

**Tartu Ülikool
Psühholoogia Instituut**

Marek Kohv

**Aju biopotentsiaalide registreerimine reaktsioonina kriitilistele objektidele
(Päästeameti demineerijate näitel)**

Seminaritöö

Juhendaja: Talis Bachmann

Läbiv pealkiri: Demineerijate ERP komponent P3

Tartu 2010

Kokkuvõte

Aju biopotentsiaalide registreerimine reaktsioonina kriitilistele objektidele (Päästeameti demineerijate näitel)

On kindlaks tehtud, et isikule olulise tähendusega stiimulid annavad kõrgema amplituudiga sündmuspotentsiaali ERP laine komponendi P3. Käesolevas töös, arvestades käesoleva uurimissuuna edasise arengu võimalusi, võeti üheks eelduseks, et demineerijad, omades eriteadmisi teatud ohuklassi stiimulite suhtes on oma eriteadmiste poolest sarnased terroristidele. Töös uuriti demineerijate ja kontrollgrupi võimalikke erinevusi ERP vastustes visuaalselt esitatud kriitilistele ja neutraalsetele stiimulitele. Nende kahe grupi võrdluses erinevusi ei leitud, kuid tuvastati demineerijate grupi siseselt erinevus stiimulitüübi osas. Seetõttu saab öelda, et ohuga seotud (ja ka tööalased) stiimulid tekitavad demineerijatel suurema P3 amplituudi. Seega ka isikutel, kellel oma mittelegaalse tegevusala ja kogemuste tõttu on sarnased eriteadmised peaks olema võimalik seda välja selgitada EEG tehnoloogiale toetudes.

Abstract

Registration of brain biopotential in reaction with target stimuli (an example of Explosive Ordnance Disposal (EOD) Centre deminers)

It is known that stimuli with significant meaning to a person can produce higher amplitude of event-related-potential ERP components such as P3. This study assumes that deminers have similar specific knowledge (and maybe with that similar perception of some objects) with terrorists. The study explores the differences between deminers and control group in their ERP responses to visual target and non-target stimuli. No differences were identified between those two groups. Although, there was a difference in responses to type of stimuli within the deminers group. This means that danger-related stimuli can affect the amplitude of P3 of the deminers. So with the EEG technology those persons who have similar specific knowledge through their illegal activity and experience, can be revealed.

Sissejuhatus

Eesti riik on pärast taasiseseisvumist aktiivselt panustanud julgeoleku tagamisse maailma kriisipiirkondades. Eesti Vabariigi „Sõjalise kaitse arengukava 2009-2018“ näeb ette jätkuvat panustamist NATO, Euroopa Liidu ja/või teiste tahtekoalitsioonide juhtimisel läbiviidavatesse operatsioonidesse (Vabariigi Valitsus, 2009). „Eesti Vabariigi julgeoleku poliitika alused“ toob välja, et terrorism ja sellega seotud kuritegelike organisatsioonide tegevuse ulatus ja koordineeritus kasvavad ning lisaks rahvusvahelisele koostööle on vajalik rakendada ka siseriiklikke terrorismivastaseid meetmeid (Riigikogu, 2004).

Al-Qaida terroriorganisatsioon on seoses Iraagi sõjaga ähvardanud kättemaksuga kõiki Ameerika Ühendriike toetavaid riike, sh ka Eestit. Terrorismivastase võitluse põhialuste dokument (Vabariigi Valitsus, 2006) hindab, et lähema 10–25 aasta jooksul on Eestis terroriakti toimepanemise tõenäosus viieastmelisel skaalal keskmine. Sama dokument sätestab, et oluline on tagada valmisolek professionaalseks tegutsemiseks terrorismist põhjustatud hädaolukorras ning võimekus terroriakti tagajärgede likvideerimiseks. Terroriakti korraldanud ja sellele kaasa aidanud isikute tabamine kuulub kindlasti tagajärgede likvideerimise alla. Vähemalt sama tähtis on ennetavalt välja selgitada potentsiaalselt ohtlikke isikuid vastava põhjendatud kahtlustuse ja prokuratuuri lubava sanktsiooni korral.

Kõike eeltoodut arvesse võttes üritab käesolev seminaritöö koguda Eesti valimi näitel lisaandmeid võimalike terroristide tuvastamiseks mõeldud EEG-põhiste meetodite arendamiseks lisaks traditsioonilistele meetoditele. Traditsiooniliste meetodite all mõistame me enamasti jälitustegevust ja verbaalset ülekuulamist, kuid tänapäeva tehnika areng on pakkunud meile võimaluse heita pilk otse inimese mõttemaailma kandjasse – ajju. Terroristide kasutamine mistahes uuringutes on arusaadavatel põhjustel ebareaalne. Esiteks ei pruugi nad olla väga koostöö altid ja teiseks, ei ole Eestis sellist kontingenti (sealjuures kinnipeetavaid või süüdimõistetuid) veel teadaolevalt tekkinud. Seetõttu saame kasutada vaid terroristidele oma eriteadmiste poolest sarnaseid inimgrupe. Kui kasutada teadmist, et enamik kaasaegseid terrorirünnakuid on sooritatud lõhkeainetega (National Counterterrorism Center, 2009), siis saame terroristidele oma eriteadmistelt kõige lähemal olevaks grupiks demineerijad, kes oma

töös puutuvad lõhkeainete ja –seadmetega kokku igapäevaselt. Eeldus on, et demineerijate ajus tekitavad olulist tähendust omavale stiimulile spetsiifilise tugevama reaktsiooni samasugused lõhkekehadega seotud stiimulitüübid kui terroristidel. See eeldus põhineb inimorganismi füsioloogilisel reaktsioonil igasugusele kommunikatsioonile. Kommunikatsiooni siirust on tahtud kontrollida juba ammu.

Polügraaf ja elektroentsefalograaf

19. sajandi lõpus ei rahuldatud enam tunnistajate ütluste vähese usaldusväärsusega ja hakati otsima uusi võimalusi tõendite kogumiseks. Itaalia kriminoloog Lombroso oli üks esimesi, kes hakkas jälgima füsioloogilisi näitajaid ja mõttis vererõhku ülekuulamise ajal, et saada kinnitust isiku jutule (Larson, 1932). Esimese polügraafi (või „emotsionaalse pinge instrumentaaldiagnostika“ (Bachmann, 2007)) leiutas 1921 aastal John Larson. Polügraaf on mõeldud inimorganismi teatud füsioloogiliste funktsioonide – näiteks hingamise rütm ja sagedus, südame löögisagedus, vererõhk, lihaspinge, higieritus - näitude fikseerimiseks (Saar, 2007).

Polügraaf oli küll revolutsiooniline vahend ja leidis (ning leiab ka tänapäeval) laialdast kasutust, kuid siiski kannatab tõsiste puuduste all. Bachmann (2007) toob välja, et polügraafitesti puhul on raske kindlaks teha kriitilist infot, kui testitav peaks teadlikult tekitama füsioloogilist müra. Samuti ei saa kehalt mõõdetud psühhofüsioloogiline reaktsioon konkreetse emotsiooni allikat ajus kätte näidata. Paljudest valedetektorile omistatud puudustest on vabad meetodid, mis registreerivad kognitiivseid protsesse vahetult ajast. Kui verbaalsel teel edastatud infot on võimalik lasta tõesena paista, siis aju registreerib ja annab vastuse talle esitatud stiimulitele automaatselt, sõltumata sellest, mida inimene väidab või millest rääkimist väldib. Eriti sobilikud on ajukuvamismeetodid just teadmise varjamise puhul (Bachmann, 2007).

Aju biopotsiaalide elektroentsefalograafiline (EEG) mõõtmine on üks ajukuvamistehnoloogia võimalikest meetoditest. Esimese nüüdisaegse EEG aparadi, millega oli võimalik registreerida ja mõõta aju bioelektrilisi protsesse, lõi 1929. aastal Saksa teadlane Hans Berger, pannes sellega aluse kõige pikema ajalooga ajukuvamismeetodile (Senior, Russel & Gazzaniga, 2006). EEG-l põhinev sündmuspotentsiaal ERP on metallist elektrodide vahendusel kolju piirkonnast registreeritav ja mõõdetav aju bioelektriline potentsiaal (Aru &

Bachmann, 2009). Selge ja suhteliselt müravaba ERP saamiseks kasutatakse samade stiimulite paljukordsel esitamisel saadavat sama stiimuliga seotud keskmistatud potentsiaali meetodit.

ERP laineid kirjeldatakse tüüpiliselt positiivsete ja negatiivsete piikidena, mis üldjoontes näitab erinevate komponentide polaarsust. Veel kasutatakse ERP komponentide kirjeldamiseks piikide latentsust, mida mõõdetakse ajana, mis kulub stiimuli esitamise hetkest kuni piigini. Näiteks kui N1 kirjeldab laine esimest negatiivset piiki, mis saavutab oma maksimumi umbkaudu vahemikus 90 – 110ms pärast stiimuli ilmumist ning ja P2 on ERP laines teise positiivse piigi tunnus. N100 näitel on tegemist negatiivse piigiga, mis tuleb esile 100ms pärast stiimuli esitamist. P300 iseloomustab positiivset piiki pärast 300ms (Key, Dove & Maguire, 2005). Kasutatakse ka ERP komponentide liigitamist varajaseks ja hiliseks. Varajane ERP komponent on tugevamini sõltuv stiimuli füüsilistest omadustest (intensiivsus ja kestvus). Hilised komponendid (nt P3 ja ka P3 järgne hiline negatiivsus) on tugevalt endogeenne (vahendatud kõrgema taseme informatsioonitööstusest, sealjuures ärritajate tähendusest) (Schwartz & Andrasik, 2003). Täiskasvanu ERP-s on enamasti registreeritud nende esile tuleku järjekorras järgmiseid komponente: P1, N1, P2, N2, MMN (mismatch negativity), P3 (ka P3a, P3b), N400 ja P600 (Key, Dove & Maguire, 2005).

Käesolev seminaritöö keskendub ERP komponendile P3 ja just selle tekkele reaktsioonina visuaalsele stiimulile. P3 ilmneb stiimulijärgselt vahemikus u. 300-700ms ja teda on seostatud mälu protsesside rakendamise ja esitatud stiimulile ja stiimulile tähenduse andmisega (Donchin & Coles, 1988). Tasub märkimist, et P3-e esile tulekuks piisab vaid katseisiku poolt stiimuli tajumisest, st et katseisik ei pea ise aktiivselt midagi vastama. (Mertens & Polich, 1997). Kui P3 on võrreldes kontrollstiimulite tingimusega tugevamini väljendunud kriitiliste stiimulite tingimuses, võiks seda võtta märgina inimese erilise teadmise stiimuli kohta (Bachmann, 2007). Selline eriline teadmine tekib tüüpiliselt stiimuli olulisest tähtsusest isikule seoses tema tööalase või muu tegevusega ja eelnevate kogemustega. Reimann (2009) leidis oma töös, et aju protsesside kuvatud signatuuridest on tõepoolest võimalik välja lugeda isiku varjatud teadmine kriitiliste asjaolude kohta, näiteks, et esitati just selle objekti kujutis, mille katseisik oli eelnevalt salaja „varastanud“. Samuti on üks tuntumaid selle suuna spetsialiste Lawrence Farwell (Farwell & Donchin, 1991) oma töödes korduvalt leidnud, et P300 komponenti on võimalik kasutada varjatud või süülise teadmise kindlaks tegemisel ning, vastupidi, sellise teadmise puudumise kaudsel tuvastamisel. Lisaks jälgitakse käesolevas töös P3-le järgnevat hilist negatiivsus kui

märki stiimuli keerulisusest ja/või emotsiooni põhjustavusest. On leitud, et P3 amplituud on väiksem raske ülesande puhul ja ka komponendi latentsus pikem (Kim, Kim, Yoon & Jung, 2008). Polich (1987) põhjendab seda ressurside hõivatusena, kui stiimulit hakatakse töötlemata. Kuna kriitilised stiimulid antud töös said valitud selliselt, et need oleksid tähenduseta kontrollgrupi jaoks, siis on oluline teha vahet P3-l ja P3-järgsel hilisel negatiivsusel.

Käesoleva seminaritöö aluseks oleva eksperimendi eesmärgiks oli välja selgitada kas demineerijad, kes olid võetud katseisikuteks kui terroristidele oma eriteadmistelt kõige lähemal seisv grupp, näitavad erinevust ERP tasemes kriitiliste ja neutraalsete stiimulite vahel võrreldes kontrollgrupiga ja seeläbi teha kindlaks, kas töö autori poolt valitud kriitilisi stiimuleid võiks vajadusel ka tulevikus kasutada. Lähtudes seminaritöö mahust, valimi spetsiifisest ning uurimuse eksploratiivsest iseloomust on katsed läbi viidud väikese arvu katseisikutega. Edaspidi on antud seminaritöö aluseks võttes võimalik teostada analoogiline põhjalikum uurimus juba suurema arvulise valimiga, kuhu oleks kaasatud nii Päästeameti kui Kaitseväge demineerijad.

Meetod

Katseisikud

Katseisikuteks oli 7 meessoost isikut (neli demineerijat ja 3 kontrollgrupp), kes nõustusid vabatahtlikult katses osalema. Katseisikud andsid kirjaliku informeeritud nõusoleku (kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komiteega). Kontrollgrupi keskmine vanus oli 27,6 aastat. Demineerijate keskmine vanus 30 aastat. Demineerijatel keskmine erialane tööstaaz 4,8 aastat. Kõik katseisikud kinnitasid, et neil on normaalne või korrigeeritud nägemine.

Stiimulid

Katseisikule näidati fotosid, mille mõõtmed vaatekaugust arvestades olid kõrguselt 10° ja laiuselt 15° ehk vastavalt 10 ja 15 cm. Kriitilisi stiimuleid oli 6 ja need olid valitud koostöös katseisikute hulka mitte kuuluvate demineerijatega selliselt, et need peaksid eeldatavalt omama tähendust igale demineerijale, kuid oleksid piisavalt üldtuntud või igapäevased või tundmatud, et mitte omada erilist tähendust kontrollgrupis. Kriitilised stiimulid olid lõhkeseadeldise osad (4 pilti), lõhkeaine ümbris (1 pilt) ja lõhkekeha (1 pilt). Neutraalsed stiimulid olid valitud kriitilistele stiimulitele sarnaste väliste tunnuste alusel.



Pilt 1. Kriitiline stiimul



Pilt 2. Neutraalne stiimul

Protseduur

Katseisikule tutvustati katse ülesehitust ja kasutatavat aparatuuri. Katse eesmärk oli kõigile katseisikutele tutvustatud juba varem, kõik katseisikud olid lugenud antud seminaritöö projekti kava.

Katse ajal istusid katseisikud arvutimonitori vastas, silmad sellest 60 cm kaugusel. Visuaalseid stiimuleid esitati valgustatud ruumis arvutiekraanil Eizo Flex Scan T550 (85Hz). Katseisik kasutas iga katsekorra käivitamiseks ning ülesande täitmiseks arvuti hiirt. Katse alguses tehti proovikatse, kus tutvustati katseisikule katsekorda.

Iga stiimul oli ekraanil 408 ms, millele järgnes tühiokraan 1080 ms. Selleks, et tagada katseisiku kontsentreeritus ülesandele, esitati katseisikule arvutiekraanil küsimus (võttes arvesse ka asjaolu, et küsimus ei oleks liiga raske): Kas nägite pilti selgelt? Katseisik sai vastata küsimusele kahe valikuga: „Nägin selgelt“ või „Nägin väga selgelt“.

Kriitilisi stiimuleid esitati igaühete 25 korda (kokku 150). Neutraalseid stiimuleid oli 18. Nende valimisel lähtuti kriitilistest stiimulitest ja otsiti sarnase kuju, värvi, suurusega ja asendiga objekte.

Neutraalseid stiimuleid esitati igaühete 25 korda (kokku 450). Kokku sooritas katseisik 600 katsekorda, mis võttis aega umbes 1 tund. Stiimuleid esitati kvaasi-juhuslikus järjekorras.

Stiimuli ekraanil oleku ajaks paluti katseisikul fikseerida pilk fikatsiooniristile ($0.5^\circ \times 0.5^\circ$), mis stiimulite foonist parema eristatavuse tõttu oli punast värvi.

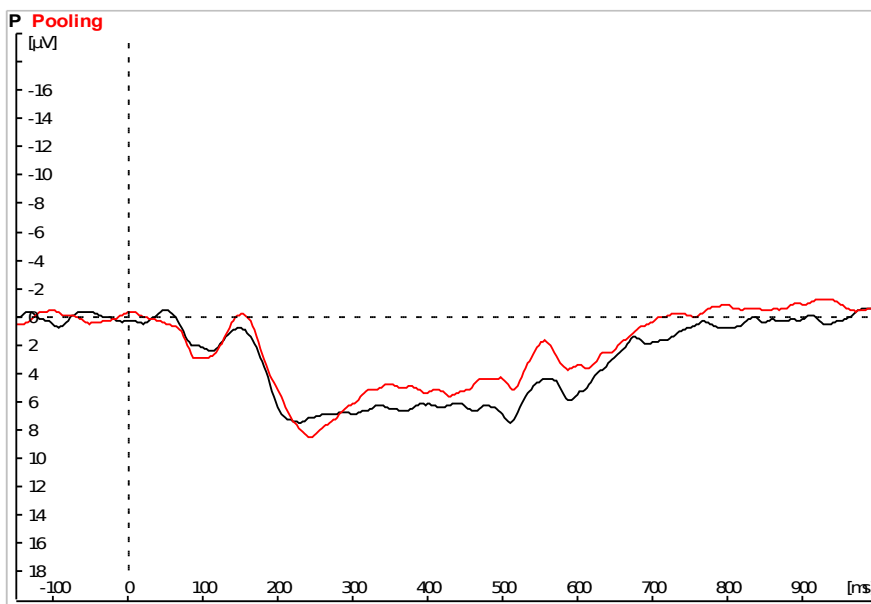
Andmete salvestamine ja ettevalmistamine

Aju bioelektrilise aktiivsuse salvestamiseks kasutati Nexstim Eximia EEG-süsteemi, mille salvestussagedus oli 1450 Hz. Mõõtmine viidi läbi elektroodidel F5, F6, FCz, C3, C1, Cz, C2, C4, TP7, TP8, P3, P4, O1, O2. Analüüsis võeti elektroodidelt registreeritud andmed piirkonniti kokku neljaks piirkonnaks, et väljendada huvipakkuva piirkonna aktiivsust selle koordinaatjana: F (F5, F6, FCz), C (C3, C1, Cz, C2, C4), P(P3, P4), O (O1, O2). Registreeriti ka silmaaktiivsust (vEOG). EEG andmete töötlemisel kasutati Brain Vision Analyzer 1.05 tarkvara. Analüüsimisel kasutati kõrgete sageduste elimineerimisfiltrit (*high-cutoff*) sageduspiiriga 30Hz (24dB/oct) ja madalate sageduste elimineerimisfiltrit (*low-cutoff*) sageduspiiriga 0,1Hz (24dB/oct). Ühe katsekorra segmendi ajaline pikkus oli 1100 ms (100ms enne kuni 1000 ms peale stiimuli ilmumist). Baasjoon on võetud vahemikus -100...0 ms. Artefaktide elimineerimise aluseks oli maksimaalne amplituudide erinevus kuni 100 μ V. Maksimaalne lubatud amplituud oli +/- 100 μ V. P3 komponendi keskmine amplituud leiti ajavahemikus 250ms – 550 ms. P3 - järgne hiline negatiivsus leiti vahemikus 600 ms – 950 ms. Andmeid analüüsiti statistikaprogrammiga SPSS 17.0.

Tulemused

Analüüsi võeti 50 juhuslikult valitud neutraalset stiimulit, et nende arv oleks võrdne analüüsis kasutatud kriitiliste stiimulitega. Andmeanalüüs viidi läbi korduvmõõtmiste (*repeated measures of*) ANOVA-ga. Esmalt analüüsiti stiimulite mõju eraldi kontrollgrupile ja demineerijatele.

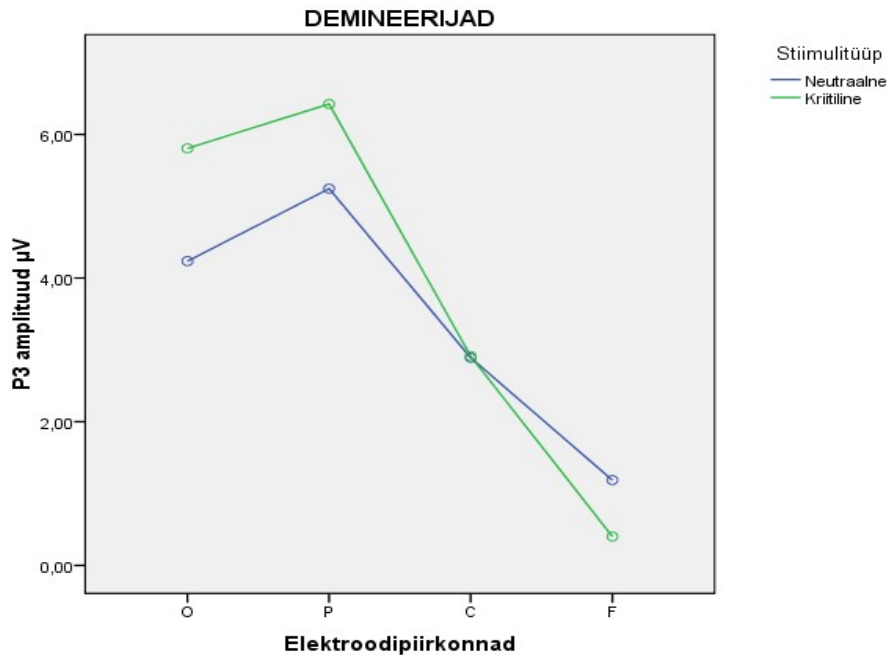
Demineerijate rühma siseselt leiti, et stiimulitüübi (neutraalsed vs kriitilised) mõju P3-le on statistiliselt oluline ($F(1,3) = 26,22$, $p = 0,014$). Nagu joonis 1 kirjeldab, on kriitilise stiimuli mõju P3 amplituudile demineerijate puhul suurem kui neutraalsete stiimulite mõju. Amplituudide erinevus elektrodipiirkondade vahel oli statistiliselt mitteoluline ($F(3,9) = 4,51$, $p = 0,098$), viidates sellele, et P3 amplituud ei erinenud elektrodide lõikes oluliselt. Puudus ka stiimulitüübi ja elektrodipiirkonna vaheline interaktsioon ($F(3,9) = 5,794$, $p = 0,09$) (Joonis 1 ja 2).



Joonis.1. Näide keskmistest ERP-dest demineerijatel mõõdetuna parietaalkorteksi piirkonnast (elektrodipiirkond P). Must – kriitiline stiimul, punane – neutraalne stiimul. P3 amplituud kriitilisele stiimulile on suurem.

Demineerijate rühma siseselt stiimulitüübi (neutraalsed vs kriitilised) mõju P3 järgsele hilisele negatiivsusele oli statistiliselt mitteoluline ($F(1,3) = 0,794$, $p = 0,439$). Amplituudide erinevus elektrodipiirkondade vahel oli statistiliselt oluline ($F(1,3) = 9,742$, $p = 0,003$). Suurim amplituud mõõdeti elektrodipiirkonnas C kriitilise stiimuliga. Puudus stiimulitüübi ja

elektroodipiirkonna vaheline interaktsioon ($F(3,9) = 0,819$, $p = 0,451$).



Joonis 2. Demineerijate grupi rühmasisene keskmine P3 amplituud neutraalsete ja kriitiliste stiimulitüüpide korral erinevate elektroodide huvipiirkondade lõikes.

Kontrollgrupi rühma siseselt leiti, et stiimulitüübi (neutraalsed vs kriitilised) mõju P3-le oli statistiliselt mitteoluline ($F(1,2) = 5,953$, $p = 0,135$), amplituudide erinevus elektroodipiirkondade vahel oli statistiliselt oluline ($F(3,6) = 40,716$, $p < 0,0001$), kutsudes suurema amplituudi esile nii neutraalsete kui kriitiliste stiimulite puhul oksipitaal- ja parietaalpiirkonnas. Oli statistiliselt oluline stiimulitüübi ja elektroodipiirkonna vaheline interaktsioon ($F(3,6) = 17,737$, $p = 0,049$), olles kriitiliste stiimulite puhul oluliselt suurem mõlemas eelmainitud piirkonnas.

Kontrollgrupi rühma siseselt stiimulitüübi (neutraalsed vs kriitilised) mõju P3-järgsele hilisele negatiivsusele oli statistiliselt mitteoluline ($F(1,2) = 10,290$, $p = 0,085$), amplituudide erinevus elektroodipiirkondade vahel oli statistiliselt mitteoluline, väljendudes siiski tugeva tendentsina ($F(3,6) = 4,729$, $p = 0,051$). Puudus ka stiimulitüübi ja elektroodipiirkonna vaheline interaktsioon ($F(3,6) = 1,599$, $p = 0,286$).

Kriitilise stiimulitüübi tingimuses kontrollgrupi ja demineerijate grupi vahel P3 keskmises amplituudis statistiliselt olulist erinevust ei esinenud ($F(1,2) = 0,212$, $p = 0,690$), amplituudide erinevus elektroodipiirkondade vahel oli statistiliselt oluline ($F(3,6) = 18,827$, $p = 0,049$),

Demineerijate ERP komponent P3

mõlemad grupid näitasid suuremat amplituudi O ja P elektrodipiirkonnas. Puudus gruppide ja elektrodipiirkonna vaheline interaktsioon ($F(3,6) = 1,571$, $p = 0,331$).

Kriitilise stiimulitüübi tingimuses kontrollgrupi ja demineerijate grupi vahel P3-järgse hilise negatiivsuse komponendi keskmises amplituudis statistiliselt olulist erinevust ei esinenud ($F(1,2) = 2,259$, $p = 0,272$), amplituudide erinevus elektrodipiirkondade vahel on statistiliselt oluline ($F(3,6) = 7,130$, $p = 0,021$). Demineerijad näitasid suuremat amplituudi C ja F elektrodipiirkonnas ja kontrollgrupp näitas suuremat amplituudi P ja C elektrodipiirkonnas. Puudus gruppide ja elektrodipiirkonna vaheline interaktsioon ($F(3,6) = 0,868$, $p = 0,507$).

Arutelu

ERP komponent P3 tekib ajus mitmes erinevas piirkonnas. Reaktsioonina stiimuli uudsusele tekib P3 laine peamiselt frontaalsagaras. Stiimuli hindamine annab P3 laine juba kolju tagumistes piirkondades (Comerchero & Polich, 1999). Samas nendes piirkondades laine amplituud väheneb kui ülesanne muutub raskemaks. Segalowitz, Wintink & Cudmore (2001) pakuvad üheks põhjuseks aju erinevate piirkondade osalemist stiimuli töötluses, mis surub küll P3 amplituudi alla, kuid iga piirkond annab oma töötlusega lainele latentsust juurde.

Stiimuli töötlemisel annab P3 laine muuhulgas ka parietaal- ja oksipitaalsagaras (Volpe, Mucci, Bucci, Merlotti, Galderisi & Maj, 2007). Käesoleva seminaritöö tulemused näitasid samuti suuremat P3 amplituudi just parietaalses, oksipitaalses ja tsentraalses piirkonnas. Seda nii demineerijate kui ka kontrollgrupi tulemustes. Demineerijate ja kontrollgrupi keskmine suurim P3 amplituud (ajavahemikus 250ms – 550ms) pärast kriitilist stiimulit mõõdeti parietaalse piirkonna elektrodidest, mis on põhjendatav stiimuli esialgse töötlusega (Polich, 2007). Demineerijate P3-järgse hilise negatiivsuse (ajavahemikus 600ms – 950ms) keskmine kriitiliste stiimulitega andis suurima amplituudi tsentraalses piirkonnas (elektroodipiirkond C), mis võiks olla märk suuremast ja põhjalikumast stiimuli töötlemisest. Samas võiks see viidata ka hoopis ERP komponendile P600. P600 on seotud stiimuli äratundmisega ja selle maksimum on enamasti temporaal- ja parietaalpiirkonnas. Tuleb arvestada võimalusega, et elektroodipiirkonnast mõõdetu ei peegelda otseselt elektroodi all oleva aju piirkonna elektrilist biopotentsiaali, vaid võib olla mõjutatud ka kõrval asuvatest piirkondadest (Key, Dove & Maguire, 2005). Kontrollgrupi P3-järgse hilise negatiivsuse amplituud oli suurim oksipitaalses elektroodipiirkonnas.

Kontrollgrupi rühma siseselt leiti, et stiimulitüübi (neutraalsed vs kriitilised) mõju amplituudide erinevusele elektroodipiirkondade vahel oli statistiliselt oluline, kutsudes suurema amplituudi esile nii neutraalsete kui kriitiliste stiimulite puhul oksipitaal- ja parietaalpiirkonnas. Oli statistiliselt oluline stiimulitüübi ja elektroodipiirkonna vaheline interaktsioon, olles kriitiliste stiimulite puhul oluliselt suurem mõlemas eelmainitud piirkonnas. Comerchero ja Polich (1999) said samasuguse tulemuse oma uurimuses, kui nad võrdlesid P3 lainet kriitiliste ja neutraalsete

stiimulite korral. Kriitilised stiimulid andsid suurema amplituudi kui neutraalsed stiimulid parietaalpiirkonnas nii raskete kui kergete stiimulite puhul. Oktsipitaalpiirkonda nad oma töös ei mõõtnud.

Töö alguses püstitatud hüpotees, et demineerijad näitavad võrdluses kontrollgrupiga P3 laines erinevust kriitiliste ja neutraalsete stiimulite lõikes, ei leidnud tõestust. Gruppide vahelises võrdluses ei leitud erinevust kriitiliste ja neutraalsete stiimulite suhtes. Tõenäoliselt oleks suurema katseisikute hulga puhul võimalik eristuvus ja/või mitteeristuvus selgemini välja joonistunud. Kontrollgrupi tulemusi segas kindlasti katseisikute väike arv ja seetõttu mõjutasid tulemusi palju ka individuaalsed erinevused. Pole võimatu ka see, et käesolevas töös valitud kõik kriitilised stiimulid ei olnud piisaval määral demineerijatele erilist tähenduslikkust omavad. Kuna üha rohkem levib lõhkeseadeldiste valmistamine käepärastest vahenditest (näiteks pildil 2 olev objekt), siis ei saa garanteerida, et mõni neutraalne stiimul demineerijate jaoks erilist tähenduslikkust ei omanud. Samuti on võimalik, et kontrollkatseisikutele avaldasid mõned kriitilised stiimulid ootuspärasest tugevamat mõju. Need asjaolud vajaksid väljaselgitamist uutes katsetes.

Küll aga selgus, et demineerijad näitasid enda grupi siseselt kriitiliste stiimulite suhtes suuremat P3 amplituudi kui neutraalsete stiimulite suhtes. Seega saab järeldada, et valitud kriitilised stiimulid olid demineerijate jaoks tähenduslikumad kui neutraalsed stiimulid. See tulemus lubab põhimõtteliselt kasutada P3 kui ERP signatuuri lõhkeseadeldistega seotud valdkonnas eriteadmisi omavate ja/või vastavate objektide erilist tähendust hoomavate isikute tõenäoliste kandidaatide väljaselgitamiseks. Kontrollgrupil samasugust efekti ei täheldatud.

Kõike eelnevat arvestades ja ikka veel eeldades, et demineerijad on oma eriteadmistelt terroristidega sarnased, on antud töö põhjal teada vähemalt 3 kriitilist stiimulit, mida saab kasutada järgmistes töödes või miks mitte ka realses olukorras lõhkeainete ja -seadeldistega kokku puutunud isikute tuvastamisel. Terroristide tuvastamisel lisandub veel juurde emotsionaalne taust, mis peaks tekkima seoses vahelejäämise kartusega ja mis peaks põhjustama emotsioonidele viitavaid signaature ERP-s.

Puudused ja piirangud.

Katseisikute arv antud seminaritöös oli väike. Käesolevas töös pääsesid eriti just kontrollgrupi katseisikute individuaalsed erinevused esile. Kontrollgrupi valikul on üks oluline mõtlemiskoht: kriitiliste stiimulite kriitilisus. Käesoleva töö kriitiliste piltide valikul eeldati, et need ei oma tähendust tavalisele inimesele. Katses aga selgus, et üks kontrollgrupi katseisik oli puutunud sarnaste asjadega kokku ajateenistuses ja teine katseisik käinud eelmise päev kinos vaatamas filmi demineerijatest Iraagi sõjas. Kaks kontrollgrupi katseisikut tundis kriitilistest stiimulitest ära 3 pilti.

Sellest tingituna ei saa ka tulemuste põhjal teha põhjanevaid järeldusi. Kindlasti tuleks antud katset korrata suurema arvu demineerijate ja ka suurema arvu kontrollgrupiga. Sellise spetsiifilise eriala inimeste kasutamine aga on komplitseeritud ja vajab eelnevat kooskõlastamist läbi erinevate tasemete.

Kindlasti tuleb järgmistes töodes uuesti läbi mõelda stiimulite valikuga seonduv. Siin on kaks olulist probleemi. Esiteks, kuidas leida õiged kriitilised stiimulid, sest inimeste ohtlikkuse tajutav on erinev ja paljuski seotud subjektiivsete kogemustega antud stiimuli suhtes. Teiseks, kuidas leida piisavalt, kuid mitte ülemäära, kriitiliste stiimulite sarnased neutraalsed stiimulid. Kui pildid on väga erinevad, võib hakata see omakorda mõjutama tulemusi. Samas, kui leida väga sarnased pildid, kas pole siis oht, et neutraalseid stiimuleid hakatakse tajuma kriitilistena juba nende sarnasuse tõttu? Mõeldav on seega stiimulite suurem varieerimine, et leida olulisema isikuid eristava võimega stiimulitüüpe. Kellele tahes tugevasti mõjuv stiimul peaks selgesti vastanduma vaid kindla spetsiifilise teadmisega inimesele tugevasti mõjuvale stiimulile kontrollrühma ERP-des. Eriteadmistega rühma ERP-des peaksid need stiimulid andma võrreldavalt tugeva ERP-vastuse. Käesoleva töö tulemused näitavad, et põhimõtteliselt on see lõhkekehade valdkonna objektide maailmas võimalik.

Tänuõnad

Soovin tänada oma juhendajat Talis Bachmann'i vajalike nõuannete eest. Samuti tahan tänada Carolina Murd'i, kelle vastutulelikkus ja vajalikud näpunäited olid suureks abiks antud töö valmimisel. Lisaks tahan tänada Päästeameti Demineerimiskeskuse ülemat Arno Pugonen'i meeldiva koostöö eest.

Kasutatud kirjandus

- Aru, J., Bachmann, T. Tähelepanu ja teadvus. Tänapäev, 2009, 306-323.
- Bachmann, T. Kognitiivse neuroteaduse ja psühholoogia võimalustest valetamise ja varjatud süülise teadmise avastamisel. *Juridica*, 2007, 4: 215-228.
- Comerchero, M.D. and Polich, J. P3a and P3b from typical auditory and visual stimuli. *Clinical Neurophysiology*, 1999, 110: 24–30.
- Donchin, E. and Coles, M. G. Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, 1988, 11: 357–427.
- Esslen, M., Pascual-Marqui, R.D., Hell, D., Kochi, K. and Lehmann, D. Brain areas and time course of emotional processing, *NeuroImage*, 2004, 21: 1189–1203.
- Farwell, L.A. and Donchin, E. The Truth Will Out: Interrogative Polygraphy ("Lie Detection") With Event-Related Brain Potentials. *Psychophysiology*, 1991, 5: 531-547.
- Key, A.P.F., Guy, O.D and Maguire, M.J. Linking Brainwaves to the Brain: An ERP Primer. *Developmental Neuropsychology*, 2005 27, 2: 183–215.
- Kim, K.H., Kim, J.H., Yoona, J. and Jung, K.Y. Influence of task difficulty on the features of event-related potential during visual oddball task, *Neuroscience Letters*, 2008, 445: 179–183.
- Larson, J. A. Lying and its detection. University of Chicago Press, 1932.
- Mertens, R., & Polich, J. P300 from a single-stimulus paradigm: Passive versus active tasks and stimulus modality. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology: Evoked Potentials*, 1997, 104: 488–497.
- Polich J. Task difficulty, probability, and inter-stimulus interval as determinants of P300 from auditory stimuli. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 1987, 68: 311–320.
- Polich, J. Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 2007, 118: 2128–2148
- Reiman, K. Kognitiivne privaatsus. Tartu Ülikool, 2009
- Riigikogu. Eesti Vabariigi julgeolekupoliitika alused. RTI, 2004, 49: 344.
- Saar, J. Kriminaalpsühholoogia. Juura, 2007, 225-248.
- Schwartz, M.S. and Andrasik, F. Biofeedback: a practitioner's guide. The Guilford Press, 2003
- Segalowitz, S.J., Wintinka, A.J. and Cudmore, L.J. P3 topographical change with task

familiarization and task complexity, *Cognitive Brain Research*, 2001, 12: 451–457.

Senior, C., Russel, T. and Gazzaniga, M.S. *Methods in Mind*. The MIT Press, 2006, 237-262.

US. Department of State. Annex of Statistical Information.
<http://www.state.gov/s/ct/rls/crt/2008/122452.htm>, Saadud 08. mai 2010

Vabariigi Valitsus. Eesti terrorismivastase võitluse põhialused. 2006,
<http://www.siseministeerium.ee/291/> Saadud 17. mai 2010.

Vabariigi Valitsus. Sõjalise kaitse arengukava 2009–2018. RTL, 2009, 13: 143.

Volpe, U., Mucci, A., Bucci, P., Merlotti, E., Galderisi, S. and Maj, M. The cortical generators of P3a and P3b: A LORETA study. *Brain Research Bulletin*, 2007, 73: 220–230.