уколико знају како се зове, односно да гласно изговоре „Не знам“ уколико не знају. Након вербалног одговора, следеће излагање су отпочињали притиском на леви тастер миша. Тачност пружених одговора је бележена од стране експериментатора. Експеримент је чинило укупно 120 покушаја, од чега 60 типичних и 60 атипичних објеката. Редослед излагања је био насумичан и различит за сваког од испитаника.

## Нацрт

Нацрт експеримента именована укључује двофакторски и трофакторски дизајн у зависности од примењене анализе. Први и константно присутни фактор током свих анализа је типичност стимулуса, са два нивоа: типичан и атипичан. Фактори фронталност и латералност, као и број њихових нивоа су одређивани и коришћени у складу са типом ERP анализе. Зависне варијабле у овом експерименту чине тачност одговора (бихејвиорална анализа), односно просечна вредност амплитуде и латенца ERP таласа (ERP анализа).

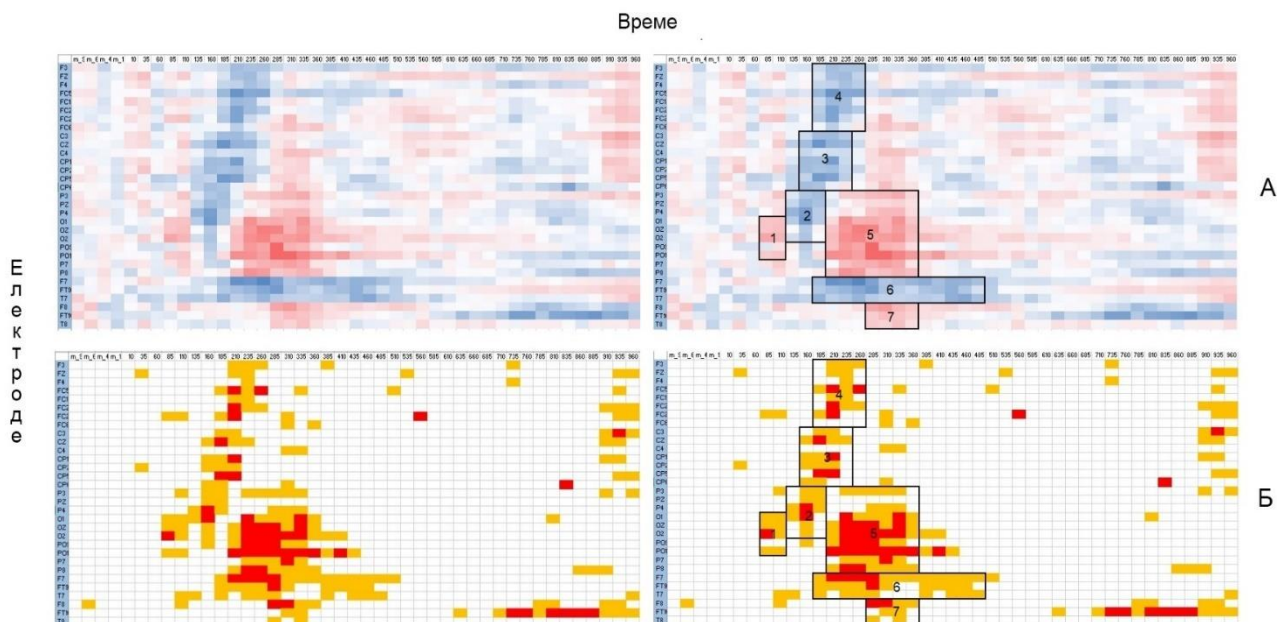
## Резултати

### Бихејвиорални резултати

Као и у претходна два експеримента, уочен је висок степен прецизности, уз нешто виши проценат исправног типа одговора („Не знам“) у ситуацији излагања атипичних објеката ( $98.2 \pm 2.7\%$ ) у односу на исправно именовање приказаних објеката ( $96.6 \pm 2.1\%$ ). Број грешака се није разликовао између експерименталних ситуација,  $t(20) = 1.85$ ,  $p = .07$ , иако се уочава тренд нешто већег грешења код типичних објеката. Грешке у оквиру овог експеримента су дефинисане на следећи начин. У оквиру експерименталне ситуације са типичним предметима, као грешка се бележи именовање које се разликује од доминантног одговора добијеног у оквиру нормативне студије, као и одговор „Не знам“. Као грешке у експерименталној ситуацији са атипичним предметима се убрајају сви одговори који су усмерени на именовање предмета, односно одговори који се разликују од „Не знам“ одговора.

### ERP резултати. Статистички приступ

За разлику од претходна два експеримента, анализа ERP сигнала је обављена на свим електродама, односно на укупно 31 електроди. Из обраде сигнала су одстрањене мастоидне електроде TP9 и TP10, услед њихове особене позиције која се у ERP истраживањима обично користи као тачка за референцирање. У случају овог експеримента, није било могуће установити а ргогг временске прозоре услед изостанка претходних ERP студија које су користиле овакав вид експерименталног нацрта задатка именовања. У циљу утврђивања временских прозора, обављено је поређење просечних вредности амплитуда узастопних временских одсечака од 25 ms између експерименталних ситуација за свих 31 електрода (Savić et al., 2017). Зоне значајних разлика вредности амплитуда одсечака између експерименталних ситуација су приказане на Слици 16, у оквиру које су изабрани временски прозори на основу визуелне инспекције и вредности t-тестова (Savić et al., 2020). Интервал разлика је сматран за значајан само уколико је састављен од два узастопна одсечка у оквиру којих је установљена конзистентна разлика између експерименталних ситуација. Другим речима, у обзир су узимани интервали дужи од 50 ms у оквиру којих се разлике амплитуда између експерименталних ситуација крећу у истом смеру. Прозори су бирани на основу интервала разлика, смера разлика амплитуди, као и просторног распореда, односно близине груписаних електрода. У оквиру сваког од прозора, ради исцрпније статистичке анализе, као и боље репрезентативности добијених резултата, уврштене су и електроде у оквиру којих нису бележене конзистентне разлике.



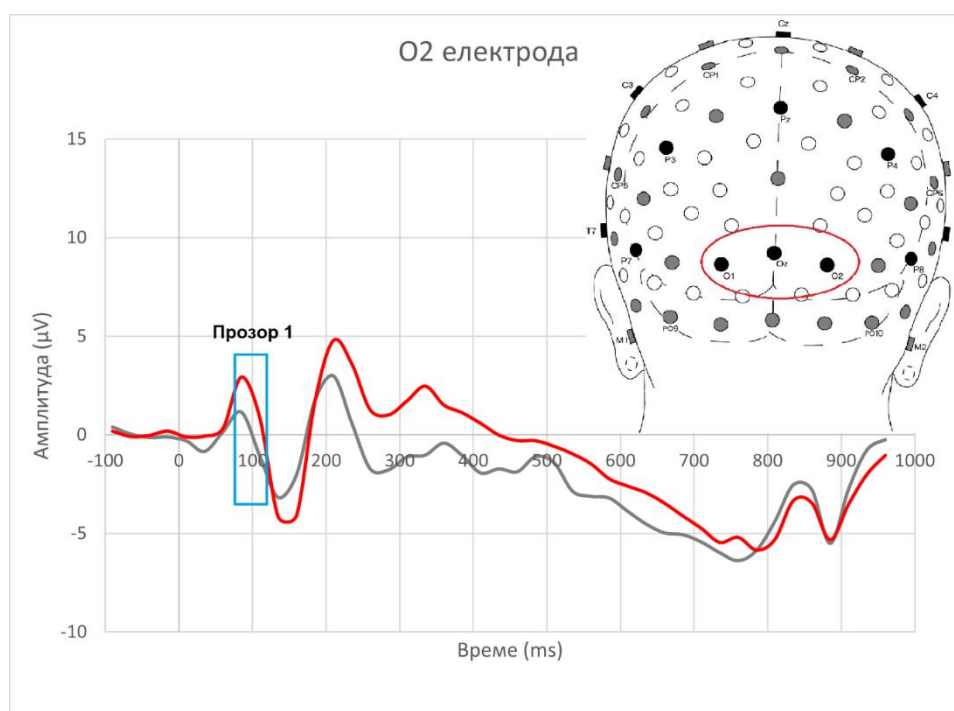
Слика 16. Интервали значајних разлика између експерименталних ситуација (типично и атипично), као и одабраних седам временских прозора. (А) Разлике изражене преко  $t$  вредности, где црвени интервали означавају више вредности амплитуда у атипичној ситуацији (негативна вредност  $t$ -теста), док плави означавају више вредности амплитуда у типичној ситуацији (позитивна вредност  $t$ -теста). Као више вредности се подразумевају позитивније вредности, а не апсолутне вредности. (Б) Разлике изражене помоћу „ $p$ “ вредности, где наранџасти интервали означавају  $0.01 \leq p < .05$ , док црвени интервали означавају  $p < .001$ .

Узимајући у обзир области од статистичког значаја и одговарајућу ERP активност у задатку именовања, издвојено је седам временских прозора. **Први прозор** се креће од 72,5 до 122,5 ms након излагања стимулуса, у облику је позитивног отклона (рани позитивни талас налик P1) и примењен је у анализи електрода на окципиталном (O1, Oz, O2) и паријетоокципиталном појасу (PO9, PO10). **Други прозор** се креће од 122,5 до 197,5 ms након излагања стимулуса и одликује га негативни отклон (рани негативни талас налик N1) који се може приметити на паријеталним и окципиталним електродама (P3, Pz, P4, O1, Oz, O2). **Трећи прозор** је примењен на централним (C3, Cz, C4) и центропаријеталним (CP5, CP1, CP2, CP6) електродама, и у оквиру њега је препознат позитиван талас који се креће од 147,5 до 247,5 ms након излагања стимулуса (средњи позитиван талас налик P2). **Четврти прозор** је издвојен од 172,5 до 272,5 ms након излагања стимулуса, у оквиру кога се уочава негативни отклон (кратки средњи негативни талас налик на предњи N2) на фронталним (F3, Fz, F4) и фронтотемпоралним (FC5, FC1, FCz, FC2, FC6) електродама. **Пети прозор** је распона од 197,5 до 372,5 ms након излагања стимулуса којег одликује продужена негативност (постериорна негативност; дуги средњи негативни талас сличан N2) која се може приметити на вишеструким локацијама, односно на појасу паријеталних (P3, Pz, P4), окципиталних (O1, Oz, O2) и паријетоокципиталних електрода (PO9, PO10). **Шести прозор** је установљен на левостраним електродама укључујући фронталне, фронтотемпоралне и темпоралне локације (F7, FT9, T7), у виду продуженог варирајућег таласа почевши од 172,5 до 522,5 ms након излагања стимулуса. За разлику од осталих прозора, у оквиру овог интервала разлика између две експерименталне ситуације се уочавају бар три различита ERP сегмента у виду измена поларитета. **Седми прозор** је примењен на сет десностраних електрода који је, као и левострани, укључивао фронталне, фронтотемпоралне и темпоралне локације (F8, FT10, T8), али конзистентног и знатно краћег трајања разлика просечних амплитуда од 272,5 до 372,5 ms након излагања стимулуса. Након дефинисања временских прозора је примењена одговарајућа ANOVA за поновљена мерења на просечну ERP амплитуду и латенцу највише вредности амплитуде у прозору за компоненте са позитивним предзнаком (позитивни максимум), односно

латенцу најниже вредности амплитуде за компоненте са негативним предзнаком (негативни максимум).

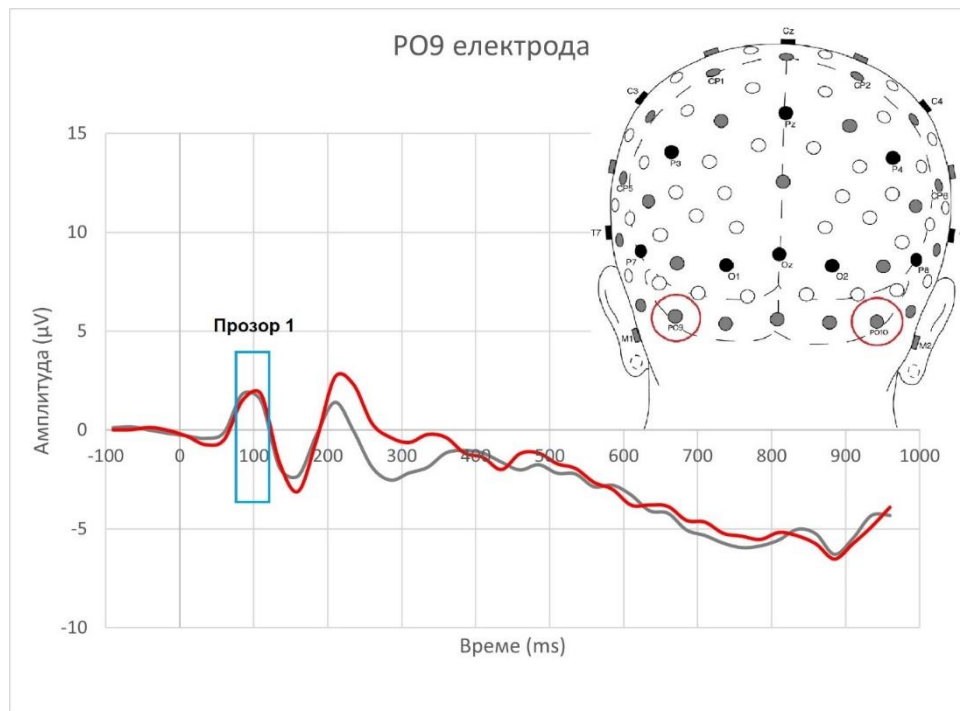
### Први временски прозор (Рани позитивни прозор 72.5–122.5 ms; P1)

**Окципиталне електроде (O1, O2, O3; Слика 17):** Двофакторска ANOVA, Типичност (2) X Латералност (3), примењена на просечну амплитуду показала је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 21.24, p < .001, \eta_p^2 = .51$ , са позитивнијим вредностима амплитуде за атипичне у односу на типичне стимулусе, као и главни ефекат Латералности,  $F(2, 40) = 4.83, p = .013, \eta_p^2 = .19$ , показујући повећану позитивност на левој електроди у обе експерименталне ситуације, али статистички значајно само у односу на централну электроду,  $t(20) = 3.67, p = .002$ . Анализа латенци (позитивни максимум) није показала значајне главне ефекте ни интеракције.



Слика 17. Илустрација прозора 1 на примеру главних усредњених таласа O2 електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане окципиталне електроде коришћене у анализи.

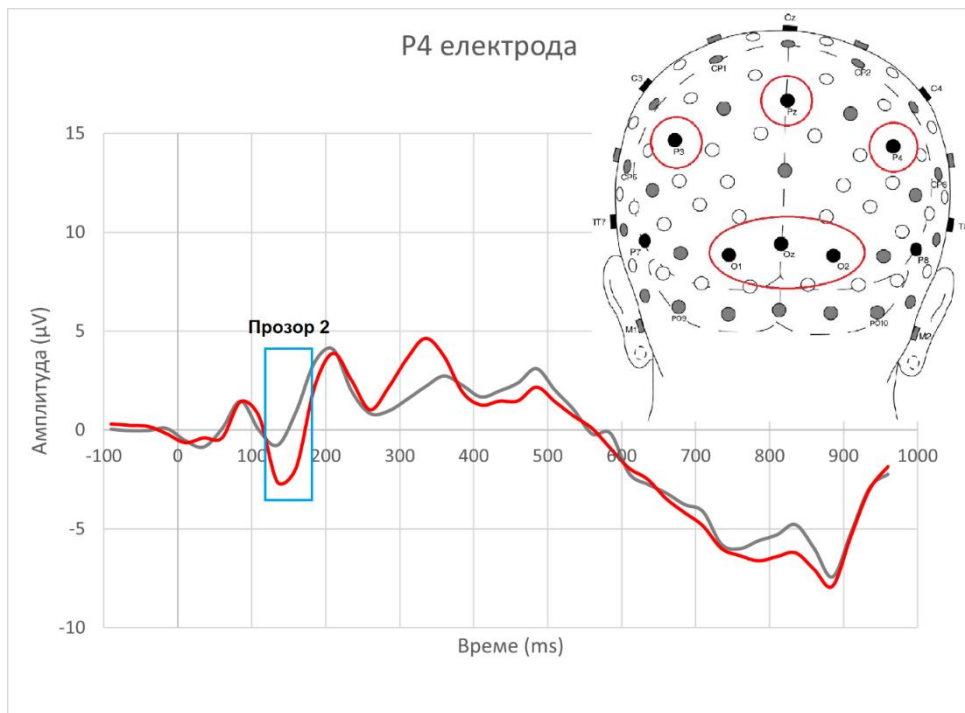
**Паријетоокципиталне електроде (PO9, PO10; Слика 18):** Двофакторска ANOVA, Типичност (2) X Латералност (2), примењена на просечну амплитуду није показала постојање значајних главних ефеката ни интеракција. Анализом латенци (позитивни максимум) се уочава главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 5.95, p = .024, \eta_p^2 = .23$ , у виду дужих латенци приликом излагања атипичних објеката.



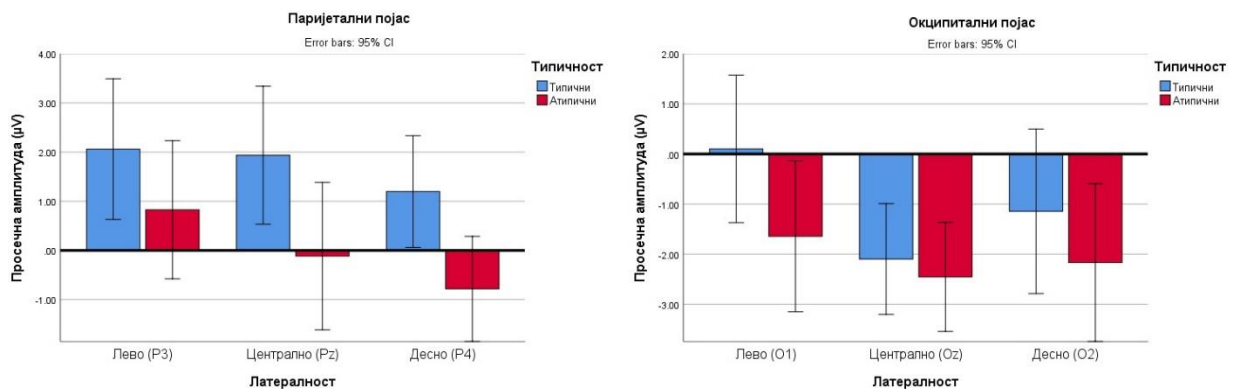
Слика 18. Илустрација прозора 1 на примеру главних усредњених таласа PO9 електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане паријетоокципиталне електроде коришћене у анализи.

### Други временски прозор (Рани негативни прозор 122.5–197.5 ms; N1)

**Паријеталне и окципиталне електроде (P3, Pz, P4, O1, Oz, O2; Слика 19):** Трофакторска ANOVA, Типичност (2) X Фронталност (2) X Латералност (3), примењена на просечну амплитуду показала је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 12.89, p = .002, \eta_p^2 = .39$ , при чему атипични стимулуси изазивају негативније вредности амплитуда од типичних. Пронађен је главни ефекат Фронталности,  $F(1, 20) = 29.78, p < .001, \eta_p^2 = .60$ , показујући израженију негативност на окципиталним електродама, као и главни ефекат Латералности,  $F(1.48, 29.61) = 5.85, p = .013, \eta_p^2 = .23$ , са позитивнијим вредностима амплитуда на левој страни, али статистички значајно само у поређењу са централним електродама,  $t(20) = 2.95, p = .008$ . Трострука интеракција између типичности, фронталности и латералности је такође била значајна,  $F(2, 40) = 4.80, p = .014, \eta_p^2 = .19$ , показујући значајну разлику између амплитуда типичних и атипичних стимулуса на свим паријеталним електродама (P3, Pz, P4), али само на једној окципиталној (O1), указујући на локализованiji ефекат (Слика 20). Анализа латенци (негативни максимум) је показала главни ефекат Фронталности,  $F(1, 20) = 6.84, p = .017, \eta_p^2 = .25$ , у виду краћих латенци на паријеталном појасу електрода у оквиру обе експерименталне ситуације.



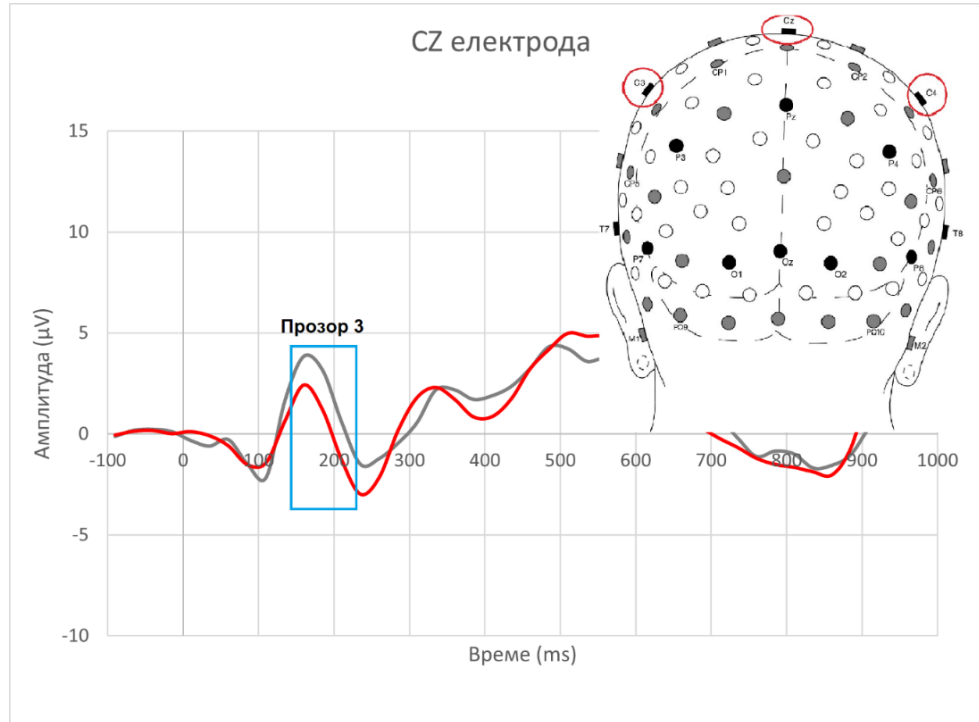
Слика 19. Илустрација прозора 2 на примеру главних усредњених таласа P4 електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане паријеталне и окципиталне електроде коришћене у анализи.



Слика 20. Графички приказ троструке интеракције Типичност X Фронталност X Латералност на паријеталном и окципиталном појасу електрода у временском оквиру од 122.5–197.5 милисекунди.

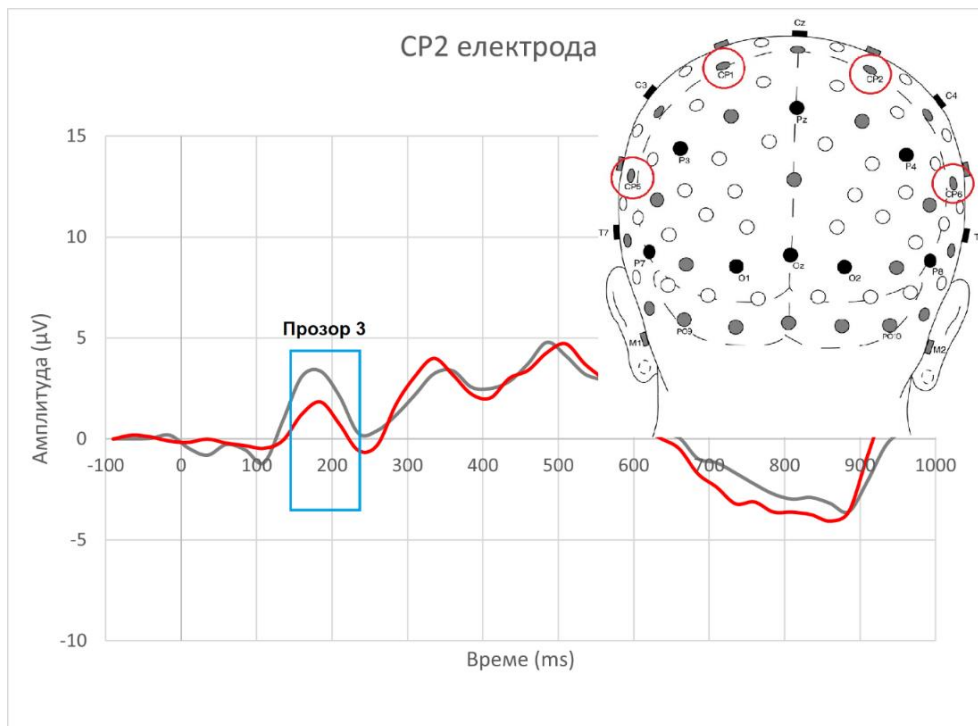
### Трећи временски прозор (Средњи позитивни прозор 147.5–247.5 ms; P2)

**Централне електроде (C3, Cz, C4; Слика 21):** Двофакторска ANOVA примењена на просечну амплитуду, Типичност (2) X Латералност (3), показала је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 11.22, p = .003, \eta_p^2 = .36$ , уз позитивније вредности амплитуда типичних у односу на атипичне стимулусе, као и главни ефекат Латералности,  $F(1.57, 31.45) = 8.09, p = .003, \eta_p^2 = .29$ , указујући да су амплитуде на централној електроди у обе експерименталне ситуације биле негативније у поређењу са левом,  $t(20) = 4.83, p < .001$ , и десном електродом,  $t(20) = 3.26, p = .004$ . Анализа латенци (позитивни максимум) није показала значајне главне ефекте ни интеракције.



Слика 21. Илустрација прозора 3 на примеру главних усредњених таласа Cz електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане централне електроде коришћене у анализи.

**Центропаријеталне електроде (CP1, CP2, CP5, CP6; Слика 22):** Двофакторска ANOVA примењена на просечну амплитуду, Типичност (2) X Латералност (4), као и у случају централних електрода, показала је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 12.40, p = .002, \eta_p^2 = .38$ , са позитивнијим амплитудама у ситуацији излагања типичних стимулуса, без значајне разлике у погледу Латералности, као и интеракције Типичност X Латералност. Анализа латенци (позитивни максимум) указује на главни ефекат Латералности,  $F(2.15, 42.97) = 4.11, p = .021, \eta_p^2 = .17$ , уз значајно дуже латенце крајње леве (CP5) у односу на электроду ближу централној линији (CP2),  $t(20) = 3.39, p = .003$ , у оквиру обе експерименталне ситуације. Увидом у структуру резултата добијеним анализом варијансе, уочава се тренд каснијих латенци латералних у односу на централније електроде. У циљу детаљнијег испитивања потенцијалних ефеката латералности, обављено је груписање електрода на централне (CP1,CP2) и латералне (CP5,CP6), након чега је примењен t-тест којим је потврђена ова разлика,  $t(20) = 3.31, p = .004$ .

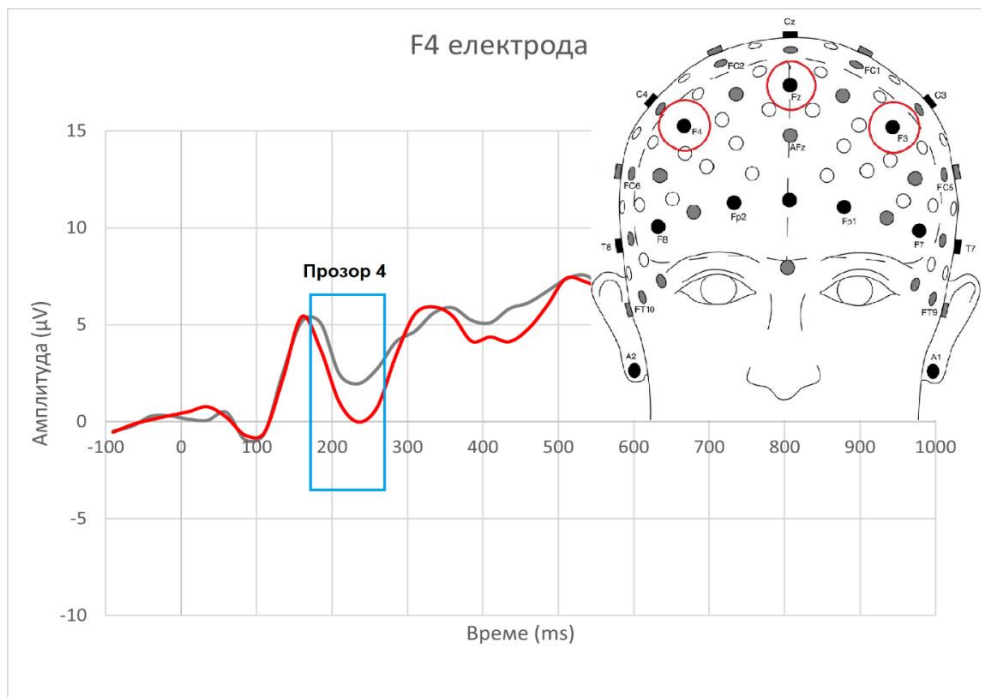


Слика 22. Илустрација прозора 3 на примеру главних усредњених таласа CP2 електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане централнопарјеталне електроде коришћене у анализи.

#### Четврти временски прозор (Средњи негативни прозор 172.5–272.5 ms; anteriorni N2)

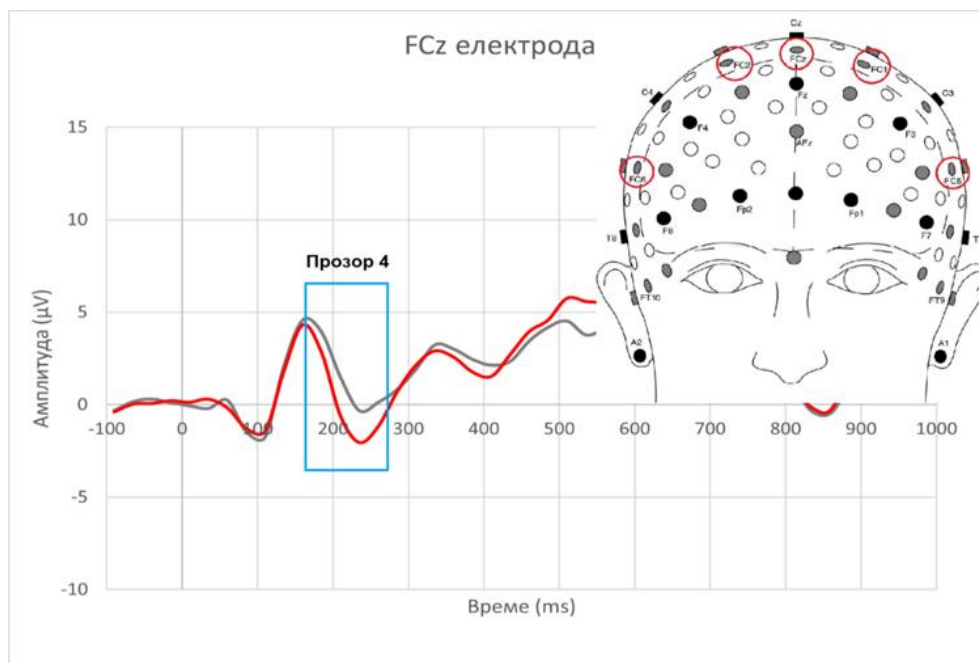
**Фронталне електроде (F3, Fz, F4; Слика 23):** Двофакторска ANOVA примењена на просечну амплитуду, Типичност (2) X Латералност (3), показала је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 8.10, p = .01, \eta_p^2 = .29$ , уз негативније вредности амплитуда атипичних у односу на типичне стимулусе. Такође, пронађен је и главни ефекат Латералности,  $F(2, 40) = 10.85, p < .001, \eta_p^2 = .35$ , у виду веће позитивности леве електроде (F3) у оквиру обе експерименталне ситуације у односу на остале, али статистички значајно само у поређењу са централном електродом (Fz),  $t(20) = 4.83, p < .001$ . Анализа латенци (негативни максимум) није показала значајне главне ефекте ни интеракције.





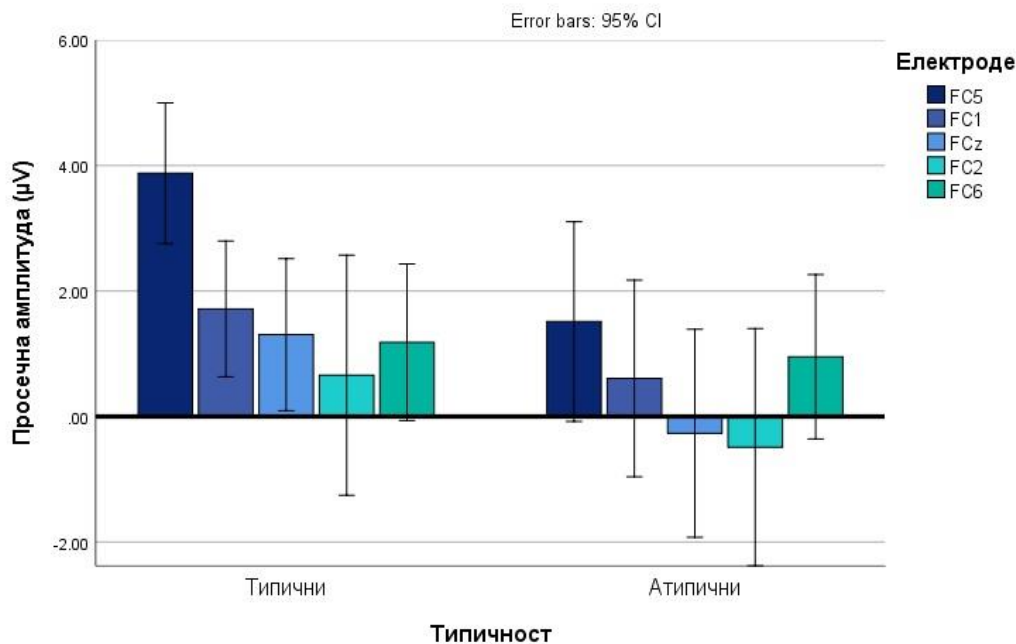
Слика 23. Илустрација прозора 4 на примеру главних усредњених таласа F4 електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане фронталне електроде коришћене у анализи.

**Фронталне електроде (FCz, FC1, FC2, FC5, FC6; Слика 24):** Двофакторска ANOVA примењена на просечну амплитуду, Типичност (2) X Латералност (5), показала је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 11.36, p = .003, \eta^2 = .36$ , са нижим вредностима амплитуда атипичних у односу на типичне стимулусе, као и у случају појаса фронталних електрода. На сличан начин, присутан је и главни ефекат Латералности,  $F(2.43, 48.52) = 7.93$ ,



Слика 24. Илустрација прозора 4 на примеру главних усредњених таласа FCz електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане фронталне електроде коришћене у анализи.

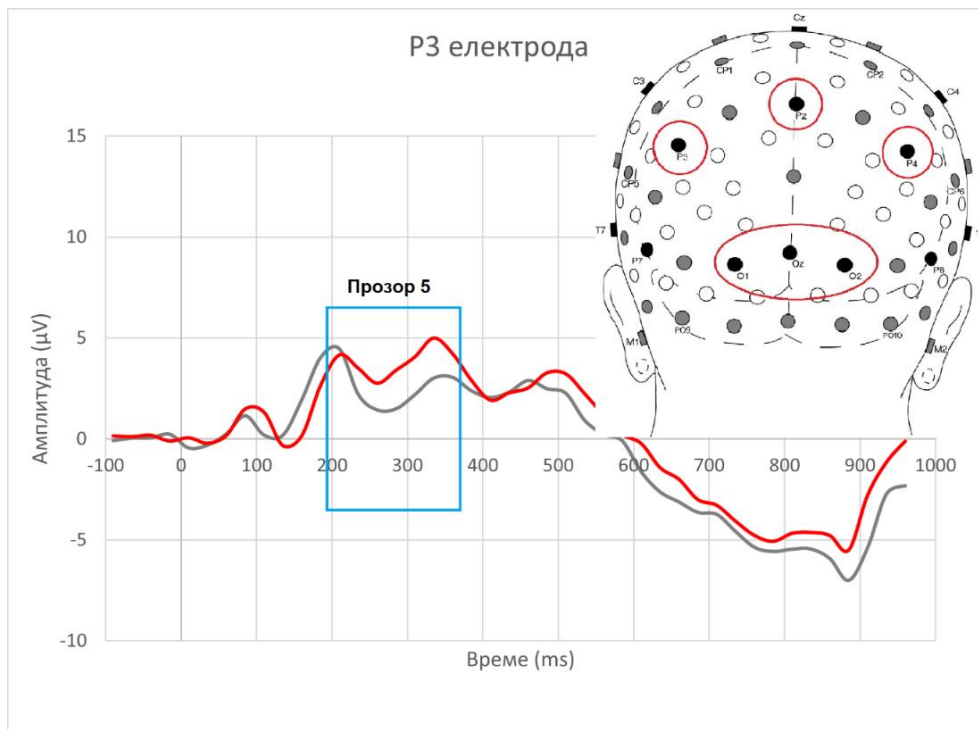
$p = .001$ ,  $\eta_p^2 = .28$ , са израженом левостраном позитивношћу, односно значајно већом вредношћу амплитуда на крајњом левој електроди (FC5) у односу на све остале у обе експерименталне ситуације. Добијена значајна интеракција Типичност X Латералност,  $F(4, 80) = 4.11$ ,  $p = .004$ ,  $\eta_p^2 = .17$ , открива да је ефекат латералности израженији у ситуацији излагања типичних стимулуса, када се у потпуности потврђују главни ефекти Латералности, док је у атипичној ситуацији нешто умањенији и постоји само између крајње леве (FC5) и централне (FCz) електроде,  $t(20) = 3.20$ ,  $p = .005$ , као и прве леве (FC1) и централне електроде (FCz),  $t(20) = 3.83$ ,  $p = .001$  (Слика 25). Такође, постоји тренд разлика у односу на прву десну электроду (FC2), али не досеже ниво статистичке значајности. Груписањем електрода на леву (FC1, FC5) и десну (FC2, FC6) зону и накнадним t-тестом се потврђују добијени резултати,  $t(20) = 3.66$ ,  $p = .002$ , односно израженија левострана позитивност, што у комбинацији са вредностима добијеним на фронталним електродама указује на нешто шири ефекат латералности. Анализа латенци (негативни максимум) није показала значајне главне ефекте ни интеракције.



Слика 25. Графички приказ двоструке интеракције Типичност X Латералност на фронтално-централном појасу електрода у временском оквиру од 172.5–272.5 милисекунди.

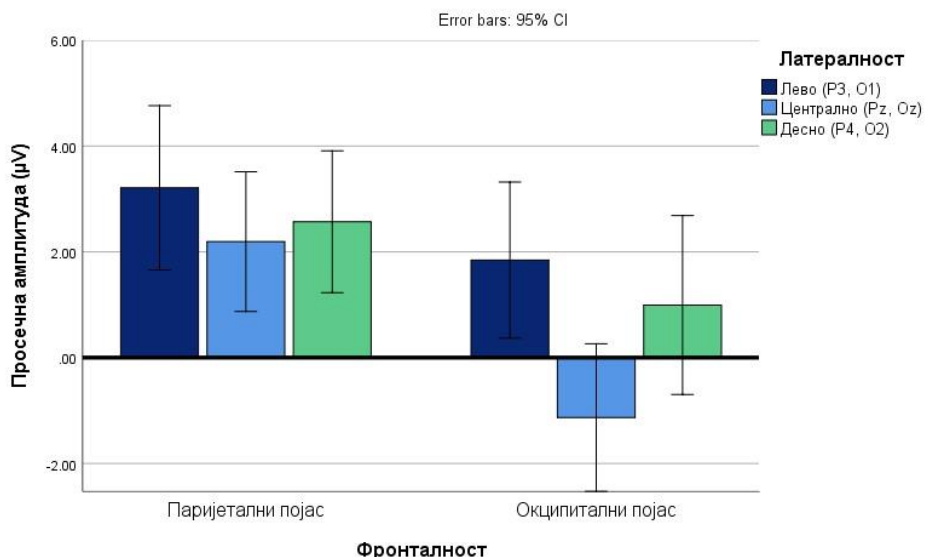
### Пети временски прозор (Продужени негативни прозор 197.5–372.5 ms; постериорни N2)

**Паријеталне и окципиталне електроде (P3, Pz, P4, O1, Oz, O2; Слика 26):** Трофакторска ANOVA, Типичност (2) X Фронталност (2) X Латералност (3), примењена на просечну амплитуду показала је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 26.72$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .57$ , у виду веће негативности амплитуда типичних стимулуса у односу на атипичне. Поред тога, добијени главни ефекат Фронталности,  $F(1, 20) = 17.94$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .47$ , указује на израженију негативност окципиталног појаса у односу на паријетални, док главни ефекат Латералности,  $F(2, 40) = 18.35$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .48$ , показује већи степен негативности централне линије електрода у односу на леву,  $t(20) = 6.01$ ,  $p < .001$ , и десну страну,  $t(20) = 3.84$ ,  $p = .001$ . Две двоструке интеракције су биле значајне, и то Типичност X Фронталност,  $F(1, 20) = 13.81$ ,  $p = .001$ ,  $\eta_p^2 = .41$ , као и Фронталност X Латералност,  $F(2, 40) = 5.67$ ,  $p = .007$ ,  $\eta_p^2 = .22$ . Прва интеракција (Типичност X Фронталност) је потврдила главне ефекте, указујући да типични објекти изазивају више негативности него атипични на паријеталним,  $t(20) = 2.56$ ,  $p = .02$ , и



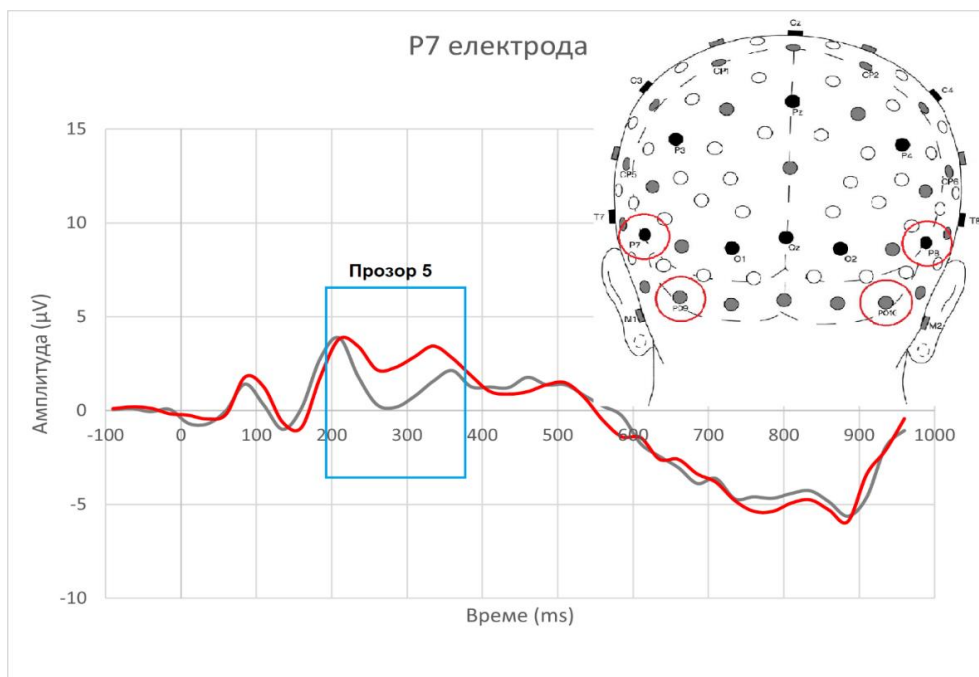
Слика 26. Илустрација прозора 5 на примеру главних усредњених таласа P3 електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане паријеталне и окципиталне електроде коришћене у анализи.

окципиталним електродама,  $t(20) = 6.78, p < .001$ , као и да се на окципиталним електродама уочавају негативније вредности у односу на паријеталне у обе експерименталне ситуације (у оквиру типичне:  $t(20) = 5.72, p < .001$ ; у оквиру атипичне:  $t(20) = 2.49, p = .022$ ). Друга интеракција (Фронталност X Латералност) указује да су у оквиру паријеталног појаса вредности амплитуда у обе експерименталне ситуације негативније на централној електроди, али статистички значајно само у односу на леву электроду,  $t(20) = 3.50, p = .002$  (Слика 27). У оквиру окципиталног појаса је ефекат присутан у односу на обе електроде, односно лево,  $t(20) = 5.46, p < .001$ , и десно,  $t(20) = 3.50, p = .002$ . Анализа латенци није показала значајне главне ефекте ни интеракције, иако је уочен тренд нешто ранијег досезања максимума амплитуда у обе експерименталне ситуације на централној линији у односу на леви и десни појас (фактор Латералност,  $F(2, 40) = 3.09, p = .056$ ).

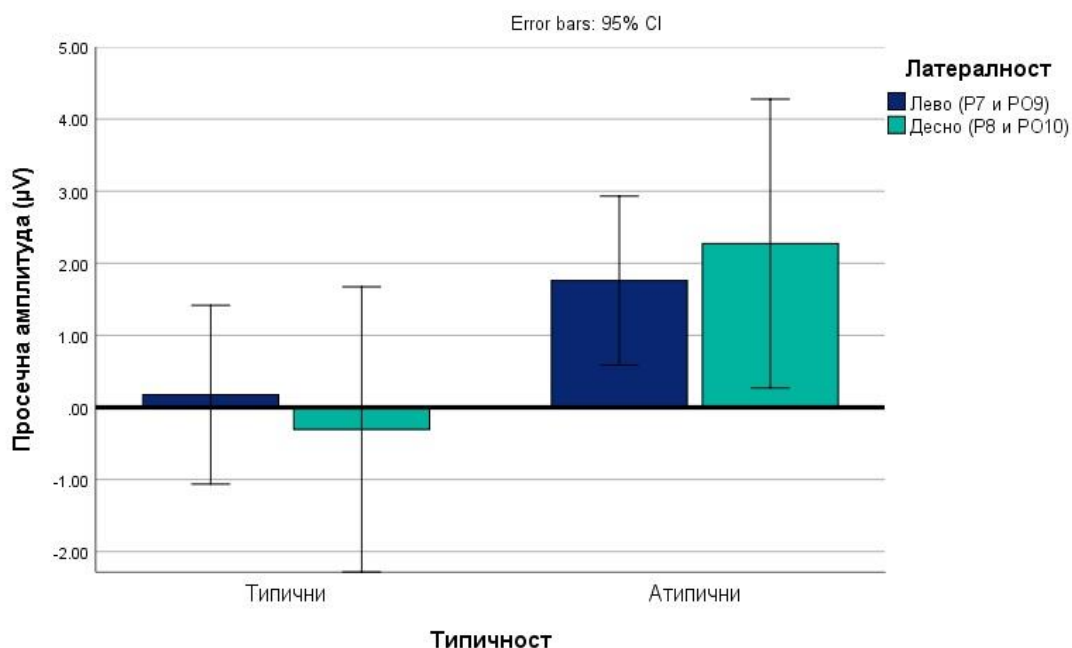


Слика 27. Графички приказ двоструке интеракције Фронталност X Латералност на паријеталном и окципиталном појасу електрода у временском оквиру од 197.5–372.5 милисекунди.

**Латералне паријеталне и паријетоокципиталне електроде (P7, P8, PO9, PO10;** Слика 28): Трофакторска ANOVA, Типичност (2) X Фронталност (2) X Латералност (2), примењена на просечну амплитуду показала је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 75.95, p < .001, \eta_p^2 = .79$ , у виду веће негативности амплитуда типичних стимулуса у односу на атипичне, као и у случају претходне анализе паријеталног и окципиталног појаса. Такође, добијени главни ефекат Фронталности,  $F(1, 20) = 27.88, p < .001, \eta_p^2 = .58$ , на исти начин потврђује претходну анализу, уз значајно негативније вредности у оквиру паријетоокципиталног појаса у односу на паријетални у обе експерименталне ситуације. Добијена интеракција Типичност X Латералност,  $F(1, 20) = 5.30, p = .032, \eta_p^2 = .21$ , указује на различити смер разлика амплитуда у зависности од стране и експерименталне ситуације, те су амплитуде левострано у типичној ситуацији више од амплитуда деснострани, док атипичну ситуацију одликује супротни образац (Слика 29). Анализа латенци (негативни максимум) није показала значајне главне ефекте и интеракције.



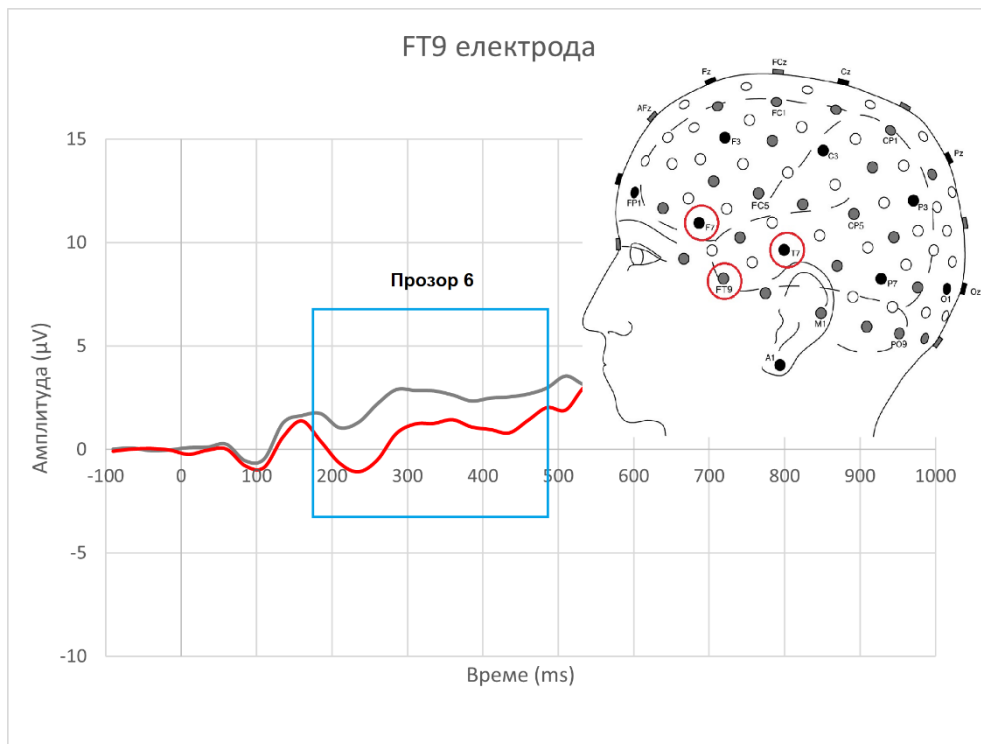
Слика 28. Илустрација прозора 5 на примеру главних усредњених таласа P7 електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане паријеталне и паријетоокципиталне електроде коришћене у анализи.



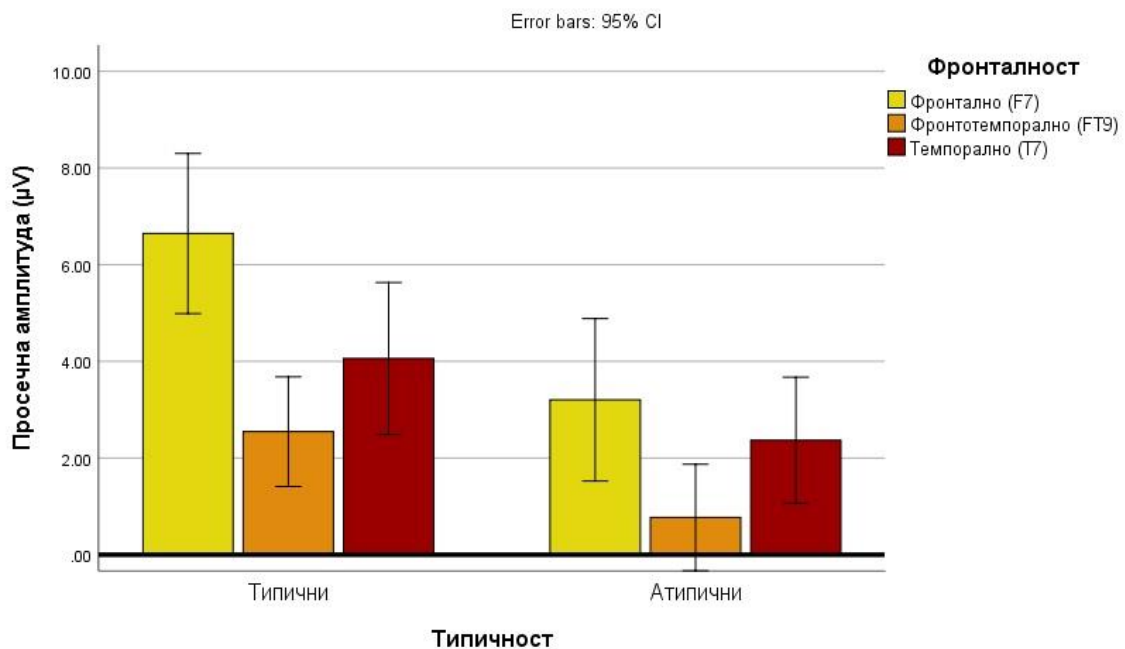
Слика 29. Графички приказ двоструке интеракције Типичност X Латералност на латералном паријеталном и паријетоокципиталном појасу електрода у временском оквиру од 197.5–372.5 милисекунди.

### Шести временски прозор (Продужени левострани прозор 172.5–492.5 ms)

**Електроде фронталних и темпоралних регија (F7, FT9, T7; Слика 30):** Двофакторска ANOVA примењена на просечну амплитуду, Типичност (2) X Фронталност (3), показала је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 18.47, p < .001, \eta_p^2 = .48$ , са нижим вредностима амплитуда атипичних у односу на типичне стимулусе. Главни ефекат Фронталности,  $F(2, 40) = 9.60, p < .001, \eta_p^2 = .32$ , указује на више вредности амплитуде предње електроде (F7) у односу на централну (FT9),  $t(20) = 3.96, p = .001$ , као и задњу (T7),  $t(20) = 3.20, p = .004$ , у обе експерименталне ситуације. Добијена интеракција Типичност X Фронталност,  $F(2, 40) = 4.17, p = .023, \eta_p^2 = .17$ , указује на нешто слабији ефекат фронталности у ситуацији излагања атипичних стимулуса, када разлика постоји само између фронталне и централне електроде,  $t(20) = 2.83, p = .01$ , за разлику од типичне ситуације у којој се у потпуности потврђују главни ефекти Фронталности (Слика 31). Анализа латенци (позитивни максимум) је показала главни ефекат Фронталности,  $F(2, 40) = 5.15, p = .010, \eta_p^2 = .20$ , у виду раста латенци од антериорних ка постериорним електродама у обе експерименталне ситуације, при чему је значајна разлика само између фронталне (F7) и темпоралне (T7) електроде,  $t(20) = 2.76, p = .012$ . Иако се у оквиру анализе латенце позитивног максимума уочава и одређени тренд краћих латенци код атипичних стимулуса, овај главни ефекат није досегао степен статистичке значајности,  $F(2, 40) = 4.12, p = .056$ . Имајући у виду да се ради о продуженом временском прозору у оквиру кога се уочава више измена поларитета, односно таласа, обављена је и анализа латенци негативног максимума. Анализа латенци (негативни максимум) није показала значајне главне ефекте и интеракције.



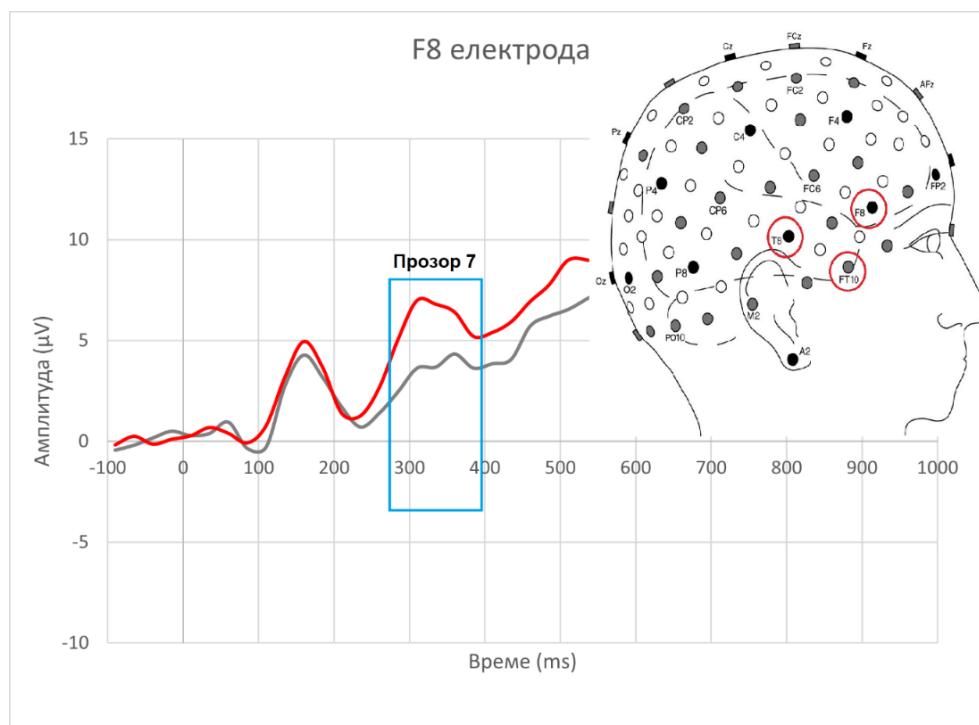
Слика 30. Илустрација прозора 6 на примеру главних усредњених таласа FT9 електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане левостране електроде коришћене у анализи.



Слика 31. Графички приказ двоструке интеракције Типичност X Фронталност на левостраном латералном појасу електрода у временском оквиру од 172.5–492.5 милисекунди.

### Седми временски прозор (Позитивни деснострани прозор 272.5–397.5 ms)

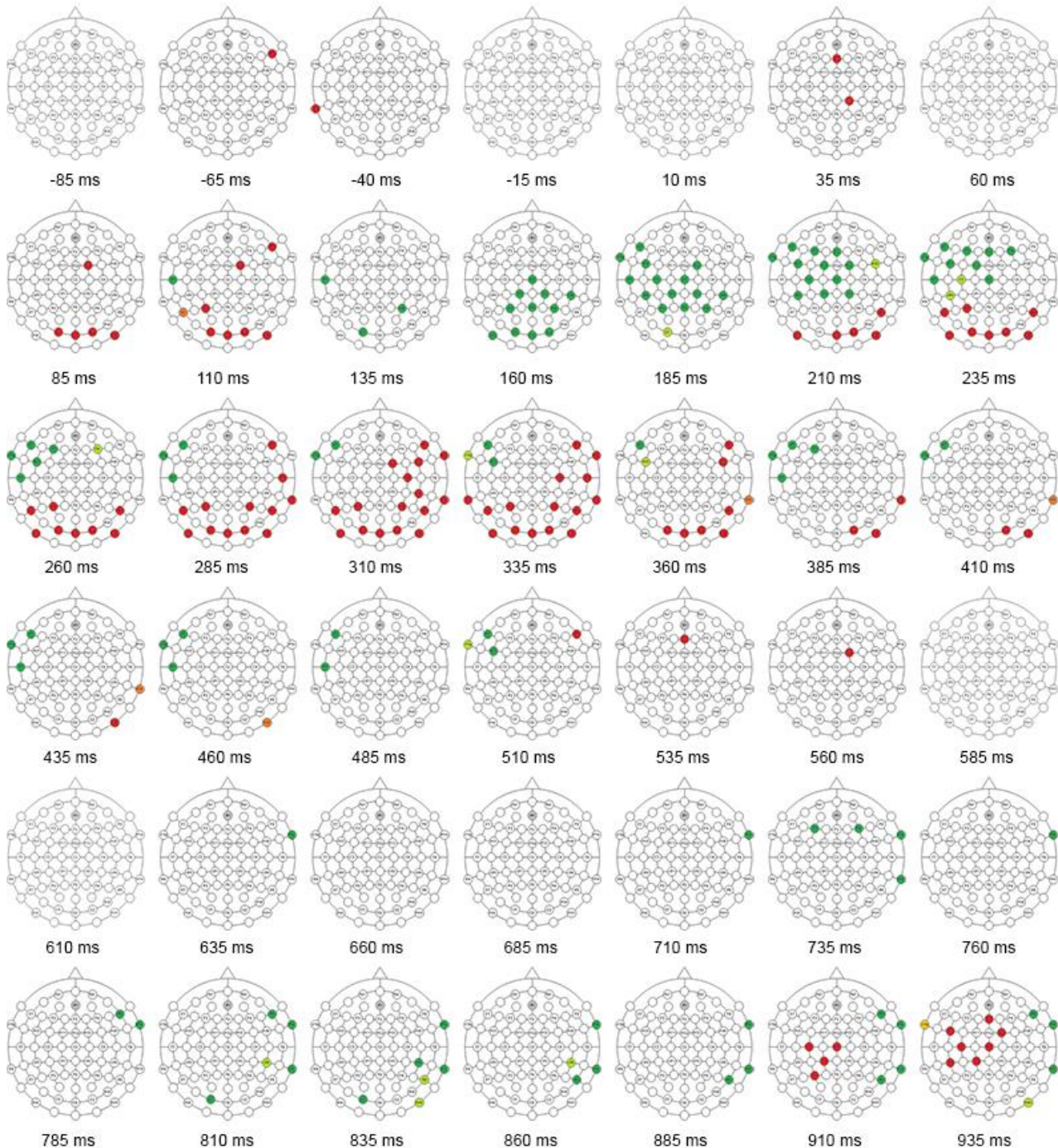
Електроде фронталних и темпоралних регија (F8, FT10, T8; Слика 32): Двофакторска ANOVA примењена на просечну амплитуду, Типичност (2) X Фронталност (3), открила је главни ефекат Типичности,  $F(1, 20) = 9.38, p = .006, \eta_p^2 = .32$ , уз значајно веће амплитуде у ситуацији излагања атипичних стимулуса. Добијени главни ефекат Фронталности,  $F(1.56, 31.14) = 8.58, p = .002, \eta_p^2 = .30$ , указује на постепени пораст вредности амплитуда од постериорних ка anteriорним електродама, са значајним разликама између предње (F8) и централне (FT10),  $t(20) = 3.21, p = .004$ , као и предње и задње (T8) електроде,  $t(20) = 3.23, p = .004$ . Анализа латенци (позитивни максимум) није показала значајне главне ефекте ни интеракције.



Слика 32. Илустрација прозора 7 на примеру главних усредњених таласа F8 електроде. Сива линија представља експерименталну ситуацију са типичним стимулусима, црвена линија представља ситуацију излагања атипичних стимулуса. У горњем делу су приказане десностране електроде коришћене у анализи.

## Сумирање активности у задатку именованја

Преглед тока ERP активности, односно разлика између просечних амплитуда између атипичних и типичних објеката указује да до првих значајних разлика долази у окципиталном појасу око 80 милисекунди након излагања стимулуса у виду позитивнијих амплитуда атипичних у односу на типичне стимулусе (Слика 33). Након тога се разлике могу уочити на паријеталном и централном појасу око 160 милисекунди, те левостраном фронтотемпоралном појасу око 185 милисекунди након излагања стимулуса, уз обрнути смер разлике, односно позитивније амплитуде типичних од атипичних стимулуса. Око 210 милисекунди долази до



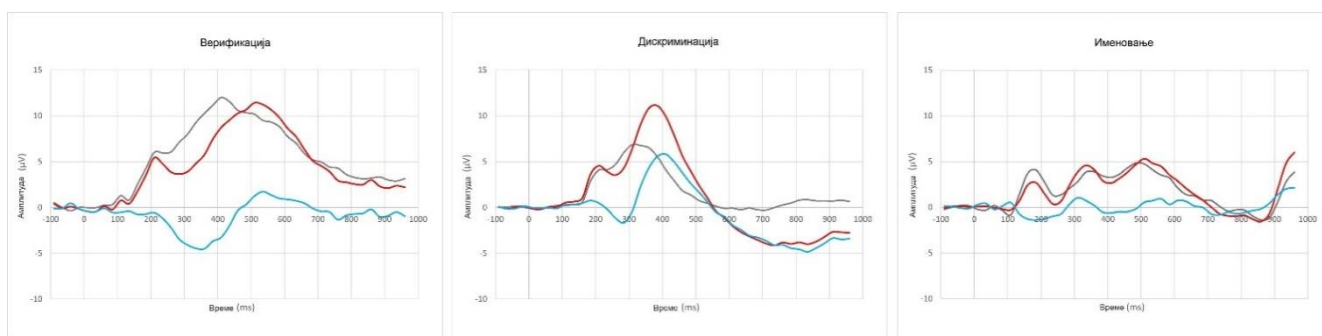
Слика 33. Ток разлика вредности амплитуда између атипичних и типичних објеката. Дате бројчане вредности означавају средину интервала (нпр. вредност 160 означава интервал од 147.5 до 172.5 милисекунди, односно  $160 \pm 12.5$  милисекунди). Црвени сегменти означавају значајно више амплитуде атипичних од типичних објеката, док зелени сегменти означавају више амплитуде типичних од атипичних објеката. Светлозелени и наранџасти сегменти означавају вредности на граници статистичке значајности.



даљег померања ових разлика фронтално уз истовремено поновну активацију постериорних регија коју одликује позитивнија вредност амплитуда атипичних објеката, што се затим уочава и у десностраним темпоралним и фронтотемпоралним регијама око 285 милисекунди након излагања стимулуса. Ова постериорна и деснострани фронтотемпорална разлика оквирно траје до 385 милисекунди, док се левострана фронтотемпорална разлика супротног смера одржава до оквирно 500 милисекунди након излагања стимулуса. Након тога следи дугачак период који не одликују значајне разлике између експерименталних ситуација, осим касне продужене активности на десној фронтотемпоралној електроди. Ова активност није узета у разматрање услед њене изолованости и релативно касног временског оквира који за потребе ове студије није од значаја.

## Поређење ERP профила

Визуелним прегледом ERP профила задатка именовања са профилима добијеним у оквиру задатка верификације и задатка дискриминације, стиче се утисак да задатак именовања није произвео компоненте P300 и N400 у оквиру зона које су у литератури описане као најпогодније за њихово испитивање (Kutas & Federmeier, 2011; Luck, 2014). У циљу прегледнијег представљања добијених профила, за сваки од три задатка у оквиру обе експерименталне ситуације формиране су криве које представљају просечне усредњене ERP таласе електрода фронталног, централног и паријеталног појаса, слично приступу коришћеном од стране Куиперса и сарадника (Kuipers et al., 2018). На тај начин су формирана три ERP профила који илуструју упросечену активност темене области, односно девет електрода (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz и P4) код истих учесника током три различита експеримента (Слика 34).



Слика 34. Просечни усредњени ERP таласи (верификација, дискриминација, именовање) са 9 фронталних, централних и паријеталних електрода (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4). Плава линија представља диференцијални талас.

У циљу прецизнијег испитивања сличности профила експеримента именовања са експериментима верификације и дискриминације, обављена је међусобна корелација добијених вредности амплитуда кореспондентних експерименталних ситуација у одговарајућем временском прозору. На овај начин добијамо увид да ли ток промена вредности амплитуда у датом прозору задатка именовања у већој мери одговара току промена амплитуда задатка верификације (N400 компоненти), току промена амплитуда задатка дискриминације (P300 компоненти), или не показује корелацију ни са једним од ова два задатка. Границе временског прозора у оквиру којег је обављено поређење су дефинисане на основу препорука из ERP литературе коришћених у задацима верификације и дискриминације, односно 272.5-522.5 милисекунди након излагања стимулуса. Поређење је ограничено на 9 електрода које

покривају области у оквиру којих је ефекат компоненти N400 и P300 у највећој мери изражен (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz и P4). Након одабирања временског одсечка, обављена је корелација између вредности амплитуда ситуације излагања типичних објеката у задатку именованја са вредностима амплитуда ситуације излагања конгруентних стимулуса у задатку верификације, као и са вредностима амплитуда ситуације излагања високофреквентних стимулуса у задатку дискриминације. На исти начин је обављена и корелација вредности амплитуда атипичних стимулуса са вредностима амплитуда неконгруентних, односно нискофреквентних стимулуса. Поред тога, обављена је и корелација између диференцијалних таласа добијених на следећи начин: у задатку именованја одузимањем вредности амплитуда атипичних од типичних објеката; у задатку верификације одузимањем вредности амплитуда неконгруентних од конгруентних стимулуса; за задатак дискриминације одузимањем вредности амплитуда нискофреквентних од високофреквентних стимулуса. Вредности добијених корелација су приказане у Табели 5, Табели 6 и Табели 7.

Табела 5. Корелације вредности амплитуда између ситуације излагања типичних стимулуса у задатку именованја са конгруентним стимулусима у задатку верификације, односно високофреквентним стимулусима у задатку дискриминације. Статистички значајне корелације на нивоу 0.05 су означене са \*, док су корелације на нивоу 0.01 означене са \*\*.

	Електрода	Верификација (конгруентни стимулуси)	Дискриминација (високофреквентни стимулуси)
Именовање (типични стимулуси)	F3	0.521	<b>-0.744*</b>
	Fz	0.027	<b>-0.67*</b>
	F4	0.284	<b>-0.769**</b>
	C3	0.523	<b>-0.691*</b>
	Cz	0.571	<b>-0.764*</b>
	C4	0.516	<b>-0.867**</b>
	P3	0.439	-0.06
	Pz	<b>0.743*</b>	-0.47
	P4	0.443	-0.41

Табела 6. Корелације вредности амплитуда између ситуације излагања атипичних стимулуса у задатку именованја са неконгруентним стимулусима у задатку верификације, односно нискофреквентним стимулусима у задатку дискриминације. Статистички значајне корелације на нивоу 0.05 су означене са \*, док су корелације на нивоу 0.01 означене са \*\*.

	Електрода	Верификација (неконгруентни стимулуси)	Дискриминација (нискофреквентни стимулуси)
Именовање (атипични стимулуси)	F3	0.503	-0.515
	Fz	0.609	<b>-0.698*</b>
	F4	0.159	-0.442
	C3	0.373	-0.519
	Cz	<b>0.771**</b>	-0.571
	C4	0.619	-0.36
	P3	-0.532	-0.032
	Pz	0.117	-0.097
	P4	<b>-0.647*</b>	0.264

Табела 7. Корелације вредности диференцијалних таласа задатка именованја (атипични-типични) са вредностима диференцијалних таласа задатка верификације (неконгруентно-конгруентно), односно са вредностима диференцијалних таласа задатка дискриминације (нискофреквентно-високофреквентно). Статистички значајне корелације на нивоу 0.05 су означене са \*, док су корелације на нивоу 0.01 означене са \*\*.

	Електрода	Верификација (диф. таласи)	Дискриминација (диф. таласи)
Именовање (диф. таласи)	F3	<b>0.504**</b>	<b>-0.321*</b>
	Fz	<b>0.483**</b>	<b>-0.507**</b>
	F4	0.174	0.119
	C3	0.201	<b>-0.449**</b>
	Cz	0.21	-0.299
	C4	-0.149	0.081
	P3	-0.093	-0.248
	Pz	-0.232	0.239
	P4	<b>-0.372*</b>	0.196

Како се може видети из приложених табела, једини конзистентни образац корелација на већини испитиваних електрода се уочава између ситуације излагања типичних стимулуса у задатку именованја и ситуације излагања високофреквентних стимулуса у задатку дискриминације. Међутим, добијене негативне корелације, чињеница да се овај образац не понавља у кореспондентној комбинацији ситуација излагања нискофреквентних и атипичних стимулуса, као и да предзнак корелација варира у случају диференцијалних таласа, указују да између профила амплитуда задатка именованја и задатка дискриминације у задатом временском прозору не постоји недвосмислен и конзистентан образац повезаности. Такође, ни између задатка именованја и задатка верификације није пронађена постојана и доследна веза вредности амплитуда. Наведени резултати указују да задатак именованја није произвео јасно издвојиве компоненте P300 и N400 у оквиру временског прозора и локација које се обично наводе у литератури.

## Дискусија

Основни циљ ове студије био је испитивање потенцијалног учешћа семантичке обраде визуелно приказаних атипичних објеката у задатку именованја. Испитано је да ли се обрада и класификација оваквих објеката примарно води фреквентношћу појављивања у свакодневном искуству (P300), одступањем од семантичког очекивања (N400) или неким другим обрасцем који се одвија раније током њихове обраде. На основу добијених података и разлика у амплитудама између експерименталних ситуација излагања типичних и атипичних објеката, формирано је седам временских прозора у оквиру којих је идентификовано неколико ERP компоненти. Најраније издвојене компоненте представљају постериорни P1 и N1, након којих следе централна P2 и предња N2 компонента, те продужена постериорна негативност. У оквиру левостраних фронтотемпоралних електрода се уочава активност која се састоји од више међусобно испреплетаних компоненти у виду N2 компоненте коју прате левострана позитивност и левострана негативност, док се са десне стране фронтотемпорално уочава деснострана позитивност.

Спроведени експеримент именованја није довео до јављања P300 и N400 компоненти на уобичајеним локацијама, што може бити последица њиховог изостанка, али и снижене активности или могућег поништења услед истовременог постојања супротно усмерене компоненте у истом временском оквиру. Имајући у виду да је ефекат P300 блиско повезан са вероватноћом излагања стимулуса на који се обраћа пажња, могло би се констатовати како

изостанак ове компоненте не мора бити велико изненађење, с обзиром на то да је вероватноћа излагања типичних и атипичних стимулуса била једнака. Међутим, један од циљева овог експеримента је представљао и тестирање осетљивости P300 ефекта, односно да ли се исти заснива само на вероватноћи дефинисаној експерименталним дизајном (краткорочно искуство), или може у извесној мери показати осетљивост и на општу вероватноћу сусрета са том врстом објеката уопште (наше претходно дугорочно искуство са предметима). Будући да атипичне објекте коришћене у задатку именовања сусрећемо изузетно ретко или никада, претпостављено је да би P300 ефекат могао послужити као индекс општег препознавања објеката, при чему би се бележиле позитивније вредности за предмете које врло ретко срећемо (као што су старе алатке), односно снижена позитивност за добро познате предмете (као што је лав). Изостанак разлике у временском прозору карактеристичном за P300 указује да то није случај и да ова компонента није погодна за ову врсту диференцијације. Такође, одсуство компоненте N400 сугерише да се разликовање атипичних и типичних стимулуса највероватније обавља и завршава пре овог временског оквира, односно да обрада оваквог типа објеката у задатку именовања не укључује семантичку обраду на начин на који је то кроз ову компоненту претпостављено. Иако се ефекат N400 компоненте у ужем смислу превасходно везује за нарушавање семантичког контекста формираног или унапред датог током саме експерименталне процедуре, испитана је и могућност концептуалног проширења појма контекста на сет очекиваних когнитивних операција који би садржао и неки вид интерне семантички кодираних представе која би служила као мустра за поређење. Као и у случају P300 компоненте, изостанак јасно издвојивог N400 ефекта на очекиваним локацијама указује да процес класификације оваквог типа објеката током задатка именовања највероватније не ангажује ту врсту и след процеса који доводе до јављања ове компоненте. Иако се компонента N400 већ дуго времена посматра као један од недвосмислених показатеља семантичке обраде, њен изостанак не значи и да се обрада одозго надоле аутоматски треба одбацити, посебно имајући у виду истраживања који потврђују овакав тип утицаја на ране ERP компоненте током визуелне обраде (Luryan & Clark, 2015; Maier & Abdel Rahman, 2019).

Сходно изостанку P300 и N400 компоненти, приступљено је поступном и детаљном прегледу обрасца разлика између експерименталних ситуација у дефинисаним временским прозорима на одговарајућим локацијама. Даља дискусија је превасходно фокусирана на претходно добијене статистички значајне ефекте који укључују димензију типичности.

### **P1 временски прозор (72.5–122.5 ms)**

ERP анализа је показала повећане амплитуде изазване атипичним објектима у раном временском прозору на окципиталним електродама, као и продужене латенце на паријетоокципиталним електродама. Узимајући у обзир локацију и време, ова активација би могла представљати постериорну визуелну компоненту P1, која је најистакнутија на постериорним електродама, досеже врхунац између 100 и 130 ms након излагања стимулуса и претпоставља се да претежно одражава активност из стриатних и латералних екстрастриатних визуелних области (Clark et al., 1994; Di Russo et al., 2002). P1 компонента је саставни део сваке ERP активације која прати приказивање визуелних стимулуса, осетљива је на карактеристике стимулуса и под утицајем је селективне пажње и степена узбуђености (arousal) појединца (Luck et al., 2000; Vogel & Luck, 2000). P1 талас се обично уочава у латералном окципиталном режњу, уз најизраженије вредности контралатерално у односу на локацију изазивања стимулуса (Mangun & Hillyard, 1987). Сматра се да повећање амплитуде P1-N1 блока представља интензивирање раног сензорног појачања (early sensory gain), при чему P1 одражава потискивање обраде на локацијама без надзора, док N1 одражава побољшање обраде локација на које је усмерена пажња (Hillyard et al., 1998). У овој студији се регистровано повећање амплитуде код атипичних стимулуса не може објаснити позицијом приказивања, јер су типични и атипични стимулуси излагани на исти начин. Поред тога, како експеримент није укључивао примовање или било какву инструкцију о посебном усмерењу пажње, ефекти

повећања P1 амплитуде и продужене латенце се не могу приписати ни овом типу интервенција. Као могући извори добијених разлика се издвајају одлике стимулуса за које је познато да могу довести до повећања амплитуда P1, као што су сложеност визуелних стимулуса, глобални амплитудни спектар и расподела боја на сликама (Martinovic et al., 2008; Rossion & Caharel, 2011). Такође, иако се сматра да је количина и утицај процеса одозго на доле на компоненту P1 ограничен (Luck, 2014), постоје истраживања која доводе у везу различите варијабле са модификацијама амплитуде P1, као што је степен сагласности са именом приказаних слика (Cheng et al., 2010), осетљивост на људско лице (Itier & Taylor, 2004), слике које изазивају емоционални одговор (Olofsson & Polich, 2007), аверзивни стимулуси (Smith et al., 2003) или претходно учење лингвистичких категорија (Maier & Abdel Rahman, 2019). У оквиру експеримента именована, још један од узрока који би могао утицати на P1 компоненту је и повишени степен узбуђености (arousal) појединца услед опажања атипичних објеката као тежих за обраду.

Тестирање могућих разлика у једноставним карактеристикама стимулуса између типичних и атипичних стимулуса, обављено је *post-hoc* поређењима на две димензије: расподела боја и визуелна сложеност, за које се сматра да утичу на амплитуду P1 (Rossion & Caharel, 2011). Вредности расподеле боја за сваку од фотографија су добијене на основу података алата хистограм у оквиру софтвера Adobe Photoshop (Adobe Photoshop CC, 2015). Поређење разлика у расподели боја између типичних и атипичних стимулуса обављено је помоћу рачунања средње вредности интензитета боја за сваку фотографију-стимулус укључујући и њену позадину (свеукупно површина од 1024x768 пиксела). Нису нађене значајне разлике у просечним вредностима интензитета боје између типичних и атипичних објеката,  $t(118) = 0.31, p = .76$ , као ни у њиховој варијабилности,  $t(118) = 0.99, p = .32$ . У циљу додатне провере, одабран је средишњи одсечак фотографије стимулуса величине 400x400 пиксела који је у целости садржао објекат, како би се што у већој могућој мери искључио утицај позадинске сиве монотоне површине на интензитет боја. Као и у претходном случају, нису пронађене значајне разлике у просечним вредностима интензитета боје,  $t(118) = 0.54, p = .59$ , као и њихове варијабилности,  $t(118) = 1.11, p = .27$ , између типичних и атипичних објеката.

У погледу визуелне сложености, упркос и даље присутној дебати о њеном дефинисању и начину мерења, коришћена је величина GIF датотека која се тренутно сматра довољно објективном и поузданом мером визуелне сложености (Forsythe, 2009). Примењени *t*-тест је показао значајне разлике између стимулуса-фотографија,  $t(118) = 5.89, p < .001$ , при чему слике атипичних објеката показују већи степен на овај начин формулисаних визуелних сложености од слика типичних објеката. Сходно томе, иако се потенцијални утицај других варијабли на амплитуду и латенцу P1 компоненте не може одбацити, у овом истраживању је оно највероватније последица неуравнотеженог избора стимулуса према овоме критеријуму.

### **N1 временски прозор (122.5–197.5 ms)**

Рани позитивни P1 талас праћен је негативним таласом у временском опсегу од 122.5–197.5 ms, најизраженијим на постериорним локацијама (паријеталне и окципиталне електроде). Узимајући у обзир временски оквир, локацију и визуелну инспекцију ERP таласа, ова активност би одговарала постериорној N1 компоненти. Резултати ове студије показују повећану негативност N1 компоненте у ситуацији излагања атипичних стимулуса на постериорним електродама у односу на типичне стимулусе. Luck (2014) сугерише да постоје најмање две постериорне компоненте N1 које достижу врхунац у опсегу од 150–200 ms након стимулуса, а које воде порекло из паријеталног и латералног окципиталног кортекса. Обе постериорне N1 компоненте су осетљиве на утицај просторне пажње, при чему латерални окципитални N1 показује додатну осетљивост у задацима дискриминације (Hopf et al., 2002). Према Вогелу и Лаку (Vogel & Luck, 2000) ефекат постериорне N1 дискриминације представља генерализовани механизам визуелне дискриминације који није јединствено повезан ни са једном специфичном карактеристиком стимулуса и није под утицајем степена

побуђености (*vigilance*), моторичке обраде или количине перцептивног оптерећења. Стога, ефекат који пажња врши на N1 може настати као последица два N1 ефекта за које се сматра да су повезани на такав начин да однос између њих остаје нејасан. То су, како наводе аутори, појачање обраде стимулуса на локацији којој се придаје пажња и процес дискриминације стимулуса. Иако задатак именован у овој студији био једноставан и није садржао експлицитне инструкције о дискриминацији или разврставању стимулуса, можемо претпоставити постојање неког позадинског процеса дискриминације, будући да су представљени стимулуси и одабрани на тај начин да се могу поделити у две категорије: објекте које је могуће лако именовати (типични стимулуси) и објекте које је тешко или немогуће именовати (атипични стимулуси). Сходно томе, обрада атипичних стимулуса у овом кораку би могла захтевати више ресурса пажње као и повећано улагање у процес дискриминације, што би се одразило на амплитуду N1. Важно је истаћи и да се добијено повећање N1 амплитуде не може приписати већем перцептивном оптерећењу приликом излагања атипичних стимулуса као у случају P1 амплитуде, пошто је показано да визуелна сложеност не утиче на амплитуду N1 (Vogel & Luck, 2000). Резултати ове студије показују да је разлика између типичних и атипичних стимулуса у оквиру N1 таласа била доследно присутна само на паријеталним локацијама, што указује да се вероватно само паријетална, али не и окципитална N1 компонента показала осетљивом на разлику између типичних и атипичних објеката. Сходно претходним истраживањима, направљена је јасна разлика између окципиталне и паријеталне N1 компоненте, при чему се за прву наводи осетљивост на луминансу и део је окципитално-темпоралног (вентралног) пројекционог пута, док паријетална N1 не показује осетљивост на луминансу стимулуса и део је окципитално-паријеталног (дорзалног) пројекционог пута (Johannes et al., 1995; Mangun, 1995). Неке новије студије подржавају ову диференцијацију, проналазећи снижење N1 таласа које је повезано са умором само на паријеталним, али не и на окципиталним локацијама (Trujillo et al., 2009). И поред тога, мало се зна о извору паријеталног N1 таласа и његовом функционалном значају, осим да је осетљив на пажњу.

## **P2 временски прозор (147.5–247.5 ms)**

На централним и центропаријеталним електродама је уочен позитивни талас који је достигао врхунац око 190 милисекунди након излагања стимулуса, и којег су одликовале више вредности амплитуде за типичне стимулусе. Према својим својствима, овај талас би могао представљати P2 активност која се обично може посматрати на anteriорним, централним и posteriорним локацијама електрода у визуелним задацима. Предња и централна P2 компонента су осетљиве на стимулусе који поседују одлике мете као и на учесталост излагања мете, уз већу позитивност уколико је мета ниске учесталости (Luck, 2014). Функционални значај anteriорног P2 ефекта је и даље непознат, као и то да ли се у основи овог ефекта налази једна P2 компонента или је у питању сложај више подложних компоненти на које различито утичу мете и стандардни стимулуси (Luck, 2011). Како су у овој студији типични и атипични стимулуси излагани са једнаком вероватноћом, P2 ефекат се не може приписати учесталости излагања мете. Као други могући извор разлике може се издвојити претпоставка како су типични стимулуси третирани (а самим тим и обрађивани) од стране испитаника као мете упркос томе што у оквиру експеримента није постојала експлицитна инструкција којом су типични стимулуси означени као мете, а атипични као стандардни стимулуси или дистрактори. Међутим, како типични стимулуси захтевају додатну обраду и у потпуности одговарају захтевима задатка (именовање, односно проналажење и изговарање имена приказаног објекта), док се атипични класификују као објекти које је тешко или немогуће именовати, могло би се претпоставити да се типичним стимулусима имплицитно додељује статус мете, будући да поседују већи степен релевантности за задатак, односно именоване. Па ипак, претходна истраживања указују на неопходност експлицитног постојања неке важне

одлике мете коју је могуће уочити како код мета тако и код стандардних стимулуса (Hillyard & Münte, 1984; Luck & Hillyard, 1994), како би се иста могла апстраховати и користити приликом обликовања одговора у експерименталним ситуацијама. Услед изостанка очигледних заједничких одлика типичних и атипичних стимулуса, добијени ефекат P2 не можемо лако објаснити коришћењем ове варијабле. Један од могућих извора ове разлике лежи у истраживањима утицаја одозго на доле на амплитуду P2, као што је процес перцептивног подударана, који укључује поређење стимулуса са неким контекстуално изведеним очекивањима (Evans & Federmeier, 2007; Federmeier et al., 2005). У студији у којој су уместо завршетка реченице излагане слике, амплитуда P2 је била већа за очекиване објекте, односно мања за неочекиване завршетке који су представљали нарушење категоријалне припадности, иако је ефекат био присутан само за стимулусе који су излагани у десном видном пољу (Federmeier & Kutas, 2002). Узимајући у обзир ову линију истраживања, могуће је добијене налазе тумачити у сличном светлу, где би се типични стимулуси третирали и обрађивали као очекивани (они који се могу именовати), док би се атипични стимулуси третирали и обрађивали као неочекивани (они који се не могу именовати). На тај начин, добијени P2 ефекат у овом истраживању би се могао боље објаснити усклађивањем са неким имплицитним контекстуално изведеним очекивањем, пре него неком од експлицитно присутних карактеристика мете у оквиру изложених стимулуса. Сходно томе, извор наведеног варирања P2 амплитуде би се у том случају могао пре повезати са обрадом одозго на доле, него са утицајем структуралних одлика стимулуса, односно процеса одоздо на горе.

### **Антериорни N2 временски прозор (172.5–272.5 ms)**

На фронталним и фронталним електродама је присутан негативни талас који досеже врхунац око 235 ms након излагања стимулуса, којег одликују негативније амплитуде у ситуацији која укључује атипичне стимулусе. Овај талас је по својим одликама најсличнији N2 активности, која се може посматрати на антериорним и постериорним локацијама у различитим ERP парадигмама. Предња N2 компонента је углавном повезана са инхибицијом одговора и познато је да варијабле, као што су неусклађеност са очекивањем (mismatch), такмичење у избору одговора (response selection competition) и повратна информација, утичу на њену амплитуду и латенцу (Luck, 2014). Неки аутори предлажу поделу антериорног визуелног N2 таласа на две различите компоненте, од којих је прва осетљива на неусклађеност са очекивањем, док би друга имала везе са контролом (Folstein & Van Petten, 2007). Прва фронтална N2 компонента би на тај начин била повезана са откривањем новина у серији излаганих стимулуса, односно нарушавањем перцептивног шаблона, док би друга одражавала когнитивну контролу у ситуацијама које укључују инхибицију одговора, сукобљавање одговора и надгледање грешака. Аутори истичу како у Oddball студијама N2 талас може настати не само као последица нарушавања краткорочног очекивања, већ и услед разлика са очекивањима која су заснована на дугорочном искуству, као што су визуелно непознати стимулуси. У оквиру ове студије, експеримент именована није одликовао стабилан перцептивни шаблон, односно серија идентичних понављајућих стимулуса повремено прекиданих другачијим стимулусима, те се N2 ефекат не може приписати утицају краткорочног експериментално одређеног контекста. Међутим, пошто се атипични објекти процењују као веома непознати, N2 ефекат може донекле одражавати одступање од шаблона заснованог на дугорочном искуству (претходно визуелно искуство са објектима). Као други могући извор повећања N2 амплитуде код атипичних објеката би се могла издвојити већа количина когнитивне контроле утрошена у сусрету са атипичним стимулусима, с обзиром на то да их је врло тешко или немогуће именовати. У том случају, након што се објекту се не може доделити адекватно име, следи инхибиција одговора и прекид даљег претраживања речи. Како се антериорни N2 првенствено посматра као реакција на стимулусе који нису мете (инхибиција одговора на дистракторе или стандардне стимулусе), то би био додатни аргумент за претпоставку да се типични објекти имплицитно третирају као мете у овом задатку (који се могу именовати), док се атипични обрађују као стандардни или ирелевантни стимулуси (који

се не могу именовати). Поред тога, неопходно је истаћи да је поред менталне инхибиције задатак именована укључивао и значајну количину моторичке инхибиције. Како се обрада типичних објеката обавља лако и брзо, испитаници без утрошка пуно напора прелазе на следећи стимулус притиском на тастер након именована објекта. Међутим, приликом излагања атипичних стимулуса, та моторичка реакција може бити донекле одложена или инхибирана све док се објекат не класификује као такав да га је немогуће именовати. Штавише, пошто су атипични објекти приказани у овом истраживању стварни објекти који у извесној мери личе на друге објекте које је лако идентификовати, они се могу сматрати тежим за обраду у поређењу са неким немогућим или артифицијелним објектима који би се могли одбацити знатно брже. У прилог овој тези иду и налази из Go/no-go парадигми који показују да излагања у којима је теже направити разлику између мете и осталих стимулуса изазивају веће N2 амплитуде у односу на излагања где је та диференцијација лакша, односно где постоји јаснија разлика између стимулуса (Azizian et al., 2006). Међутим, у изостанку додатних бихејвиоралних и ERP података, претходне тврдње није могуће потврдити или оповргнути.

### **Постериорни N2 временски прозор (197.5–372.5 ms)**

Нешто шири временски прозор у коме су биле присутне разлике између типичних и атипичних објеката идентификован је на постериорним електродама у виду дуготрајног негативног таласа, уз веће вредности негативности типичних у односу на атипичне објекте. Негативан талас који се може посматрати у овом временском прозору одликује нешто одложенија латенца у поређењу са антериорним N2 таласом, али и дуготрајнија разлика у амплитудама између експерименталних ситуација. Овако особени сложај одлика присутне активације би могао указивати на преклапање више компоненти и таласа, уместо само једног негативно усмереног таласа. Једна од компоненти која би се могла приписати овом таласу је постериорна N2 компонента, такође названа N2с. Иако њен функционални значај још увек није схваћен, N2с компонента је осетљива на вероватноћу појављивања мете и показује већу амплитуду што је мета ређа (Luck, 2014). Такође, њена дистрибуција по кожи главе зависи и од модалитета излаганих стимулуса, при чему се изражена постериорна активација уочава у визуелним задацима, односно фронтоцентрална током аудитивних задатака (Folstein & Van Petten, 2007). Како је вероватноћа излагања у експерименту именована била једнака између типичних и атипичних објеката, повећана постериорна негативност на типичне стимулусе се не може објаснити овом варијаблом. Поред вероватноће излагања, постериорни N2 се такође повезује са процесом категоризације стимулуса и количином вољно усмерене пажње (Eimer, 1997; Harter & Guido, 1980; Suwazono et al., 2000). Узимајући у обзир наведена истраживања, повећана постериорна негативност код типичних објеката може одсликавати већу количину вољно усмерене пажње утрошене приликом њихове даље обраде и категоризације.

Друга компонента која би се могла издвојити имајући у виду локацију и временски оквир продужене постериорне негативности је такозвана изборна негативност (selection negativity – SN). SN представља повећану негативност за стимулусе на које се обраћа пажња, јавља се између 100 и 300 милесекунди након излагања стимулуса, и одражава већу количину ресурса пажње усмерених на стимулусе са карактеристикама релевантним за задатак (Harter & Aine, 1984). SN се стога сматра компонентом која је у вези са селективном пажњом и до сада је истраживана у многим визуелним задацима. SN је повезана са селективном анализом током визуелног опажања (Smid et al., 1999), уз налазе који указују на вишеструке SN компоненте у зависности од циљаног својства, као што су боја, облик или кретање (Martin-Loeches et al., 1999), као и различите SN дистрибуције по можданим сферама у зависности од просторних фреквенција стимулуса (Martínez et al., 2001). Иако досадашња истраживања и даље нису пружила јасне доказе да ли N2с и SN представљају исте или различите компоненте, обе се повезују са пажњом показујући сличне ефекте. Сходно томе, може се претпоставити да питање једне или две подложне компоненте није у тој мери од кључног значаја уколико је њихов ефекат преклапајући. У експерименту именована, повећана активација постериорне N2



компоненте за типичне стимулусе је у складу са тумачењем претходно анализираних компоненти (P2, антериорни N2), потврђујући да се типични, односно стимулуси које је могуће именовати третирају као мете. Као такви, пролазе додатну обраду и стога изискују више ресурса пажње.

Још један од могућих извора регистроване продужене негативности би се могао приписати и такозваној негативности обраде (processing negativity), коју је предложио Наатанен (Näätänen, 1982) описујући је као ендегену негативност везану за пажњу која одражава даљу обраду након почетног одабира стимулуса или након што стимулуси испуне критеријум да буду окарактерисани као мета. Међутим, ова линија истраживања се ослањала на једноставне стимулусе, експлицитно дефинисан циљни критеријум, кратак интерстимулусни интервал и велику сличност стандардних стимулуса и мета, што у овом истраживању није био случај.

### **Левострани широки временски прозор (172.5–492.5 ms)**

На сету левостраних фронталних, фронтотемпоралних и темпоралних електрода је пронађена продужена разлика између типичних и атипичних објеката изражена кроз конзистентно више амплитуде типичних објеката у оквиру целокупног трајања овог прозора. Имајући у виду измену поларитета таласа, у оквиру овог прозора се могу посматрати три мање целине, које по својим одликама указују на потенцијални след три таласа. Први талас одликује негативни максимум оквирно око 250 милисекунди након излагања стимулуса, други талас достиже позитивни максимум око 340 милисекунди након излагања стимулуса, док трећи досеже негативни максимум око 400 милисекунди након излагања стимулуса.

Како се ова зона издваја као једна од кључних приликом именовања објеката, разлике у интензитету активације између типичних и атипичних објеката кроз наведени продужени временски прозор су на неки начин и очекиване. Магнетоенцефалографска истраживања (MEG) указују да се приликом именовања слика може уочити значајна активација левог темпоралног режња око Верникеове зоне која почиње око 200 милисекунди након излагања стимулуса и досеже свој максимум око 350 милисекунди, што одговара фази фонолошког кодирања (Levelt et al., 1998). У оквиру првог дела овог временског оквира се јавља и први талас разлика који одликује негативни отклон који досеже свој максимум око 250 милисекунди након излагања стимулуса, што би могло представљати латералну екстензију већ описане антериорне N2 компоненте. Овом становишту у прилог иде и претходно установљена већа левострано изражена амплитуда ове компоненте у оквиру обе експерименталне ситуације. Један од интересантних налаза је да без обзира на тежину, односно могућност именовања приказаног објекта, то није утицало у већој мери на латенцу антериорне и постериорне N2 компоненте. Добијени резултат је у складу са истраживањима која су се бавила испитивањем начина на који се обавља фонолошко и семантичко кодирање, говорећи у прилог паралелном моделу обраде на супрот серијалном, односно да се фонолошко кодирање може обављати истовремено уз опозив семантичких одлика (Abdel Rahman & Sommer, 2003).

Други уочени талас који досеже свој позитивни максимум око 340 милисекунди након излагања стимулуса се приближно креће у временским границама друге половине интервала фонолошког кодирања. Сматра се да се током овог временског прозора одвија појачана активација левостраног супериорног темпоралног гируса и темпоропаријеталног чвора, односно Верникеове зоне, док се деснострано уочава дифузнија и удаљенија активност (Levelt et al., 1998). Наведено потврђују и резултати истраживања у оквиру кога је поређена диференцијална ЕЕГ активност између гласног именовања и пасивног посматрања приказаних слика објеката, који указују на израженију левострану диференцијалну активност током именовања на појасу латералних електрода AF7, F7, FT7, TP7, P7, и PO7, у временском оквиру од 275 до 400 милисекунди након излагања стимулуса, што аутори приписују активности Верникеове зоне током фонолошког кодирања (Eulitz et al., 2000). У овој студији се у оквиру

левостраног прозора уочава конзистентно виша активност амплитуда типичних објеката који су изискивали именоване у односу на атипичне објекте на које су испитаници одговарали са „не знам“. Будући да се у оквиру обе експерименталне ситуације одвија неки вид фонолошког кодирања (односно и приликом одговора „не знам“), наведена разлика између типичних и атипичних стимулуса се вероватно не може објаснити већим ангажманом Верникеове зоне. Ово потврђују и претходна истраживања у којима није добијена разлика између експерименталних ситуација током фонолошког кодирања, уколико је експериментални протокол укључивао и гласан одговор на контролне стимулусе, иако је исти био у виду кратке речи „да“ и служио само да би испитаник потврдио како је видео приказани стимулус (Price et al., 1996). Као још једна од компоненти којом би се могао објаснити позитивни талас је свакако P300 активност. Међутим, у спроведеном експерименту диференцијације је показано да овај сет електрода није погодан за мерење и испитивање P300 компоненте, будући да је ефекат локализован само на темпоралне електроде, услед њихове близине зонама у којима је ефекат P300 најјачи. Поред тога, у задатку диференцијације, овај ефекат је био билатерално конзистентан, односно амплитуде приликом нискофреквентних излагања су биле веће на обе постериорне латералне електроде, док је у задатку именовања присутна инверзија амплитуда у зависности од хемисфере. Свеукупно, на основу доступних података и прегледа сличних истраживања, постојећи позитивни талас у овом временском оквиру се не може у потпуности јасно интерпретирати.

Последњи део таласа разлика одликује негативни отклон који досеже свој максимум 400 милисекунди од излагања стимулуса. Слични резултати су добијени у комбинованој ERP и fMRI студији где је показано да се разлике између објеката који су тешки за именоване и објеката које је лако именовати могу уочити левострано фронтотемпорално у оквиру временског прозора који одликује негативни максимум 400 милисекунди након излагања стимулуса, уз кореспондентну активацију инфериорног фронталног гируса, што аутори описују као N400 (Wagshul et al., 2005). Истраживања која су комбиновала ERP и интракранијалне електроде пласиране у темпорални режањ код пацијената планираних за оперативне захвате, потврђују вишеструку N400 активацију у темпоралним и префронталним зонама (Guillem et al, 1995), као и јављање такозване anteriorno медијално темпоралне N400 компоненте (anterior medial temporal lobe N400, ATML N400), описујући ову активност као део генералне N400 компоненте која се уобичајено региструје на централним и паријеталним електродама (Nobre & McCarthy, 1995). Иако преглед бројних истраживања потврђује како се значајан допринос N400 компоненти највероватније може лоцирати пре свега у левом темпоралном режњу (Van Petten & Luka, 2006), њена најизраженија ERP активност се сада већ традиционално уочава на централним и паријеталним регионима коже главе, односно скалпа. Сходно томе, упитно је у којој мери би N400 компонента била видљива само на левостраним темпоралним, али не и на осталим регионима, а посебно уколико се узме у обзир њена нешто израженија активација деснострано (Kutas & Federmeier, 2011). Такође, у оквиру ове студије, спроведена анализа одабраних латералних регија у задатку верификације показује изостанак јасно изражене N400 компоненте, упркос уоченом тренду. Имајући у виду да парадигма одабрана за изазивање ове компоненте није довела до њеног регистровања на латералним регијама, као и да су у питању идентични испитаници који су учествовали у задатку именовања, претпоставка о евентуалном латералном N400 ефекту у задатку именовања би се могла одбацити. Као и у случају претходног дела таласа који одликује позитивни отклон, ову финалну разлику између типичних и атипичних објеката на основу доступних података није могуће недвосмислено интерпретирати.

## Деснострани касни позитивни прозор (272.5–397.5 ms)

За разлику од левостраних електрода, на десној страни је разлика између типичних и атипичних објеката уочена у краћем временском опсегу који одликује касни позитивни талас са максимумом око 350 милисекунди након излагања стимулуса и већим вредностима амплитуде за атипичне објекте. Слични резултати су добијени у студији класификације визуелних стимулуса која није укључивала вербални одговор, где се у оквиру временског периода од 200 до 400 милисекунди од излагања стимулуса (L1 компонента<sup>6</sup>) извештава о сниженој амплитуди познатих објеката у односу на непознате, уз изражене деснострани ефекте укључујући паријетоокципиталне и фронтоцентралне електроде (Gruber et al., 2006), што може указивати да се порекло деснострани разлике може тражити у процесу класификације који не укључује језичку обраду. И генерално, повишена деснострани активација се обично везује за процес препознавања објеката и лица, док се повишена левострани активација везује за процес препознавања речи (Regna et al., 2004). Такође, студије одложеног именовања код билингвалних испитаника који говоре енглески и кинески, указују на повећану активацију десних префронталних регија у временском оквиру од 300 до 400 милисекунди након излагања стимулуса за кинеске карактере (логограме) у односу на енглеске речи које су имале већу медијално фронталну активацију (Liu & Perfetti, 2003), што донекле релативизује стриктну поделу на леву језичку и десну формално-сликовну обраду. Како је у овој студији добијен супротан смер разлика између типичних и атипичних стимулуса у зависности од хемисфере, поставља се питање да ли је овај ефекат последица једног или више процеса, тим пре што се ове разлике региструју у оквиру зона које укључују сложену активацију визуелних, меморијских, семантичких и лингвистичких процеса. Као један од могућих начина интерпретације оваквог обрасца активације у датом временском периоду јесте хипотеза о ангажовању два преклапајућа, али различита процеса приликом покушаја препознавања приказаних објеката: присећања (recollection) које представља опозив квалитативних информација о околностима или догађајима и познатости (familiarity) која би представљала генерализованију меру снаге меморије (Yonelinas et al., 2010). У складу са овом хипотезом, ERP истраживања присећања претходно учених фотографија указују да се током процеса процене познатости у временском оквиру од 300 до 450 милисекунди након излагања стимулуса у већој мери ангажују антериорне левострани регије, док се током процеса присећања у већој мери активирају регије антериорно деснострани (Duarte et al., 2004). Примењено на резултате ове студије, то би значило да обрада типичних објеката током задатка именовања у већој мери ангажује процес процене познатости, док обраду атипичних објеката одликује већа активација процеса присећања. Имајући у виду да приказане типичне објекте одликује и врло висок степен познатости, њихово брзо и лако препознавање се добро уклапа у претходни модел левострани процене познатости, док би атипични објекти услед ниске познатости изискивали додатно присећање, што би се одразило у виду повећане деснострани активације. Ипак, за разлику од претходних временских прозора ван латералних локација у оквиру којих су уочене познате и експериментално претходно детаљно испитане компоненте, целокупну интерпретацију левострани и деснострани активације треба узети са значајном количином резерве.

---

<sup>6</sup> У питању је пригодно, а не конвенционално име које су аутори дали овој компоненти, описујући је као прва касна компонента, односно L1 (*late*)

## Закључак

Упркос томе што и даље није у потпуности јасно у ком тачно кораку обраде атипични објекти бивају класификовани као објекти које није могуће именовати, ERP резултати показују да процес диференцијације започиње врло рано, у виду разлика амплитуди које почињу око 120 милисекунди након излагања стимулуса и завршавају се оквирно око 500 милисекунди након излагања стимулуса. Након тог временског периода није уочен даљи стабилни образац разлика између типичних и атипичних објеката, што може указивати на завршетак процеса диференцијације, али и на могуће пребацивање даље обраде у оквиру кортикалних структура неподложних ERP испитивању. У претходној анализи истакнута је претпоставка о различитом третману и обради типичних и атипичних објеката у неколико корака. Убрзо након излагања, атипични објекти привлаче више пажње (N1), након чега врло брзо бивају обележени као неочекивани стимулус, односно стандарни стимулус или дистрактор (P2), са изражено неуобичајеним одликама, те као такви одступају од дугорочног контекста (антериорни N2) при чему се покушаји препознавања заснивају на процесу присећања (деснострани позитивни прозор). Поред тога, како нису релевантни за задатак (не могу се именовати), доводе до инхибиције одговора (антериорни N2) и прекида улагања ресурса пажње (постериорни N2). Ово објашњење је у складу и са неким од претходних истраживања која подржавају идеју да постериорна негативност одражава процесе након којих се евалуација стимулуса завршава и започиње бихевиорални одговор (Harter & Guido, 1980; Smid et al., 1999).

Насупрот томе, типични објекти почетно захтевају мање пажње (N1), уз имплицитну доделу ознаке мете релевантне за задатак (P2), бивају опажени као познати и очекивани (антериорни N2, левострана фронтотемпорална активација), и у складу са задатком подвргнути даљој обради, уз ангажовање додатних вољно усмерених ресурса пажње (постериорни N2). Као кључна тачка која доводи до различитих линија обраде, издваја се имплицитна додела ознака мете и стандардног стимулуса/дистрактора, односно подела на објекте који се могу и не могу именовати. Сам механизам додељивања ознака остаје нејасан, с обзиром на то да не постоје објективне и очигледне одлике стимулуса јединствене за типичне или атипичне објекте, као ни експлицитне експерименталне инструкције које би указивале на ову разлику. Као једна од опција која би се могла узети у обзир, може се претпоставити имплицитна примена неког контекстуалног правила релативно рано у обради, највероватније у оквирима P2-N2 временског прозора, што би потврђивало неки вид утицаја одозго на доле. Иако се не може тврдити да је овај процес доделе у облику јасно формулисане ознаке или лингвистичке категорије, могуће је да се нека врста менталне репрезентације која укључује језик користи у формулисању вештачког контекста који утиче на категоризацију слике, као што је претходно сугерисано (Luayan & Clark, 2015). Занимљиво је да се ова конструкција и тестирање контекста не обавља у временском оквиру N400 компоненте, што је било првобитно очекивање ове студије, већ се одвија знатно раније на нивоима обраде у којима у мањој мери директно учествују компоненте које одражавају више когнитивне процесе. Сходно томе, резултати указују да се приликом обраде и класификације овог типа објеката количина одозго на доле ресурса користи изразито економично, односно тек у оној мери колико је то неопходно за успешно извршење задатка. Другим речима, уместо ослањања на учесталост појављивања (P300) или семантичко очекивање (N400), на нижем нивоу обраде се потенцијално обликује неки вид привременог концептуално-перцептивног прототипа или репрезентације погодне за брзу и ефикасну доделу ознаке мете. Претходно је поменуто како је за успешну класификацију неопходан процес упоређивања са репрезентацијом објекта, при чему не постоји јасан консензус у погледу природе и сложености ових репрезентација, те оне могу бити у виду списка категорија, мустре, структуралног описа, итд. (Palmer, 1999). И коначно, систем поређења датог прототипа би се могао ослањати на процесе познатости и присећања који додатно оптимизују процес класификације, након чега даља обрада прелази на фонолошку раван.

## Литература

- Abdel Rahman, R., & Sommer, W. (2003). Does phonological encoding in speech production always follow the retrieval of semantic knowledge? *Cognitive Brain Research*, *16*(3), 372–382. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00305-1](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00305-1)
- Azizian, A., Freitas, A. L., Parvaz, M. A., & Squires, N. K. (2006). Beware misleading cues: Perceptual similarity modulates the N2/P3 complex. *Psychophysiology*, *43*(3), 253–260. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00409.x>
- Balconi, M., & Pozzoli, U. (2005). Morphed facial expressions elicited a N400 ERP effect: A domain-specific semantic module? *Scandinavian Journal of Psychology*, *46*(6), 467–474. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2005.00478.x>
- Bruin, K. J., & Wijers, A. A. (2002). Inhibition, response mode, and stimulus probability: a comparative event-related potential study. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *113*(7), 1172–1182. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(02\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(02)00141-4)
- Busch, N. A., Herrmann, C. S., Müller, M. M., Lenz, D., & Gruber, T. (2006). A cross-laboratory study of event-related gamma activity in a standard object recognition paradigm. *NeuroImage*, *33*(4), 1169–1177. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.07.034>
- Carroll, J. B. (1971). Measurement properties of subjective magnitude estimates of word frequency. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *10*(6), 722–729. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(71\)80081-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(71)80081-6)
- Cheng, X., Schafer, G., & Akyürek, E. G. (2010). Name agreement in picture naming: An ERP study. *International Journal of Psychophysiology*, *76*(3), 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.03.003>
- Cheung, O. S., & Gauthier, I. (2014). Visual appearance interacts with conceptual knowledge in object recognition. *Frontiers in Psychology*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00793>
- Clark, V. P., Fan, S., & Hillyard, S. A. (1994). Identification of early visual evoked potential generators by retinotopic and topographic analyses. *Human Brain Mapping*, *2*(3), 170–187. <https://doi.org/10.1002/hbm.460020306>
- Clark, V. P., & Hillyard, S. A. (1996). Spatial Selective Attention Affects Early Extrastriate But Not Striate Components of the Visual Evoked Potential. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *8*(5), 387–402. <https://doi.org/10.1162/jocn.1996.8.5.387>
- Coch, D., & Gullick, M. M. (2011). *Event-Related Potentials and Development*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0235>
- Craddock, M., Martinovic, J., & Lawson, R. (2011). An Advantage for Active versus Passive Aperture-Viewing in Visual Object Recognition. *Perception*, *40*(10), 1154–1163. <https://doi.org/10.1068/p6974>
- Di Russo, F., Martínez, A., Sereno, M. I., Pitzalis, S., & Hillyard, S. A. (2002). Cortical sources of the early components of the visual evoked potential: Cortical Sources of VEP. *Human Brain Mapping*, *15*(2), 95–111. <https://doi.org/10.1002/hbm.10010>
- Donchin, E. (1981). Surprise!? Surprise? *Psychophysiology*, *18*(5), 493–513. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb01815.x>
- Doniger, G. M., Foxe, J. J., Murray, M. M., Higgins, B. A., Snodgrass, J. G., Schroeder, C. E., & Javitt, D. C. (2000). Activation Timecourse of Ventral Visual Stream Object-recognition

- Areas: High Density Electrical Mapping of Perceptual Closure Processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(4), 615–621. <https://doi.org/10.1162/089892900562372>
- Donkers, F. C. L., & van Boxtel, G. J. M. (2004). The N2 in go/no-go tasks reflects conflict monitoring not response inhibition. *Brain and Cognition*, 56(2), 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.04.005>
- Duarte, A., Ranganath, C., Winward, L., Hayward, D., & Knight, R. T. (2004). Dissociable neural correlates for familiarity and recollection during the encoding and retrieval of pictures. *Cognitive Brain Research*, 18(3), 255–272. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2003.10.010>
- Eimer, M. (1993). Effects of attention and stimulus probability on ERPs in a Go/Nogo task. *Biological Psychology*, 35(2), 123–138. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(93\)90009-W](https://doi.org/10.1016/0301-0511(93)90009-W)
- Eimer, M. (1997). An event-related potential (ERP) study of transient and sustained visual attention to color and form. *Biological Psychology*, 44(3), 143–160. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(96\)05217-9](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05217-9)
- Eulitz, C., Hauk, O., & Cohen, R. (2000). Electroencephalographic activity over temporal brain areas during phonological encoding in picture naming. *Clinical Neurophysiology*, 111(11), 2088–2097. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(00\)00441-7](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(00)00441-7)
- Evans, K. M., & Federmeier, K. D. (2007). The memory that's right and the memory that's left: Event-related potentials reveal hemispheric asymmetries in the encoding and retention of verbal information. *Neuropsychologia*, 45(8), 1777–1790. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.12.014>
- Falkenstein, M., Hoormann, J., & Hohnsbein, J. (1999). ERP components in Go/Nogo tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychologica*, 101(2–3), 267–291. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(99\)00008-6](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(99)00008-6)
- Federmeier, K. D., & Kutas, M. (2002). Picture the difference: Electrophysiological investigations of picture processing in the two cerebral hemispheres. *Neuropsychologia*, 40(7), 730–747. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00193-2](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00193-2)
- Federmeier, K. D., Mai, H., & Kutas, M. (2005). Both sides get the point: Hemispheric sensitivities to sentential constraint. *Memory & Cognition*, 33(5), 871–886. <https://doi.org/10.3758/BF03193082>
- Flieller, A., & Tournois, J. (1994). Imagery value, Subjective and objective frequency, Date of entry into the language, and degree of polysemy in a sample of 998 French words. *International Journal of Psychology*, 29(4), 471–509. <https://doi.org/10.1080/00207599408246553>
- Folstein, J. R., & Van Petten, C. (2007). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45, 152–170. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00602.x>
- Forsythe, A. (2009). Visual Complexity: Is That All There Is? In D. Harris (Ed.), *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics* (Vol. 5639, pp. 158–166). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02728-4\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02728-4_17)
- Forsythe, A., Mulhern, G., & Sawey, M. (2008). Confounds in pictorial sets: The role of complexity and familiarity in basic-level picture processing. *Behavior Research Methods*, 40(1), 116–129. <https://doi.org/10.3758/BRM.40.1.116>

- Fujihara, N., Nageishi, Y., Koyama, S., & Nakajima, Y. (1998). Electrophysiological evidence for the typicality effect of human cognitive categorization. *International Journal of Psychophysiology*, 29(1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(97\)00099-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(97)00099-8)
- Gauthier, I., James, T. W., Curby, K. M., & Tarr, M. J. (2003). The influence of conceptual knowledge on visual discrimination. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3–6), 507–523. <https://doi.org/10.1080/02643290244000275>
- Gilmore, C. S., Clementz, B. A., & Buckley, P. F. (2005). Stimulus sequence affects schizophrenia–normal differences in event processing during an auditory oddball task. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.01.020>
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, 15(1), 20–25. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(92\)90344-8](https://doi.org/10.1016/0166-2236(92)90344-8)
- Gruber, T., Trujillo-Barreto, N. J., Giabbiconi, C.-M., Valdés-Sosa, P. A., & Müller, M. M. (2006). Brain electrical tomography (BET) analysis of induced gamma band responses during a simple object recognition task. *NeuroImage*, 29(3), 888–900. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.09.004>
- Guillem, Fran., N’Kaoua, B., Rougier, A., & Claverie, B. (1995). Intracranial topography of event-related potentials (N400/P600) elicited during a continuous recognition memory task. *Psychophysiology*, 32(4), 382–392. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1995.tb01221.x>
- Harter, M. R., & Aine, C. J. (1984). Brain mechanisms of visual selective attention. In R. Parasuraman & D. R. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 293–321). Orlando, FL: Academic Press.
- Harter, M. R., & Guido, W. (1980). Attention to pattern orientation: Negative cortical potentials, reaction time, and the selection process. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 49(5–6), 461–475. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(80\)90389-2](https://doi.org/10.1016/0013-4694(80)90389-2)
- Hauk, O., Patterson, K., Woollams, A., Cooper-Pye, E., Pulvermüller, F., & Rogers, T. T. (2007). How the Camel Lost Its Hump: The Impact of Object Typicality on Event-related Potential Signals in Object Decision. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(8), 1338–1353. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.8.1338>
- Hillyard, S. A., & Anllo-Vento, L. (1998). Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(3), 781–787. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.3.781>
- Hillyard, S. A., & Münte, T. F. (1984). Selective attention to color and location: An analysis with event-related brain potentials. *Perception & Psychophysics*, 36(2), 185–198. <https://doi.org/10.3758/BF03202679>
- Hillyard, S. A., Vogel, E. K., & Luck, S. J. (1998). Sensory gain control (amplification) as a mechanism of selective attention: Electrophysiological and neuroimaging evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 353(1373), 1257–1270. <https://doi.org/10.1098/rstb.1998.0281>
- Hopf, J.-M., Vogel, E., Woodman, G., Heinze, H.-J., & Luck, S. J. (2002). Localizing Visual Discrimination Processes in Time and Space. *Journal of Neurophysiology*, 88(4), 2088–2095. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.4.2088>
- Horst, J. S., & Hout, M. C. (2016). The Novel Object and Unusual Name (NOUN) Database: A collection of novel images for use in experimental research. *Behavior Research Methods*, 48(4), 1393–1409. <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0647-3>

- Humphreys, G. W., Riddoch, M. J., & Quinlan, P. T. (1988). Cascade processes in picture identification. *Cognitive Neuropsychology*, 5(1), 67–104.  
<https://doi.org/10.1080/02643298808252927>
- Huster, R. J., Enriquez-Geppert, S., Lavalley, C. F., Falkenstein, M., & Herrmann, C. S. (2013). Electroencephalography of response inhibition tasks: Functional networks and cognitive contributions. *International Journal of Psychophysiology*, 87(3), 217–233.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.08.001>
- Indefrey, P., & Levelt, W. J. M. (2004). The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition*, 92(1–2), 101–144. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2002.06.001>
- Iragui, V., Kutas, M., & Salmon, D. P. (1996). Event-related brain potentials during semantic categorization in normal aging and senile dementia of the Alzheimer's type. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 100(5), 392–406.
- Isreal, J. B., Chesney, G. L., Wickens, C. D., & Donchin, E. (1980). P300 and Tracking Difficulty: Evidence For Multiple Resources in Dual-Task Performance. *Psychophysiology*, 17(3), 259–273. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1980.tb00146.x>
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004). N170 or N1? Spatiotemporal Differences between Object and Face Processing Using ERPs. *Cerebral Cortex*, 14(2), 132–142.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhg111>
- Jodo, E., & Kayama, Y. (1992). Relation of a negative ERP component to response inhibition in a Go/No-go task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 82(6), 477–482.  
[https://doi.org/10.1016/0013-4694\(92\)90054-L](https://doi.org/10.1016/0013-4694(92)90054-L)
- Johannes, S., Münte, T. F., Heinze, H. J., & Mangun, G. R. (1995). Luminance and spatial attention effects on early visual processing. *Cognitive Brain Research*, 2(3), 189–205.  
[https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)90008-X](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)90008-X)
- Kappenman, E. S., & Luck, S. J. (2011). *ERP Components: The Ups and Downs of Brainwave Recordings*. Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0014>
- Kayser, J., Tenke, C. E., Gil, R., & Bruder, G. E. (2010). ERP Generator Patterns in Schizophrenia during Tonal and Phonetic Oddball Tasks: Effects of Response Hand and Silent Count. *Clinical EEG and Neuroscience*, 41(4), 184–195.  
<https://doi.org/10.1177/155005941004100405>
- Kopp, B., Mattler, U., Goertz, R., & Rist, F. (1996). N2, P3 and the lateralized readiness potential in a nogo task involving selective response priming. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 99(1), 19–27. [https://doi.org/10.1016/0921-884X\(96\)95617-9](https://doi.org/10.1016/0921-884X(96)95617-9)
- Kuipers, J. R., Jones, M. W., & Thierry, G. (2018). Abstract images and words can convey the same meaning. *Scientific Reports*, 8(1), 7190. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25441-5>
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62(1), 621–647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
- Lei, Y., Li, F., Long, C., Li, P., Chen, Q., Ni, Y., & Li, H. (2010). How does typicality of category members affect the deductive reasoning? An ERP study. *Experimental Brain Research*, 204(1), 47–56. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2292-5>
- Levelt, W. J. M. (1999). Models of word production. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(6), 223–232.  
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01319-4](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01319-4)



- Levelt, W. J. M., Praamstra, P., Meyer, A. S., Helenius, P., & Salmelin, R. (1998). An MEG Study of Picture Naming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *10*(5), 553–567. <https://doi.org/10.1162/089892998562960>
- Levelt, W. J. M., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, *22*(01). <https://doi.org/10.1017/S0140525X99001776>
- Lijffijt, M., Lane, S. D., Meier, S. L., Boutros, N. N., Burroughs, S., Steinberg, J. L., ... Swann, A. C. (2009). P50, N100, and P200 sensory gating: Relationships with behavioral inhibition, attention, and working memory. *Psychophysiology*, *46*(5), 1059–1068. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00845.x>
- Liu, H., Agam, Y., Madsen, J. R., & Kreiman, G. (2009). Timing, Timing, Timing: Fast Decoding of Object Information from Intracranial Field Potentials in Human Visual Cortex. *Neuron*, *62*(2), 281–290. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.02.025>
- Liu, Y., & Perfetti, C. A. (2003). The time course of brain activity in reading English and Chinese: An ERP study of Chinese bilinguals. *Human Brain Mapping*, *18*(3), 167–175. <https://doi.org/10.1002/hbm.10090>
- Llorens, A., Trébuchon, A., Riès, S., Liégeois-Chauvel, C., & Alario, F.-X. (2014). How familiarization and repetition modulate the picture naming network. *Brain and Language*, *133*, 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.03.010>
- Luck, S. J. (2011). *Electrophysiological Correlates of the Focusing of Attention within Complex Visual Scenes: N2pc and Related ERP Components*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0161>
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique* (Second edition). The MIT Press.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, *31*(3), 291–308. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb02218.x>
- Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (2011). ERP Components and Selective Attention. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0144>
- Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 432–440. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01545-X](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01545-X)
- Lupyan, G., & Clark, A. (2015). Words and the World: Predictive Coding and the Language-Perception-Cognition Interface. *Current Directions in Psychological Science*, *24*(4), 279–284. <https://doi.org/10.1177/0963721415570732>
- Lupyan, G., Rakison, D. H., & McClelland, J. L. (2007). Language is not Just for Talking: Redundant Labels Facilitate Learning of Novel Categories. *Psychological Science*, *18*(12), 1077–1083. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.02028.x>
- Lupyan, G., Thompson-Schill, S. L., & Swingle, D. (2010). Conceptual Penetration of Visual Processing. *Psychological Science*, *21*(5), 682–691. <https://doi.org/10.1177/0956797610366099>
- Maier, M., & Abdel Rahman, R. (2019). No matter how: Top-down effects of verbal and semantic category knowledge on early visual perception. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *19*(4), 859–876. <https://doi.org/10.3758/s13415-018-00679-8>

- Mangun, G. R. (1995). Neural mechanisms of visual selective attention. *Psychophysiology*, 32(1), 4–18. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1995.tb03400.x>
- Mangun, G. R. R., & Hillyard, S. A. (1987). The Spatial Allocation of Visual Attention as Indexed by Event-Related Brain Potentials. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 29(2), 195–211. <https://doi.org/10.1177/001872088702900207>
- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. (1988). Spatial gradients of visual attention: Behavioral and electrophysiological evidence. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 70(5), 417–428. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(88\)90019-3](https://doi.org/10.1016/0013-4694(88)90019-3)
- Mangun, G. R., Hillyard, S. A., & Luck, S. J. (1993). Electrocortical substrates of visual selective attention. In *Attention and performance 14: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience*. (pp. 219–243). The MIT Press.
- Martin-Loeches, M., Hinojosa, J. A., & Rubia, F. J. (1999). Insights from event-related potentials into the temporal and hierarchical organization of the ventral and dorsal streams of the visual system in selective attention. *Psychophysiology*, 36(6), 721–736. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3660721>
- Martínez, A., Di Russo, F., Anllo-Vento, L., & Hillyard, S. A. (2001). Electrophysiological analysis of cortical mechanisms of selective attention to high and low spatial frequencies. *Clinical Neurophysiology*, 112(11), 1980–1998. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(01\)00660-5](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(01)00660-5)
- Martinovic, J., Gruber, T., & Müller, M. M. (2008). Coding of Visual Object Features and Feature Conjunctions in the Human Brain. *PLoS ONE*, 3(11), e3781. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003781>
- Martinovic, J., Lawson, R., & Craddock, M. (2012). Time Course of Information Processing in Visual and Haptic Object Classification. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00049>
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314–324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- McClelland, J. L. (1979). On the time relations of mental processes: An examination of systems of processes in cascade. *Psychological Review*, 86(4), 287–330. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.86.4.287>
- Mecklinger, A., & Ullsperger, P. (1993). P3 varies with stimulus categorization rather than probability. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 86(6), 395–407. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(93\)90135-I](https://doi.org/10.1016/0013-4694(93)90135-I)
- Mecklinger, A., & Ullsperger, P. (1995). The P300 to novel and target events: A spatio-temporal dipole model analysis. *NeuroReport*, 7(1), 241–245. <https://doi.org/10.1097/00001756-199512290-00058>
- Murphy, G. L., & Ross, B. H. (2005). The two faces of typicality in category-based induction. *Cognition*, 95(2), 175–200. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.01.009>
- Näätänen, R. (1982). Processing negativity: An evoked-potential reflection. *Psychological Bulletin*, 92(3), 605–640. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.92.3.605>
- Näätänen, R. (2018). *Attention and Brain Function* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429487354>

- Näätänen, R., & Picton, T. (1987). The N1 Wave of the Human Electric and Magnetic Response to Sound: A Review and an Analysis of the Component Structure. *Psychophysiology*, 24(4), 375–425. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1987.tb00311.x>
- Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus—Norepinephrine system. *Psychological Bulletin*, 131(4), 510–532. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.4.510>
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., van den Wildenberg, W., & Ridderinkhof, K. R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a go/no-go task: Effects of response conflict and trial type frequency. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(1), 17–26. <https://doi.org/10.3758/CABN.3.1.17>
- Nobre, A., & McCarthy, G. (1995). Language-related field potentials in the anterior-medial temporal lobe: II. Effects of word type and semantic priming. *The Journal of Neuroscience*, 15(2), 1090–1098. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.15-02-01090.1995>
- Novak, G. P., Ritter, W., Vaughan, H. G., & Wiznitzer, M. L. (1990). Differentiation of negative event-related potentials in an auditory discrimination task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 75(4), 255–275. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(90\)90105-S](https://doi.org/10.1016/0013-4694(90)90105-S)
- O'Donnell, B. F., Shenton, M. E., McCarley, R. W., Faux, S. F., Smith, R. S., Salisbury, D. F., ... Jolesz, F. A. (1993). The auditory N2 component in schizophrenia: Relationship to MRI temporal lobe gray matter and to other ERP abnormalities. *Biological Psychiatry*, 34(1–2), 26–40. [https://doi.org/10.1016/0006-3223\(93\)90253-A](https://doi.org/10.1016/0006-3223(93)90253-A)
- O'Donnell, B. F., Swearer, J. M., Smith, L. T., Hokama, H., & McCarley, R. W. (1997). A topographic study of ERPs elicited by visual feature discrimination. *Brain topography*, 10(2), 133–143. <https://doi.org/10.1023/a:1022203811678>
- Olichney, J. M., Morris, S. K., Ochoa, C., Salmon, D. P., Thal, L. J., Kutas, M., & Iragui, V. J. (2002). Abnormal verbal event related potentials in mild cognitive impairment and incipient Alzheimer's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 73(4), 377–384. <https://doi.org/10.1136/jnnp.73.4.377>
- Olivares, E., Bobes, M. A., Aubert, E., & Valdes-Sosa, M. (1994). Associative ERP effects with memories of artificial faces. *Cognitive Brain Research*, 2(1), 39–48. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(94\)90019-1](https://doi.org/10.1016/0926-6410(94)90019-1)
- Olivares, E. I., Iglesias, J., & Antonieta Bobes, M. (1999). Searching for face-specific long latency ERPs: A topographic study of effects associated with mismatching features. *Cognitive Brain Research*, 7(3), 343–356. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(98\)00038-X](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(98)00038-X)
- Olofsson, J. K., & Polich, J. (2007). Affective visual event-related potentials: Arousal, repetition, and time-on-task. *Biological Psychology*, 75(1), 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2006.12.006>
- Palmer, S. E. (1999). *Vision science: Photons to phenomenology*. MIT Press.
- Pegna, A. J., Khateb, A., Michel, C. M., & Landis, T. (2004). Visual recognition of faces, objects, and words using degraded stimuli: Where and when it occurs. *Human Brain Mapping*, 22(4), 300–311. <https://doi.org/10.1002/hbm.20039>
- Pernet, C., Basan, S., Doyon, B., Cardebat, D., Démonet, J.-F., & Celsis, P. (2003). Neural timing of visual implicit categorization. *Cognitive Brain Research*, 17(2), 327–338. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(03\)00134-4](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(03)00134-4)

- Pfefferbaum, A., Ford, J. M., Weller, B. J., & Kopell, B. S. (1985). ERPs to response production and inhibition. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 60(5), 423–434. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(85\)91017-X](https://doi.org/10.1016/0013-4694(85)91017-X)
- Picton, T. W. (2010). *Human auditory evoked potentials*. Plural Pub.
- Picton, T. W., & Hillyard, S. A. (1974). Human auditory evoked potentials. II: Effects of attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 36, 191–200. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(74\)90156-4](https://doi.org/10.1016/0013-4694(74)90156-4)
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10), 2128–2148. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.019>
- Polich, J. (2011). *Neuropsychology of P300*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0089>
- Portella, C., Machado, S., Arias-Carrión, O., Sack, A. T., Silva, J. G., Orsini, M., Araujo Leite, M. A., Cardoso Silva, A., Nardi, A. E., Cagy, M., Piedade, R., & Ribeiro, P. (2012). Relationship between early and late stages of information processing: An event-related potential study. *Neurology International*, 4(3), 16. <https://doi.org/10.4081/ni.2012.e16>
- Pratt, H. (2011). *Sensory ERP Components*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0050>
- Price C. J., Moore C. J., Humphreys G. W., Frackowiak R. S. J. and Friston Karl John (1996). The neural regions sustaining object recognition and naming. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 263(1376), 1501–1507. <https://doi.org/10.1098/rspb.1996.0219>
- Rabovsky, M., Sommer, W., & Abdel Rahman, R. (2012). Depth of Conceptual Knowledge Modulates Visual Processes during Word Reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(4), 990–1005. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_00117](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00117)
- Ritter, W., Simson, R., Vaughan, H., & Friedman, D. (1979). A brain event related to the making of a sensory discrimination. *Science*, 203(4387), 1358–1361. <https://doi.org/10.1126/science.424760>
- Rosch, E. (1975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104(3), 192–233. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.104.3.192>
- Rossion, B., & Caharel, S. (2011). ERP evidence for the speed of face categorization in the human brain: Disentangling the contribution of low-level visual cues from face perception. *Vision Research*, 51(12), 1297–1311. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.003>
- Salisbury, D. F., O'Donnell, B. F., McCarley, R. W., Shenton, M. E., & Benavage, A. (1994). The N2 event-related potential reflects attention deficit in schizophrenia. *Biological Psychology*, 39(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(94\)90053-1](https://doi.org/10.1016/0301-0511(94)90053-1)
- Sams, M., Paavilainen, P., Alho, K., & Näätänen, R. (1985). Auditory frequency discrimination and event-related potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*, 62(6), 437–448. [https://doi.org/10.1016/0168-5597\(85\)90054-1](https://doi.org/10.1016/0168-5597(85)90054-1)
- Savić, A. M., Lontis, E. R., Mrachacz-Kersting, N., & Popović, M. B. (2020). Dynamics of movement-related cortical potentials and sensorimotor oscillations during palmar grasp movements. *European Journal of Neuroscience*, 51(9), 1962–1970. <https://doi.org/10.1111/ejn.14629>

- Savić, O., Savić, A. M., & Ković, V. (2017). Comparing the temporal dynamics of thematic and taxonomic processing using event-related potentials. *PLOS ONE*, *12*(12), e0189362. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189362>
- Schneider, G. E. (1969). Two Visual Systems: Brain mechanisms for localization and discrimination are dissociated by tectal and cortical lesions. *Science*, *163*(3870), 895–902. <https://doi.org/10.1126/science.163.3870.895>
- Smid, H. G. O. M., Jakob, A., & Heinze, H.-J. (1999). An event-related brain potential study of visual selective attention to conjunctions of color and shape. *Psychophysiology*, *36*(2), 264–279. <https://doi.org/10.1017/S0048577299971135>
- Smith, N. K., Cacioppo, J. T., Larsen, J. T., & Chartrand, T. L. (2003). May I have your attention, please: Electrocortical responses to positive and negative stimuli. *Neuropsychologia*, *41*(2), 171–183. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00147-1](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00147-1)
- Smith, C. M., & Federmeier, K. D. (2020). Neural Signatures of Learning Novel Object–Scene Associations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *32*(5), 783–803. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01530](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01530)
- Snyder, E., & Hillyard, S. A. (1976). Long-latency evoked potentials to irrelevant, deviant stimuli. *Behavioral Biology*, *16*(3), 319–331. [https://doi.org/10.1016/S0091-6773\(76\)91447-4](https://doi.org/10.1016/S0091-6773(76)91447-4)
- Soldan, A., Zarahn, E., Hilton, H. J., & Stern, Y. (2008). Global familiarity of visual stimuli affects repetition-related neural plasticity but not repetition priming. *NeuroImage*, *39*(1), 515–526. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.08.011>
- Sommer, W., Matt, J., & Leuthold, H. (1990). Consciousness of attention and expectancy as reflected in event-related potentials and reaction times. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*(5), 902–915. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.5.902>
- Strijkers, K., Costa, A., & Thierry, G. (2010). Tracking Lexical Access in Speech Production: Electrophysiological Correlates of Word Frequency and Cognate Effects. *Cerebral Cortex*, *20*(4), 912–928. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp153>
- Suwazono, S., Machado, L., & Knight, R. T. (2000). Predictive value of novel stimuli modifies visual event-related potentials and behavior. *Clinical Neurophysiology*, *111*(1), 29–39. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00186-8](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00186-8)
- Šoškić, A., Jovanović, V., Styles, S. J., Kappenman, E. S., & Kovic, V. (2020). *How to do better N400 studies: Reproducibility, consistency and adherence to research standards in the existing literature* [Preprint]. PsyArXiv. <https://doi.org/10.31234/osf.io/jp6wy>
- Thompson, G. L., & Desrochers, A. (2009). Corroborating biased indicators: Global and local agreement among objective and subjective estimates of printed word frequency. *Behavior Research Methods*, *41*(2), 452–471. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.2.452>
- Trujillo, L. T., Kornguth, S., & Schnyer, D. M. (2009). An ERP Examination of the Different Effects of Sleep Deprivation on Exogenously Cued and Endogenously Cued Attention. *Sleep*, *32*(10), 1285–1297. <https://doi.org/10.1093/sleep/32.10.1285>
- Valente, A., Bürki, A., & Laganaro, M. (2014). ERP correlates of word production predictors in picture naming: A trial by trial multiple regression analysis from stimulus onset to response. *Frontiers in Neuroscience*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00390>

- Van Petten, C., & Luka, B. J. (2006). Neural localization of semantic context effects in electromagnetic and hemodynamic studies. *Brain and Language*, 97(3), 279–293. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.11.003>
- Vitevitch, M. S. (2002). The influence of phonological similarity neighborhoods on speech production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(4), 735–747. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.4.735>
- Vitevitch, M. S., Armbrüster, J., & Chu, S. (2004). Sublexical and Lexical Representations in Speech Production: Effects of Phonotactic Probability and Onset Density. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2), 514–529. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.2.514>
- Vogel, E. K., & Luck, S. J. (2000). The visual N1 component as an index of a discrimination process. *Psychophysiology*, 37(2), 190–203. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3720190>
- Wagshul, M. E., Azizian, A., Fiore, S., Korgaonkar, M. S., Perkins, C. J., Watson, T., & Squires, N. K. (2005). A Picture Naming Task for Measuring Brain Activity with Functional MRI and Event-Related Potentials. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 13:772
- Winkler, I., Denham, S., & Escera, C. (2013). Auditory Event-related Potentials. In D. Jaeger & R. Jung (Eds.), *Encyclopedia of Computational Neuroscience* (pp. 1–29). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7320-6\\_99-1](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7320-6_99-1)
- Woldorff, M. G., Fox, P. T., Matzke, M., Lancaster, J. L., Veeraswamy, S., Zamarripa, F., Seabolt, M., Glass, T., Gao, J. H., Martin, C. C., & Jerabek, P. (1997). Retinotopic organization of early visual spatial attention effects as revealed by PET and ERPs. *Human Brain Mapping*, 5(4), 280–286. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0193\(1997\)5:4<280::AID-HBM13>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0193(1997)5:4<280::AID-HBM13>3.0.CO;2-I)
- Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(8), 2031–2046. <https://doi.org/10.3758/BF03196680>
- Yonelinas, A. P., Aly, M., Wang, W.-C., & Koen, J. D. (2010). Recollection and familiarity: Examining controversial assumptions and new directions. *Hippocampus*, 20(11), 1178–1194. <https://doi.org/10.1002/hipo.20864>

## Биографија

Војислав Јовановић (1977) је завршио студије психологије на Филозофском факултету у Београду, где је дипломирао 2005. године на тему „Психодијагностичка средства процене у клиничкој пракси“. Непосредно по окончању студија, у периоду од 2005. до 2008. године био је ангажован као демонстратор у оквиру предмета "Клиничка психологија и психодијагностика", Катедре за Клиничку психологију, Одсек за Психологију, Филозофски Факултет, Универзитета у Београду. Током 2010. године у оквиру Специјалистичких студија, учествовао је у интернационалном пројекту ASPEN (Anti Stigma Programme European Network) - INDIGO (International Study of Discrimination and Stigma Outcomes). Специјализацију из Медицинске психологије је завршио 2012. године на Медицинском факултету у Београду, када је стекао звање Специјалисте медицинске психологије. Крајем 2016. године, уписује докторске академске студије психологије на Филозофском факултету у Београду. У периоду од 2005. до 2021. године, био је запослен у Клиници за психијатријске болести „Др Лаза Лазаревић“, на позицији клиничког психолога. Од септембра 2020. године стиче звање Истраживач приправник на Одељењу за психологију Филозофског факултета у Београду. Коаутор је више радова публикованим у часописима са SCI листе.

## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Војислав Н. Јовановић

Број индекса: 4Р16-4

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом *Неурофизиолошки корелати семантичке обраде у перцепцији атипичних објеката*

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## **Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада**

Име и презиме аутора: Војислав Н. Јовановић

Број индекса: 4Р16-4

Студијски програм: Психологија

Наслов рада: Неурофизиолошки корелати семантичке обраде у перцепцији атипичних објеката

Ментор: проф. др Вања Ковић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Неурофизиолошки корелати семантичке обраде у перцепцији атипичних објеката

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.