Kognitiivisen kuormituksen mittaaminen on mahdollista

Nina Karttunen, sairaanhoitaja (YAMK), projektitutkija, nina.j.karttunen@samk.fi
Matin Beiramvand, Biomedical Engineering (MS), Researcher in the Faculty of Information Technology and Communication Sciences, Tampere University, matin.beiramvand@tuni.fi
Anja Poberznik, fysioterapeutti (AMK), tutkija, anja.poberznik@samk.fi
Taina Jyräkoski, fysioterapeutti (YAMK), projektitutkija, taina.jyrakoski@samk.fi
Sari Merilampi, dosentti, TkT, tutkijayliopettaja, johtava tutkija, sari.merilampi@samk.fi

Abstrakti

Stressin seuraamiseen fysiologisten indikaattorien avulla on kiinnitetty viime aikoina paljon huomiota, koska stressillä on huomattava vaikutus ihmisen yleiseen terveyteen ja päivittäisten toimintojen tehokkuuteen [1]. Satakunnan ammattikorkeakoulu ja Tampereen yliopisto toteuttivat aivoterveyttä käsittelevässä hankkeessaan tutkimuksia, joiden tavoitteena oli löytää ja esitellä erilaisia tekniikoita kognitiivisen kuormituksen tunnistamiseen. Tutkimuksessa [1] stressin arvioinnissa käytettiin apuna aivojen etuotsalohkon aivosähkökäyrää (elektroenkefalografiaa/EEG). Tutkimustulokset ovat lupaavia, sillä tutkimuksessa pystyttiin löytämään arkielämään soveltuvia lähestymistapoja kuormittumisen arviointiin. Tässä artikkelissa esitellään kyseisen tutkimuksen toteutustapa ja tulokset.

Johdanto

Henkisen stressin ja kognitiivisen kuormituksen välillä on positiivinen korrelaatio. Kognitiivinen kuormitus viittaa henkisen ponnistuksen tai resurssien määrään, joka tarvitaan tehtävän suorittamiseen, kun taas henkinen stressi on emotionaalinen ja psykologinen reaktio esim. tiettyihin tapahtumiin. Korkea kognitiivinen kuormitus voi lisätä henkistä stressiä ja päinvastoin [2]. Stressin ja kognitiivisen kuormituksen seuranta on merkityksellistä ja tärkeää, sillä ne yhdessä voivat vaikuttaa negatiivisesti toisiinsa ja yksilön yleiseen hyvinvointiin [3]. Henkisen stressin ja kognitiivisen kuormituksen havaitsemiseen on kaksi päämenetelmää:

1. subjektiiviset lähestymistavat, kuten itseraportointikyselyt sekä 2. fysiologiset lähestymistavat, joissa käytetään biomarkkereita sydämestä, aivoista ja veren tilavuudesta (4). Fysiologisista lähestymistavoista aivosähkökäyrän mittaaminen eli EEG (elektroenkefalografia) on osoittautunut tehokkaimmaksi (5).

Aiemmista aivosähkökäyrän tutkimuksista (6) on saatu lupaavia tuloksia ja tutkimukset ovat tuottaneet erilaisia apuvälineitä ja algoritmeja kognitiivisen kuormituksen seuraamiseksi (1) Haasteena on, että näistä menetelmistä puuttuu tyypillisesti käytännöllisyys ja soveltuvuus reaalimaailmaan, laboratorion ulkopuolelle. Kohtuuhintaisten puettavien arkiympäristöissä käytettävien EEG laitteiden ilmestyminen markkinoille on kuitenkin tehnyt reaaliaikaisesta seurannasta mahdollista, mikä tarjoaa uusia mahdollisuuksia arkiympäristöön soveltuvan henkisen kuormittumisen mittareiden kehittämiseen.

Tässä artikkelissa kerrotaan merkittävistä askelista kohti arkiympäristössä tapahtuvaa stressin mittaamista aivosähkökäyrää hyödyntäen. Artikkeli pohjautuu RoboAI:n Uudet teknologiaratkaisut aivoterveyden arviointiin ja seurantaan hankkeen toimenpiteisiin, joiden kautta löydettiin uusia työkaluja aivojen tilan seurantaan laboratorion ulkopuolella.

Menetelmä

Tässä artikkelissa esiteltävään tutkimukseen osallistui 15-tervettä vapaaehtoista (ei diagnosoituja sairauksia). Tutkimus toteutettiin vuonna 2022–2023. Tutkimusvälineistö koostui kannettavasta tietokoneesta, n-back muistipelistä, Neuroelectrics® Instrument Controller (NIC2) -ohjelmistosta ja Neuroelectricsin® ENOBIO® EEG-tallennusjärjestelmästä. ENOBIO-järjestelmä (Kuva 1) käyttää langatonta yhteyttä elektrodin EEG-vahvistimen ja kannettavan tietokoneen välillä. Vaikka laitteella on mahdollista tutkia jopa 20 kanavaa, EEG:n tallentamiseen käytettiin vain seitsemää kanavaa. Näistä seitsemästä kanavasta vain kaksi otsaan sijoitettua kanavaa analysoitiin myöhemmin, koska otsalohkolta rekisteröityvä aivosähkökäyrä on käytössä arkiympäristöihin tarkoitetuissa kaupallisissa tuotteissa.

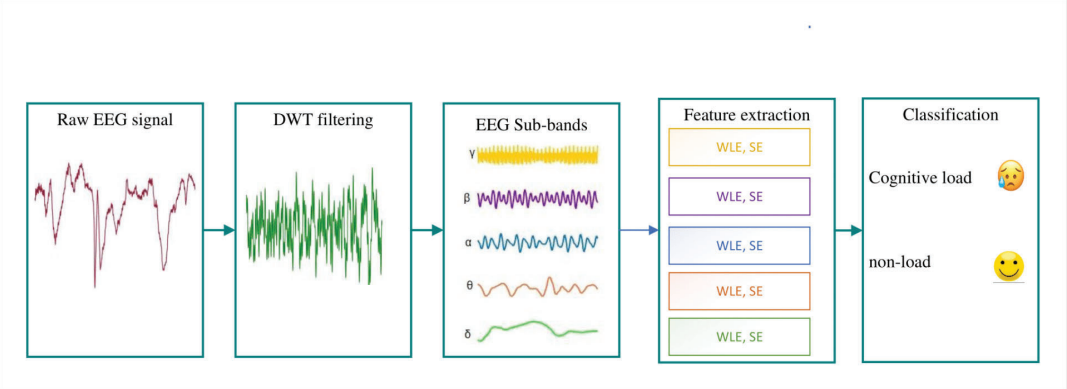
Kuva 1. Rekisteröinnin valmistelua ennen aivosähkökäyrän mittausta.

Tutkimuksessa rekisteröitiin osallistujan aivosähkökäyrää hänen pelatessaan n-back muistipeliä. N-back muistipelissä vaikeustasot vaihtelivat kognitiivisen kuormituksen mittaamisen mahdollistamiseksi. Osallistuja ohjeistettiin pelin toimintamalliin ennen rekisteröinnin aloitusta. Tässä tutkimuksessa käytetty n-back muistipelin versio käytti visuaalisena ärsykkeenä yksittäisiä numeroita (0-9), jotka näkyivät kannettavan näytöllä (Kuva 2). Osallistujan piti muistaa näytöllä oleva numero riippuen tasosta, jota pelattiin. Näkyvissä olevan numeron kohdalla tuli painaa nappia, mikäli numero oli sama kuin ennalta annettu (taso 0), mikäli numero oli sama kuin edellinen (taso 1) tai mikäli numero oli sama kuin kaksi numeroa sitten (taso 2). Pelisessiot sisälsivät 9 peliä ja tasojen välillä oli lyhyt tauko hengitysohjeineen.

Tutkimuksessa kognitiivinen kuormitus luokiteltiin kahdelle tasolle (ei kuormitusta ja kuormitus), jolloin jokainen n-back-pelin taso vastasi yhtä näistä tasoista. Taso 0 luokiteltiin kuormittamattomaksi ja tasot 1 ja 2 luokiteltiin vastaavasti keskiraskaaksi ja korkeaksi. Kaikki tiedot pelitapahtumista ja tasoista tallennettiin tiedostoon.

Kuva 2. Tutkimusasetelma: aivosähkökäyrää mitataan muistipeliä pelatessa.

Tutkimusaineistolle tehtiin laaduntarkistus ja -analyysi. Kuvassa 3 esitetyn proseduurin mukaisesti saadusta datasta poistettiin ensin häiriöt ja tarkistettiin signaalin laatu. Signaalit analysoitiin data-analyytikon toimesta signaalinkäsittelyn ohjelmia käyttäen kuormittamattomien ja kuormitettujen mielentilojen luokittelemiseksi ja kognitiivisen kuormituksen mittaamisen mahdollistamiseksi.



Kuva 3. Signaalinkäsittelyn kulku ja tulokset käyttäen etuotsalohkon aivosähkökäyrää.

Tutkimuksen tulokset ja merkitys

Hankkeen keskeisimpinä tuloksina voidaan pitää uusien aivojen kuormitustilaa indikoivien biomarkkereiden ohella mittausasetelmaa sekä monialaisen tutkija- ja yritystoimijaverkoston osaamisen yhdistämistä. Yhteistyöverkosto mahdollistaa tieteellisten tulosten jalostamisen tuotteiksi ja tätä kautta kuluttajien käyttöön.

Akateemisesta näkökulmasta mielenkiintoisin tutkimustulos liittyi eri kuormitustiloja tunnistavaan analyysiin (kuva 3) ja siinä käytettyihin piirteisiin ja luokittelijoihin. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että suurin tarkkuus (80,24 %) ja tehokkuus saavutettiin käyttämällä AdaBoost -luokittelijaa kognitiivisen kuormituksen havaitsemisessa. Algoritmi ei vaadi parametrien säätöä ennen käsittelyä, joten se sopii **arkielämän** sovellutuksiin. Muihin tutkimuksiin verrattuna menetelmä on helppokäyttöisempi ja sitä voidaan käyttää kaupallisten otsapantojen kanssa. Algoritmi myös perustuu matalakanavaisiin EEG-signaaleihin. Tutkimuksen tulokset ovat luettavissa kokonaisuudessaan artikkelista (1).

Tieteellisen merkityksen lisäksi tutkimuksen tulokset ovat mielenkiintoisia tuotteiden kehittämisen näkökulmasta. Tulokset luovat eri alojen yrityksille mahdollisuuksia **tuotekehitykseen, esimerkiksi erilaisten stressiä mittaavien sovellusten tekoon ja niiden käyttöön osana uudenlaisia hyvinvointipalveluita.** Alati kehittyvät EEG mittalaitteet yhdessä uusien biomarkkereiden kanssa mahdollistavat myös kuluttajille uusia välineitä stressin tunnistamiseen ja tätä kautta stressin hallintaan.

Tarve yksinkertaisille, helppokäyttöisille aivosähkökäyrää mittaville laitteille on suuri. Tällaisia laitteita voisi käyttää myös terveydenhuollon ympäristöissä esim. kuntoutumisen tukena. Monille neurologisille sairauksille ominaisen uupumuksen ja väsymyksen yhteys kognitiiviseen kuormittumiseen häiritsee voimakkaasti arjessa selviytymistä ja kuntoutumista. Yksinkertaisia mittausmenetelmiä apuna käyttäen kuntoutuja voisi tunnistaa helpommin tarpeen arjen rytmitykseen ja harjoitteluun sekä siten ennakoida kuormittumistaan säännöstellen tekemisiään paremman jaksamisen toteutumiseksi.

Johtopäätökset ja jatkotutkimukset

Tässä artikkelissa käsiteltiin uuden arkiympäristöön soveltuvan henkistä kuormittumista mittaavan menetelmän kehittämistä. Tulokset ovat merkittäviä sekä tieteen että käytännön sovellutusten näkökulmasta. Saadut tulokset osoittavat ja tukevat ehdotetun

menetelmän soveltumista kuormituksen mittaamiseen etuotsalohkolta. Tämä tulos on merkittävä, sillä se mahdollistaa kuormittumisen mittaamisen yksinkertaisemmalla laiteasetelmalla laboratorion ulkopuolella.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat pieni osallistujamäärä ja osallistujien välisen vaihteluanalyysin puuttuminen [1]. Tulevassa tutkimuksessa tulisi harkita tutkimuksen laajentamista koskemaan useampia mitattavia tiloja kuormittumisen lisäksi, tutkia yksilöiden välistä vaihtelua ja testata menetelmän suorituskykyä erilaisilla kaupallisilla EEG-pääpannoilla. Tuotekehitysmahdollisuuksia on runsaasti niin stressin mittaamisen kuin hallinnan näkökulmasta.

Artikkeli on kirjoitettu osana Uudet teknologiaratkaisut aivoterveyden arviointiin ja seurantaan -hanketta, joka on rahoitettu REACT-EU-välineen (EAKR) määrärahoista osana Euroopan unionin COVID-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.

Lähteet

[1] M. Beiramvand, T. Lipping, N. Karttunen, R. Koivula, "Mental Workload Assessment using Low-Channel Prefrontal EEG Signals," 2023 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), Jeju, Korea, Republic of, 2023, s. 1-5, doi: 10.1109/MeMeA57477.2023.10171942.

[2] B. Xie, G. Salvendy, "Review and reappraisal of modelling and predicting mental workload in single- and multi-task environments," An International Journal of Work, Health and Organisations, vol. 14, 2020, s. 74-99.

[3] K. Mandrick, V. Peysakhovich, F. Rémy, E. Lepron, M. Causse, "Neural and psychophysiological correlates of human performance under stress and high mental workload," Biological Psychology, Elsevier, vol.121, 2016, s. 62-73.

[4] S. M. Monroe, "Modern Approaches to Conceptualizing and Measuring Human Life Stress," Annu. Rev. Clin. Psychol., vol. 4, 2008, s. 33–52.

[5] S. Gedam, S. Paul, "A Review on Mental Stress Detection Using Wearable Sensors and Machine Learning Techniques," IEEE Access., vol. 9, 2021.

[6] R. Katmah, F. Al-Shargie, U. Tariq, F. Babiloni, F. Al-Mughairbi, H. Al-Nashash, "Review on Mental Stress Assessment Methods Using EEG Signals," Sensors, vol. 21, 2021, s. 5043.