

Elli Kettunen

**SOSIAALISEN ROBOTIN AUTONOMISUUDEN  
VAIKUTUS KATSEEN AIKAANSAAMIIN  
PSYKOFYSIOLOGISIIN VASTEISIIN**

Yhteiskuntatieteiden tiedekunta  
Psykologian pro gradu -tutkielma  
Helmikuu 2023

# TIIVISTELMÄ

Kettunen, Elli: Sosiaalisen robotin autonomisuuden vaikutus katseen aikaansaamiin psykofysiologisiin vasteisiin  
Pro gradu -tutkielma  
Tampereen yliopisto  
Psykologian tutkinto-ohjelma  
Helmikuu 2023

---

Sosiaalisen robotin katseen on viimeaikaisissa tutkimuksissa todettu aiheuttavan havaittajassa samankaltaisia reaktioita kuin toisen ihmisen katseen. Suoraan kohdistuvan katseen eli katsekontaktin on havaittu vaikuttavan sekä kohteesta tehtäviin subjektiivisiin arvioihin että havaittajan psykofysiologisiin vasteisiin. Vaikutukset ovat näkyneet muun muassa ihon sähkönjohtavuudessa sekä kasvojen lihasaktivaatiossa. Nämä havainnot ovat mielenkiintoisia erityisesti sen vuoksi, että aiempi tutkimustieto katsekontaktin vaikutuksista on antanut viitteitä siitä, että uskomus nähdyksi tulemisesta on oleellinen vasteiden synnylle. Sosiaalisen robotin katsekontaktin vaikutukset viittaavatkin siihen, että ihmisellä on ainakin tiedostamaton taipumus kokea robotin näkevän meidät sen elottomuudesta huolimatta. Havainnon taustalla on oletettu olevan ihmisten antropomorfistinen taipumus liittää elottomille asioille, muille eläimille tai kuvitteellisille kohteille erilaisia mielen toimintoja. Nämä kuvitellut mielen toiminnot, kuten havaintotoiminnot, tavoitteellisuus sekä omaehtoisuus vaikuttaisivat ihmisen tulkintaan siitä, onko kohde kykenevä näkemään tämän.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, vaikuttaako robotin havaittu autonomisuus eli itseohjautuvuus katsekontaktin aikaansaamiin psykofysiologisiin reaktioihin. Koehenkilöiden käsitystä robotin autonomisuudesta manipuloitiin esittelemällä robotti osalle koehenkilöistä mekaanisena, lelunkaltaisena esineenä ja osalle sosiaalisena ja autonomisena toimijana. Esittelyn jälkeen koehenkilölle näytettiin robotti nestekideruudun läpi säädellen sen katseen suuntaa siten, että katse oli joko suoraan koehenkilöä kohti tai käännettynä sivulle. Katsetilanteiden aikana mitattiin koehenkilön psykofysiologisia vasteita, joista ihon sähkönjohtavuutta ja kasvojen lihasaktivaatiota tarkastellaan tässä tutkielmassa.

Tutkimuksen tulosten mukaan robotin katseen suunnalla ei havaittu vaikutusta fysiologista virittyneisyyttä ilmentävään ihon sähkönjohtavuuteen. Katseen suunta vaikutti koehenkilöiden kasvojen lihasaktivaatioon siten, että suora katse sai aikaan voimakkaampaa posken *zygomaticus major* -lihaksen aktivaatiota ja vähentynyttä kulmankurtistukseen osallistuvaa *corrugator supercilii* -lihaksen aktivaatiota verrattuna käännettyn katseeseen. Havainnon voidaan aiempaan tutkimustietoon perustuen tulkita viittaavaan myönteiseen affektiiviseen reaktioon robotin suoraan katseeseen. Autonomisuudella ei havaittu olevan vaikutusta robotin katseen suunnan aiheuttamiin ihon sähkönjohtavuusvasteisiin tai kasvojen lihasten aktivaatioon.

Tulokset robotin katseen suunnan vaikutuksista olivat osin linjassa aiempien havaintojen kanssa. Ihon sähkönjohtavuusvasteiden ei tässä tutkimuksessa havaittu muuttuvan katseen suunnan mukaan, mikä voi johtua muun muassa metodologisista eroista aiempien tutkimusten kanssa. Robotin autonomisuuden vaikutuksia tarkastelevia tutkimuksia oli tehty hyvin vähän, minkä vuoksi tämä tutkimus tarjosi uutta tietoa siitä, että autonomisuus ei vaikuta katsekontaktin aikaansaamiin vasteisiin. Autonomisuuden manipulointi jatkotutkimuksissa voi olla perusteltua tehdä toisin esimerkiksi esittelytapojen välistä kontrastia voimistamalla, jolloin erilaisia mielen toimintoja, kuten tavoitteellisuutta ja ajattelua liitettäisiin robottiin entistä selvemmin. Jatkotutkimuksissa on myös olennaista selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat robotin ja ihmisen välisen katsekontaktin aikaansaamiin reaktioihin. Ominaisuuksien tunnistamisen avulla voidaan kehittää sosiaalisten robottien toimintaa entistä paremmin ihmisen ja robotin välistä sujuvaa vuorovaikutusta tukevaksi.

Avainsanat: Sosiaalinen robotti, katsekontakti, autonomisuus, ihon sähkönjohtavuus, kasvojen lihasaktivaatio

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	1
1.1	Katseen kognitiiviset ja affektiiviset vaikutukset .....	2
1.2	Katse ihmisen ja sosiaalisen robotin välisessä vuorovaikutuksessa .....	3
1.3	Katseen vaikutukset ihon sähkönjohtavuuteen ja kasvojen lihasaktivaatioon .....	6
1.4	Antropomorfismi ihmisen ja robotin välisessä vuorovaikutuksessa .....	8
1.5	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimushypoteesit .....	10
2	MENETELMÄT .....	11
2.1	Koehenkilöt.....	11
2.2	Ärsykkeet.....	11
2.3	Koetilanteen kulku.....	12
2.4	Ihon sähkönjohtavuuden rekisteröinti ja analysointi .....	14
2.5	Kasvojen lihasaktivaation rekisteröinti ja analysointi .....	16
2.6	Aineiston tilastollinen analysointi .....	16
3	TULOKSET .....	18
3.1	Ihon sähkönjohtavuusvasteet .....	18
3.2	Kasvojen lihasaktivaatiovasteet.....	19
4	POHDINTA .....	21
4.1	Katseen suunnan vaikutukset psykofysiologisiin reaktioihin.....	21
4.2	Robotin autonomisuuden vaikutus katseen kokemiseen .....	23
4.3	Tutkimuksen rajoitukset .....	24
4.4	Yhteenvedo ja sovellusehdotukset.....	25
5	LÄHTEET.....	27

# 1 JOHDANTO

Robotit ovat tulleet osaksi ihmisten elämänpiiriä viime vuosikymmeninä kehittyneen teknologian myötä. Aiemmin lähinnä teollisuuskäytössä hyödynnetyt robotit ovat saaneet jalansijaa laajemmin erilaisissa työtehtävissä, kuten sosiaali- ja terveystaloudissa (Qureshi & Syed, 2014; Fitzpatrick ym., 2016), jossa niiden voidaan nähdä vastaavan muun muassa ikääntyvän väestönrakenteen mukanaan tuomiin haasteisiin (Breazeal, 2011). Ihmisten kanssa työskentelemään tarkoitettujen robottien muotoilu, käyttäytyminen ja vuorovaikutus on pyritty suunnittelemaan niin, että ne koettaisiin mahdollisimman helposti lähestyttävänä (Fink, 2012). Tällaisten niin kutsuttujen sosiaalisten robottien ja ihmisten välistä vuorovaikutusta on tarkasteltu erityisesti monitieteisellä *human-robot interaction* (HRI) -tutkimusalalla, joka yhdistelee muun muassa robotiikkaa, kognitiotieteitä ja psykologiaa.

Katse vaikuttaa keskeisellä tavalla sosiaaliseen vuorovaikutukseen ja edesauttaa ihmisten välisen kommunikaation sujuvuutta. Katseen merkitys ilmenee usealla eri sosiaalisen toiminnan alueella, kuten ihmisten välisessä viestinnässä, vuorovaikutuksen säätelyssä sekä sosiaalisen kontrollin ja tunteiden ilmaisussa (Kleinke, 1986). Katseen suunnan avulla voidaan esimerkiksi hallita keskustelun osapuolten puheenvuoroja ja rooleja (Mutlu, Kanda, Forlizzi, Hodgins, & Ishiguro, 2012). Katse myös mahdollistaa toisen ihmisen tarkkaavuuden suunnan havaitsemisen ja oman huomion kohteen viestimisen. Tilanteessa, jossa molempien osapuolten katseet kohdistuvat toisiinsa, on kyseessä katsekontakti, joka on monin tavoin merkityksellinen sosiaalinen signaali.

Katsekontaktin on havaittu vaikuttavan muun muassa osapuolten psykofysiologisiin reaktioihin sekä myönteisiin subjektiivisiin arvioihin tilanteesta ja toisesta henkilöstä (Kleinke, 1986). Samankaltaisia katsekontaktin aikaansaamia myönteisiä kokemuksia on havaittu myös tutkittaessa ihmisen ja sosiaalisen robotin välistä katsetta (ks. esim. Kiilavuori, Sariola, Peltola, & Hietanen, 2021; Kompatsiari, Ciardo, Tikhanoff, Metta, & Wykowska, 2019). Kyseisestä havainnosta erityisen mielenkiintoisen tekee tutkimustulokset, jotka ovat osoittaneet katsekontaktin aikaansaamien psykofysiologisten reaktioiden riippuvan henkilön uskomuksesta siitä, että tämä tulee tilanteessa toisen näkemäksi (Hietanen, Leppänen, Peltola, Linna-aho, & Ruuhiala, 2008; Myllyneva & Hietanen, 2015). Havainnon voidaan ajatella antavan pohjaa päätelmälle, että katsekontaktissa myös robotin kanssa ihminen kokee tulevansa nähdyksi. Tutkimuksissa onkin havaittu ihmisten taipumus ajatella roboteilla olevan mieli sekä liittää sosiaaliseen robottiin oletuksia niiden mielen sisällöistä kuten tavoitteista, toiveista ja itseohjautuvuudesta eli autonomisuudesta (ks. esim. Andrist, Tan, Gleicher, & Mutlu, 2014). Kysymys siitä, miten ihmisen käsitys robotin mielestä vaikuttaa

katsekontaktin aiheuttamiin reaktioihin on vielä avoin ja siihen tämä tutkimus pyrkii osaltaan vastaamaan.

## **1.1 Katseen kognitiiviset ja affektiiviset vaikutukset**

Ihmisen kasvot ovat keskeisin visuaalinen ärsyke sosiaalisessa kanssakäymisessä, sillä havaintomme toisen ihmisen kasvoista antaa meille olennaista informaatiota toisen sukupuolesta, iästä, tuttuudesta, tunneilmaisusta sekä mahdollisista intentioista ja mielen tiloista (Emery, 2000). Ihmisellä on syntymästään saakka kiinnostus toisten ihmisten kasvoja kohtaan (Itier & Batty, 2009) ja jo vastasyntyneiden lasten tarkkaavuuden on havaittu seuraavan todennäköisemmin kasvoja muistuttavaa ärsykettä verrattuna ominaisuuksiltaan vastaavaa kohdetta (Goren, Sarty, & Wu, 1975; Johnson, Dziurawiec, Ellis, & Morton, 1991). Erityisen keskeistä kasvoissa on silmien alue (Itier & Batty, 2009) ja ihmisillä onkin taipumus kasvot nähdessään kohdistaa katseensa ensimmäisenä silmiin (Frischen, Bayliss, & Tipper, 2007). Ihmisajalle tyypilliset kasvonpiirteet, kuten korkeat poskipäät, huomiota herättävä nenä sekä silmiä reunustavat kulmakarvat ovat todennäköisesti kehittyneet silmien korostamiseksi ja tarkkaavuuden suunnan viestimisen tehostamiseksi (Emery, 2000). Katseella onkin ollut evolutiivisesti hyvin merkittävä tehtävä hengissä säilymisen kannalta, sillä sen avulla voidaan viestiä lajitovereille muun muassa mahdollisesta ympäristön uhasta (Friesen & Kingstone, 1998).

Katseen suunta voi paljastaa henkilön tarkkaavuuden kohteen. Tutkimuksissa on havaittu jo kahden päivän ikäisten vauvojen kykenevän erottelemaan toisen ihmisen käännetyin ja suoran katseen (Farroni, Csibra, Simion, & Johnson, 2002). Käännetty katse viestii spatiaalisen tarkkaavuuden olevan suunnattu siihen ympäristön ärsykeeseen, johon katse kohdistuu (Emery, 2000; George & Conty, 2008). Toisen henkilön käännetty katse vaikuttaa havaittajan tarkkaavuuden suuntaamiseen siihen kohteeseen, johon henkilön katse osoittaa (Frischen, Bayliss, & Tipper, 2007; Friesen & Kingstone, 1998), mikä on havaittavissa jo kolmen kuukauden ikäisillä lapsilla (Hood, Willen, & Driver, 1998; Mansfield, Farroni, & Johnson, 2003).

Suorassa katseessa toisen osapuolen tarkkaavuus on sen sijaan kohdistettuna havaittajaan itseensä (George & Conty, 2008). Katsekontakti vaikuttaa monipuolisesti sen osapuolten kognitiivisiin prosesseihin, kuten muistiin ja tarkkaavuuteen sekä käyttäytymiseen (Conty, George, & Hietanen, 2016). Vaikutukset ilmenevät esimerkiksi suoraan katsovien kasvojen henkilöllisyyden helpompana tunnistamisena (Hood, Macrae, Cole-Davies, & Dias, 2003) ja kasvojen muistamisena

(Macrae, Hood, Milne, Rowe, & Mason, 2002). Katsekontakti vaikuttaa subjektiivisiin kokemuksiin toisesta osapuolesta voimistamalla muun muassa arvioita tämän viehättävyydestä, kompetenssista, luotettavuudesta ja sosiaalisista taidoista (ks. katsaus Kleinke, 1986). Suora katse myös parantaa vuorovaikutusta lisäämällä tiedostamatonta toisen osapuolen käyttäytymisen jäljittelyä (Wang, Newport, & Hamilton, 2011) sekä vahvistamalla prososiaalista käyttäytymistä ja itsetietoisuutta (Conty ym., 2016). Suoraan katsovat silmät vetävät tarkkaavuuttamme puoleensa ja katsekontakti saa aikaan lähestymismotivaatiota ja kohonnutta virittyneisyyttä (Conty ym., 2016). Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että lähestymismotivaatioon viittaavaa aivojen vasemmanpuoleisten frontaalialueiden kohonnutta aktivaatiota suhteessa oikeanpuoleiseen ja virittyneisyyden kasvua tapahtuu vain silloin, kun suora katse havaitaan osapuolten ollessa läsnä vuorovaikutustilanteessa (Hietanen ym., 2008; Pönkänen, Peltola, & Hietanen, 2011). Tutkimuksissa onkin havaittu, että olennainen tekijä katseen aiheuttamissa reaktioissa on kokemus nähdyksi tulemisesta.

Katsekontakti aiheuttaa useimmiten positiivisen tunnereaktion sen molemmille osapuolille. Tätä voidaan selittää muun muassa sillä, että katsekontaktin luoma huomioiduksi tuleminen kokemus (Wirth, Sacco, Hugenberg, & Williams, 2010) tyydyttää ihmisen perustarvetta yhteenkuuluvuuden tunteesta (Baumeister & Leary, 1995). Katsekontaktin aikaansaama positiivinen tunnereaktio on havaittu tutkimuksissa sekä implisiittisillä eli automaattisia, ei-tahdonalaisia ja tiedostamattomia reaktioita arvioivilla mittareilla, että eksplisiittisillä eli reaktioiden tiedostamiseen pohjautuvilla mittareilla, kuten itsearvioinneilla tarkasteltuna. Katsekontaktin koettuun miellyttävyyteen voi vaikuttaa kuitenkin moni asia, kuten konteksti ja kulttuuri (Akechi ym., 2013) sekä osapuolten ominaisuudet, esimerkiksi ilmeet ja persoonallisuus (George & Conty, 2008; Marschner, Pannasch, Schulz, & Graupner, 2015).

## **1.2 Katse ihmisen ja sosiaalisen robotin välisessä vuorovaikutuksessa**

Vuorovaikutuksen toisen osapuolen ollessa muu kuin ihminen on erityisen tärkeää tarkastella tämän ominaisuuksien ja vuorovaikutustapojen vaikutuksia ihmisessä viriäviin vasteisiin. Sosiaalisten robottien suunnittelussa onkin pyritty tavoittelemaan mahdollisimman luontevaa toimintaa ihmisten kanssa huomioiden sekä sanallisen että sanattoman vuorovaikutuksen eri osa-alueet (Breazeal, Dautehahn, & Kanda, 2016). Tavoite ei ole helppo, sillä vaivaton yhteistyö robotin kanssa vaatii monipuolisesti erilaisten sosiaalisten, kognitiivisten ja emotionaalisten taitojen opettamista robotille (Breazeal ym., 2016). Koska katse vaikuttaa olennaisesti vuorovaikutukseen, on viime vuosina

kiinnostus erityisesti tätä kohtaan kasvanut ja sen vaikutuksia tutkittu enenevässä määrin myös ihmisen ja robotin välisen vuorovaikutuksen saralla (Broz, Lehmann, Mutlu, & Nakano, 2015), vaikkakin tutkimusten määrä aiheesta on vielä melko vähäinen.

Tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet robotin katseen suunnan olevan merkityksellinen tekijä vuorovaikutuksen säätelyssä. Sosiaalisen robotin on havaittu katseen suuntaa vaihtamalla kykenevän säätämään keskustelun osapuolten puheenvuoroja (Andrist ym., 2014; Mutlu ym., 2012) ja rooleja keskusteluun osallistumisen aktiivisuuden suhteen (Mutlu, Shiwa, Kanda, Ishiguro, & Hagita, 2009; Mutlu ym., 2012). Robotin on havaittu myös pystyvän säätämään ihmisryhmän vuorovaikutustilannetta siten, että robotin katseen suuntaaminen kohteeksi valittuun henkilöön lisäsi merkittävästi tämän todennäköisyyttä toimia robotin toivomalla tavalla (Kirchner, Alempijevis, & Dissanayake, 2011).

Sen lisäksi, että robotti voi vaikuttaa katseellaan ihmisten väliseen vuorovaikutukseen, on katseen havaittu myös parantavan ihmisen ja robotin keskinäistä yhteistyötä (Kompatsiari ym., 2019; Zhang, Beskow, & Kjellström, 2017). Yhteistyön sujuvoitumisen taustalla on yhtenä vaikuttavana tekijänä katsekontaktin lisäämä sitoutumisen kokemus, joka voi edesauttaa oppimista esimerkiksi sosiaalisen robotin ohjaamassa opetustilanteessa (Kompatsiari, ym., 2019). Sosiaalisen robotin ottaman katsekontaktin onkin havaittu olevan yhteydessä parempaan suoriutumiseen erilaisissa kognitiivisissa tehtävissä (Mutlu, Forlizzi, & Hodgins, 2006; Zhang ym., 2017). Esimerkiksi eräässä tutkimuksessa robotin kertoman tarinan mieleen palautus onnistui tutkittavalta paremmin silloin, kun robotti loi koehenkilöön enemmän katsekontaktia tarinan kerronnan aikana (Mutlu ym., 2006). Tulos on linjassa aiempien havaintojen kanssa, joiden mukaan ihmisten välinen katsekontakti auttaa suuntaamaan ja ylläpitämään osapuolten huomiota kohteessa parantaen näin muistisuoriutumista (Fry & Smith, 1975). Myös muissa tutkimuksissa on havaittu, että robotti voi katseellaan säädellä ihmisen tarkkaavuuden suuntaa (Xu, Zhang, & Yu, 2016) ja vaikuttaa suotuisasti kognitiivisissa tehtävissä suoriutumiseen (Zhang ym., 2017).

Sosiaalisen robotin katsekontaktin myönteiset vaikutukset näkyvät suoriutumisen lisäksi myös ihmisten arvioissa robotin ominaisuuksista. Eräässä tutkimuksessa havaittiin, että suoraan koehenkilöä katsova robotti arvioitiin ystävällisemmäksi sen tekemää virhettä seuranneessa tilanteessa, kuin robotti, jonka katse oli välttelevä tai alaspäin suuntaava (Shiomi, Nakagawa, & Hagita, 2013). Katsekontaktin on havaittu vaikuttavan myös voimistavasti ihmisten arvioihin robotin sosiaalisuudesta (Zhang ym., 2017). Kuitenkin liian pitkän katsekontaktin on havaittu olevan yhteydessä negatiivisiin arvioihin robotista (Xu ym., 2016; Zhang ym., 2017). Näin ollen eräässä tutkimuksessa robotin katseen suuntaa vaihtelemalla tavoiteltiin mahdollisimman luonnollista vuorovaikutustilannetta, minkä havaittiin vaikuttavan myönteisesti koehenkilöiden kokemuksiin

vuorovaikutuksen sujuvuudesta (Zhang ym., 2017). Robotin katseen ja sen suunnan vaihteluiden on myös havaittu voimistavan ihmisten tulkintoja robotin intentionaalisuudesta ja ajattelevuudesta (Andrist ym., 2014).

Sen lisäksi, että robottiin liitetään sen katsekäyttäytymisen perusteella erilaisia ihmismäisiä piirteitä, vaikuttaa katse myös tunnekokemuksiin tavalla, joka on tyypillistä ihmisten välisessä katseessa. Katsekontakti sosiaalisen robotin kanssa lisää useiden tutkimusten mukaan ihmisten positiivisia tunteita robottia kohtaan (Kompatsiari ym., 2019; Mutlu ym., 2006; Shiomi ym., 2013; Yamazaki ym., 2008; Yonezawa, Yamazoe, Utsumi & Abe, 2007). Ihmiset raportoivat pitävänsä robotista enemmän sen ottaessa katsekontaktia kuin katsoessa muualle (Kompatsiari ym., 2019; Yonezawa ym., 2007). Myös arviot kommunikaatiosta robotin kanssa ovat linjassa sen havainnon kanssa, että katsekontakti lisää miellyttävyyden kokemusta (Zhang ym., 2017). Tutkimuksissa on havaittu katsekontaktin vaikutus myös ihmisten tulkintoihin robotin suotuisista tunteista koehenkilöä kohtaan (Yonezawa ym., 2007).

Tutkimustuloksia ihmisen ja sosiaalisen robotin välisen katseen vaikutuksista on siis saatu jo jonkin verran. Tutkimus on keskittynyt kuitenkin pitkälti ihmisten subjektiivisiin arvioihin robotin katseen suunnan vaikutuksista (Bethel, Salomon, Murphy, & Burke, 2007; Broz ym., 2015). Kokemusten tarkasteleminen on tärkeää niiden tekijöiden tunnistamiseksi, jotka tekevät vuorovaikutuksesta ihmiselle mielekkäämpää ja siten sujuvampaa. Menetelmänä itsearviointeihin liittyy kuitenkin seikkoja, jotka tulee huomioida tulosten tulkinnassa. Itsearviointeihin liittyy kontrolloitua informaation prosessointia (Evans, 2008; Hofmann, Gawronski, Gschwender, Le, & Schmitt, 2005), jolloin vastausten tuottaminen ja arviointi tapahtuu tietoisella tasolla. Tällainen tiedonhankintatapa voi mahdollisesti olla altis erilaisille tuloksiin vaikuttaville seikoille. Subjektiivisiin arvioihin voi vaikuttaa esimerkiksi motivationaaliset tekijät sosiaalisesti suotavista vastauksista, muisti ja aiemmat mielikuvat aiheesta sekä vaikeus arvioida eksplisiittisesti omia tunnereaktioitaan (Hofmann ym., 2005; Wilson, Lindsey, & Schooler, 2000). Muun muassa näiden syiden vuoksi on tärkeää, että ilmiötä tutkitaan myös implisiittisillä mittareilla. Niiden ajatellaan tavoittavan ihmisen nopeasti viriäviä tunteita (*bottom-up*), jotka ei ole tietoisesti kontrolloituja (McRae, Misra, Prasad, Pereira & Gross, 2012). Tämän tutkimuksen keskiössä olevan katseen suunnan vaikutuksia yksilön tunnereaktioihin tarkastellaankin psykofysiologisten mittareiden kautta, jotka ilmentävät kehon automaattisia reaktioita erilaisiin tunnepitoisiin ärsykkeisiin.



### 1.3 Katseen vaikutukset ihon sähkönjohtavuuteen ja kasvojen lihasaktivaatioon

Yksilön tunnereaktioita voidaan tarkastella niin kutsutusta dimensionaalista näkökulmasta, jossa tunteen intensiteettiä ja miellyttävyyttä arvioidaan erillisillä jatkumoillaan (Posner, Russell, & Peterson, 2005; Russell, 1980). Intensiteettiä ilmentävää virittyneisyyttä mitataan psykofysiologisessa lähestymistavassa usein ihon sähkönjohtavuusvasteiden (*skin conductance response, SCR*) avulla (Critchley, 2002; Dawson, Schell, & Filion, 2000). Ihon sähkönjohtavuus viestii ihmisen autonomisen eli tahdosta riippumattoman hermoston sympaattisen haaran aktivaatiosta, joka on yhteydessä elimistön toiminnan kiihtymiseen etenkin uhkaavissa tai stressaavissa tilanteissa (Critchley, 2002). Autonomisen hermoston toimintaa säätelevän hypothalamuksen yhteydet tunteita ja motivaatioita säätelevään limbiseen järjestelmään sekä korkeammista ajattelutoiminnoista vastaaville aivokuoren alueille vaikuttavat siihen, että ihon pienet hikirauhaset aktivoituvat erilaisten emootioiden, kognitioiden ja affektien mukaan (Critchley, 2002). Katsekontakti toimii kiihdyttävänä ärsykkeenä aiheuttaen voimistuneita ihon sähkönjohtavuusvasteita eikä yhtä voimakasta aktivaatiota synny ihmisen havainnoissa toisen henkilön muualle käännettyä katsetta (Helminen, Kaasinen, & Hietanen, 2011; Hietanen ym., 2018; Myllyneva & Hietanen, 2015).

Miellyttävyyden ulottuvuutta eli tunteen valenssia on psykofysiologisissa tutkimuksissa tarkasteltu usein kasvojen lihasten aktivaatiota mittaavalla elektromyografialla (*electromyography, EMG*) (Cacioppo, Petty, Losch, & Kim, 1986). Menetelmä perustuu lihaksen supistumisen aiheuttamiin sähköisiin muutoksiin, joita ei välttämättä muutoin pysty havaitsemaan. Aiemmissä tutkimuksissa huomiota on kiinnitetty erityisesti poskien *zygomaticus major* -lihakseen sekä kulmakarvojen välissä sijaitsevaan *corrugator supercilii* -lihakseen. Zygomaticus aktivoituu suupielen kohotuksessa positiivisen tunneärsykkeen aiheuttamana (Cacioppo ym., 1986; Larsen, Norris, & Cacioppo, 2003; Tassinari & Cacioppo, 1992). Positiivisen tunneärsykkeen vaikutukset ilmenevät myös corrugatorin aktivaation vähenemisenä, kun taas negatiivinen tunneärsyke saa aikaan kyseisen kulmankurtistamiseen osallistuvan lihaksen voimistunutta aktivaatiota (Cacioppo ym., 1986; Larsen ym., 2003). Katseen suunnan vaikutuksia tarkastelevissa tutkimuksissa on havaittu, että katsekontakti saa aikaan myönteiseen affektiivisuuteen liitettyä kasvojen lihasaktivaatiota eli zygomaticuksen aktivaation voimistumista ja corrugatorin aktivaation laskua (Hietanen ym., 2018).

On kuitenkin huomioitava, että kaikki EMG aktivaatio ei välttämättä heijasta tunnereaktioita. On esitetty, että kasvojen lihasten aktivaatio saattaisi olla pikemminkin sosiaalisten motiivien kuin tunnereaktioiden tuottamaa (Parkinson, 2005). Esimerkiksi vihan kokeminen ei välttämättä tuota

automaattisesti tälle tunteelle ominaista kasvojen ilmettä, ellei siihen liity lisäksi vihamielistä sosiaalista motiivia sekä toista ihmistä, johon kohdentaa intentio (Parkinson, 2005). Toisaalta on myös huomattu, että ihmisten on vaikea estää kasvonilmeitään sekä positiivisiin että negatiivisiin ärsykkeisiin (Dimberg, Thunberg, & Grunedal, 2002), mikä viittaisi aiemmissakin tutkimuksissa havaittuun kasvojen lihasvasteiden reaktionomaiseen luonteeseen (Dimberg & Thunberg, 2008).

Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu koetilanteiden välisiä eroja siinä, kuinka voimakkaita reaktioita katsekontakti tai sen puuttuminen tutkittavissa aiheuttaa. Erot suoran ja käännetyn katseen aikaansaamien psykofysiologisten reaktioiden välillä olivat voimakkaampia osapuolten ollessa läsnä tilanteessa kuin katsottaessa toista henkilöä näytön kautta tai kuvasta (Helminen ym., 2011; Hietanen ym., 2008; Pönkänen, Alhoniemi, Leppänen, & Hietanen, 2011). Olennaista tuloksen taustalla vaikuttaa olevan kokemus nähdyksi tulemisesta. Tukea otaksumalle antaa tulokset tutkimuksista, joissa manipuloitiin koehenkilön käsitystä siitä, näkeekö lasin takana oleva henkilö tämän. Havaittiin, että mallin katseen suunnalla ei ollut vaikutusta koehenkilön psykofysiologisiin reaktioihin tilanteessa, jossa tämä uskoi, että malli ei nähnyt heitä (Hietanen ym., 2008; Myllyneva & Hietanen, 2015; Pönkänen ym., 2011a).

Edellä esiteltyt tutkimustulokset osoittavat uskomuksen nähdyksi tulemisesta vaikuttavan suoran katseen aiheuttamiin reaktioihin. Tämän havainnon valossa on viimeaikainen tutkimustulos sosiaalisen robotin ja ihmisen välisen katseen aiheuttamista reaktioista erityisen huomionarvoinen. Kiilavuoren ja kumppaneiden tutkimuksessa (2021) vertailtiin suoran ja käännetyn katseen psykofysiologisia vaikutuksia. Havaittiin, että katsekontakti robotin kanssa sai aikaan samankaltaista psykofysiologista aktivaatiota kuin katsekontakti ihmisen kanssa. Vaikka vasteet eivät olleet robotin katseen osalta yhtä voimakkaita kuin koetilanteessa ihmisen kanssa, antaa havainto silti tukea oletukselle ihmisten taipumuksesta kokea tulevansa robotin näkemäksi. Kiilavuori, Peltola, Sariola ja Hietanen (2022) testasivat tätä päätelmää manipuloimalla koehenkilön käsitystä siitä, näkeekö katseen toisena osapuolena ollut robotti tai ihminen tämän. Havaittiin, että koehenkilölle uskotellulla nähdyksi tulemisella ei ollut suoranaista vaikutusta robotin katseen aiheuttamiin psykofysiologisiin vasteisiin. Tämä tulos tarjoaa mielenkiintoista tietoa eksplisiittisen manipulaation vaikutuksista katseen aikaansaamiin reaktioihin ja alleviivaa lisätutkimuksen tarvetta niistä tekijöistä, jotka vaikuttavat robotin katseen aiheuttamiin vasteisiin.

## 1.4 Antropomorfismi ihmisen ja robotin välisessä vuorovaikutuksessa

Miksi katsekontakti robotin kanssa aiheuttaa meissä samankaltaisia reaktioita kuin katsekontakti toisen ihmisen kanssa, vaikka tiedämme robotin olevan kone ja kykenemätön näkemään meitä? Selitys voi löytyä antropomorfismista eli ihmisenkaltaistamisesta. Antropomorfismilla tarkoitetaan ihmisen luontaista taipumusta liittää elottomiin esineisiin, muihin eläimiin tai kuvitteellisiin kohteisiin erilaisia mielen sisältöjä (Epley, Waytz, & Cacioppo, 2007) tai muita ihmislajille tyypillisiä piirteitä (Dyffy, 2003). Taipumuksen antropomorfismiin on havaittu palvelevan ihmisten erilaisia tarpeita (Epley ym., 2007). Tällaisia ovat esimerkiksi tarve lievittää kohteeseen liittyvää epävarmuutta sekä tarve pyrkiä selittämään tämän toiminnan tarkoituksellisuutta (Epley ym., 2007). Kognitiivisten ja emotionaalisten tilojen attribuointi kohteelle auttaa rationalisoimaan tämän käyttäytymistä sosiaalisessa ympäristössä (Duffy, 2003) ja tekee kohteesta tutumman, ennustettavamman ja selitettävämmän (Fink, 2012). Sosiaalisten robottien osalta antropomorfismi tuo eräänlaisen vuorovaikutuksen kielen ihmisen ja koneen välille, kun vuorovaikutus helpottuu robotin sosiaalista viestintää hienosäätämällä paremmin ihmisten odotuksia vastaavaksi (Duffy, 2003). Antropomorfismi myös muun muassa lisää ihmisten luottamuksen (Waytz, Heafner, & Epley, 2014) ja tuttuuden tunteita koneita kohtaan parantaen näin vuorovaikutusta (Damiano & Bumouchel, 2018).

Antropomorfismilla on neurobiologinen tausta ja sen onkin havaittu olevan seurausta ihmisaivojen toiminnallisesta organisoitumisesta (Urquiza-Haas & Kotrschal, 2015). Sosiaalisen informaation prosessointiin osallistuvan ylemmän temporaaliurteen takaosan (*posterior superior temporal sulcus*) on havaittu olevan herkkä aktivoitumaan erilaisten sosiaalisesti merkittävien ärsykkeiden, kuten ihmisten liikkeiden ja kasvojen ilmeiden havaitsemisen seurauksena (ks. Urquiza-Haas & Kotrschal, 2015). Kyseisen aivoalueen on havaittu aktivoituvan myös robotin kasvonilmeiden sekä tavoitesuuntautuneen käyttäytymisen havaitsemisen aiheuttamana (Urquiza-Haas & Kotrschal, 2015). Eräässä tutkimuksessa tarkasteltiin spontaania ”matkimista”, jonka ajatellaan esiintyvän vain silloin, kun havaitsija tulkitsee kohteella olevan mielensisäisiä tiloja (Hofree, Ruvolo, Bartlett, & Winkielman, 2014). Havaittiin, että ihmiset reagoivat omilla ilmeillään robotin ilmehdintään, vaikka olivat tietoisia kohteen intentionaalisuuden puutteesta. Kahdesta koetilanteesta toinen toteutettiin videovälitteisesti, jolloin spontaania matkimista esiintyi vain niillä tutkittavilla, jotka arvioivat robotin ihmismäiseksi (Hofree ym., 2014). Toisaalta eräässä tutkimuksessa havaittiin, että manipuloitu käsitys katseen osapuolen intentionaalisuudesta tai sen puutteesta vaikutti koehenkilön sosiaalisen tarkkaavuuden perusmekanismeihin huolimatta siitä,

oliko toisen osapuolen kasvot ihmisen vai robotin (Wiese, Wykowska, Zwickel, & Müller, 2012). Tutkimuksissa on myös havaittu peilisolujen samankaltaista aktivaatiota ihmisten katsellessa niin robotin kuin ihmisen motorisia liikkeitä (Gazzola, Rizzolatti, Wicker, & Keysers, 2007; Oberman, McCleery, Ramachandran, & Pineda, 2007; Wykowska, Chellali, Al-Amin, & Müller, 2012). Näiden mekanismien aktivoitumisen suunnilleen samalla tavalla voidaan ajatella viittaavan ihmisten taipumukseen tulkita robotit ihmisiin rinnastettavina tavoitesuuntautuneina toimijoina (Thellman, Silvertvarg, & Ziemke, 2017).

Antropomorfismin useiden myönteisten seurausten vuoksi sitä on pyritty voimistamaan eri tavoin. Suunnittelussa huomiota on kiinnitetty muun muassa robotin fyysisten piirteiden, kuten kasvojen osien ja ilmeiden muotoiluun (Duffy, 2003; Fink, 2012). Myös muovaamalla robotin toiminnasta erityisen sosiaalista esimerkiksi luomalla sille persoonallisuus, nimi ja sukupuoli (Waytz ym., 2014) ja opettamalla robotti kommunikoimaan kohteliaasti on pyritty vaikuttamaan myönteisesti siitä tehtäviin antropomorfismia ilmentäviin tulkintoihin (Fink, 2012). Yksi ihmismäisyyden havaitsemiseen vaikuttavista keskeisistä piirteistä on robotin autonomisuus (Kahn, Ishiguro, Friedman, & Kanda, 2006). Autonomisuudella tarkoitetaan sitä, missä määrin järjestelmä kykenee suorittamaan omat prosessinsa ja operaationsa ilman ulkoista kontrollia (Beer, Fisk, & Rogers, 2014). Robottien osalta määritelmä kattaa myös sen, missä määrin robotti kykenee aistimaan ympäristöönsä sekä suunnittelemaan ja toteuttamaan toimintaansa ympäristön ehdoilla aikomuksenaan saavuttaa joko ulkoa määritelty tai robotin itse luoma tavoite ilman ulkopuolista kontrollia (Beer ym., 2014). Olennaista on siis robotin itsenäinen toiminta sen omien kykyjen ja sosiaalisen kontekstin sallimissa rajoissa (Duffy, 2003).

Autonomisuuden vaikutuksia antropomorfismiin on tutkittu kuitenkin vasta vähän. Eräässä tutkimuksessa koehenkilöiden käsitystä robotin autonomisuudesta manipuloitiin heille esitetyn videomateriaalin ja tarinan avulla, minkä jälkeen tutkittavat arvioivat kyseisen robotin ihmismäisiä piirteitä. Oletusten vastaisesti havaittiin, että koehenkilöt arvioivat sekä positiivisia että negatiivisia sosiaalisia piirteitä, kuten ystävällisyyttä ja aggressiivisuutta olevan enemmän epäautonomisella kuin autonomisella robotilla (Crowell, Deska, Villano, Zenk, & Roddy, 2019). Tulosten arveltiin voivan johtua epäsuorasta toimijuuden arvioinnista siten, että kauko-ohjattavaksi esitettyä epäautonomista robottia kohtaan tehdyt arviot saattoivatkin olla implisiittisesti tätä ohjaavasta ihmisestä (Crowell ym., 2019). Lisäksi on huomioitava, että edellä esitellyssä tutkimuksessa koehenkilöt eivät olleet missään vaiheessa suorassa kontaktissa robotin kanssa, minkä voidaan aiemman tutkimustiedon valossa todeta olevan merkittävää vuorovaikutuksen kokemisen kannalta (ks. esim. Pönkänen ym., 2011a). Lisäksi ihmismäisten piirteiden havaitsemista kartoitettiin itsearvioinnein, jolloin on syytä huomioida tulosten luotettavuuteen vaikuttavat seikat muun muassa yksilön implisiittiseen

informaation kontrollointiin ja subjektiivisen arvioimisen haasteellisuuteen liittyen (Hofmann ym., 2005). Tutkimuksia robotin autonomisuuden vaikutuksista ihmisten reaktioihin robottia kohtaan tarvitaan lisää.

## 1.5 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimushypoteesit

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten sosiaalisen robotin autonomisuus vaikuttaa robotin katseen aiheuttamiin psykofysiologisiin reaktioihin ihmisessä. Tutkittavien käsitystä robotin autonomisuudesta manipuloidaan mittaustilannetta edeltävällä robotin esittelytavalla. Osalle koehenkilöistä robotti esitellään autonomisena toimijana niin, että se käyttäytyy tilanteessa itsenäisesti sosiaalisen ympäristönsä huomioiden. Toiselle osalle koehenkilöitä pyritään sen sijaan luomaan käsitys robotin teknisestä yksinkertaisuudesta ja robotin suorasta riippuvuudesta ihmisen komennoista. Tutkimuksessa tarkastellaan ihmisen ihon sähkönjohtavuuden ja kasvojen lihasten aktiivisuutta koehenkilön ja robotin välisessä yksinkertaisessa vuorovaikutustilanteessa, jossa robotti ja ihminen istuvat vastakkain tietokoneohjatun älykkunan molemmiin puolin. Ikkunan avautuessa robotti katsoo joko suoraan kohti tutkittavaa tai tästä hieman sivuun.

Hypoteesina on, että robotin suora katse aiheuttaa koehenkilöillä voimakkaampia ihon sähkönjohtavuusvasteita kuin robotin käännetty katse. Lisäksi oletetaan suoran katseen aiheuttavan positiiviseen affektiivisuuteen liitettyä voimakkaampaa zygomaticuksen ja pienempää corrugatorin aktivaatiota kuin käännetty katse. Robotin autonomisuuden osalta hypoteesina on, että robotin suora katse aiheuttaa voimakkaampia ihon sähkönjohtavuusvasteita kuin käännetty katse niillä koehenkilöillä, joille robotti on esitelty autonomisena. Kasvojen lihasaktivaation suhteen oletetaan, että robotin suora katse saa aikaan voimakkaampaa zygomaticuksen aktivaatiota kuin käännetty katse niillä, joille robotti on esitelty autonomisena. Niin ikään suoran katseen oletetaan vaikuttavan corrugatorin vähäisempään aktivaatioon kuin käännetty katse niillä koehenkilöillä, joille robotti on esitelty autonomisena.

## 2 MENETELMÄT

### 2.1 Koehenkilöt

Kokeeseen osallistui yhteensä 68 vapaaehtoista henkilöä, jotka rekrytoitiin mukaan Tampereen yliopiston sähköpostilistan ja uutissyötteen kautta. Kaksi koehenkilöä jätettiin pois analyyseistä, koska he kertoivat kuulleensa robotin pään kääntymisestä aiheutuneen äänen ja näin pystyneen ennakoimaan seuraavalla koekierroksella esitetyn katseen suunnan. Jäljelle jääneistä 66:sta koehenkilöstä 46 oli naisia ja 20 miehiä. Koehenkilöt olivat iältään 19–60-vuotiaita (ka: 28.7 vuotta, kh: 11.1). Kokeeseen osallistumisen poissulkukriteerinä oli neurologinen tai psykiatrinen diagnoosi sekä aiempi osallistuminen vastaavanlaisiin tutkimuksiin Tampereen yliopiston Human Information Processing (HIP) -laboratoriossa. Psykologian pääaineopiskelijoista mukaan hyväksyttiin ainoastaan ensimmäisen vuoden opiskelijoita muiden ehtojen täytyessä. Kokeeseen osallistujat saivat palkkioksi opintosuoritusmerkinnän tai elokuvalipun. Ennen kokeen alkamista koehenkilöitä informoitiin lyhyesti kokeen sisällöstä ja oikeudesta keskeyttää koe missä vaiheessa tahansa. Kaikki koehenkilöt allekirjoittivat suostumuslomakkeen. Puoltava lausunto kokeelle saatiin Tampereen alueen ihmistieteiden eettiseltä toimikunnalta.

### 2.2 Ärsykkeet

Kokeessa oli ärsykkeenä humanoidi NAO robotti (SoftBank Robotics), jonka toiminta ohjelmoitiin Choregraphe-ohjelmalla (SoftBank Robotics). Robotti näytettiin varsinaisessa mittaustilanteessa koehenkilöille ikkunaa muistuttavan nestekideruudun (NSG UMU Products Co., Ltd.) läpi. Kooltaan 38 cm korkea ja 22 cm leveä nestekideruutu oli kiinnitettynä koehenkilön ja robotin välissä olevaan mustaan paneeliin. Robotti istui noin 40 cm päässä ja koehenkilö noin 60 cm päässä ruudusta. Koehenkilön istuin ja robotin asento säädettiin ennen varsinaisia mittauksia niin, että osapuolten silmät olivat suunnilleen samalla korkeudella.

Nestekideruudun läpinäkyvyyttä säädeltiin käyttämällä E-Prime 2.0 -tietokoneohjelmaa (Psychology Software Tools, Pittsburg, PA). Koekierrosten aikana nestekideruutu oli läpinäkyvä eli ”avattu” aina kolme sekuntia kerrallaan ja sulkeutui välissä vähintään kahdeksaksi sekunniksi. Aika,

jonka nestekideruutu oli suljettuna, vaihteli koehenkilön mukaan riippuen siitä, kuinka nopeasti koehenkilön ihon sähkönjohtavuuden aktiivisuus tasoittui. Nestekideruudun ollessa läpinäkyvä robotin pään asento oli joko suora tai käännetty oikealle tai vasemmalle. Pään ollessa suorassa, robotin katse osoitti koehenkilöä kohti luoden heidän välilleen katsekontaktin. Pään ollessa käännettynä robotin katse osoitti koehenkilöstä sivuun 65 astetta. Pään kääntämistä lukuun ottamatta robotti pysyi paikoillaan koko kokeen ajan.



**Kuva 1.** Robotti näytettiin koehenkilöille nestekideruudun kautta. Kuvassa koetilanteet, joissa robotin katse kohdistui suoraan (vasemmalla) ja kun katse oli käännetty (oikealla).

### 2.3 Koetilanteen kulku

Tutkimus toteutettiin vuonna 2021 Tampereen yliopiston psykologian laitoksen Human Information Processing (HIP) –laboratoriossa. Koehenkilön saapuessa laboratoriolle, häntä pyydettiin pesemään kädet ilman saippuaa ihon sähkönjohtavuuden mittausten vuoksi. Käsienpesun jälkeen koehenkilö ohjeistettiin istumaan laboratorihuoneessa olevan nestekideruudun edessä olevalle tuolille. Jokaisessa koetilanteessa paikalla oli kaksi kokeenjohtajaa, joista toinen kertoi koehenkilölle lyhyesti kokeen sisällöstä sekä pyysi tätä allekirjoittamaan suostumuslomakkeen ja täyttämään

taustatietolomakkeen. Lomakkeiden täyttämisen jälkeen kokeenjohtajat kiinnittivät koehenkilön puhdistetulle kasvojen iholle zygomaticus-lihaksen aktivaatiota mittaavat elektrodit sekä solisluiden alapuolelle sydänsähkökäyrää rekisteröivät elektrodit. Lisäksi tutkittavan päähän asetettiin aivosähkökäyrää mittaava EEG-päähine. Tämän jälkeen tutkittavalle havainnollistettiin kokeen kulku ja nestekideruudun toiminta lyhyesti. Tutkimusavustaja toimi mallina robotin paikalla, ottaen katsekontaktin koehenkilöön ruudun avautuessa. Tämän jälkeen koehenkilölle esiteltiin tutkimuksessa käytetty robotti.

Kokeeseen osallistujat jaoteltiin satunnaisesti kahteen eri koehenkilöryhmään sen mukaan, miten robotti esiteltiin heille ennen varsinaista mittaustilannetta. Ensimmäiseen ryhmään kuuluville koehenkilöille (n=35) robotti esiteltiin mekaanisena ja teknisesti yksinkertaisena sekä sen toiminta käyttäjän komennoista riippuvaisena. Koehenkilölle väitettiin, että robotti ei pysty itsenäisesti pystyssä, minkä vuoksi se oltiin asetettu nojaamaan tukea vasten. Kokeenjohtaja käytti esittelytilanteessa termiä ”robotti” ja viittasi siihen demonstratiivipronominilla ”se”. Koehenkilölle selitettiin robotin pään kääntämisen olevan mahdollista sen kaulassa sijaitsevan moottorin ja tietokoneen näppäimistön avulla, jonka toimintaa koehenkilö sai myös itse kokeilla. Toiseen ryhmään kuuluville koehenkilöille (n=33) robotti esiteltiin autonomisena sen ollessa niin sanotussa esiohjelmoidussa vuorovaikutustilassa. Tällöin robotti toimi itsenäisesti ilman koehenkilölle näkyvää ihmisen ohjausta nousemalla pystyyn ja tervehtimällä tutkittavaa. Kokeenjohtaja puhutteli robottia nimellä (”NAO”) ja viittasi siihen persoonapronominilla ”hän”. Esittelytilanteessa koehenkilölle havainnollistettiin robotin toimintaa kehottamalla koehenkilöä liikuttamaan ylävartaloaan sivulta toiselle niin, että tämä pystyi havaitsemaan robotin seuraavan häntä katseellaan. Esittelyn jälkeen molemmissa tilanteissa robotin eteen laitettiin verhot ja se siirrettiin paikoilleen varinaisia mittaustilanteita varten.

Kun robotti oli saatu aseteltua paikoilleen, avattiin nestekideruutu koehenkilön ja robotin silmien sijainnin korkeuden yhteensovittamiseksi. Säädettyäessä robotin ja koehenkilön penkin tai asennon korkeutta kokeenjohtajan ja robotin toiminta poikkesivat koehenkilöryhmien välillä robotin uskoteltujen ominaisuuksien korostamiseksi. Niille, jolle robotti oli esitelty mekaanisena, epäautonomisuutta korostettiin edelleen jättämällä robotin pää kääntyneeksi sivulle nestekideruudun avautuessa ja korjaamalla asia nuolinäppäimellä koehenkilön nähdessä. Toisille koehenkilöille sen sijaan korostettiin autonomisuutta suullisesti pyytämällä robottia ”nostamaan katsettaan ryhdikkäämmäksi”, jolloin tämä vilkuillen haki katsettaan kohti koehenkilöä.

Korkeuden säätämisen jälkeen koehenkilölle asetettiin paikoilleen silmänliike-elektrodit ja EEG-päähine. EEG-elektrodien toiminta testattiin ja niitä säädettiin tarvittaessa. Tämän jälkeen asetettiin paikoilleen corrugator supercilii -lihaksen aktivaatiota sekä ihon sähkönjohtavuutta



mittaavat elektrodit. Kun kokeenjohtaja oli varmistunut signaalien häiriöttömyydestä, koehenkilölle annettiin koetilanteeseen liittyviä ohjeita. Häntä neuvottiin istumaan rentona ja välttämään turhaa liikehdintää sekä katsomaan kohti nestekideruutua ja robottia sen ollessa näkyvissä.

Koekierrokset toteutettiin neljässä osiossa, joiden välissä oli lyhyet tauot. Ensimmäinen ja kolmas osio olivat identtisiä ja niissä mitattiin koehenkilön ihon sähkönjohtavuutta, kasvojen lihasaktivaatiota sekä sydämen sykettä. Kummassakin näissä osiossa oli 12 koekierrosta, joista kuudessa robotti katsoi suoraan ja kuudessa katse oli käännetty (kolmessa oikealle ja kolmessa vasemmalle). Kokeenjohtaja sääteli robotin katseen suuntaa hänelle monitorilta näkyvän satunnaistetun esittämisjärjestyksen mukaisesti. Näissä osioissa nestekideruutu oli avoinna vaihtelevan ajan sen mukaan, miten koehenkilön ihon sähkönjohtavuuden aktivaatio tasaantui. Toisessa ja neljännessä osiossa rekisteröitiin aivojen EEG:llä mitattuja herätevasteita. Kummassakin näissä osioissa nestekideruutu avautui 80 kertaa, joista robotin katse kohdistui suoraan 40 ja sivulle 40 kertaa (joista 20 oikealle ja 20 vasemmalle). Näissä osioissa ruutu oli avoinna aina 500 ms kerrallaan. Kokeeseen kuluva aikaa pyrittiin minimoimaan säilyttämällä robotin pään suunta samana kerrallaan aina viiden koekierroksen ajan. Pään suunnan pysyessä samana, nestekideruutu sulkeutui koekierrosten välillä 1500–2500 ms ajaksi. Kun viiden koekierroksen jälkeen pään suuntaa käännettiin, nestekideruutu oli suljettuna noin kymmenen sekuntia. Koska tämä tutkielma ei käsittele aivojen herätevasteita esitettyyn ärsykkeeseen, koekierroksilla viitataan jatkossa osioiden yksi ja kolme sisältämiin koekierroksiin. Kaikkien neljän osion jälkeen koehenkilöä pyydettiin täyttämään itsearviointeja robotin näkemisen aiheuttamasta miellyttävyydestä ja virittyneisyydestä sekä kokemuksesta siitä, katsoiko robotti koehenkilöä kohti. Itsearviointien täyttämistä varten nestekideruutu avattiin vielä kolme kertaa robotin katseen suuntaa vaihdellen. Itsearviointien jälkeen koehenkilöä pyydettiin täyttämään vielä loput arviointilomakkeet, minkä jälkeen kokeen ilmoitettiin päättyneen ja elektrodit irrotettiin.

## **2.4 Ihon sähkönjohtavuuden rekisteröinti ja analysointi**

Ihon sähkönjohtavuutta mitattiin kahdella elektrodipastalla täytetyllä elektrodilla (Ag/AgCl), jotka kiinnitettiin ihoteipin avulla koehenkilön vasemman käden kämmenpuolen etusormen ja keskisormen ylimpään niveleen. Signaalin rekisteröintiin käytettiin Brain Vision Recorder -ohjelmaa (Brain Products GmbH). Ihon sähkönjohtavuuden näytteenottotaajuus oli 500 Hz, mutta se muutettiin analyysivaiheessa näytteenottotaajuudelle 100 Hz. Signaali suodatettiin 10 Hz:n alipäästösuodatusta

käyttämällä. Analysoinnissa käytettiin Brain Analyzer -ohjelmaa, jonka avulla aineisto käytiin läpi koekierroksittain.

Ihon sähkönjohtavuuden vaste määriteltiin maksimaaliseksi ihon sähkönjohtavuuden muutokseksi aikavälillä 900–6000 ms nestekideruudun aukeamisen jälkeen. Maksimaalisen muutoksen laskemiseksi ihon sähkönjohtavuuden minimiarvo etsittiin aikaväliltä 900–3500 ms nestekideruudun aukeamisen jälkeen ja se vähennettiin maksimiarvosta, jonka ihon sähkönjohtavuus sai 900–6000 ms nestekideruudun aukeamisen jälkeen. Minimi- ja maksimiarvon merkitseminen tapahtui ohjelmalla automaattisesti, minkä jälkeen aineisto käytiin läpi manuaalisesti ja korjattiin mahdolliset virheelliset merkit. Mikäli ihon sähkönjohtavuusvasteessa ilmeni kaksi ohjelman merkitsemää maksimikohtaa, niistä huomioitiin vain ensimmäinen. Vaste määriteltiin nollavasteeksi, kun maksimaalinen ihon sähkönjohtavuuden muutos oli alle  $0.01 \mu\text{S}$ . Myös sellaiset koekierrokset, joissa ihon sähkönjohtavuuden kasvua ei tapahtunut vähintään  $0.01 \mu\text{S}$  ensimmäisen 3500 ms aikana nestekideruudun avautumisen jälkeen, määriteltiin nollavasteiksi. Sellaiset koekierrokset hylättiin, joissa ihon sähkönjohtavuuden nousua tapahtui ensimmäisen 900 ms:n aikana vähintään  $0.01 \mu\text{S}$ . Tällaisissa tapauksissa vastetta ei voitu luotettavasti tulkita ärsykkeen havaitsemisen aikaansaamaksi sen ilmetessä liian aikaisin ollakseen ärsykkeen aiheuttama. Tämän kriteerin perusteella 19.4 % koekierroksista hylättiin. Sellaiset koehenkilöt, joilla hyväksytyjä koekierroksia oli alle kolmasosa koekierrosten määrästä, poistettiin analyysistä. Tällaisia koehenkilöitä oli yksi. Jäljelle jääneiden koehenkilöiden hyväksytyjen koekierrosten (keskiarvo hyväksytyistä koekierroksista; Mekaanisen robotin suora katse (MS):  $M = 9.4$ ; Mekaanisen robotin käännetty katse (MK):  $M = 9.7$ ; Autonomisen robotin suora katse (AS):  $M = 10.0$ ; Autonomisen robotin käännetty katse (AK):  $M = 9.7$ ) osalta laskettiin jokaiselle koehenkilölle kummankin katsetilanteen ihon sähkönjohtavuuden keskiarvo. Keskiarvoihin laskettiin mukaan myös nollavasteiksi määritellyt koekierrokset. Ihon sähkönjohtavuuden keskiarvoja tarkasteltiin erikseen sen mukaan, mikä robotin katseen suunta oli. Näin ollen kullekin koehenkilölle laskettiin kaksi ihon sähkönjohtavuuden keskiarvoa. Kumpikin keskiarvo ilmaisee ihon sähkönjohtavuusvasteen suuruuden yhdistäen vasteen koon ja taajuuden (Dawson ym., 2000). Arvojen normaalijakautuneisuutta tarkasteltiin Kolmogorov-Smirnovin ja Shapiro-Wilkin testeillä sekä histogrammin avulla, jotka osoittivat jakaumien olevan oikealle vinoja. Näin ollen aineistolle tehtiin muuttujamuunnos käyttämällä 10-kantaista (LOG10) logaritmia, minkä jälkeen ne noudattivat normaalijakaumaa.

## 2.5 Kasvojen lihasaktivaation rekisteröinti ja analysointi

Kasvojen lihasaktivaation mittaamiseksi käytettiin elektromyografiaa (EMG) eli lihassähkökäyrää, jolla mitattiin sekä *zygomaticus major* (iso poskipäälihas) että *corrugator supercilii* (kulmakarvojen kurtistajalihas) lihasten aktiivisuutta. Mittauskohtien iho puhdistettiin alkoholilla ennen elektrodien asettamista. 4-mm Ag/AgCl elektrodeihin (BioMed-elektrodit) injektoitiin elektrodipasta, minkä jälkeen ne kiinnitettiin Fridlundin ja Cacioppon (1986) ohjeistusten mukaisesti kyseisten lihasten ihoalueille. Maadoituselektrodi kiinnitettiin otsan keskikohdalle, aivan hiusrajan alapuolelle.

EMG-rekisteröinnistä saadun aineiston taajuutta korjattiin 28 Hz:n yli- ja 249 Hz:n alipäästösuodatuksella käyttämällä BrainVision Analyzer 2.1 -ohjelmaa. Aineistosta poistettiin ne koekierrokset, joissa ilmeni visuaalisesti tarkastellen häiriötä, kuten silmänräpäytyksiin viittaavaa aktivaatiota. Tämä tehtiin tarkastelemalla kumpaakin lihasaluetta erikseen riippumatta toisistaan. Tällä kriteerillä 1.1 % koekierroksista poistettiin. Kaikilla koehenkilöillä hyväksytyjä koekierroksia oli yli kolmasosa, joten yhtäkään koehenkilöä ei poistettu analyyseistä. Aineistolle toteutettiin tasasuuntaus, joka tasoitti signaalia ja aineisto segmentoitiin 500 ms jaksoihin, alkaen 500 ms ennen ärsykkeen esittämistä 3000 ms ärsykkeen paljastamisen jälkeen. Hyväksytyistä koekierroksista (keskiarvo hyväksytyistä koekierroksista *zygomaticuksen* osalta; MS: M = 11.9; MK: M = 11.9; AS: M = 11.8; AK: M = 11.7 ja *corrugatorin* osalta; MS: M = 11.9; MK: M = 11.9; AS: M = 11.9; AK: M = 11.8) laskettiin keskiarvot sekä suoran että käännetyn katseen tilanteissa erikseen molempien tarkasteltujen kasvojen lihasten osalta. Tämän jälkeen arvot standardoitiin jokaisen koehenkilön ja kummankin lihasalueen osalta, jotta äärimmäisten arvojen vaikutus vähenisi. Lihasaktivaation vaste laskettiin muutosarvona vähentämällä lähtötilanne jokaisen 500 ms:n segmentin keskiarvosta molempien koetilanteiden osalta. Lähtötilanne määriteltiin laskemalla rekisteröidyn aktiivisuuden keskiarvo 500 ms:n ajalta ennen ärsykkeen esittämistä.

## 2.6 Aineiston tilastollinen analysointi

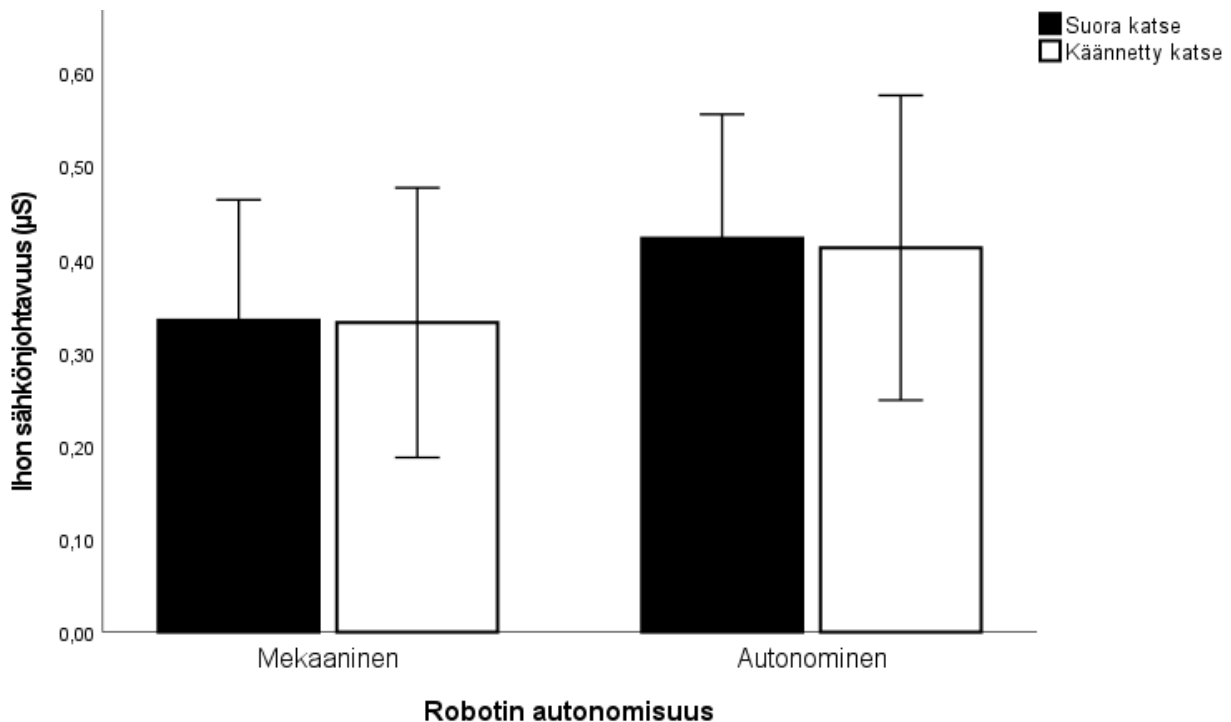
Aineiston analyysit toteutettiin IBM SPSS Statistics -ohjelmalla (versio 28.0). Pääasiallisena tilastollisena analyysinä käytettiin toistomittausten varianssianalyysia. Ihon sähkönjohtavuuden analyysissa riippumattomina muuttujina oli Katse (käännetty, suora) ja Autonomisuus (mekaaninen, autonominen). Kasvojen lihasaktivaatiota tarkastellessa riippumattomina muuttujina oli Katse

(käännetty, suora), Autonomisuus (mekaaninen, autonominen) sekä Aika (kuusi 500 ms:n kestoista aikaikkunaa).

### 3 TULOKSET

#### 3.1 Ihon sähkönjohtavuusvasteet

Tulokset ihon sähkönjohtavuuden osalta ovat nähtävissä kuvassa 2. Robotin katseen suunnan ja autonomisuuden vaikutuksia ihon sähkönjohtavuusvasteisiin analysoitiin 2(Katse) × 2(Autonomisuus) toistomittausten varianssianalyysillä. Robotin katseen suunnalla ei havaittu olevan päävaikutusta ihon sähkönjohtavuuden vasteisiin ( $F(1,59) = .693, p = .408, \eta^2 = .012$ ). Robotin autonomisuudella ei niinkään havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää päävaikutusta ihon sähkönjohtavuuden vasteisiin ( $F(1,59) = 1.155, p = .287, \eta^2 = .019$ ). Robotin autonomisuudella ja katseen suunnalla ei ollut myöskään yhdysvaikutusta ( $F(1,59) = .570, p = .453, \eta^2 = .010$ ).



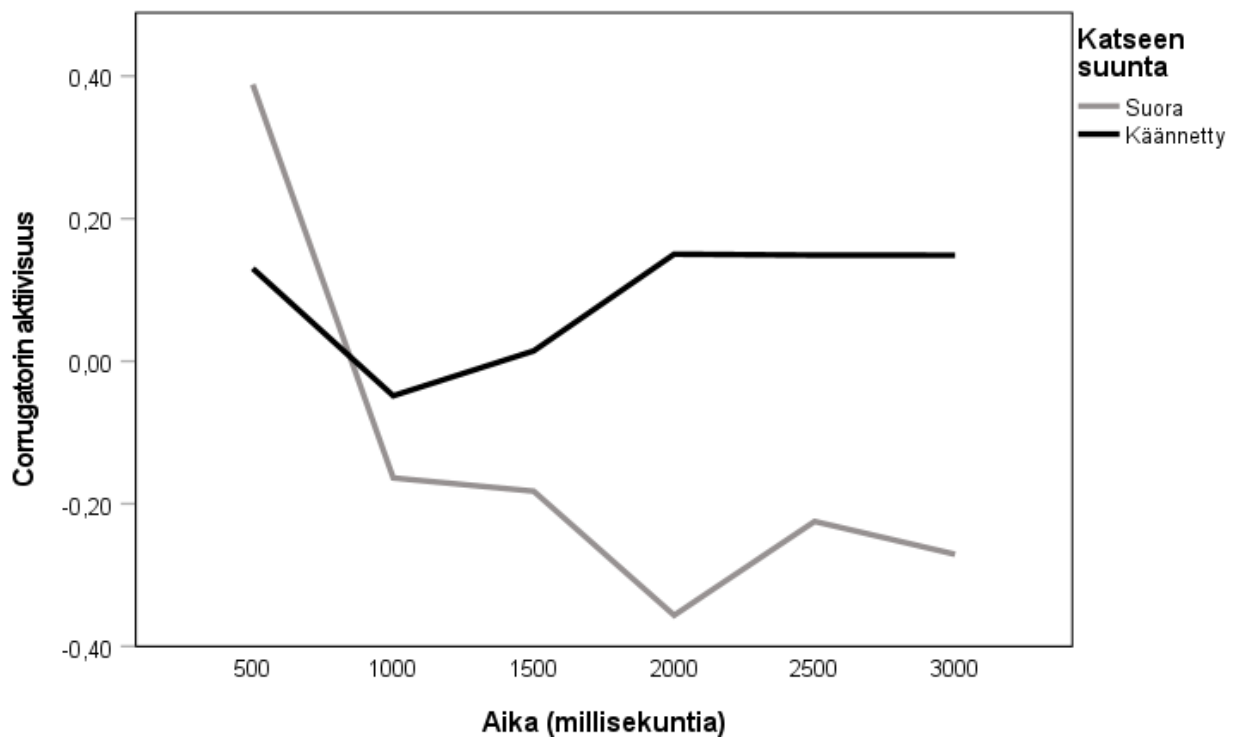
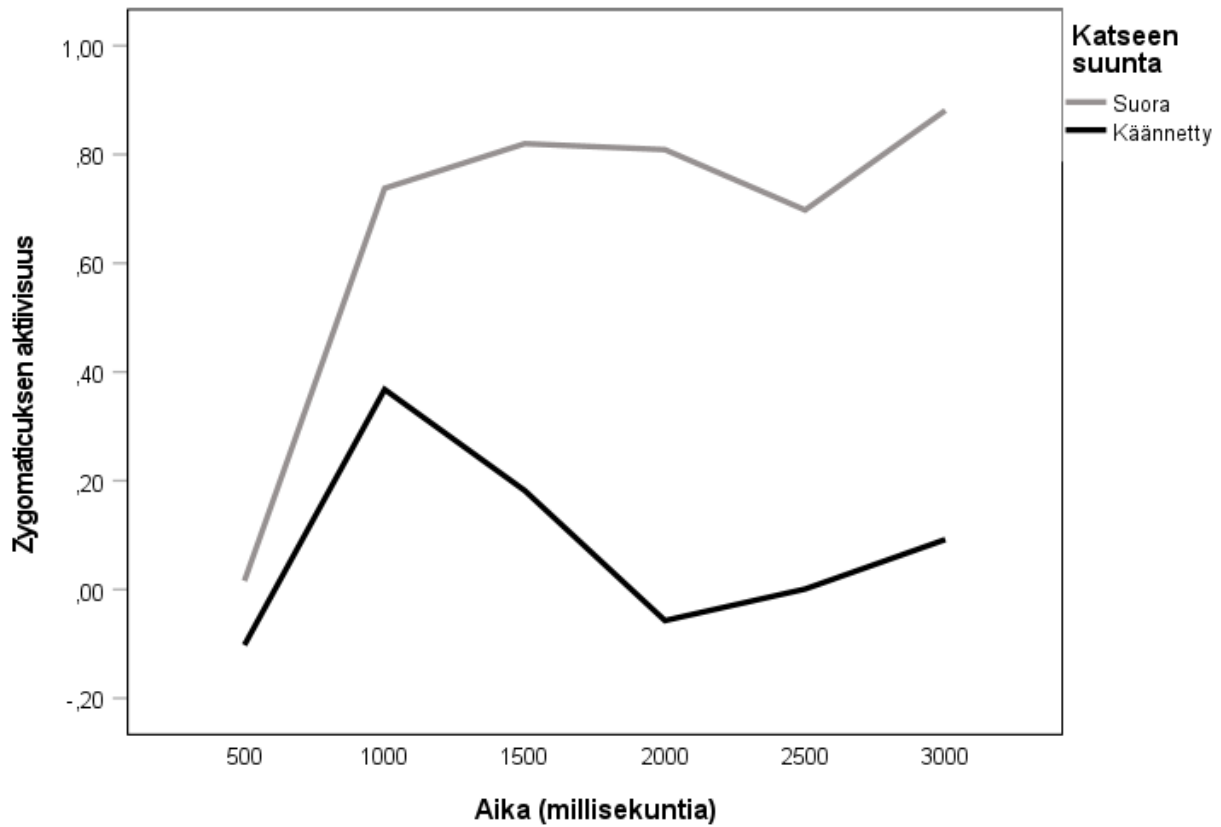
**Kuva 2.** Ihon sähkönjohtavuusvasteiden keskiarvot ja keskivirheet mekaanisen ja autonomisen robotin suoran ja käännetyn katseen koetilanteissa.

### 3.2 Kasvojen lihasaktivaatiiovasteet

Robotin katseen suunnan, autonomisuuden ja ajan vaikutuksia kasvojen lihasaktivaatiiovasteisiin tarkasteltiin  $2(\text{Katse}) \times 2(\text{Autonomisuus}) \times 6(\text{Aika})$  toistomittausten varianssianalyysillä. Katseen suunnalla havaittiin tilastollisesti merkitsevä päävaikutus sekä zygomatiuksen ( $F(1,64) = 23.251, p < 0.001, \eta^2 = .266$ ) että corrugatorin aktiivisuuteen ( $F(1,64) = 17.562, p < 0.001, \eta^2 = .215$ ). Robotin katsoessa suoraan koehenkilöä kohti zygomatiuksen aktiivisuus oli suurempi ( $ka = .660, kh = .139$ ) kuin robotin katseen ollessa käännetty ( $ka = .081, kh = .116$ ). Corrugatorin osalta robotin suora katse aiheutti vähäisempää aktivaatiota ( $ka = -.478, kh = .172$ ) kuin robotin käännetty katse ( $ka = .170, kh = .152$ ).

Robotin autonomisuudella ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää päävaikutusta zygomatiuksen ( $F(1,64) = .002, p = .963, \eta^2 = .000$ ) tai corrugatorin ( $F(1,64) = .030, p = .863, \eta^2 = .000$ ) aktiivisuuteen. Myöskään katseen suunnalla ja robotin esittelytavalla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta zygomatiuksen ( $F(1,64) = .535, p = .467, \eta^2 = .008$ ) tai corrugatorin aktiivisuuteen ( $F(1,64) = .005, p = .942, \eta^2 = .000$ ).

Ajalla havaittiin tilastollisesti merkitsevä päävaikutus sekä zygomatiuksen ( $F(5,320) = 6.923, p < 0.001, \eta^2 = .098$ ) että corrugatorin aktiivisuuteen ( $F(5,320) = 3.719, p < 0.01, \eta^2 = .055$ ). Katseen suunnan ja ajan yhdysvaikutus molempien tarkasteltujen lihasaktivaatioiden osalta on nähtävissä Kuvassa 3. Ajan ja katseen suunnan yhdysvaikutus zygomatiuksen aktiivisuuteen oli tilastollisesti merkitsevä ( $F(5,320) = 3.317, p < 0.01, \eta^2 = .049$ T). Tämä yhdysvaikutus näkyi siten, että robotin katsoessa suoraan zygomatiuksen aktiivisuus kasvoi ajan myötä, kun taas robotin katseen ollessa käännetty zygomatiuksen aktiivisuus kasvoi aluksi, mutta laski sen jälkeen. Myös corrugatorin aktiivisuudelle katseen suunnan ja ajan yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä ( $F(5,320) = 5.085, p < 0.001, \eta^2 = .074$ ). Robotin katsoessa suoraan koehenkilöä kohti, corrugatorin aktiivisuus laski ajan vaikutuksesta, kun taas robotin katseen ollessa käännetty corrugatorin aktiivisuus pysyi tasaisena. Ajalla ja robotin autonomisuudella ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta zygomatiuksen ( $F(5,320) = .217, p = .955, \eta^2 = .003$ ) tai corrugatorin ( $F(5,320) = 1.366, p = .237, \eta^2 = .021$ ) aktivaatioon. Katseen suunnalla, ajalla ja robotin autonomisuudella ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta zygomatiuksen ( $F(5,320) = .173, p = .973, \eta^2 = .003$ ) tai corrugatorin aktiivisuuteen ( $F(5,320) = 1.308, p = .260, \eta^2 = .020$ ).



**Kuva 3.** Zygomaticuksen (ylempänä) ja corrugatorin (alempänä) aktivaation keskiarvot ajan ja robotin katseen suunnan mukaan.

## 4 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, aiheuttaako katsekontakti robotin kanssa koehenkilöissä erilaisia psykofysiologisia vasteita verrattuna robotin käännettyyn katseeseen ja vaikuttaako ihmisen manipuloitu käsitys sosiaalisen robotin autonomisuudesta sen katseen aiheuttamiin reaktioihin. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin ihon sähkönjohtavuuden vasteita sekä kasvojen lihasaktivaatiota. Koehenkilöiden käsitystä robotin autonomisuudesta manipuloitiin esittelemällä tutkimuksessa käytetty robotti kahdella eri tavalla. Osalle koehenkilöistä robotti esiteltiin lelunkaltaisena, ihmisen ohjaamana mekaanisena objektina ja osalle itseohjautuvana, sosiaalisena toimijana. Tämän jälkeen koehenkilöille näytettiin robotti useita kertoja kontrolloidussa katsetilanteessa rekisteröiden samalla koehenkilöiden psykofysiologisia vasteita.

### 4.1 Katseen suunnan vaikutukset psykofysiologisiin reaktioihin

Tutkimustulokset robotin katseen suunnan vaikutuksista olivat osin oletusten vastaisia. Tutkimuksessa havaittiin, että robotin suora katse koehenkilöä kohti ei aiheuttanut voimakkaampia ihon sähkönjohtavuusvasteita kuin sivulle käännetty katse. Ihon sähkönjohtavuuden tiedetään viestivän autonomisen hermoston virittyneisyydestä (Critchley, 2002) ja aiemmissa tutkimuksissa katsekontakti niin robotin kuin toisen ihmisen kanssa on aiheuttanut voimistuneita ihon sähkönjohtavuusvasteita verrattuna käännettyyn katseeseen (Helminen ym., 2011; Kiilavuori ym., 2021; Kiilavuori ym., 2022; Myllyneva & Hietanen, 2015). Näin ollen tämän tutkimuksen tuottamaa havaintoa on syytä tarkastella lähemmin.

Aiemmista tutkimuksista tiedetään, että ihon sähkönjohtavuusvasteille on tyypillistä habituoitua ärsykkeisiin, jolloin vasteiden voimakkuus pienenee ärsykkeen toistuessa (Bradley, 2009; Lapolla, Bishop, & Gahtan, 2023). Keskeinen eroavaisuus tämän ja Kiilavuoren tutkimusryhmän tutkimusten välillä oli koekierrosten lukumäärä, joka oli tässä tutkimuksessa huomattavasti suurempi. Kiilavuoren ja kumppaneiden (2021; 2022) tutkimuksissa koehenkilö näki robotin mittaustilanteen aikana yhteensä 10 tai 12 koekierroksen verran. Tässä tutkimuksessa oli yhteensä neljä osiota, joista ensimmäisessä ja kolmannessa rekisteröitiin ihon sähkönjohtavuusvasteita. Näistä kumpikin osio sisälsi 12 koekierrosta, minkä lisäksi toinen ja neljäs osio kumpikin 80 koekierrosta. Näin ollen koehenkilö oli kolmannen osion alkaessa katsonut robottia yhteensä jo 92 kertaa. Tämä



katsetilanteiden määrä voi osaltaan selittää tässä tutkimuksessa havaittuja ihon sähkönjohtavuusvasteita. On mahdollista, että koehenkilö oli nähnyt robotin niin monesti, että habituaation vuoksi katsekontakti ei aiheuttanut enää samankaltaisia viriämisreaktioita ihon sähkönjohtavuusvasteissa.

Katseen suunnan vaikutukset kasvojen lihasaktivaatioon olivat sen sijaan oletusten mukaisia. Oletuksena oli, että positiiviseen affektiivisuuteen liitetyn zygomaticuksen aktivaatio on voimakkaampaa suorassa kuin käännettyssä katseessa. Poskien zygomaticus-lihas vastaa suupielen kohotuksesta ja sen on havaittu aktivoituvan erityisesti positiivisen tunneärsyksen aiheuttamana (Cacioppo ym., 1986). Oletuksena oli myös, että kulmankurtistukseen osallistuvan corrugatorin aktivaatio on vähäisempää suorassa kuin käännettyssä katseessa. Corrugatorin aktiivisuuden on havaittu vähentyvän positiivisen ja voimistuvan negatiivisen tunneärsyksen myötä (Cacioppo ym., 1986; Larsen ym., 2003). Robotin suora katse koehenkilöä kohti aiheuttikin voimakkaampaa zygomaticuksen aktiivisuutta kuin robotin käännetty katse. Niin ikään hypoteesin mukaisesti havaittiin, että robotin suora katse sai aikaan vähäisempää corrugatorin aktiivisuutta kuin robotin käännetty katse. Suorassa katseessa zygomaticuksen aktivaatio kasvoi voimakkaammin ja pysyi läpi aikapisteiden korkeana, kun taas käännetyn katseen tilanteessa aktivaatio laski alun lievän voimistumisen jälkeen. Corrugatorin aktiivisuudessa havaittiin suoran katseen tilanteessa heikentymistä ajan myötä, kun taas käännetty katse piti yllä voimistunutta aktivaatiota.

Katseen suunnan vaikutusten voi ajatella viestivän siitä, että robotin suora katse koetaan miellyttävämmäksi kuin käännetty katse. Nämä havainnot ovat linjassa aiempien tutkimustulosten kanssa, jotka ovat osoittaneet robotin suoran katseen aiheuttavan ylläkuvatun kaltaisia kasvojen lihasaktivaatiovasteita (Kiilavuori ym., 2021; Kiilavuori ym., 2022). Tulos tukee siis käsitystä siitä, että katsekontakti robotin kanssa koetaan miellyttävämmäksi kuin sen muualle suunnattu katse. Robotin katseen miellyttävyyttä on tutkittu aiemmin myös eksplisiittisillä, itsearviointeihin perustuvilla mittareilla ja tulokset ovat olleet samansuuntaisia: katsekontakti lisää positiivisia tunteita robottia kohtaan (Kompatsiari ym., 2019; Mutlu, Forlizzi, & Hodgins, 2006; Shiomi ym., 2013; Yamazaki ym., 2008; Yonezawa ym., 2007) ja siitä pidetään enemmän (Kompatsiari ym., 2019; Yonezawa ym., 2007). Koska robotin katse aiheuttaa meissä samankaltaisia reaktioita kuin toisten ihmisten katse, pyrittiin tässä tutkimuksessa selvittämään yhden mahdollisesti taustalla vaikuttavan tekijän, autonomisuuden, osallisuutta reaktioihin. Havaittua autonomisuutta pyrittiin kontrolloimaan robotin esittelytapaa manipuloimalla.

## 4.2 Robotin autonomisuuden vaikutus katseen kokemiseen

Robotin autonomisuuden osalta hypoteesina oli, että erot ihon sähkönjohtavuusvasteissa suoran ja käännetyin katseen välillä ovat voimakkaampia niillä koehenkilöillä, joille robotti esitellään autonomisena. Erojen oletettiin näkyvän siten, että suora katse saa aikaan voimakkaampaa aktivaatiota kuin käännetty katse niillä, joille robotti esiteltiin autonomisena. Hypoteesi ei kuitenkaan saanut tukea, sillä robotin autonomisuudella ja katseen suunnalla ei havaittu olevan yhdysvaikutusta. Autonomisuudella ei myöskään havaittu päävaikutusta ihon sähkönjohtavuusvasteisiin. Kasvojen lihasaktivaation osalta hypoteesina oli, että suoran ja käännetyin katseen väliset erot ovat suuremmat autonomisen kuin mekaanisen robotin aiheuttamana. Erojen oletettiin näkyvän siten, että autonomisen robotin suora katse saa aikaan voimistunutta zygomaticuksen ja vähentynyttä corrugatorin aktiivisuutta verrattuna käännettyyn katseeseen. Näiden katsetilanteiden välisten erojen oletettiin olevan pienempiä mekaanisen robotin osalta. Autonomisuudella ei kuitenkaan havaittu vaikutusta tarkasteltuihin kasvojen lihasten aktivaatioihin kummassakaan katsetilanteessa.

Koska tutkimuksia autonomisuuden vaikutuksista ihmisen arvioihin robotista on tehty vain vähän, perustuivat hypoteesit pitkälti havaintoihin niistä ominaisuuksista, joiden tiedetään vaikuttavan kokemukseen robotista. On havaittu, että ihmisenkaltaiset piirteet robotin ulkomuodossa ja käyttäytymisessä vaikuttavat siitä tehtäviin tulkintoihin (Fink, 2012). Näin ollen tässä tutkimuksessa käytettiin autonomisuutta ilmentävää esittelytapaa, jossa robotti puhui ymmärrettävästi, liikkui ihmismäisesti ja otti katseellaan kontaktia koehenkilöön. Vastaavasti mekaanisena esitelty robotti oli toiminnoissaan selvästi kokeenjohtajan ohjailtavana ja ilmensi näin epäautonomisuutta. On mahdollista, että manipuloitu ero autonomisuuden suhteen ei ollut riittävä, vaan antropomorfismin vaikuttavien piirteiden tulisi olla vielä selkeämmin toisistaan poikkeavia. Autonomisuuden voimistamiseksi robotin itseohjautuvuutta olisi voitu korostaa esimerkiksi lisäämällä sen itsenäistä toimintaa ja päätöksentekoa tai ohjelmoimalla sen sosiaalista käyttäytymistä entistä vuorovaikutteisemmaksi ja ihmismäisemmäksi esimerkiksi intentionaalisuutta ilmentävää käyttäytymistä lisäämällä. Tällaista voisi olla muun muassa robotin tavoitteita ja toiveita esiin tuovat ilmeet, eleet ja toiminnot. Tutkimuksessa voi olla aiheellista huomioida myös mahdollinen toimijuuden epäsuora arviointi, jossa koehenkilön arviot mekaanisesta robotista kohdistuvatkin implisiittisesti robottia ohjaavaan ihmiseen (Crowell ym., 2019).

Robotin toimintaan ja sitä kautta mahdollisesti sen tulkittuun ihmismäisyyteen liittyvä ero tämän ja aiemmin esitellyn Kiilavuoren ym. (2021) tutkimuksen välillä oli robotin koetilanteen aikainen silmien ”räpyttely”. Kiilavuoren ym. (2021) tutkimuksessa robotti oli ohjelmoitu

räpäyttämään silmiään katsetilanteiden aikana kolmen sekunnin välein, jolla pyrittiin voimistamaan koehenkilöiden antropomorfismia robottia kohtaan. Koska tässä tutkimuksessa robotti esiteltiin sekä autonomisena että mekaanisena, ei silmien räpäyttelyn sisällyttäminen tutkimukseen olisi ollut mielekäästä. Katsetilanteiden aikainen visuaalinen ärsyke piti pitää molempien esittelytapojen osalta identtisinä, jolloin silmien räpäyttely olisi toiminut vastoin pyrkimystä saada robotti vaikuttamaan mekaaniselta ja elottomalta. Silmien räpäyttelyn vaikutuksen mahdollisuus on kuitenkin huomioitava tulosten tulkinnassa ja muuttujan merkitys vasteisiin vaatii lisätutkimusta.

Hiljattain julkaistussa Kiilavuoren ym. (2022) tutkimuksessa kontrolloitiin koehenkilön uskomusta siitä, näkeekö katseen osapuolena toiminut robotti ja ihminen koehenkilön. Tutkimuksessa tarkasteltiin koehenkilöiden psykofysiologisia reaktioita ihmisen ja robotin suoraan ja käännettyyn katseeseen sen suhteen, oltiinko koehenkilölle uskoteltu katseen toisen osapuolen näkevän hänet. Tutkimuksessa havaittiin, että manipuloidulla käsityksellä nähdyn tulemisesta ei ollut vaikutusta robotin katseen aiheuttamiin ihon sähkönjohtavuusvasteisiin, toisin kuin ihmisen ollessa katseen toisena osapuolena. Myöskään kasvojen lihasaktivaatiovasteisiin manipulaatio ei yksinomaan robotin katsetta tarkasteltaessa vaikuttanut. Heikkoja viitteitä manipulaation vaikutuksesta kasvojen lihasaktivaatiovasteisiin antoi kuitenkin tulos, jossa havaittiin katsekontaktin aiheuttavan katseen osapuolesta riippumatta corrugatorin vähentyneitä aktiivisuutta tilanteessa, jossa koehenkilölle oltiin uskoteltu osapuolen olevan kykenevä näkemään tämän. Tuloksia arvioitaessa esiin nousikin kysymys siitä, vaikuttaako koehenkilön kokemus mahdollisuus molemmiin puoleiseen vuorovaikutukseen katseen aikaansaamiin vasteisiin. Tutkimuksessa nähdyn tulemisen vaikutukset olivat kokonaisuutena tarkasteltuna osin hypoteesien vastaisia siten, että manipuloitu nähdyn tuleminen ei vaikuttanut vasteisiin odotetusti edes ihmisen ollessa katseen toisena osapuolena. Tulos oli ristiriidassa aiempien tutkimusten kanssa (Myllyneva & Hietanen, 2015), minkä vuoksi lisätutkimus aiheesta on tarpeellista.

### **4.3 Tutkimuksen rajoitukset**

Tähän tutkimukseen liittyi joitakin rajoitteita, jotka on syytä huomioida tulosten tulkinnassa. Ensinnäkin tämä tutkimus keskittyi koehenkilöissä virinneiden tunteiden tarkastelemiseen psykofysiologisilla mittareilla. On syytä huomioida, että vasteet ihon sähkönjohtavuudessa ja kasvojen lihasaktivaatiossa voivat johtua myös muista tekijöistä kuin fysiologisesta virittyneisyydestä ja positiivisen emotionin aikaansaamisesta kasvolihavasteista. Erityisesti kasvojen

lihaskäyttöön liittyy mahdollisuus sosiaalisten motiivien vaikutuksista, jotka voivat osaltaan tuottaa automaattisia reaktioita katsetilanteessa (Fridlund, 1991; Parkinson, 2005). Myös laajemmin tunteiden tutkimiseen on liittynyt debattia sen suhteen, missä määrin tunteista voidaan tehdä johtopäätöksiä psykofysiologisiin vasteisiin perustuen (Siegel ym., 2018). Tutkimuksissa onkin syytä huomioida myös yksilöllinen vaihtelu ja siihen vaikuttavat tekijät.

Joidenkin tutkimusten mukaan ihmisten erilaiset taustatekijät voivat vaikuttaa antropomorfismitaipumukseen (Epley ym., 2007). Tulosten yleistettävyyden kannalta voikin olla syytä huomioida otoksen valikoituneisuus korkeakouluuyhteisöstä. Lisäksi robotin katseen koettuun miellyttävyyteen on eräässä tutkimuksessa havaittu vaikuttavan koehenkilön sukupuoli siten, että naiset pitivät enemmän robotista, joka otti vähemmän katsekontaktia tutkimuksen aikana (Mutlu, Forlizzi & Hodgins, 2006). Tässä tutkimuksessa naispuoliseksi itsensä määrittäviä henkilöitä oli yli kaksi kolmasosaa. Taustamuuttujien mahdollinen kontrollointi sekä otoksen laajempi edustavuus voisi lisätä tutkimustulosten yleistettävyyttä.

Saatuja tutkimustuloksia pohtiessa on syytä huomioida mahdollinen habituaation vaikutus ihon sähköjohtavuusvasteisiin. Ärsykkeelle habituoitumista olisi voinut tässä tutkimuksessa selvittää lisäanalyysillä tarkastelemalla sitä, onko suoran ja käännetyn katseen aiheuttamissa aktivaatioissa eroja osioiden välillä. Voikin olla, että mahdollinen habituaatio ei välttämättä näkyisi vielä tutkimuksen ensimmäisessä osiossa. Jatkotutkimuksissa habituaation huomioiminen ihon sähköjohtavuusvasteiden rekisteröinnin ajankohdassa sekä koekierrosten lukumäärässä voisi olla perusteltua.

#### **4.4 Yhteenveto ja sovellusehdotukset**

Tämän tutkimuksen tulokset antavat lisätukea jo aiemmin muodostuneelle oletukselle siitä, että sosiaalisen robotin katseen suunta vaikuttaa affektiivisiin reaktioihimme. Vaikka vasteet eivät ole yhtä suuria kuin ihmisen katseen aiheuttamat, on niiden huomioiminen muun muassa sosiaalisten robottien suunnittelussa tärkeää, sillä robotin katse on meille olennainen ärsyke. Lisää tutkimusta tarvitaan siitä, mitkä tekijät vaikuttavat sosiaalisen robotin katseen aiheuttamiin reaktioihin ihmisessä. Tässä tutkimuksessa tarkasteltu autonomisuus ei sellaisenaan osoittautunut reaktioita muokkaavaksi tekijäksi, minkä vuoksi katsekontaktin vaikutuksia selittävien tekijöiden tutkimista on syytä jatkaa. Selittävien tekijöiden löytäminen on olennaista sosiaalisten robottien suunnittelun ja

kehittämisen kannalta, jotta tulevaisuudessa ihmisen ja sosiaalisen robotin välinen vuorovaikutus muodostuu entistä sujuvammaksi.

## 5 LÄHTEET

- Akechi, H., Senju, A., Uibo, H., Kikuchi, Y., Hasegawa, T., & Hietanen, J. K. (2013). Attention to eye contact in the West and East: Autonomic responses and evaluative ratings. *PLoS One*, *8*(3), e59312–e59312. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059312>
- Andrist, S., Tan, X. Z., Gleicher, M., & Mutlu, B. (2014). Conversational gaze aversion for humanlike robots. *2014 9th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, 25–32. <https://doi.org/10.1145/2559636.2559666>
- Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1995). The need to belong: Desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychological Bulletin*, *117*(3), 497–529. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.3.497>
- Beer, J. M., Fisk, A. D., & Rogers, W. A. (2014). Toward a framework for levels of robot autonomy in human-robot interaction. *Journal of Human-Robot Interaction*, *3*(2), 74–99. <https://doi.org/10.5898/JHRI.3.2.Beer>
- Bethel, C. L., Salomon, K., Murphy, R. R., & Burke, J. L. (2007). Survey of psychophysiology measurements applied to human-robot interaction. *ROMAN 2007 - The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 732–737. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2007.4415182>
- Bradley, M. M. (2009). Natural selective attention: Orienting and emotion. *Psychophysiology*, *46*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00702.x>
- Breazeal, C. (2011). Social robots for health applications. *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 5368–5371. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6091328>
- Breazeal, C., Dautenhahn, K., & Kanda, T. (2016). Social robotics. Teoksessa B. Siciliano, & O. Khatib (toim.), *Springer handbook of robotics (1935–1972)*. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1\\_72](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_72)
- Broz, F., Lehmann, H., Mutlu, B., & Nakano, Y. (2015). Introduction to the special issue on gaze in human-robot communication. *Interaction Studies*, *14*(3), vii–cvi. <https://doi.org/10.1075/is.14.3.001int>
- Cacioppo, J. T., Petty, R. E., Losch, M. E., & Kim, H. S. (1986). Electromyographic activity over facial muscle regions can differentiate the valence and intensity of affective reactions. *Journal of Personality and Social Psychology*, *50*(2), 260–268. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.50.2.260>

- Critchley, H. D. (2002). Electrodermal responses: What happens in the brain. *The neuroscientist*, 8(2), 132–142. <https://doi.org/10.1177/107385840200800209>
- Conty, L., George, N., & Hietanen, J. K. (2016). *Watching eyes* effects: when others meet the self. *Consciousness and cognition*, 45, 184–197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2016.08.016>
- Crowell, C. R., Deska, J. C., Villano, M., Zenk, J., & Roddy Jr, J. T. (2019). Anthropomorphism of robots: Study of appearance and agency. *JMIR Human factors*, 6(2), e12629. <https://doi.org/10.2196/12629>
- Damiano, L., & Dumouchel, P. (2018). Anthropomorphism in human-robot co-evolution. *Frontiers in Psychology*, 26(9). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00468>
- Dawson, M. E., Schell, A. M., & Filion, D. L. (2000). The electrodermal system. Teoksessa J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (toim.), *Handbook of psychophysiology* (3. painos, s. 200–223). Cambridge: Cambridge University Press.
- Dimberg, U., & Thunberg, M., (2008). Rapid facial reactions to emotional facial expressions. *Scandinavian Journal of Psychology*, 39(1), 39–45. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00054>
- Dimberg, U., Thunberg, M., & Grunedal, S. (2002). Facial reactions to emotional stimuli: Automatically controlled emotional responses. *Cognition and Emotion*, 16(4), 449–471. <https://doi.org/10.1080/02699930143000356>
- Duffy, B. R. (2003). Anthropomorphism and the social robot. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 177–190. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00374-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00374-3)
- Emery, N. J. (2000). The eyes have it: the neuroethology, function and evolution of social gaze. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24(6), 581–604. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(00\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(00)00025-7)
- Epley, N., Waytz, A., & Cacioppo, J. T. (2007). On seeing human: A three-factor theory of anthropomorphism. *Psychological Review*, 114(4), 864–886. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.4.864>
- Evans, J. S. T. B. T. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 255–278. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629>
- Farroni, T., Csibra, G., Simion, F., & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, 99(14), 9602–9605. <https://doi.org/10.1073/pnas.152159999>
- Fink, J. (2012). Anthropomorphism and human likeness in the design of robots and human-robot interaction. Teoksessa Ge S. S., Khatib, O., Cabibihan, J.-J., Simmons, R., & Williams, M.-A.

- (toim). *Social Robotics 4th International Conference, ICSR 2012*, Chengdu, Kiina. Lokakuu 29–31. Springer Berlin Heidelberg, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34103-8>
- Fitzpatrick, P., Harada, K., Kemp, C. C., Matsumoto, Y., Yokoi, K., & Yoshida, E. (2016). Humanoids. Teoksessa Siciliano, B., & Khatib, O. (toim.), *Springer Handbook of Robotics* (2. painos, s.1789–1818). Berlin: Springer Berlin / Heiderberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1\\_67](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_67)
- Fridlund, A. J. (1991). Evolution and facial action in reflex, social motive, and paralanguage. *Biological Psychology*, 32(1), 3–100. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(91\)90003-Y](https://doi.org/10.1016/0301-0511(91)90003-Y)
- Fridlund, A. J., & Cacioppo, J. T. (1986). Guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiology*, 23(5), 567–589. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1986.tb00676.x>
- Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(3), 490–495. <https://doi.org/10.3758/BF03208827>
- Frischen, A., Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2007). Gaze cueing of attention: Visual attention, social cognition, and individual differences. *Psychological Bulletin*, 133(4), 694–724. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.4.694>
- Fry, R., & Smith, G. F. (1975). The effects of feedback and eye-contact on performance of a digit-coding task. *The Journal of Social Psychology*, 96(1), 145–146. <https://doi.org/10.1080/00224545.1975.9923275>
- Gazzola, V., Rizzolatti, G., Wicker, B., & Keysers, C. (2007). The anthropomorphic brain: The mirror neuron system responds to human and robotic actions. *NeuroImage*, 35(4), 1674–1684. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.02.003>
- George, N., & Conty, L. (2008). Facing the gaze of others. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 38(3), 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.03.001>
- Goren, C. C., Sarty, M., & Wu, P. Y. (1975). Visual following and pattern discrimination of facelike stimuli by newborn infants. *Pediatrics (Evanston)*, 56(4), 544–549. <https://doi.org/10.1542/peds.56.4.544>
- Helminen, T. M., Kaasinen, S. M., & Hietanen, J. K. (2011). Eye contact and arousal: The effects of stimulus duration. *Biological Psychology*, 88(1), 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.07.002>
- Hietanen, J. K., Helminen, T. M., Kiilavuori, H., Kylliäinen, A., Lehtonen, H., & Peltola, M. J. (2018). Your attention makes me smile: Direct gaze elicits affiliative facial expressions. *Biological Psychology*, 132, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.11.001>



- Hietanen, J. K., Leppänen, J. M., Peltola, M. J., Linna-aho, K., & Ruuhiala, H. J. (2008). Seeing direct and averted gaze activates the approach-avoidance motivational brain systems. *Neuropsychologia*, *46*(9), 2423–2430. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.02.029>
- Hofmann, W., Gawronski, B., Gschwendner, T., Le, H., & Schmitt, M. (2005). A meta-analysis on the correlation between the implicit association test and explicit self-report measures. *Personality & Social Psychology Bulletin*, *31*(10), 1369–1385. <https://doi.org/10.1177/0146167205275613>
- Hofree G., Ruvolo, P., Bartlett, M.S., & Winkielman, P. (2014). Bridging the Mechanical and the Human Mind: Spontaneous Mimicry of a Physically Present Android. *PLoS ONE*, *9*(7), e99934. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099934>
- Hood, B. M., Macrae, C. N., Cole-Davies, V., & Dias, M. (2003). Eye remember you: the effects of gaze direction on face recognition in children and adults. *Developmental Science*, *6*(1), 67–71. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00256>
- Hood, B. M., Willen, J. D., & Driver, J. (1998). Adult's eyes trigger shifts of visual attention in human infants. *Infant Behavior & Development*, *21*, 466–466. [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(98\)91679-4](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(98)91679-4)
- Itier, R. J., & Batty, M. (2009). Neural bases of eye and gaze processing: The core of social cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *33*(6), 843–863. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.02.004>
- Johnson, M. H., Dziurawiec, S., Ellis, H., & Morton, J. (1991). 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)
- Kahn, P., Ishiguro, H., Friedman, B., & Kanda, T. (2006). What is a human? Toward psychological benchmarks in the field of human–robot interaction. *ROMAN 2006 - The 15th IEEE international symposium on robot and human interactive communication*, s. 364–371. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2006.314461>
- Kiilavuori, H., Sariola, V., Peltola, J., & Hietanen, J. K. (2021). Making eye-contact with a robot: Psychophysiological responses to eye contact with a human and with a humanoid robot. *Biological Psychology*, *158*. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107989>
- Kiilavuori, H., Peltola, J., Sariola, V., & Hietanen J. K. (2022). Being watched by a humanoid robot and a human: Effects on affect-related psychophysiological responses. *Biological Psychology*, *175*. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2022.108451>

- Kirchner, N., Alempijeivc, A., & Dissanayake, G. (2011). Nonverbal robot-group interaction using an imitated gaze cue. *HRI'11 Proceedings of the 6th International Conference on Human-Robot Interaction*, 497–504. <https://doi.org/10.1145/1957656.1957824>
- Kleinke, C. L. (1986). Gaze and eye contact: a research review. *Psychological Bulletin*, 100(1), 78–100. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.100.1.78>
- Kompatsiari, K., Ciardo, F., Tikhonoff, V., Metta, G., & Wykowska, A. (2019). It's in the eyes: The engaging role of eye contact in HRI. *International Journal of Social Robotics*, 13, 525–535. <https://doi.org/10.1007/s12369-019-00565-4>
- Lapolla, N. J., Bishop, B. H., & Gahtan, E. (2023). Social context modulates autonomic responses to direct eye contact. *Physiology & Behavior*, 263, 114119–114119. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114119>
- Larsen, J. T., Norris, C. J., & Cacioppo, J. T. (2003). Effects of positive and negative affect on electromyographic activity over *zygomaticus major* and *corrugator supercilii*. *Psychophysiology*, 40(5), 776–785, <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00078>
- Macrae, C. N., Hood, B. M., Milne, A. B., Rowe, A. C., & Mason, M. F. (2002). Are You Looking at Me? Eye Gaze and Person Perception. *Psychological Science*, 13(5), 460–464. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00481>
- Mansfield, E., Farroni, T., & Johnson, M. (2003). Does gaze perception facilitate overt orienting? *Visual Cognition*, 10(1), 7–14. <https://doi.org/10.1080/713756671>
- Marschner, L., Pannasch, S., Schulz, J., & Graupner, S.-T. (2015). Social communication with virtual agents: The effects of body and gaze direction on attention and emotional responding in human observers. *International Journal of Psychophysiology*, 97(2), 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.05.007>
- McRae, K., Misra, S., Prasad, A. K., Pereira, S. C., & Gross, J. J. (2012). Bottom-up and top-down emotion generation: implications for emotion regulation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(3), 253–262. <https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1093/scan/nsq103>
- Mutlu, B., Forlizzi, J., & Hodgins, J. (2006). A Storytelling robot: Modeling and evaluation of human-like gaze behavior. *2006 6th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, Genova, Italia, 518–523. <https://doi.org/10.1109/ICHR.2006.321322>
- Mutlu, B., Kanda, T., Forlizzi, J., Hodgins, J., & Ishiguro, H. (2012). Conversational gaze mechanisms for humanlike robots. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, 1(2), 1–33. <https://doi.org/10.1145/2070719.2070725>
- Mutlu, B., Shiwa, T., Kanda, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2009). Footing in human-robot conversations: how robots might shape participant roles using gaze cues. *HRI '09: Proceedings*

- of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction, 61–68. <https://doi.org.libproxy.tuni.fi/10.1145/1514095.1514109>
- Myllyneva, A., & Hietanen, J. K. (2015). There is more to eye contact than meets the eye. *Cognition*, 134, 100–109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2014.09.011>
- Oberman, L. M., McCleery, J. P., Ramachandran, V. S., & Pineda, J. A. (2007). EEG evidence for mirror neuron activity during the observation of human and robot actions: Toward an analysis of the human qualities of interactive robots. *Neurocomputing*, 70(13), 2194–2203. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2006.02.024>
- Parkinson, B. (2005). Do facial movements express emotions or communicative motives? *Personality and Social Psychology Review*, 9(4), 278–311. [https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0904\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0904_1)
- Posner, J., Russell, J. A., & Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and Psychopathology*, 17(3), 715–734. <https://doi.org/10.1017/S0954579405050340>
- Pönkänen, L. M., Alhoniemi, A., Leppänen, J. M., & Hietanen, J. K. (2011a). Does it make a difference if I have an eye contact with you or with your picture? An ERP study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 6(4), 486–494. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq068>
- Pönkänen, L. M., Peltola, M. J., & Hietanen, J. K. (2011b). The observer observed: Frontal EEG asymmetry and autonomic responses differentiate between another person's direct and averted gaze when the face is seen live. *Psychophysiology*, 82(2), 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.08.006>
- Qureshi, M. O., & Syed, R. S. (2014). The impact of robotics on employment and motivation of employees in the service sector, with special reference to health care. *Safety and Health at Work*, 5(4), 198–202. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2014.07.003>
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Shiomi, M., Nakagawa, K., & Hagita, N. (2013). Design of a gaze behavior at a small mistake moment for a robot. *Interaction Studies*, 14(3), 317–328. <https://doi.org/10.1075/is.14.3.01shi>
- Siegel, E. H., Sands, M. K., Van den Noortgate, W., Condon, P., Chang, Y., Dy, J., Quigley, K. S., & Barrett, L. F. (2018). Emotion fingerprints or emotion populations? A meta-analytic investigation of autonomic features of emotion categories. *Psychological Bulletin*, 144(4), 343–393. <https://doi.org/10.1037/bul0000128>
- Tassinary, L. G., & Cacioppo, J. T. (1992). Unobservable facial actions and emotion. *Psychological Science*, 3(1), 28–33. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1992.tb00252.x>

- Thellman, S., Silvervarg, A., & Ziemke, T. (2017). Folk-psychological interpretation of human vs. humanoid robot behavior: Exploring the intentional stance toward robots. *Frontiers in Psychology*, 8, 1962. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01962>
- Urquiza-Haas, E. G., & Kortschal, K. (2015). The mind behind anthropomorphic thinking: Attribution of mental states to other species. *Animal behaviour*, 109, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.08.011>
- Xu, T., Zhang, H., & Yu, C. (2016). See you see me: The role of eye contact in multimodal human-robot interaction. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, 6(1), 1–22. <https://doi.org/10.1145/2882970>
- Yamazaki, A., Yamazaki, K., Kuno, Y., Burdelski, M., Kawashima, M., & Kuzuoka, H. (2008). Precision timing in human-robot interaction: coordination of head movement and utterance. Teoksessa *Proceedings of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 131–140. <https://doi.org/10.1145/1357054.1357077>
- Yonezawa, T., Yamazoe, H., Utsumi, A., & Abe, S. (2007). Gaze-communicative behavior of stuffed-toy robot with joint attention and eye contact based on ambient gaze-tracking. *ICMI '07: Proceedings of the 9th international conference on Multimodal interfaces*, 140–145. <https://doi.org/10.1145/1322192.1322218>
- Wang, Y., Newport, R., & Hamilton, A. F. de C. (2010). Eye contact enhances mimicry of intransitive hand movements. *Biology Letters*, 7(1), 7–10. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0279>
- Waytz, A., Heafner, J., & Epley, N. (2014). The mind in the machine: Anthropomorphism increases trust in an autonomous vehicle. *Journal of Experimental Social Psychology*, 52, 113–117. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2014.01.005>
- Wiese, E., Wykowska, A., Zwickel, J., & Muller, H. J. (2012). I see what you mean: how attentional selection is shaped by ascribing intentions to others. *PLoS One*, 7(9), e45391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045391>
- Wilson, T., Lindsey, S., & Schooler, T. Y. (2000). A Model of Dual Attitudes. *Psychological Review*, 107(1), 101–126. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.107.1.101>
- Wirth, J. H., Sacco, D. F., Hugenberg, K., & Williams, K. D. (2010). Eye gaze as relational evaluation: averted eye gaze leads to feelings of ostracism and relational devaluation. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 36(7), 869–882. <https://doi.org/10.1177/0146167210370032>
- Wykowska, A., Chellali, R., Al-Amin, M., & Müller, H. J. (2012). Does observing artificial robotic systems influence human perceptual processing in the same way as observing humans? Teoksessa Ge S. S., Khatib, O., Cabibihan, J.-J., Simmons, R., & Williams, M. A. (toim). *Social*

*Robotics 4th International Conference*, Chengdu, Kiina, Lokakuu 29–31, 327–337.

[https://doi.org/10.1007/978-3-642-34103-8\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34103-8_33)

Zhang, Y., Beskow, J., & Kjellström, H. (2017). Look but don't stare: Mutual gaze interaction in social robots. Teoksessa Kheddar, A., Yoshida, E., Ge, S. S., Suzuki, K., Cabibhan, J.-J., Eyssel, F., & He, H. (toim.) *Social Robotics 9th international conference*, Tsukuba, Japani, Marraskuu 22–24, 556–566. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70022-9\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70022-9_55)