

Anna Knuutinen ja Janina Tarkkio

VAUVAIKÄISTEN KASVOSENSITIIVISYYDEN ERP-VASTEET

Seitsemän kuukauden ikäisten lasten N290-herätevasteet
ihmisten ja kissojen kasvoärsykkeille

TIIVISTELMÄ

Anna Knuutinen ja Janina Tarkkio: Vauvaikäisten kasvosensitiivisyyden ERP-vasteet - Seitsemän kuukauden ikäisten lasten N290-herätevasteet ihmisten ja kissojen kasvoärsykkeille
Kandidaatintutkielma
Tampereen yliopisto
Psykologia
Toukokuu 2023

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella seitsemän kuukauden ikäisten lasten kasvosensitiivisiä tapahtumasidonnaisia herätevasteita (*event-related potential*, ERP). Tarkastelimme lasten N290-vasteita ihmiskasvoärsykkeille ja kontrolliärsykkeenä käytetylle kissan kasvoärsykkeelle. N290-vaste ilmenee negatiivisuuntaisena muutoksena ERP-amplitudissa 290 millisekuntia ärsykkeen esittämisen jälkeen. Tapahtumasidonnaisia herätevasteita mitattiin elektroenkefalografialla (EEG) ja kasvosensitiivisyys operationalisoitiin muutoksina ERP-amplitudissa. Tutkimme lasten vasteita yksilötasoisesti, sillä aiempi kasvosensitiivisten ERP-vasteiden tutkimus on keskittynyt vertailemaan kasvoärsykevasteiden ryhmäkohtaisia keskiarvoja. Tutkimusaineisto koostui 32 tutkittavasta.

Ensimmäiseksi tarkastelimme, onko tutkittavien kasvosensitiivisiä N290-vasteita mitattavissa luotettavasti yksilötasolla vai vasta ryhmätasolla. Aiempien ryhmäkohtaisten kasvosensitiivisyyden tutkimusten pohjalta oletimme, että N290-vasteita on havaittavissa lapsilta myös yksilötasoisesti. Toiseksi tutkimme, onko lasten N290-vasteista löydettävissä muutoksia, jotka ilmentäisivät herkkyyttä prosessoida tietynlaisia kasvoärsykeitä. Tutkimme tätä tarkastelemalla, onko havaittu vaste amplitudiltaan suurempi ihmis- vai eläinkasvoille. Aiemmat tutkimukset ovat saaneet ristiriitaisia tuloksia sen suhteen, saavatko ihmiskasvot vai eläinkasvot aikaan voimakkaamman reaktion aivovasteissa lapsilla. Tämän vuoksi asetimme kaksisuuntaisen hypoteesin, jonka mukaan N290-vasteiden amplitudiarvoista voidaan havaita selkeästi suurempaa voimakkuutta jommallekummalle kasvoärsykkeelle. Erityisesti olimme kiinnostuneita siitä, voiko jo seitsemän kuukauden ikäisiltä havaita aikuisille tyypillistä voimakkaampaa aivoaktivaatiota ihmiskasvoihin. Analyysissä käytimme luottamusvälejä ja t-testejä.

Nollasta poikkeava N290-vaste havaittiin yksilötason tarkastelussa 17 tutkittavalla (53,1 %) ihmiskasvojen koetilanteessa sekä 21 tutkittavalla (66,0 %) kontrollitilanteessa. Havaittu vaste kissan kasvoille poikkesi nolasta negatiivisena kaikilla, paitsi yhdellä tutkittavalla. Tulokset olivat merkitseviä molemmille ärsyketypeille myös ryhmätasolla ja viittaavat lasten N290-vasteen kasvosensitiivisyyteen. Hypoteesimme vastaisesti yksilölliset N290- vasteet eivät kuitenkaan olleet selkeästi voimakkaampia kummallekaan ärsykekategorialle. Ainoastaan viidellä tutkittavalla (15,6 %) ero oli merkitsevä ja näistä vain yhdellä vaste oli suurempi ihmiskasvoille. Kissan kasvot siis aiheuttivat keskimäärin suuremman vasteen kuin ihmiskasvot. Tutkimustuloksemme viittaavat siihen, etteivät seitsemän kuukauden ikäisten lasten kasvosensitiiviset prosessit ole vielä herkistyneet juuri ihmiskasvoille. Vaikuttaisi siis siltä, että ihmiskasvoille erikoistuminen tapahtuu vasta myöhemmässä kehityksessä.

Avainsanat: kasvosensitiivisyys, N290, EEG, ERP, tapahtumasidonnaiset herätevasteet, vauvaikä

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	1
Kasvojen sosiaalinen merkitys	1
Kasvosensitiivisyyden neurologinen perusta	2
Kasvosensitiivisyyden mittaaminen	3
Kasvosensitiivisyyden tutkiminen varhaislapsuudessa	4
Tutkimuskysymykset	5
AINEISTO JA MENETELMÄT	6
Tutkittavat	6
Ärsykkeet	6
Tutkimuksen kulku	7
EEG-analyysit	8
Tilastolliset menetelmät	9
TULOKSET	10
POHDINTA	12
Päätulokset	12
Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset	14
Jatkotutkimustarpeet ja tutkimuksen merkitys	14
LÄHDELUETTELO	16

JOHDANTO

Ihmiskasvot ovat sosiaalisesti merkityksellisiä ärsykeitä, joiden visuaalinen prosessointi aivoissa on erikoistunut pitkälle. Tämä erikoistuminen tunnetaan nimellä kasvosensitiivisyys. Kasvosensitiivisyydellä viitataan aivoissa kasvojen aiheuttamaan vasteeseen, joka aikuisilla poikkeaa muista esitetystä ärsykkeistä (Bentin ym., 1996; Carmel & Bentin, 2002). Vaikka kasvojenkäsittelyn neuraalisesta järjestäytymisestä aikuisuudessa vallitseekin yksimielisyys, vauvaikäisten kasvojenkäsittelystä vastaavien aivoalueiden kehittymisestä ei ole täyttä selkeyttä (Conte ym., 2020). Vauvaikäisillä on havaittu taipumusta suuntautua kohti ihmiskasvoja, mutta ei kuitenkaan ole selvää, heijastaako tämä taipumus juuri kasvoille erikoistunutta synnynnäistä mekanismia vai yleisempää taipumusta, joka altistumisen kautta erikoistuu kasvoille (Simion ym. 2007).

Kasvosensitiivisyyttä on tutkittu muun muassa mittaamalla tapahtumasidonnaisia herätevasteita (*event-related potential*, ERP). Tapahtumasidonnaisilla herätevasteilla viitataan aivojen sähköisessä toiminnassa havaittavaan hetkelliseen muutokseen, joka syntyy aistiärsyksen havaitsemisen tai jonkin tapahtuman seurauksena. Yleisimmin tutkittu ja tunnetuin ihmiskasvoille herkkä vaste lapsilla on nimeltään N290. Kyseinen vaste ilmenee jo varhaiskehityksessä ja vastaa monilta osin aikuisten kasvosensitiivistä N170-vastetta (Conte ym., 2020). Kasvovasteet ilmenevät negatiivisina ERP-käyrän arvoina, vauvoilla noin 290 millisekuntia ja aikuisilla noin 170 millisekuntia ärsyksen alkamisen jälkeen.

Koska vauvojen kasvosensitiivisyyden kehitys on vielä kesken, mahdollistaa vauvaikäisten herätevasteiden tarkastelu kasvosensitiivisyyden tutkimisen tavalla, joka ei ole aikuisilla mahdollista. Tarkastelemme tutkimuksessamme seitsemän kuukauden ikäisten lasten kasvosensitiivisiä N290-vasteita eläin- ja ihmiskasvoille. Noin puolen vuoden iässä vauvojen kasvojentunnistuksesta vastaava hermoverkosto kehittyy niin, että vauva alkaa erottelamaan kasvoja muista esineistä (Nelson, 2001). Kehityksellisestä näkökulmasta seitsemän kuukauden ikäisille tutkittaville kasvojen tulisi siis olla merkityksellinen ärsyke ja kasvosensitiivisiä aiovasteita mitattavissa. Aikaisemmista tutkimuksista poiketen tutkimme kasvosensitiivisiä aiovasteita yksilötasolla ryhmätason sijaan. Tämän ansiosta pystymme tutkimuksessamme tarkastelemaan, onko lasten kasvosensitiivisiä N290-vasteita sekä niiden eroja havaittavissa yksilötasolla.

Kasvojen sosiaalinen merkitys

Kasvot välittävät sosiaalisesti tärkeää informaatiota, ja sosiaalisen kehityksen kannalta taipumus suuntautua kohti kasvoja on erittäin keskeinen. Suuntautuminen kohti kasvoja on edellytyksenä kyvyllä tunnistaa kasvat sekä erottaa kasvat toisistaan. Kasvojen tunnistaminen on erillinen muista kognitiivisista taidoista (Wilmer ym., 2010) ja voi myös häiriintyä muiden taitojen säilyessä tyypillisinä. Orientoituminen kohti kasvoja puolestaan vaikuttaa sosiaaliseen kanssakäymiseen (Johnson ym., 2005). Puutteellinen vuorovaikutus saattaa voimistaa epätyypillisen kehityksen neuraalista erikoistumista ja siten muuttaa sosiaalisten aivojen muotoutumista (Jones ym., 2008). On siis mahdollista, että epätyypillinen kasvojen suosiminen varhaislapsuudessa voi myötävaikuttaa sosioemotionaalisisessa käyttäytymisessä esiintyviin häiriöihin, kuten autismiin (Jones & Klin, 2013).

Lasten suuntautuminen kohti kasvoja on havaittavissa jo varhain kehityksessä. Vastasyntyneillä mieltymys kasvoihin näkyy pitkittyneenä kasvomaisten kuvioiden visuaalisena seurantana (Johnson ym., 1990; Goren ym., 1975). Otsukan (2013) tutkimus antaa viitteitä siitä, että vastasyntyneillä olisi myös kyky erottaa kasvoja toisistaan. Lisäksi kasvoja suositaan useamman kilpailevan ärsykkeen joukosta (Kwon ym., 2016). Noin 6–9 kk iässä kasvoista tulee asteittain yhä merkityksellisempi ärsyke, joka vangitsee ja ylläpitää lapsen huomion (Di Giorgio ym., 2012; Frank ym., 2009; Pascalis ym., 2002). Nämä tulokset kertovat kasvoista huomion kiinnittävänä ärsykkeenä, ja tyypillisesti kehittyvän lapsen mieltymyksellisestä suuntautumisesta kohti sosiaalista maailmaa.

Kasvojen aiheuttamien neuraalisten muutosten tutkiminen ei ole tärkeää ainoastaan sosiaalisesta, vaan myös kehityksellisestä näkökulmasta. Ihmisen suuntautuminen kohti kasvoärsykeitä on edellytys sille, että aivojen kasvosensitiivinen perusta pääsee kehittymään (Johnson ym., 2005; Klin ym., 2015; McCleery ym., 2009). Kasvosensitiivisyydellä tarkoitetaan aivojen voimistunutta vastetta, joka reagoi erityisesti kasvoärsykkeeseen. Aikuisilta on löydetty erityisesti ihmiskasvoille erikoistunut aiovaste (Bentin ym., 1996). Vauvaikäisillä on havaittu kasvoärsykeille voimistuvia vasteita (Halit ym., 2003; de Haan ym., 2003), mutta lasten kasvosensitiivisten vasteiden erityisyydestä ihmiskasvoille ei ole kuitenkaan varmaa tietoa.

Kasvosensitiivisyyden neurologinen perusta

Aikuisen aivoista on löydettävissä useita aivoalueita, jotka ovat erikoistuneet juuri kasvojen käsittelyyn (Haxby ym., 2002). Haxbyn ym. (2000) klassisen aluespesifin kasvoprosessoinnin teorian mukaan kasvoprosessoinnista vastaavat aivoalueet voidaan jakaa kasvojen yleisten piirteiden

tunnistuksesta vastaavaan alueeseen (*core face network*, CFN) sekä korkeamman tason prosessoinnista vastaavaan kasvoprosessoinnin alueeseen (*extended face network*, EFN). Teorian mukaan kasvojen alemman tason prosessoinnista vastaavaan alueeseen kuuluvat muun muassa takaraivolohkon kasvoalue (*occipital face area*, OFA), värttinäpoimun kasvoalue (*fusiform face area*, FFA) ja ylempi ohimouurre (*superior temporal sulcus*, STS). Takaraivolohkon kasvoalue vastaanottaa viestejä aivojen näköalueilta ja osallistuu kasvopiiirteiden varhaiseen havaitsemiseen. Värttinäpoimun kasvoalue osallistuu kasvojen muuttumattomien osien tunnistamiseen, kun taas ylempi ohimouurre tunnistaa kasvojen muuttuvat osat, kuten kasvojen ilmeet ja liikkeet. Teoriassa korkeamman tason kasvojen prosessoinnin alueeseen kuuluvat muun muassa etuohimolohko (*anterior temporal lobe*, ATL), intraparietal sulcus (IPS) ja mantelitumake. Käytämme tutkimuksessamme aluespesifiä kasvoprosessoinnin teoriaa valitessamme analyysiin tarkasteltavia lasten aivoalueita.

Vauvaikäisillä aikuisten kaltaista erikoistumista kasvoihin ei ole, vaikka ihmiskasvoihin suuntautuminen ilmenee jo varhaiskehityksessä. Kasvosensitiivisiä aivovasteita on löydetty jo kolmen kuukauden ikäisiltä (de Haan & Nelson, 1999). Tutkijat eivät ole kuitenkaan yksimielisiä siitä, millainen on vauvojen kasvosensitiivisyyden syntymekanismi. On esitetty teorioita siitä, että vauvan kasvosensitiivisyys on synnynnäinen aivoissa ilmenevä ominaisuus (McKone ym., 2007; Wilmer ym., 2010). Toisaalta on mahdollista, että kasvosensitiivisyys kehittyy vasta kokemuksen ja riittävän ihmiskasvoille altistuksen myötä, jolloin vauva alkaa käyttämään yleisten ärsykeprosessoinnin menetelmien sijaan juuri ihmiskasvoille erikoistuneita kasvoprosessoinnin menetelmiä (*perceptual narrowing*, Simion & Giorgio, 2015; Scott ym., 2007; Nelson, 2001).

Kasvosensitiivisyyden mittaaminen

Kasvosensitiivisyyttä voidaan tutkia mittaamalla tapahtumasidonnaisia herätevasteita elektroenkefalografian (EEG) avulla. EEG-menetelmä rekisteröi aivojen sähköisten potentiaalien värähtelyjä kallon pinnalta mitattuna (Nunez & Srinivasan, 2007). ERP-vasteiden mittaus on osoittautunut hyödylliseksi kasvosensitiivisyyden tutkimisessa erityisesti menetelmän ajallisen ja paikallisen tarkkuuden vuoksi (de Haan ym., 2003). Analyysissa tarkastellaan rajattua, millisekunneissa mitattavaa ajanjaksoa. Tärkeimpiä ERP-menetelmässä mitattavia suureita ovat vasteen amplitudi eli jänniteheilahduksen suuruus sekä sen ajallinen suure eli latenssi. Vasteen latenssin oletetaan olevan vakio kunkin ärsyketyypin esityksestä eli samankaltaisten ärsykkeiden

aiheuttaman muutoksen aivoaktivaatiossa oletetaan näkyvän aivosähkökäyrässä aina tiettyinä ajanhetkenä (de Haan ym., 2003).

Lasten kasvospesifisyyttä kuvaavista herätevasteista yleisimmin tutkittua herätevastetta kutsutaan nimellä N290. Tämän erityisesti ihmiskasvoihin reagoivan negatiivisen vasteen huippukohta näyttäytyy vauvaikäisillä noin 290–350 millisekuntia ärsykkeestä lateraalisesti alemmilla posteriorisilla alueilla (Halit ym., 2003; de Haan ym., 2003). Vauvojen N290-vasteen on havaittu vastaavan ominaisuuksiltaan aikuisten kasvosensitiivistä N170-vastetta niin rakenteellisesti kuin toiminnallisesti (Conte ym., 2020).

Pyrimme selvittämään, voidaanko seitsemän kuukauden ikäisillä havaita muutoksia aivoaktivaatiossa 290 millisekuntia kasvoärsykkeen esittämisen jälkeen yksilötasolla. Hyödynnämme tutkimuksessamme yleistä ERP-datan analyysimenetelmää, jossa kasvosensitiivisyyttä tutkivaa ärsykettä toistetaan ja tuloksena syntyviä keskiarvostettuja aivosähkökäyrän muutoksia tarkastellaan tiettyinä ajanhetkenä (Kamel & Malik, 2015, s. 15). Tämä mahdollistaa ärsykkeestä aiheutuvien neurokognitiivisten prosessien erottamisen muusta aivosähkökäyrän yleisestä kohinasta.

Kasvosensitiivisyyden tutkiminen varhaislapsuudessa

Aivojen kehittyminen on ensimmäisen elinvuoden aikana nopeaa, ja myös kasvojen prosessoinnissa tapahtuu muutoksia aivotasolla. Eri ikäisten lasten kasvoprosessin tutkiminen mahdollistaa eri vaiheiden tarkastelun toisistaan erillään, sillä monet kasvoihin erikoistuneet toiminnot eivät ole vielä täysin kehittyneet (de Haan ym., 2003). Aikuisilla N170-vaste ihmiskasvoille eroaa merkitsevästi muista esitetyistä ärsykkeistä, mutta lapsilla kasvoihin erikoistuminen on vasta kehittymässä. Lasten kasvoprosessin tutkimus siis auttaa tutkimaan aihetta tavalla, mikä ei ole mahdollista aikuisilla.

Aikaisemmissa lasten kasvosensitiivisyyden tutkimuksissa on käytetty kontrolliärsykkeinä esineitä (Conte ym., 2020; de Haan & Nelson, 1999) ja eläinkasvoja (de Haan ym. 2002; Halit ym. 2003; Yrttiaho ym., 2022). Tutkimuksissa on saatu viitteitä lasten kasvosensitiivisyydestä ryhmätasolla. Conte ym. (2020) tutkivat 4.5–12 kuukauden ikäisten lasten aiovasteita sekä kasvoille että esineille. He havaitsivat, että vaste kasvoille ja esineille oli yhtä suuri neljän ja puolen kuukauden iässä, mutta iän myötä vaste kasvoille suureni. Myös de Haan ja Nelson (1999) havaitsivat kuuden kuukauden ikäisiltä, että heidän kasvosensitiivisten herätevasteiden latenssit olivat lyhyempiä kasvoille kuin esineille. Eläinten kasvoja kontrolliärsykkeenä käyttävissä tutkimuksissa N290-

vasteen on havaittu olevan suurempi ihmiskasvoille kuin eläinkasvoille (de Haan ym., 2002; Halit ym., 2003). Tämä voi tarkoittaa, että esimerkiksi apinan kasvoja käsitellään kuten esineitä. Tällöin N290-vaste ei ole ainoastaan esimerkiksi molemmissa ärsykkeissä esiintyvän silmät-nenä-suu – asetelman aiheuttamaa, vaan se reagoi erityisesti ihmiskasvoihin. Edellä mainitut tutkimustulokset viittaavat lasten herkkyyteen prosessoida ihmiskasvoja. Kuitenkin myös päinvastaisia tuloksia on saatu. Esimerkiksi seitsemän kuukauden ikäisillä on havaittu suurempaa vastetta kissojen kasvoille kuin ihmiskasvoille (Yrttiaho ym., 2022).

Koska aiempi lasten kasvosensitiivisyyden tutkimus perustuu vasteiden ryhmäkohtaisten keskiarvojen vertailuun, ei vasteiden yksilöllisestä vaihtelusta ole täyttä varmuutta. Pyrimme selvittämään, voidaanko seitsemän kuukauden ikäisten lasten kasvosensitiivisiä N290-vasteita mitata yksilötasolla. Mikäli tutkittavien N290-vaste on suurempi ihmiskasvoille kuin eläinkasvoille, ilmentää se herkkyyttä prosessoida ihmiskasvoja. Suurempi N290-vaste eläinkasvoille voi taas kertoa eläinärsykkeen uutuudesta suhteessa ihmiskasvoihin ja ihmiskasvojen tuttuudesta. Tutkimuksissa, joissa ärsykeitä toistetaan, on havaittu ERP-vasteen voimistumista uusille ärsykeille ja heikentymistä tutummille ärsykeille (Gagnepain ym., 2008; Henson ym., 2000). Erityisesti lapsilla voi ilmetä uudesta ärsykkeestä johtuvaa voimistunutta ERP-vastetta, sillä uutta ärsykettä koskevat edustukset eivät ole vielä täysin kehittyneet (Nordt ym., 2016).

Tutkimuskysymykset

Tutkimuksessamme tarkastelemme seitsemän kuukauden ikäisten lasten kasvosensitiivisiä N290-vasteita yksilötasolla. Tutkimusärsykeinä toimivat kissojen ja ihmisten kasvot, joista mitattuja tapahtumasidonnaisia herätevasteita analysoimme. Ensimmäinen tutkimuskysymyksemme on, voiko lasten kasvosensitiivisyyttä todentaa luotettavasti yksilötasolla vai ovatko kasvosensitiiviset vasteet havaittavissa vasta ryhmätasoisesti. Oletamme aiempien ryhmätasoisien tutkimusten perusteella, että vauvojen vaste kasvoärsykeille ilmenee ERP-käyrässä N290-vasteena myös yksilötasoisesti. Koska käsittelemme tutkimuksessamme yksilötasoa ryhmätasoisien keskiarvojen sijaan, voivat N290-vasteen ilmenemiseen vaikuttaa esimerkiksi lapsen kehitysvaihe, kehitykselliset poikkeamat, ärsykkeen tuttuus sekä yksilölliset erot.

Toinen tutkimuskysymyksemme on, ilmeneekö seitsemän kuukauden ikäisillä lapsilla N290-vasteen muutoksia, jotka ilmentävät herkkyyttä prosessoida ihmiskasvoja. Koska aiemmissa

tutkimuksissa on havaittu voimakkaampaa N290-vastetta sekä ihmis- että eläinkasvoille, on myös hypoteesimme kaksisuuntainen:

1. N290-vasteen amplitudi on voimakkaampi, kun tutkimushenkilöille esitetään ihmisten kasvoja verrattuna tilanteeseen, jossa heille esitetään kissojen kasvoja tai
2. N290-vasteen amplitudi on voimakkaampi, kun tutkimushenkilöille esitetään kissojen kasvoja verrattuna tilanteeseen, jossa heille esitetään ihmisten kasvoja.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkittavat

Tutkimuksessa käytetään Yrttiahon ym. (2022) tutkimuksen anonyymia aineistoa, joka koostui aikuisten tutkittavien lisäksi myös tutkimushetkellä seitsemän kuukauden ikäisistä lapsista. Tästä ERP-tutkimusaineistosta valitsimme tutkimuksemme tarkoituksen mukaisesti tutkittaviksi lapset. Tutkimukseen osallistui 56 lasta. Tutkimuksemme lopulliseen analyysiin hyväksyttiin osallistujat, joilla oli saatavilla data esitetyistä ihmiskasvoista sekä kissojen kasvoista ($N=32$). Tutkimuksen ikä- ja sukupuolijakauma ei ole tiedossa, mutta se todennäköisesti myötäilee alkuperäisen otoksen jakaumaa [19 tyttöä, $ka_{ikä} = 30.5$, $kh_{ikä} = 0.5$ viikkoa].

Tutkittavat olivat Tampereelta ja sen lähiseuduilta. Perheiden yhteystiedot saatiin Digi- ja väestötietovirastolta. Aineisto kerättiin 16.10. - 17.12.2020 välisenä aikana. Ennen tutkimuksen aloittamista tutkittavien lasten vanhemmat allekirjoittivat tietoon perustuvan kirjallisen suostumuksen, johon sisältyi aineiston jatkokäyttö. Tampereen alueen ihmistieteiden eettinen toimikunta puolsi alkuperäistä tutkimusta.

Ärsykkeet

Tutkimuksen kasvoärsykkeinä toimivat kissojen ja ihmisten kasvot (kuvio 1). Ihmiskasvoärsykkeet kerättiin Psychological Image Collection at Stirling –datapalvelusta (Utrecht ECVP face database, 2008) ja kissaärsykkeet kerättiin netistä saatavilla olevista kuvista. Molempia kasvoärsykeitä oli

aineistossa yhteensä seitsemän. Ärsykkeissä esiintyvien pään kallistuskulmien erojen vuoksi kasvokuvista luotiin myös peilikuvat, minkä vuoksi tutkimuksessa käytettyjä ärsykejä oli lopulta 28. Ihmiskasvot koostuivat neutraaleista tai lievästi myönteisen ilmeen omaavista naiskasvoista. Kissaärsykkeisiin sisältyi keskenään samantyyppisiä lyhytkarvaisia kissarotuja.

Ärsykekategorioiden kuvat yhdenmukaistettiin samantyyllisiksi, jotta ärsykkeiden väliset eroavaisuudet eivät vaikuttaisi liikaa tutkimustuloksiin. Kissan kasvoja venytettiin hieman pystysuunnassa ihmiskasvoja vastaaviksi, jotta ärsykkeiden kasvonpiirteet olisivat keskenään mahdollisimman yhteneväisiä. Kasvokuvien kirkkaus muokattiin vastaamaan mahdollisimman paljon tosiaan. Myös kuvien väriarvo yhdenmukaistettiin käyttämällä GIMP-kuvankäsittelyohjelmaa (The GIMP development team, 2019). SHINE-kuvankäsittelyohjelmaa hyödynnettiin kuvien värierojen ja paikkataajuuden amplitudispektrien yhtenäistämiseen. Kaikkiin kuviin muokattiin myös samanlainen pyöreä kuvakehys sekä yhtenäinen valkoinen tausta.



Kuvio 1. Havainnollistava kuva tutkimuksessa käytetystä kasvoärsykeparista. Esimerkkikuvan ärsykkeet ovat tutkimuksessa käytettyjä ärsykejä tarkempilaatuisia eivätkä niiden muokkaukset vastaa identtisesti toisiaan. Esimerkkikuvat on haettu Unsplash (Hauntington, 2020) ja Rawpixel (22.3.2023) -kuvapalveluista tekijänoikeusvapaasti.

Tutkimuksen kulku

Tutkimuksen aikana lapset istuivat huoltajansa sylissä tietokoneen edessä. Tehtävänä oli ainoastaan seurata näytön keskelle vasten harmaata taustaa ilmestyviä ärsykejä. Jotta lasten huomio saatiin paremmin kiinnitettyksi, esitettiin ärsykkeet kuvasarjana, johon yhdistettiin iloinen instrumentaalinen taustamusiikki. Lasten huomio onnistuttiin suurimmaksi osaksi kiinnittämään tehtävään. Taustamusiikin sisältö ja vaihe satunnaistettiin, jotta sen mahdolliset vaikutukset visuaalisiin tapahtumasidonnaisiin heräteasteisiin saatiin mitätöityä. Tutkimustilassa ei ollut valoja päällä ärsykenäytöstä tulevaa valoa lukuun ottamatta.

Tutkittaville esitettiin 24 kuvan sarjoja, jotka koostuivat joko ihmiskasvoista tai kissojen kasvoista. Sarjojen ärsykkeet satunnaistettiin. Sarjoja esitettiin 1–4, jolloin yhdeltä osallistujalta saatiin 24–96 toistoa ärsyketyyppiä kohden. Ärsyke esiintyi näytöllä 500 millisekuntia, jota seurasi 500 millisekunnin tauko ennen seuraavan ärsykkeen ilmestymistä näytölle. Yhden sarjan kesto sekunneissa oli sama kuin esitettyjen toistojen määrä.

EEG-analyysit

Ärsykkeen esittämisen aikana EEG-vasteita mitattiin käyttämällä EGI HydroCel 128 - elektrodiverkkoa (Electrical Geodesics, Inc., USA). Elektrodiverkossa on yhteensä 128 elektrodiä, joista analysoimme 12 mitatun elektrodin EEG-vasteita [63, 64, 69, 70, 68, 73, 82, 76, 100, 96, 95 ja 90]. Kyseisistä elektrodikanavista N290-vaste kyettiin mittaamaan selkeästi. Mittauselektrodit sijaitsivat okkipitaalisilla vasemman (E63, E64, E69, E70) ja oikean aivopuoliskon (E100, E96, E95, E90) alueilla sekä aivojen keskilinjan alueella (E68, E73, E82, E76). Näistä kolmesta mitattavasta alueesta laskettiin yhteinen keskiarvo. Dataa kerättiin, kunnes haluttu määrä sarjoja saatiin mitattua tai lapsi ei enää ollut tarkkaavainen ärsykejä kohtaan.

Ennen EEG-datan varsinaista käsittelyä data esikäsiteltiin. Esikäsitteilyllä pyrimme parantamaan EEG-signaalin laatua ja vähentämään sen ylimääräistä vaihtelua. Elektrodikanavista, joiden impedanssiarvot ylittivät 200 Ω , ei huomioitu analyyseissä. Myöskään $\pm 150 \mu\text{V}$ ylittävien EEG-amplitudien kanavia ei hyväksytty analyyseihin, vaan niiden arvot korvattiin hyväksyttävien kanavien interpoloiduilla arvoilla käyttämällä SLERP-menetelmää (*spherical line interpolation*). Jos mitattavista elektrodikanavista vähintään 10 % tulostivat ei-hyväksyttäviä arvoja ärsykkeen esittämisen aikana, kyseisen epookin arvoja ei huomioitu analyyseissä. Epookilla tarkoitetaan EEG-signaalin osaa, joka on tahdistettu yhden ärsykkeen esityskertaan, ja jonka kesto oli –100

millisekunnista 500 millisekuntiin. Signaaleille suoritettiin myös alipäästösuodatus 30 hertsin vaimennuksella, jonka avulla liian nopeat signaalinvaihtelut suodatettiin pois. EEG-signaalien kanavien arvoja verrattiin kaikkien elektrodien yli laskettuun keskiarvoreferenssiin. Tietoa datan tarkemmista esikäsitellyn yksityiskohdista on löydettävissä alkuperäisestä aineistosta (ks. Yrttiaho ym., 2022).

Tapahtumasidonnaiset herätevasteet laskettiin ottamalla aritmeettinen keskiarvo EEG-signaalista yli epookkien. Jokaiselle epookille tehtiin perustasokorjaus, eli vähennettiin alusta 100 millisekuntia, jolloin jokaisen epookin alkamisajankohta oli 0 millisekuntia. Tutkittavien ERP-vasteiden amplitudien ja latenssien keskiarvot laskettiin tietystä aikaikkunasta perustuen aikaisempiin tutkimuksiin. P100-vasteen osalta aikaikkunaksi valittiin 112–152 millisekuntia ärsykkeen esittämisen jälkeen ja N290-vasteen osalta 260–300 millisekunnin aikaikkuna ärsykkeen esittämisen jälkeen.

Tutkimustilanteesta tallennettiin videot myöhempää laaduntarkkailua varten. EEG-data hylättiin niiltä videotallenteiden jaksoilta, joissa tutkittavilla esiintyi liiallisia pään ja vartalon liikkeitä, lapsi tai huoltaja koski elektrodeihin, huoltaja liikutti lasta, lapsi oli itkuinen tai tutkittava menetti kiinnostuksensa tutkimusärsykeitä kohtaan.

Tilastolliset menetelmät

N290- ja P100-vasteiden amplitudit laskettiin edellä mainituista aikaikkunoista ottamalla kunkin epookin amplitudeista keskiarvot. Aikaikkunoiden amplitudien keskiarvoistamiseen käytettiin Fieldtrip-kirjastoa (Oostenveld ym., 2011). Hyödynsimme Fieldtrip-kirjaston tietorakenteita ja muokkasimme dataa Matlab-laskentaohjelmiston (The MathWorks Inc., 2022, v9.13.0.2126072) avulla. Analyyseja varten loimme jokaiselle tutkittavalle muuttujan, jossa tarkastelimme muutosta P100- ja N290-vasteiden aikaikkunoiden välillä. Erotuksen tarkastelu antaa mahdollisuuden selvittää, johtuvatko mahdolliset yksilölliset erot N290-vasteessa aikaisemmista eroista P100-vasteessa. Käytämme tästä muuttujasta jatkossa nimeä N290-P100.

Aineisto analysoitiin käyttämällä R-Studiota (R Core Team, 2022, v4.2.1). Aineiston tarkastelussa käytettiin kirjastoa psych (Revelle, 2022) ja lsr (Navarro, 2015). Ggplot2-kirjastoa (Wickham, 2016) käytettiin tulosten visualisointiin. Tutkimme, onko N290-P100-vaste havaittavissa yksilötasoisesti tutkimalla yksittäisten koehenkilöiden luottamusvälejä. Tarkastelimme, eroavatko tutkittavien N290-

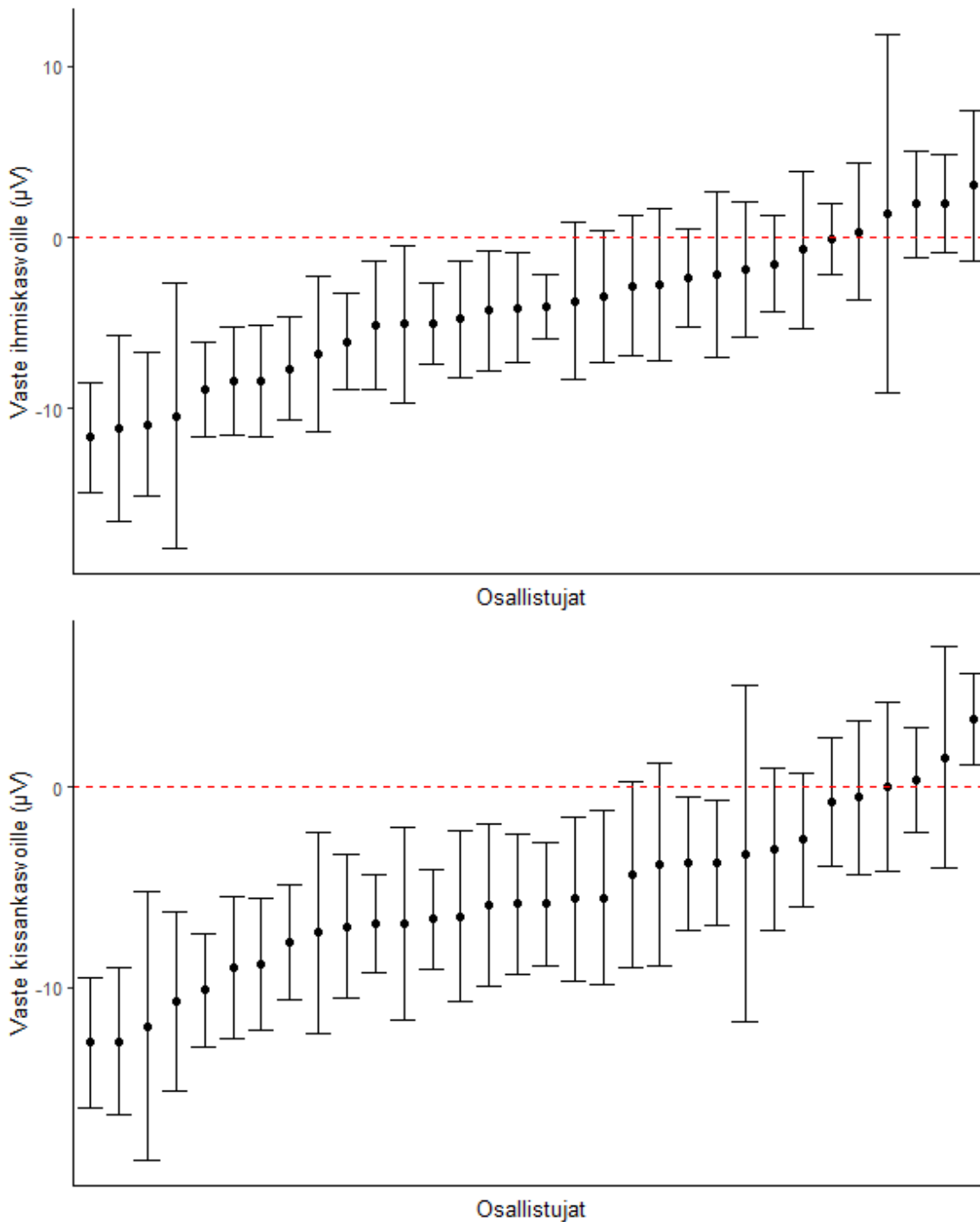
P100-vasteen luottamusvälit nollassa negatiivisesti kummassakaan koetilanteessa. Vertasimme yksilötasoista vaihtelua molemmista koetilanteista myös ryhmätasoon. Tutkimme tätä havainnoimalla, eroaako ryhmätasoinen N290-P100-vaste nollassa yksisuuntaisen yhden otoksen t-testin avulla. T-testin oletukset otoskoon ja normaalijakautuneisuuden suhteen täyttyivät.

Toisen tutkimuskysymyksen tarkastelua varten jokaiselle tutkittavalle luotiin erotusmuuttuja keskiarvoistetusta vasteista ihmisten ja kissojen kasvoille. Yksilötasolla tarkastelimme luottamusvälien avulla, poikkeako tämä muuttuja nollassa. Ryhmätasolla testasimme poikkeavuutta nollassa t-testin avulla. Tutkimalla yksilö- ja ryhmätasoa saimme selville, kummassa koetilanteessa tutkittavien amplitudivaste oli voimakkaampi.

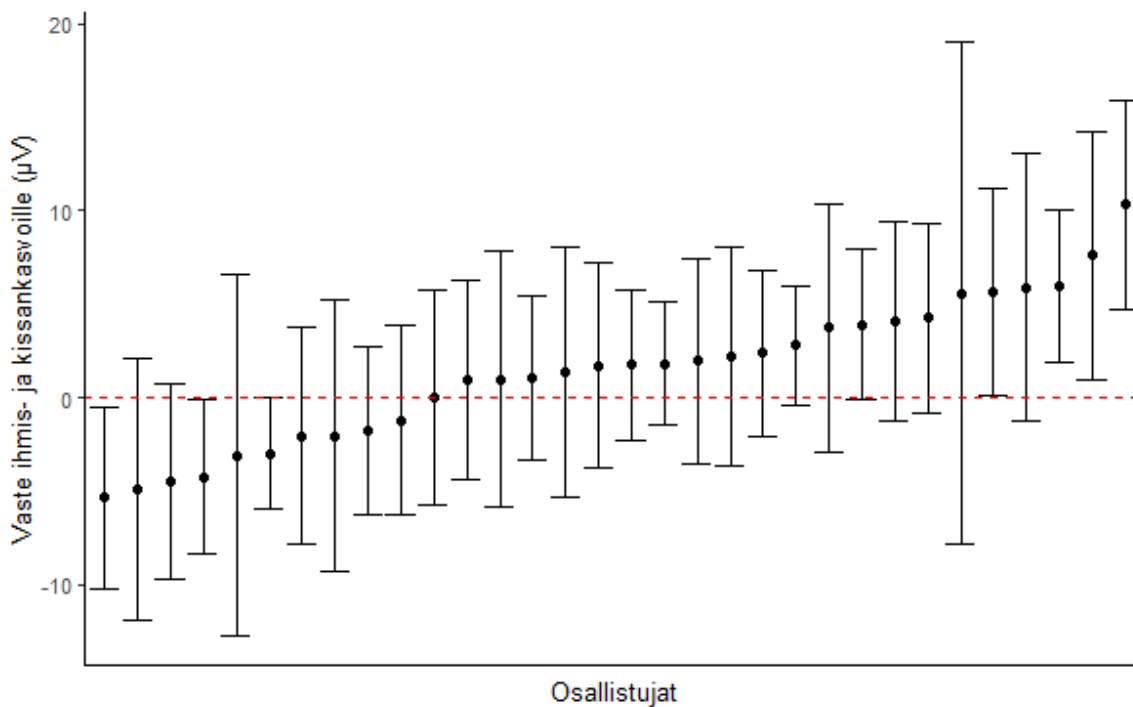
TULOKSET

Ryhmätasoinen N290-vaste ihmiskasvoille poikkesi merkitsevästi nollassa [$ka = -4.25 \mu V$, $kh = 4.04 \mu V$, $t(31) = -5.94$, $p < .0001$, $d = 1.05$]. Yksilötasolla N290-vaste ihmiskasvoille poikkesi negatiivisena nollassa 17 (53,1 %) tutkittavalla (kuvio 2). Ryhmätasolla N290-vaste kissankasvoille poikkesi merkitsevästi nollassa [$ka = -5.45 \mu V$, $kh = 4.04 \mu V$, $t(31) = -7.64$, $p < .0001$, $d = 1.35$]. Yksilötasolla N290-vaste kissankasvoille poikkesi nollassa 21 (66,0 %) tutkittavalla (kuvio 3). Näistä 21 tutkittavasta yhdellä tutkittavalla merkitsevä vaste poikkesi nollassa positiivisesti, kun taas muilla negatiivisesti.

Ryhmätasolla ero vasteissa ihmiskasvojen ja kissakasvojen erotusmuuttujalle oli lähellä merkitsevää [$ka = 1.37 \mu V$, $kh = 3.86 \mu V$, $t(31) = 2.0134$, $p = .0528$, $d = 0.36$]. Positiivinen t-arvo tarkoittaa, että vaste kissankasvoille on keskimäärin suurempi kuin ihmisen kasvoille. Negatiivinen ero vasteessa taas tarkoittaa, että vaste ihmiskasvoille on suurempi kuin kissankasvoille. Yksilötasolla ainoastaan 5 yksilön vaste ihmis- ja kissankasvoille erosi merkitsevästi toisistaan (kuvio 4). Näistä neljän vasteen ero oli positiivinen ja yhden negatiivinen.



Kuvio 2 ja 3. Ylemmässä kuviossa tutkittavien N290-P100-erotusmuuttujan luottamusvälit yksilötasoisesti ihmiskasvojen koetilanteessa ja alemmassa kuviossa kissan kasvojen koetilanteessa. 17 tutkittavan ihmiskasvojen vaste poikkesi negatiivisesti nolasta. 21 tutkittavan kissan kasvojen vaste poikkesi nolasta, joista yksi oli positiivinen ja muut negatiivisia. Jokainen piste vastaa yhtä tutkittavaa.



Kuvio 4. Tutkittavien N290-P100-erotusmuuttujan luottamusvälit yksilötasoisesti ihmisen ja kissan kasvojen keskiarvostetuissa koetilanteissa. Viiden tutkittavan vaste poikkesi nollassa, joista yksi oli negatiivinen ja muut positiivisia. Jokainen piste vastaa yhtä tutkittavaa.

POHDINTA

Tutkimuksemme tarkoituksena oli tarkastella seitsemän kuukauden ikäisten lasten kasvosensitiivisyyttä kuvaavia yksilöllisiä N290-herätevasteita. Vertailimme lasten kasvosensitiivisiä herätevasteita tilanteissa, joissa tutkittaville näytettiin kuvia kissojen ja ihmisten kasvoista. Tutkimme, onko kasvosensitiivisiä N290-herätevasteita löydettävissä kummallekaan ärsykekategorialle yksilötasoisesti. Lisäksi tutkimme, ovatko löydetyt N290-vasteet voimakkaampia joko kissojen tai ihmisten kasvoille. Voimakkaampi vaste jommallekummalle ärsykekategorialle näkyisi suurempana N290-vasteen amplitudiarvona ja ilmentäisi lapsen herkkyyttä prosessoida kyseisiä kasvoärsykeitä.

Päätulokset

Ensimmäinen tutkimuskysymyksemme oli, voidaanko kasvosensitiivisiä herätevasteita havaita luotettavasti yksilötasolla. Tuloksemme tukivat hypoteesia, jonka mukaan reagointi kasvoärsykkeisiin ilmenee negatiivisena amplitudina noin 290 millisekuntia ärsykkeen esittämisen jälkeen. Kasvosensitiivisyys ilmiönä on ryhmätasolla todennettu useissa tutkimuksissa (Conte ym., 2020; de Haan ym., 2002; Halit ym., 2003). Tutkimuksemme ryhmätason tarkastelu tukee näitä tuloksia ja siten myös käsitystä N290-vasteesta kasvosensitiivisyyttä ilmentävänä vasteena. Vaste ei kuitenkaan vaikuttaisi olevan erityinen ihmiskasvoille, sillä myös kissojen kasvat saivat aikaan negatiivisen muutoksen amplitudissa. Muutos oli myös suurempi kissojen kasvoille kuin ihmiskasvoille ryhmätasolla tarkasteltuna. Yksilötason tarkastelu osoitti, että N290-P100-muuttuja poikkesi merkittävästi nollassa hieman yli puolella tutkittavista ihmiskasvotilanteissa ja suurimmalla osalla kissakasvotilanteissa. Sekä ihmiskasvojen että kissan kasvojen näkeminen aiheutti systemaattista reagointia aivovasteissa sekä yksilö- että ryhmätasolla 290 millisekuntia ärsykkeen esittämisen jälkeen.

Toinen tutkimuskysymyksemme oli, voidaanko yksittäisiltä tutkittavilta havaita voimakkaampaa N290-vasteen amplitudiarvoa joko ihmisten tai kissojen kasvoille. Erityisesti olimme kiinnostuneita siitä, ilmeneekö seitsemän kuukauden ikäisten lasten N290-vasteessa herkkyyttä prosessoida juuri ihmiskasvoja. Kaksisuuntaisen hypoteesimme vastaisesti valtaosalla tutkittavista ei ollut havaittavissa erityisen voimakasta vastetta kummallekaan ärsykekategorialle. Vaikka jo puolen vuoden iässä kasvat ovat lapsille yhä merkityksellisempi ärsyke (Di Giorgio ym., 2012; Frank ym., 2009; Pascalis ym., 2002), voi tutkimustuloksemme johtua siitä, etteivät tämän ikäisillä lapsilla kasvoärsykeitä koskevat edustukset ole vielä ehtineet kehittyä riittävästi (de Haan ym., 2003; Nordt ym., 2016). Tulos tukee ajatusta, jonka mukaan lapsen prosessoinnin erikoistuminen tietynlaiseen kasvoärsykeeseen tapahtuu vasta myöhemmin kehityksessä. Kuitenkin viidellä tutkittavalla, joilla yksilötasolla saatiin merkittävä tulos, aiheuttivat neljällä kissojen kasvat voimakkaamman vasteen kuin ihmiskasvat. Myös ryhmätasolla oli havaittavissa hieman suurempaa vastetta kissojen kasvoille, joka kuitenkin jäi hieman alle merkitsevyysrajan. Tämä on ristiriidassa aiempien kasvosensitiivisyyden tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan juuri ihmiskasvat ovat vauvaikäisille muita kasvoärsykeitä merkityksellisempiä ärsykeitä (Halit ym., 2003; de Haan ym., 2003; de Haan ym., 2002). Ihmiskasvojen erityisyyden lisäksi on kuitenkin saatu myös ristiriitaisia tuloksia, joiden mukaan lapset reagoisivat ihmiskasvoja voimakkaammin uusiin ärsykkeisiin, kuten eläinten kasvoihin (Yrttiaho ym., 2020; Nordt ym., 2016). Mikäli lasten tietyille kasvoärsykeille sensitiivinen perusta ei ole vielä kehittynyt, on mahdollista, että joillakin yksilöillä vieraammat kasvoärsykkeet herättävät herkemmin lapsen huomion saaden aikaan voimakkaamman N290-vasteen.

Aiempien tutkimusten mukaan jo vauvaikäiset pitävät ihmiskasvoja erityisinä huomion kiinnittävinä ärsykkeinä (Halit ym., 2003; de Haan ym., 2003; Johnson ym., 1990; Goren ym., 1975; Kwon ym., 2016). Tutkimustuloksemme eivät kuitenkaan löytäneet viitteitä seitsemän kuukauden ikäisten lasten ihmiskasvoille erikoistuneesta kasvosensitiivisyydestä. Aiemmat tutkimukset ovat kuitenkin keskittyneet tutkimaan kasvoärsykkeiden erityisyyttä ryhmätasolla, kun taas meidän tutkimuksessamme ilmiötä tarkasteltiin yksilötasolla. Tutkimusasetelmamme erityislaatuisuuden vuoksi tuloksemme eivät ole siis suoraan verrattavissa aiempiin ryhmätasoisiin kasvosensitiivisyyden tutkimuksiin.

Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset

Tutkimuksemme erityisenä vahvuutena aiempiin tutkimuksiin nähden voidaan pitää yksilöllisten herätevasteiden tarkastelua. Herätevasteiden vaihteluun voivat vaikuttaa monet yksilölliset tekijät, kuten esimerkiksi kehitykselliset poikkeamat (Jones & Klin, 2013). Tutkimalla yksilöllisiä herätevasteita voidaan välttää tulkintavirheet ryhmätasoisista keskiarvostetuista ERP-vasteista, joiden efektit johtuvat todellisuudessa ryhmän sisäisestä yksilöllisestä vaihtelusta (Gaspar ym., 2011; Kuefner ym., 2010). Kuten tuloksemme osoittavat, ryhmätason merkitsevään tulokseen ei vaadita jokaiselta tutkittavalta yksilöltä ryhmätasoisista ilmiötä vastaavaa, merkitsevää tutkimustulosta.

Tutkimustuloksien luotettavuutta olisi voinut parantaa yhdenmukaistamalla kunkin koetilanteen ärsykkeiden toistojen määrään ja laadun. Tutkittavilta kerättävien ärsyketoistojen määrä vaihteli paljon johtuen yksilöllisistä tekijöistä, kuten lapsen tarkkaavuuden tasosta. Silmänliikkeitä tutkimalla olisi ollut mahdollista saada tarkempaa tietoa siitä, mihin lapsi kohdistaa tarkkaavuuteensa kullakin ajanhetkellä. Tämänkaltaisen datan laadullisen tarkkailun puuttuessa on vaikea arvioida, mistä kukin vaste todellisuudessa johtuu ja onko kasvovasteita kyetty joka kerta mittaamaan onnistuneesti. Vaikka ERP-vasteiden tarkastelu on saanut tukea aiemmilta tutkimuksilta kasvosensitiivisyyden luotettavana mittausmenetelmänä (de Haan ym., 2003), on sen käyttöä kohtaan esitetty myös kritiikkiä. ERP-mittaus suoritetaan vain yhtenä ajankohtana siitä huolimatta, että saman yksilön ärsykkeen herättämät vasteet voivat vaihdella eri mittausajankohtina (Gaspar ym., 2011).

Jatkotutkimustarpeet ja tutkimuksen merkitys

Koska tutkimustuloksemme tarjoavat tietoa vain seitsemän kuukauden ikäisistä lapsista, olisi tärkeää lisätä yksilötasoista tutkimustietoa myös muun ikäisistä. Lisäksi pitkittäistutkimuksella voitaisiin lisätä tietoa yksilöiden kehityksestä. Yksilötasoista lisätutkimusta tarvitaan myös eri koetilanteista, sillä esimerkiksi ärsykekuvien käsittelyllä ja valituilla ärsyketyypeillä on vaikutusta kasvosensitiivisyyden tutkimustuloksiin (Balas & Koldewyn, 2013). Kasvoärsykkeiden toistojen vaikutusta lasten kasvosensitiivisiin vasteisiin olisi myös tutkittava enemmän, sillä aikuisilla on havaittu ERP-vasteiden heikentymistä tutuilla ärsykkeillä ja voimistumista uusille ärsykkeille (Gagnepain ym., 2008; Henson ym., 2000). Tutkimustiedon yleistettävyyden kannalta olisi tärkeää tutkia myös eri kulttuureista tulevien lasten kasvosensitiivisyyttä, sillä kasvoja prosessoidaan eri tavoin eri kulttuureissa (Caldara, 2017).

Tulosten perusteella seitsemän kuukauden ikäisillä on havaittavissa kasvosensitiivisiä N290-vasteita yksilötasolla, mutta nämä vasteet eivät ole erityisiä ihmiskasvoille. Kasvoihin suuntautumisen sosiaalisen ja kehityksellisen merkityksellisyyden vuoksi on kasvosensitiivisyyden tutkiminen myös jatkossa tärkeää. Kasvosensitiivisyyden tutkiminen yksilötasolla voi tarjota työkalun kehityksellisten poikkeamien varhaiseen tunnistamiseen ja havainnoimiseen. Kasvosensitiivisyyden kehityksellisen tiedon lisääntyessä myös erilaisten interventiomuotojen kehittäminen ja lasten normaalin kehityksen tukeminen tulevat mahdollisiksi.

LÄHDELUETTELO

- Balas, B. & Koldewyn, K. (2013). Early visual ERP sensitivity to the species and animacy of faces, *Neuropsychologia* 51(13), 2876–2881. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.09.014>.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E. & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of cognitive neuroscience* 8(6), 551–565. <https://doi.org/10.1162/jocn.1996.8.6.551>
- Caldara, R. (2017). Culture reveals a flexible system for face processing. *Current directions in psychological science* 26(3), 249–255. <https://doi.org/10.1177/0963721417710036>
- Carmel, D. & Bentin, S. (2002). Domain specificity versus expertise: Factors influencing distinct processing of faces. *Cognition* 83(1), 1–29. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(01\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(01)00162-7)
- Conte, S., Richards, J. E., Guy, M. W., Xie, W., & Roberts, J. E. (2020). Face-sensitive brain responses in the first year of life. *NeuroImage* 211. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116602>
- De Haan, M., Johnson, M. H & Halit, H. (2003). Development of face-sensitive event-related potentials during infancy: a review. *International journal of psychophysiology* 51(1),45–58, [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(03\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(03)00152-1).
- De Haan, M. & Nelson, C. A. (1999). Brain activity differentiates face and object processing in 6-month-old infants. *Developmental psychology* 35(4), 1113–1121. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.35.4.1113>
- De Haan, M., Pascalis, O. & Johnson, M. H. (2002). Specialization of neural mechanisms underlying face recognition in human infants. *Journal of cognitive neuroscience* 14(2), 199–209. <https://doi.org/10.1162/089892902317236849>
- Di Giorgio, E., Turati, C., Altoè, G. & Simion, F. (2012). Face detection in complex visual displays: An eye-tracking study with 3- and 6-month-old infants and adults. *Journal of experimental child psychology* 113(1), 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.04.012>
- Frank, M. C., Vul, E. & Johnson, S. P. (2009). Development of infants' attention to faces during the first year. *Cognition* 110(2), 160–170. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.11.010>
- Gagnepain, P., Chételat, G., Landeau, B., Dayan, J., Eustache, F. & Lebreton, K. (2008). Spoken word memory traces within the human auditory cortex revealed by repetition priming

- and functional magnetic resonance imaging. *Journal of neuroscience* 14(20), 5281–5289. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0565-08.2008>
- Gaspar, C. M., Rousselet, G. A. & Pernet, C. R. (2011). Reliability of ERP and single-trial analyses. *NeuroImage* 58(2), 620–629. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.06.052>.
- Goren, C.C., Sarty, M. & Wu, P. (1975). Visual following and pattern discrimination of face like stimuli by newborn infants. *Pediatrics* 56(4), 544–549. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1165958/>
- Halit, H., de Haan, M. & Johnson, M. H. (2003). Cortical specialisation for face processing: face-sensitive event-related potential components in 3- and 12-month-old infants. *NeuroImage* 19(3), 1180–1193. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00076-4)
- Hauntington, A. (2020). Unsplash. Viitattu 22.3.2023. <https://unsplash.com/photos/jzY0KRJopEI>
- Haxby J. V., Hoffman E. A. & Gobbini M.I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in cognitive sciences* 4(6), 223–233. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01482-0)
- Haxby J. V., Hoffman E. A. & Gobbini M. I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological psychiatry* 51, 59–67. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(01\)01330-0](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(01)01330-0)
- Henson, R., Shallice, T. & Dolan, R. (2000). Neuroimaging evidence for dissociable forms of repetition priming. *Science* 287, 1269–1272. <https://doi.org/10.1126/science.287.5456.1269>
- Johnson, M., Dziurawiec, S., Ellis, H. & Morton, J. (1990) Newborns' preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline. *Cognition* 40(1–2), 1–19. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(91\)90045-6](https://doi.org/10.1016/0010-0277(91)90045-6)
- Johnson, M. H., Griffin, R., Csibra, G., Halit, H., Farroni, T., De Haan, M., Tucker, L. A., Baron-Cohen, S. & Richards, J. (2005). The emergence of the social brain network: Evidence from typical and atypical development. *Development and psychopathology* 17(3), 599–619. <https://doi.org/10.1017/S0954579405050297>
- Jones, W., Carr, K. & Klin, A. (2008). Absence of preferential looking to the eyes of approaching adults predicts level of social disability in 2-year-old toddlers with autism spectrum disorder. *Archives of general psychiatry* 65(8), 946–954. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.65.8.946>
- Jones, W. & Klin, A. (2013). Attention to eyes is present but in decline in 2–6-month-old infants later diagnosed with autism. *Nature* 504, 427–43. <https://doi.org/10.1038/nature12715>
- Kamel, N. & Malik, A. S. (2015). EEG/ERP analysis: methods and applications. CRC press.

- Klin, A., Shultz, S. & Jones, W. (2015). Social visual engagement in infants and toddlers with autism: Early developmental transitions and a model of pathogenesis. *Neuroscience & biobehavioral reviews* 50, 189–203. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.10.006>
- Kuefner D., de Heering A., Jacques C., Palmero-Soler E., Rossion B. (2010). Early visually evoked electrophysiological responses over the human brain (P1, N170) show stable patterns of face-sensitivity from 4 years to adulthood. *Frontiers in human neuroscience* 6, 3–67. <https://doi.org/10.3389/neuro.09.067.2009>.
- Kwon, M., Setoodehnia, M., Baek, J., Luck, S. J. & Oakes, L. M. (2016). The development of visual search in infancy. *Developmental psychology* 52 (4), 537–555. <https://doi.org/10.1037/dev0000080>
- The GIMP development team. (2019). *GIMP*. <https://www.gimp.org>
- The MathWorks Inc. (2022). MATLAB v9.13.0.2126072 (R2022b). *The MathWorks Inc.* Natick, Massachusetts. <https://www.mathworks.com>
- McCleery, J. P., Akshoomoff, N., Dobkins, K. R. & Carver, L. J. (2009). Atypical face versus object processing and hemispheric asymmetries in 10-month-old infants at risk for autism. *Biological psychiatry*, 66(10), 950–957. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.07.031>
- McKone, E., Kanwisher, N. & Duchaine, B. C. (2007). Can generic expertise explain special processing for faces? *Trends in cognitive sciences* 11(1), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.11.002>.
- Navarro, D. (2015). Learning statistics with R: A tutorial for psychology students and other beginners. (Version 0.6). University of New South Wales, Sydney, Australia. R package version 0.5.1. <https://learningstatisticswithr.com>.
- Nelson, C.A. (2001), The development and neural bases of face recognition. *Infant and child development*, 10, 3–18. <https://doi.org/10.1002/icd.239>
- Nordt, M., Hoehl, S. & Weigelt, S. (2016). The use of repetition suppression paradigms in developmental cognitive neuroscience. *Cortex* 80(3), 61–75. <https://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2016.04.002>
- Nunez, P. L. & Srinivasan, R. (2007). Electroencephalogram. *Scholarpedia*, 2(2):1348. <https://doi.org/10.4249/scholarpedia.1348>
- Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E. & Schoffelen, J (2011). FieldTrip: open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and invasive electrophysiological data. *Computational intelligence and neuroscience* 2011, 2011–156869. <https://doi.org/10.1155/2011/156869>

- Otsuka, Y. (2013). Face recognition in infants: A review of behavioral and near-infrared spectroscopic studies. *Japanese psychological research* 56(1), 76–90.
<https://doi.org/10.1111/jpr.12024>
- Pascalis, O., de Haan, M. & Nelson, C. (2002). Is face processing species-specific during the first year of life? *Science* 296(5571), 1321–1323. <https://doi.org/10.1126/science.1070223>
- Rawpixel. ID:5921326. Viitattu 22.3.2023. <https://www.rawpixel.com/image/5921326/photo-image-background-face-public-domain>
- R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. <https://www.R-project.org/>
- Revelle, W. (2022). Psych: procedures for personality and psychological research, Northwestern University. Versio 2.2.9. <https://CRAN.R-project.org/package=psych>
- Scott, L. S., Pascalis, O., & Nelson, C. A. (2007). A domain-general theory of the development of perceptual discrimination. *Current directions in psychological science* 16(4), 197–201. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00503.x>
- Simion F. & Giorgio E. D. (2015). Face perception and processing in early infancy: inborn predispositions and developmental changes. *Frontiers in psychology* 9(6), 969.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00969>
- Simion, F., Leo, I., Turati, C., Valenza, E. & Barba, B. D. (2007). How face specialization emerges in the first months of life. *Progress in brain research*, 164, 169–185.
[https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)64009-6](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)64009-6)
- Utrecht ECVF face database (2008). University of Stirling. Viitattu 10.3.2023.
<https://pics.stir.ac.uk>.
- Wickham, H. (2016). ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer-Verlag.
- Wilmer, J., Germine, L., Chabris, C., Chatterjee, G., Williams, M., Loken, E., Nakayama, K. & Duchaine, B. (2010). Human face recognition ability is specific and highly heritable. *PNAS* 107(11), 5238–5241. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913053107>
- Yrttiaho, S., Kylliäinen, A., Parviainen, T. & Peltola, M. J. (2022). Neural specialization to human faces at the age of 7 months. *Scientific reports* 12, 12471.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-16691-5>