

Mesterséges nyelvtan vizsgálata eyetracker és EEG segítségével Az eseményhez kötött kiváltott válaszokban tükröződő különbségek

Készítette: Zimmer Márta (BME Kognitív Tudományi Tanszék)

Dátum: 2014. július 25.

Az elemzés módszertana

1.1 A kísérleti kondíciók

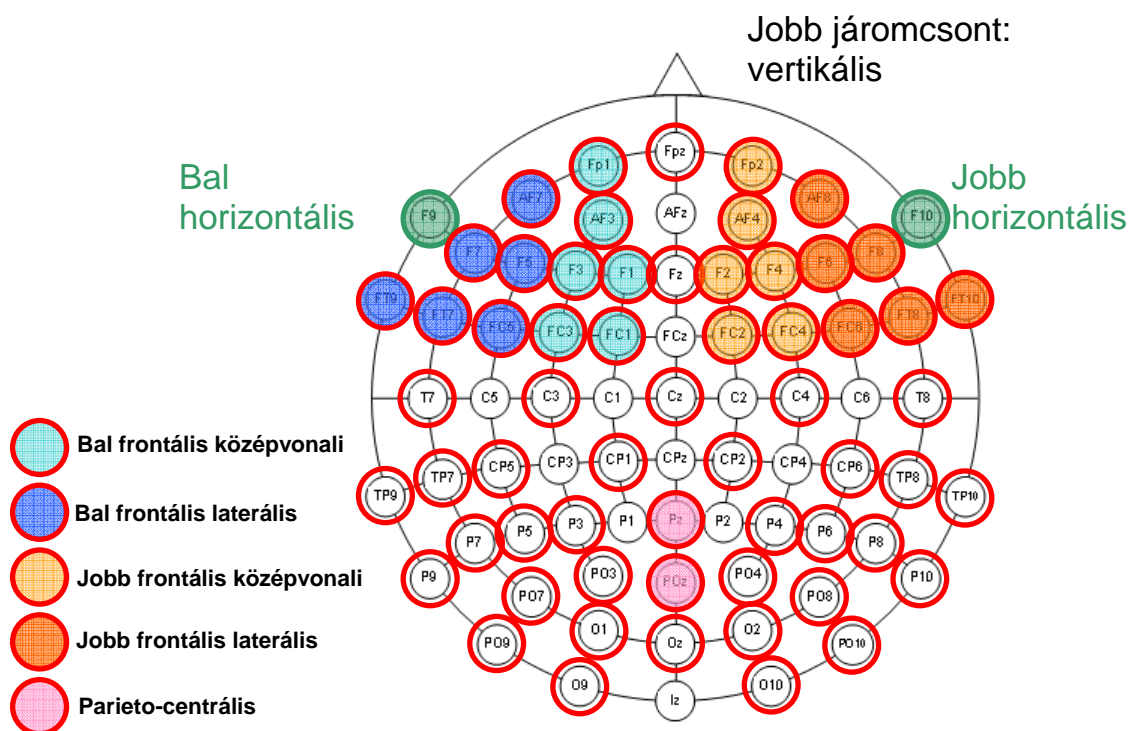
A paradigmában alkalmazott mesterségesen létrehozott szavakat, illetve az azokon tükröződő szabályszerűségek meglétét vagy sértését Pajkossy Péter beszámolója tartalmazza (1. – 3. kondíciók).

1.2 Technikai és szoftveres információk

Az eseményfüggő kiváltott potenciálok mérését a BrainProducts GmbH által gyártott Vision Recorder segítségével végeztük (BrainProducts GmbH, München, Németország). Az így rögzített nyers EEG regisztrátumokat a regisztráló programhoz tartozó Vision Analyzer (verziószám: 1.05.0002) programcsomaggal analizáltuk (BrainProducts GmbH, München, Németország). A kapott kiváltott válaszokat, különbségi görbéket és skalpeloslásokat (aktivitási térképek) e program grafikus felületéből nyertük ki.

EEG regisztráció részletek: az EEG adatokat 60 ezüst/ezüstklorid (Ag/AgCl) elektróda elhelyezésével rögzítettük. Az elektródákat a nemzetközi kiterjesztett 10/20-as rendszer szerint helyeztük el, az 1. ábrán látható elrendezésben (az egy színnel jelölt csoportok az analízis során a későbbiekben definiált alcsoportokat jelzik, virtuálisan létrehozott, ún. poolozott elektróda-klasztereket képeztünk, ezek együttes jelén végeztük a statisztikai összehasonlításokat). A montázs láthatóan szimmetrikusan és nagymértékben lefedi az egész skalpot. Bár a regisztráció alatt szemmozgáskövető kamerát is alkalmaztunk, de az EEG jelben tükröződő, szemmozgás által kiváltott elektromos agyi aktivitást ugyanúgy rögzíteni kellett (a későbbi analízisek során ezt az aktivitást kivonjuk az össz-aktivitásból). Így két horizontális (egy a bal- és egy a jobb oldalon, a sapkába beépített elektródák – F9 és F10) és egy vertikális (jobb járomcsontra helyezve) csatornán rögzítettük a szemmozgásból adódó elektromos aktivitást. A föld elektródát a homlokra középvonalba ragasztottuk fel, míg referenciaként a bal- és jobb fülcimpára csíptettünk elektródákat, melyeket virtuálisan kötöttünk össze. A mintavételezési frekvencia 500 Hz volt (tehát minden 2. millisekundumban rögzítette a gép a 60 csatornán mérhető aktivitást). A rögzített kb. alanyonként 10-12 perces nyers EEG adatokat (regisztráció során a gép alanyonként 3 file-t generál, egy .eeg kiterjesztésű adatfile-t, valamint egy .vhdr file, ami a csatornákat, az erősítő beállításait, valamint az impedancia-értékeket tartalmazza és egy .vmrk file, ami a marker file, ez tartalmazza a triggererek számát és pozícióját). Egy kis kitérő: a triggerelés. Ahhoz, hogy a folyó EEG adathalmazból eseményhez kötött kiváltott válasz legyen, meg kell tudnunk adni a gépnek, hogy az a bizonyos esemény, melynek az agyi aktivitásban tükröződő hatását akarjuk mérni, pontosan mikor jelent meg. Ehhez tehát jelezniünk kell a nulla időpillanatot – ez lesz egy trigger jel az EEG erősítőnek, melyet a regisztráció alatt ugyanúgy megjelenít egy külön csatornán a regisztráló rendszer (a jel egy párhuzamos porton keresztül jut be az erősítőbe). Mivel jelen paradigmában 3 különböző szókatégória volt, így 3 trigger jelet használtunk (S1,

S2 és S3). Külön került triggerelésre az alany által adott válasz is – a program alapján S7-es jelet küldött a prezentáló gép abban az esetben, amikor az alany helyesen döntött és S8-as jelet abban az esetben, ha helytelenül. A később offline analízis során tehát olyan 3 másodperc hosszúságú ún. szegmenseket vizsgáltam, melyek nulla időpillanata S1, S2 vagy S3 volt, és ezt követően 3 másodpercen belül érkezett egy S7-es vagy S8-as jel is (ekkor válaszolt ugyanis az alany a megadott időn belül). Bár releváns kérdés lenne azon esetek összehasonlítása, ahol az alany helyesen döntött versus ahol nem, sajnos a Pajkossy Péter beszámolójában látható viselkedési adatok is arra utalnak, hogy ez sok alany esetében nagyon szélsőséges volt, így bizonyos esetekben minimális szegmens kerülne egy kategóriába, ami a kiváltott válaszok esetén azt jelenti, hogy a nagy átlag (Grand Average) EKP-k is nagyon zajosak maradnának.



Referencia: bal és jobb fülcimpa –
virtuálisan
összekötött csatornák

1. ábra – regisztráció montáza, elektróda-klaszterek elhelyezkedése

Visszatérve az analízisre: az offline analízis első lépéseként a szemmozgás korrekciókat végeztük el Gratton és Cole algoritmussal. Ezután digitálisan re-referenciáltuk az adathalmazt, egy virtuálisan definiált átlag-elektrodát hoztunk létre az alanyok egyéni alapaktivitásának megadása érdekében. Ezután szegmentáltuk az EEG nyers adatsort, minden szegmensünk 3100 ms hosszúságú volt, az inger megjelenése előtti 100 ms-tól az inger megjelenését követő 3000 ms-ig vettük ki és átlagoltuk az egyes eseteket. Az alapvonal korrekciót (Baseline correction) a (-100,0) időablakban végeztük el. DC trend korrigálás után a szegmenseket szemiautomatikus módon válogattuk – a programban beépített kritériumrendszert egyénileg felülbírálhattuk. A pislogást, mozgási műterméket

vagy alapvonal-eltolódásokat tartalmazó szegmenseket kivettük a végső átlagolásból. Alesetenként külön hoztunk létre személyenként átlagszegmenseket, melyeket filtereztünk (Butterworth zero phase filter; 0.1 – 30 Hz; slope: 24 dB/oct) és alapvonalat korrigáltunk. Az impedanciát 5kOhm alatt tartottuk. Két alanyt sűrű pislogások miatt, míg egy alanyt idegen eredetű elektromos zajhatás miatt ki kellett venni a végső analízisből (rendre a 2-es, 10-es és 13-as alanyok). A kiexportált eredmények további egy alany kizárását (4-es számú alany) eredményezték, akinek adatai 2 szórásértéknél nagyobb mértékben tértek el a többiekől kinyert adatoktól.

1.3 Eseményfüggő kiváltott potenciálok analízise

Kiváltott válasz analízisek: a megmaradt 12 alany adataiból nagy átlagokat készítettünk, valamint egyénekenként különbségi görbéket hoztunk létre, melyekből szintén nagy átlagokat képeztünk. Ezáltal az alábbi eseteket különítettük el:

- 1-es szókatégória (VN-csere – pl. gíjtáhszefúmvelpursze)
- 2-es szókatégória (helytelen toldalékolás – pl. veltáhszegíjszepursze)
- 3-as szókatégória (helyes, szabályszerű szavak – pl. velfúmszetáhszekolsze)
- különbségi görbék 1. – az 1-es kategóriába tartozó szavak által kiváltott válaszok eltérése a szabályszerű (3-as) szavak által kiváltott válaszoktól
- különbségi görbék 2. – az 2-es kategóriába tartozó szavak által kiváltott válaszok eltérése a szabályszerű (3-as) szavak által kiváltott válaszoktól

A 12 alany nagy átlaga alapján skalpeloszlásokat néztünk meg, melyek egyértelműen azt sugallták, hogy a frontális területek aktivitásában kereshetjük a mesterséges nyelvtan segítségével létrehozott helyes, szabályszerű és helytelen szavak kódolása és feldolgozása közötti különbséget. Emiatt a mérhetetlen mennyiségű adatokat leredukáltuk és az idői ablakot is leszűkítettük. Virtuális bal- és jobboldali frontális csatornákat definiáltuk csoportosítással (pooling) – ezek grafikus összehasonlítása sugallta, hogy a szavak megjelenését követő (800,2400) ms-os idői ablakban keressük a különbségeket. Emiatt alanyonként kiexportáltuk az egyes eseteket a frontális csatornákon a fent említett időintervallumban (lásd mellékelt Excel táblázat), és páronként pontonkénti t-tesztel hasonlítottuk össze a görbék e szakaszait. Megegyezés szerint akkor mondják a kiváltott válasz irodalomban jelentős különbségnek a két kiexportált görbe közötti eltérést, ha ez a szignifikáns különbség legalább 30 ms-on keresztül fennáll.

Az alábbi ábrákon a következő esetek szerepelnek (a cd-n külön mappában csatolva van):

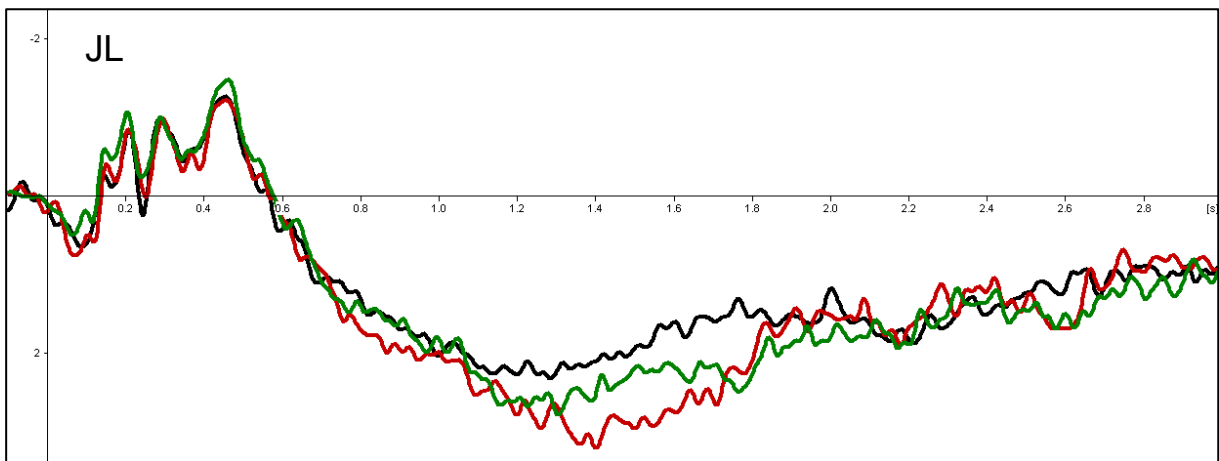
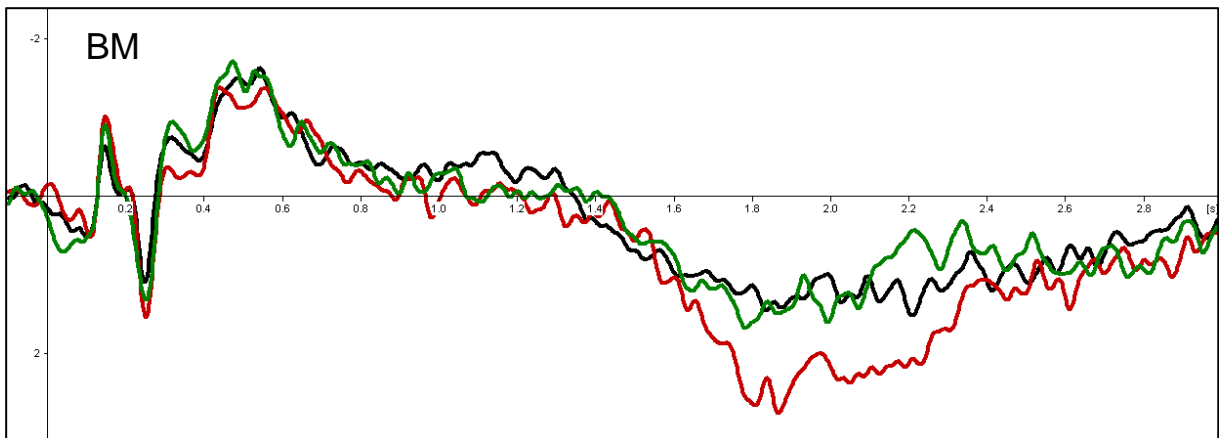
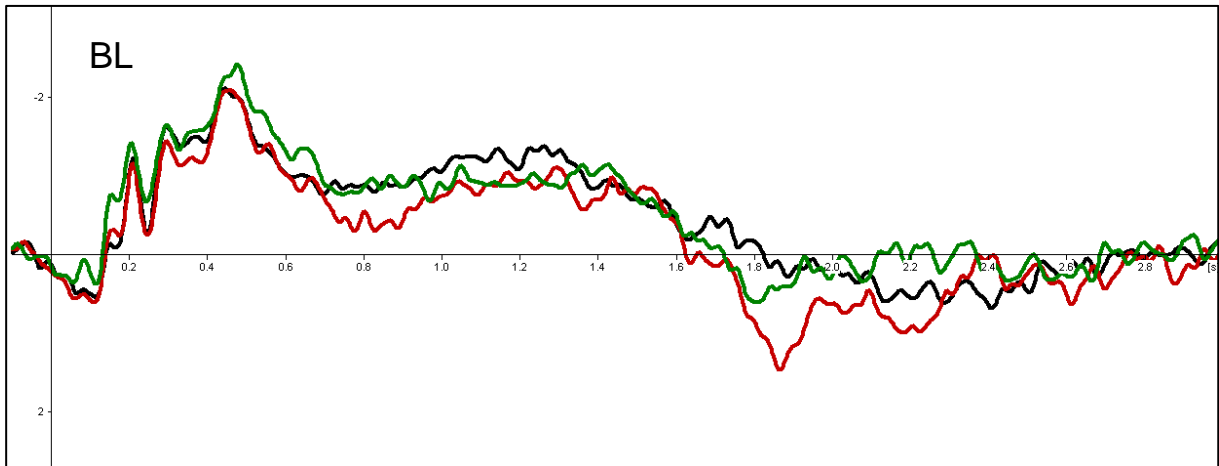
- szabályos és nem szabályos szavak kiváltott válaszai (szabályos – fekete; 1-es szókatégória – piros, 2-es szókatégória – zöld) a virtuálisan definiált frontális csatornákon, illetve a parieto-centrális régióknál
- skalpeloszlások a 3 szókatégória esetén a (800,2400) ms-os időablakban
- 1-es különbséggörbe a fenti virtuális elektródáknál, skalpeloszlás
- 2-es különbséggörbe a fenti virtuális elektródáknál, skalpeloszlás

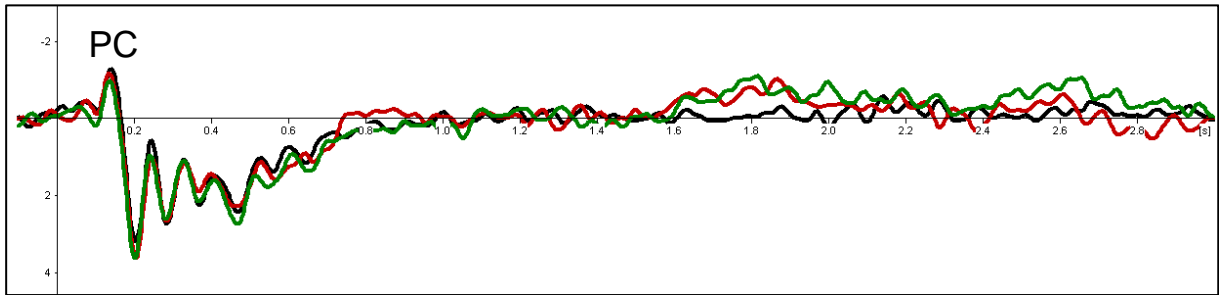
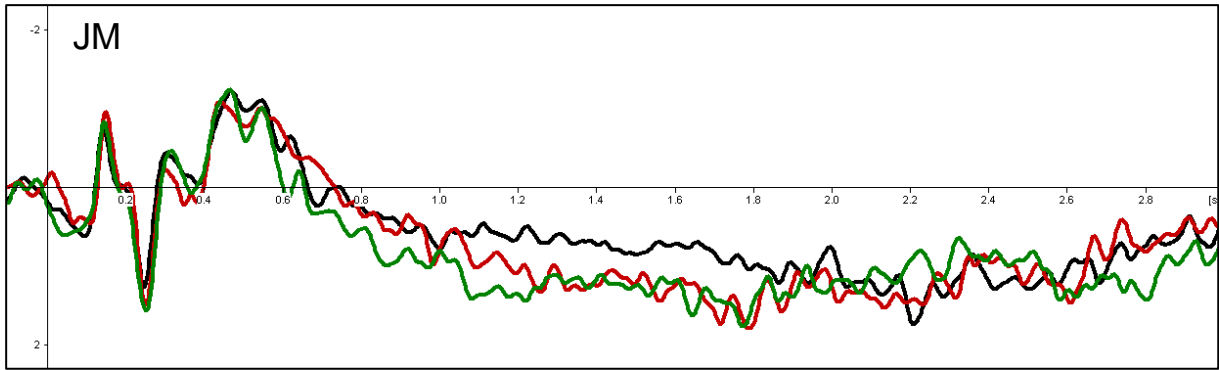
ÁBRÁK (mellékelve a figures\agl_4nelkul mappában is egyenként):

1. szókatégória (kiváltott válasz a 2. ábrán piros színnel, skalpeloszlás a (800,2400) idői ablakban arányosan 17 altartományban a 3. ábrán)
2. szókatégória (kiváltott válasz a 2. ábrán zöld színnel, skalpeloszlás a (800,2400) idői ablakban arányosan 17 altartományban a 4. ábrán)
3. szókatégória (kiváltott válasz a 2. ábrán fekete színnel, skalpeloszlás a (800,2400) idői ablakban arányosan 17 altartományban az 5. ábrán)

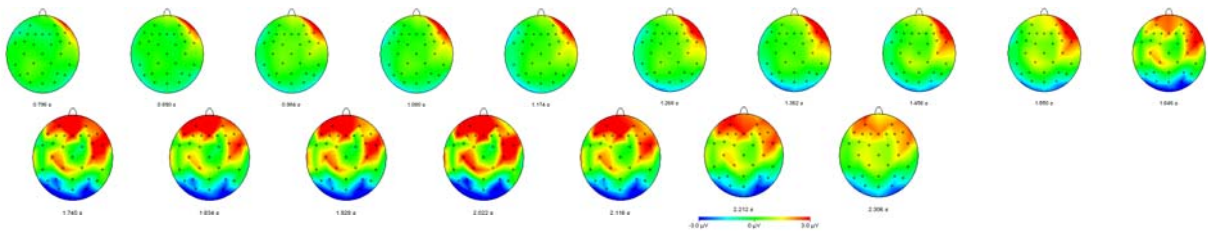
- 1- es különbséggörbe (kiváltott válasz a 6. ábrán fekete színnel, skalpeloszlás a (800,2400) idői ablakban arányosan 17 altartományban a 7. ábrán)
- 2- es különbséggörbe (kiváltott válasz a 6. ábrán piros színnel, skalpeloszlás a (800,2400) idői ablakban arányosan 17 altartományban a 8. ábrán)

Rövidítések: BM: bal oldali frontális középvonali; JM: jobb oldali frontális középvonali; BL: bal oldali frontális laterális; JL: jobb oldali frontális laterális; PC: parieto-centrális. Értelemszerűen a kiváltott válaszok a poolozott virtuális elektróda-klasztereken vannak szemléltetve, míg a skalpeloszlások az eredeti, 60 csatornás regisztráción készültek.

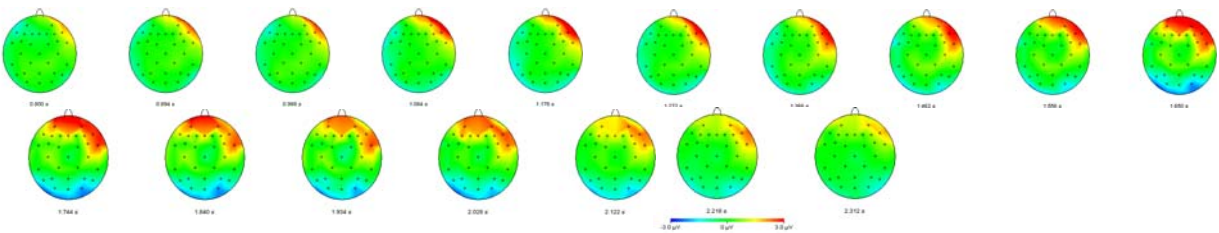




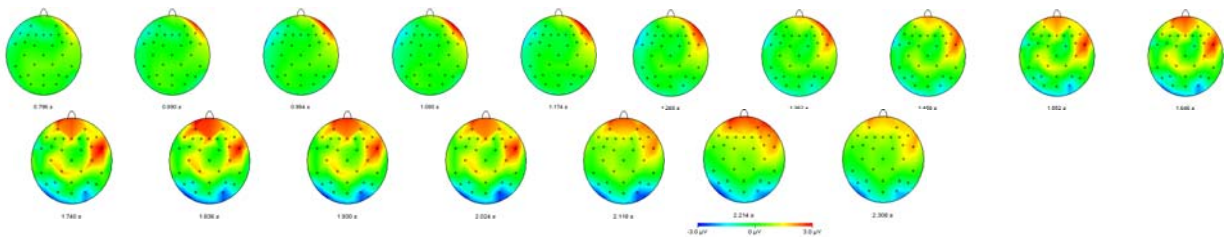
2. ábra Kiváltott válaszok a 3 szó kategória esetén a már megadott elektróda-klasztereken; fekete – 3-as (szabályos) szó kategória, piros – 1-es szó kategória, zöld – 2-es szó kategória



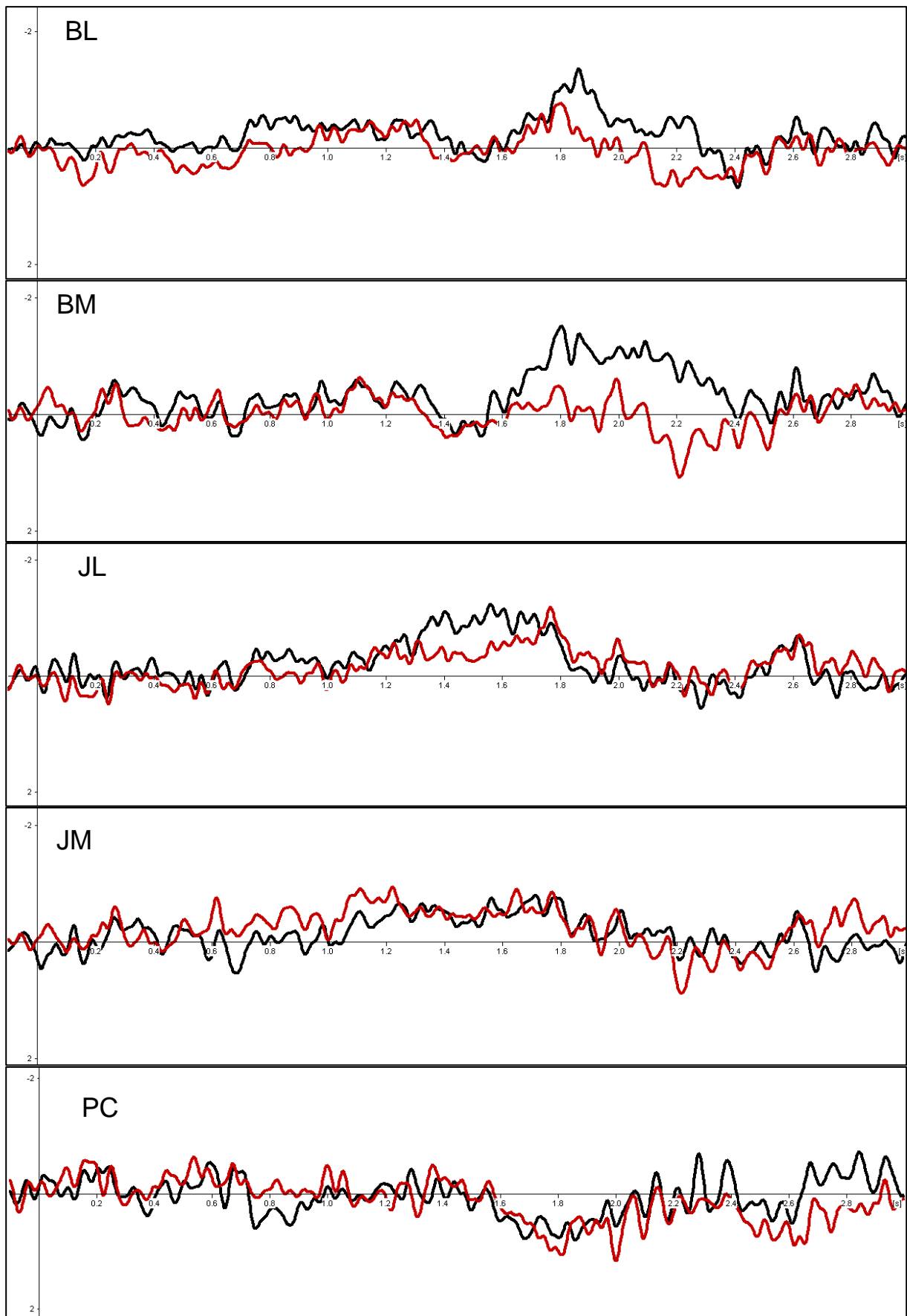
3. ábra Skalpeloszlás az 1-es szó kategória esetén a (800,2400) ms-os időtartományban



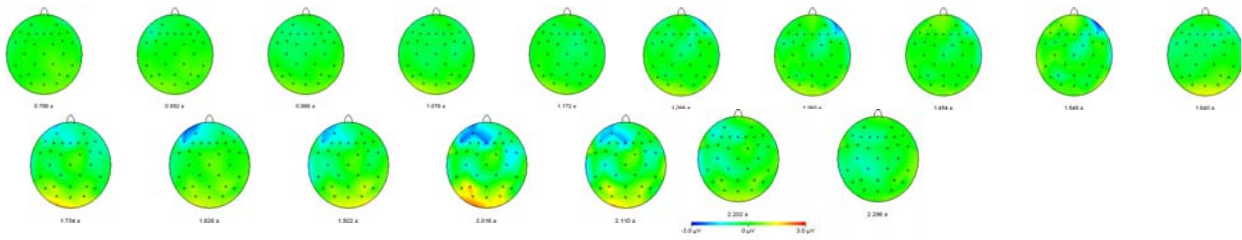
4. ábra Skalpeloszlás a 2-es szó kategória esetén a (800,2400) ms-os időtartományban



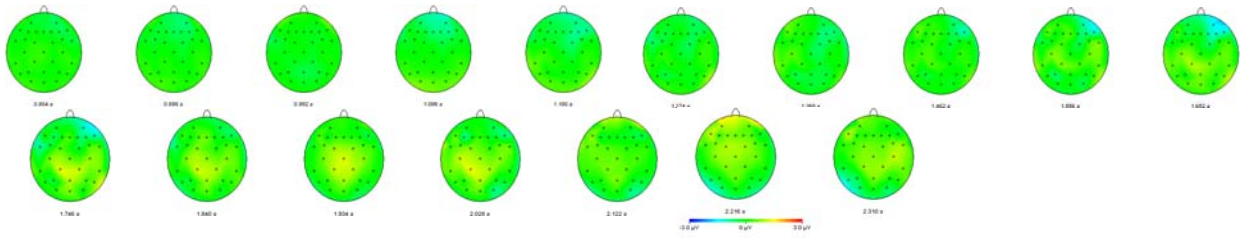
5. ábra Skalpeloszlás a 3-as (szabályos) szó kategória esetén a (800,2400) ms-os időtartományban



6. ábra Különbséggörbék – fekete: 1-es szókatégória eltérése a szabályostól, piros: 2-es szókatégória eltérése a szabályostól (a korábban megadott elektróda-klasztereken)



7. ábra Skalpeloszlás az 1-es különbséggörbére (azaz az 1-es szókategóriának a szabályostól való eltérése) a (800, 2400) ms-os időtartományban



8. ábra Skalpeloszlás a 2-es különbséggörbére (azaz a 2-es szókategóriának a szabályostól való eltérése) a (800, 2400) ms-os időtartományban

1.4 Kiexportált adatok statisztikai analízise

A nagy mennyiségű adat miatt egyszerre 400 ms-os hosszúságú szakaszokat tudtam összehasonlítani, így a (800,2400) ms-os összesen vizsgált tartományt 4 részletben vettem össze egymással (a statisztikai file-ban 1-es szakasz, 2-es szakasz, 3-as szakasz, ill. 4-es szakasz néven). Bármely két kategóriát összehasonlítottam minden egyes virtuális elektróda-klaszteren egyenként. Így az egyedi görbék esetén összesen 60 csoportonkénti t-tesztet futtattam (4*3*5, ahol 4 a szakaszok száma, 3 a páronkénti kategória-párosítások lehetséges száma /1 vs. 2 vagy 1 vs. 3 vagy 2 vs. 3/, és 5 az elektróda-klaszterek száma). Emellett külön statisztikát futtattam a különbségi görbékre is, mely újabb 20 t-tesztet eredményezett (4*5, ahol 4 a szakaszok száma és 5 az elektróda-klaszterek száma).

Sajnálatos módon összesen egyetlen próba mutatott szignifikáns eltérést: a különbséggörbék a bal oldali frontális középilonali elektróda-klaszteren jelentős mértékben tértek el egymástól a (2150,2242) ms-os időtartományban. Semmilyen más statisztikailag szignifikáns eredmény nem adódott. Véleményem szerint ez annak tudható be (és a szórásértékek is erre utalnak), hogy nagyon nagy egyéni különbségek adódnak a feladat teljesítése közben, melyek némelyike módszertanilag korrigálható lenne (pl. a szemmozgás-készülék által definiált AOI-ba eső, nem véletlenszerű fixációnak kellene triggerelnie a nulla időpillanatot az EEG készüléknek), ám vannak egyéb tényezők is, melyek nehezen kontrollálhatók (pl. amennyiben valaki „rájön” a szabályra vagy a sértés helyére, akkor nem biztos, hogy végigolvassa a szavakat). A szavak nagyon hosszúak egy kiváltott válasz vizsgálathoz, gyakorlatilag lehetetlen műtermék nélkül regisztrálni, és később művileg ezeket a műtermékeket kivonni. Jelen paradigma esetében Péterrel mindketten arra törekedtünk, hogy az ingeranyagot a szerint alakítsuk ki, hogy a két, párhuzamosan használt vizsgálóeszköz által szolgáltatott eredmények melyikében bízunk inkább, hogy hihető, releváns adatokat szolgáltat. A lényegesen kisebb zajt eleve az eyetracker szolgáltatja, emiatt választottuk például az ingerek nagyságát úgy, hogy az alanyoknak mindenképpen mozgatniuk kelljen a szemüket, és a fixációs idő hosszát úgy, hogy az alanyoknak legyen lehetőségük visszatekinteni arra a régióra, ahol a sértést észlelték.