

# Psykofysiologiset menetelmät pelitutkimuksessa

## KATSAUS

J. MATIAS KIVIKANGAS

matias.kivikangas@hse.fi  
Helsingin kauppakorkeakoulu, CKIR

MIKKO SALMINEN

mikko.salminen@hse.fi  
Helsingin kauppakorkeakoulu, CKIR

### Tiivistelmä

Psykofysiologisilla mittauksilla voidaan tutkia pelikokemusta automaattisesti ja objektiivisesti koko pelaamisen ajalta häiritsemättä pelin luonnollista kulkua. Mittaamalla esimerkiksi kasvolihaskäytävää ja ihon sähkönjohtavuutta sekä sydän- ja aivosähkökäyrää voidaan tutkia pelaamiseen liittyviä psykologisia (erityisesti emotionaalisia) prosesseja pidempien pelijaksojen aikana tai keskittyen yksittäisten pelitapahtumien herättämiin vasteisiin. Toisaalta psykofysiologisten menetelmien mielekäs tulkinta vaatii erittäin tarkkaa koetilanteen kontrollia, ja niiden käyttö vie enemmän aikaa kuin monet perinteisemmät menetelmät.

Hakusanat: *psykofysiologia, kasvolihaskäytävä, ihon sähkönjohtavuus, EEG, kokeellinen psykologia, digitaaliset pelit*

### Abstract

Psychophysiological measurements are an automatic and objective method for studying a digital game experience during the game and without breaking or disturbing the experience. Facial EMG, skin conductance, indices of cardiac activity and EEG can be used to investigate psychological (especially emotional) processes over longer playing periods or focusing on responses to individual events. However, to get meaningful interpretations of the psychophysiological methods, the experimental setup needs to be more rigorously designed and controlled than more traditional methods, and the required time is also longer.

Keywords: *psychophysiology, facial EMG, skin conductance, EEG, experimental psychology, digital games*

### Johdanto

Esittelemme tässä lyhyessä katsauksessa psykofysiologisten menetelmien mahdollisuuksia ja rajoituksia pelitutkimuksessa. Keskitymme sellaisiin psykofysiologisiin menetelmiin, joita on käytetty digitaalisten pelien synnyttämien kokemusten tutkimisessa, eli lähinnä kasvolihaskäytävään, ihon sähkönjohtavuuteen sekä aivosähkökäyrään. Tärkeimpänä teoreettisena viitekehystenä esittelemme emootioiden ulottuvuusmallin.

### Psykofysiologinen menetelmä

Psykofysiologisessa tutkimuksessa käytetään fysiologisia signaaleja psykologisten ilmiöiden tutkimiseen (Cacioppo et al. 2000). Mittaamalla kehon toimintaa ja sen muutoksia voidaan siis päätellä jotakin ihmisen sisäisestä

maailmasta: kokemuksista, tunteista, tarkkaavaisuudesta, motivaatiosta ja haluista, asenteista, tiedostamattomista ja tiedostetuista tiedonkäsittelyprosesseista. Vaikka hyväksyttäisiin, että kaikki mentaalinen perustuu kehon toimintaan, käytännössä tätä päättelyä rajoittavat merkittävästi tutkimustiedon suhteellinen vähäisyys ja tutkimusteknologian asettamat käytännön puitteet, mutta myös psykofysiologisen tutkimuksen ominaisuudet. Fysiologisilla prosesseilla ei tyypillisesti ole yksi yhteen -suhdetta psykologisiin ilmiöihin, vaan yksittäinen fysiologinen signaali saattaa liittyä useampaan psykologiseen prosessiin ja päinvastoin. Kokeellisen psykologian keinoin voidaan kuitenkin kontrolloida, mitä psykologisia prosesseja todennäköisesti on käytössä, ja tarpeeksi isoa koehenkilöjoukkoa tutkimalla voidaan päätellä, miten nämä prosessit ilmenevät kehon toiminnan mitattavissa muutoksissa.

Digitaalisten pelien yhteydessä psykofysiologinen tutkimus voi käsitellä pelien tai pelaamisen usein pitkäaikaisia vaikutuksia ihmisen käyttäytymiseen

silloin, kun hän ei pelaa. Tällöin ollaan kiinnostuneita peleistä ja pelaamisesta yhteiskunnallisena ilmiönä. Esimerkiksi ”serious gaming” -tutkimuksessa pelaamiseen liittyvä sisäinen motivaatio halutaan valjastaa muuhun kuin viihdekäyttöön. Suunnitteluun liittyvässä tutkimuksessa puolestaan halutaan parantaa peliä – tai pelien avulla jotakin muuta ohjelmistoa tai laitetta – tutkimalla, kuinka ihmiset käyttävät sitä tällä hetkellä. Tutkimuksessa saatetaan keskittyä myös lainalaisuuksiin, jotka vaikuttavat pelaamistapahtumassa. Lisäksi on paljon tutkimusta, jossa pelejä käytetään kokeiden ärsykemateriaalina tai aktiivisina tehtävinä tutkittaessa peleihin sinänsä liittymätöntä aihetta (esim. pelejä käytetään tuottamaan henkistä kuormitusta tai stressiä), mutta tätä ei voida pitää pelitutkimuksena, joten aihetta ei käsitellä tässä katsauksessa. Käytännössä kaikissa muissa tapauksissa psykofysiologisilla menetelmillä tutkitaan pelikokemusta, eli sitä, miten ihminen reagoi peliin tai pelaamistapahtuman muihin puoliin (esim. muut pelaajat, teknologia).

Kuvaamiemme menetelmien etuna suhteessa muihin tyyppisiin pelitutkimuksen menetelmiin on ensisijaisesti se, että fysiologisia signaaleja voidaan mitata automaattisesti ja pelaamista keskeyttämättä. Tällöin ei häiritä pelaajan luontaista käyttäytymistä, mikä mahdollistaa aidon pelikokemuksen tutkimisen. Vaikka elektrodit ja muu mittauslaitteisto saattavat näyttää ulospäin varsin epämukavilta, hyvin suunnitellussa asetelmassa pelaaminen saa koehenkilön nopeasti unohtamaan koetilanteen ja taitavasti asetetut elektrodit. Lisäksi, koska mitatut fysiologiset prosessit ovat pitkälti tahdosta riippumattomia, niiden mittauksiin ei tule häiriöitä tutkijan havainnoinnin vääristymistä, koehenkilön vastustavoista, sosiaalisesta suotavuudesta, muistin väritymisestä tai sanamuotojen tulkinnasta (vrt. esim. Robinson & Clore 2002). Koska psykofysiologisten menetelmien tuloksena saadaan aineistoa koko pelaamistapahtuman ajalta, voidaan aineiston pohjalta tutkia tapahtumakohtaisia (faasisia) reaktioita ja pidempien ajanjaksojen (toonista) aktiviteettia sekä käyttää erilaisia aikasarjoihin perustuvia menetelmiä.

Menetelmien tärkein rajoite on jo mainittu kontrollointi ja tarkkuus, joita koeasetelmalta vaaditaan fysiologisten signaalien monitulkintaisuuden takia. Digitaaliset pelit ovat tässä mielessä erityisen hankalia. Ne antavat aistiärsykeitä ainakin

kahdella eri aistikanavalla (ääni ja kuva, usein myös tuntoaisti ja proprioseptio) ja usein vaativat pelaajalta monipuolista prosessointia. Pelejä myös tulkitaan usealla eri tasolla: niiden tapahtumat ovat monimutkaisia, ja tapahtumien kesto vaihtelee sekunnin murto-osista tunteihin (Klimmt 2003). Lisäksi, koska pelejä ei käytetä tiettyyn tarkoitukseen kuten työkaluja, pelaajien motiivit saattavat olla hyvin erilaisia (ks. Kallio et al. tässä teoksessa). Jos koetilanteessa käytetty peli ei ole äärimmäisen yksinkertainen ja siten helposti kontrolloitava, tutkittavan ilmiön täytyy olla hyvin voimakas tai koehenkilöitä paljon, jotta ilmiö ei peity toisijaisten signaalien alle. Yksi vaihtoehto on rajoittaa tutkittavaa ilmiötä (mieluiten sopivasti valitun) pelin ehdoilla eli keskittyä sellaiseen ilmiöön, jonka tutkimista peli mahdollisimman pitkälle tukee. Esimerkkinä voisi olla kauhun tunteen tutkiminen kauhupelillä: koko peli on rakennettu tuottamaan nimenomaan tutkittavaa ilmiötä, jolloin häiriötekijöitä on jo pelin tekijöiden puolesta pyritty vähentämään. Toinen mahdollisuus on tehdä peli itse juuri halutunlaiseksi, mutta koska nykyaikaisen pelin tekeminen vaatii sekä ammattitaitoa että aikaa enemmän kuin tutkijoilla on käytännössä koskaan varaa investoida, on usein tyydyttävä yksinkertaisimpiin niin kutsuttujen kasuaalipelien (casual games) klooneihin.

Tämän perustavan rajoitteen lisäksi tarvittavat laitteistot ovat tyyppisesti kalliita, ja niiden käytön opetteluun on varattava riittävästi aikaa. Myös kokeen valmisteluun (elektrodien asettamiseen, laitteiston testaamiseen) ja signaalien käsittelyyn kuluu merkittävästi aikaa verrattuna teknologisesti keveämpiin menetelmiin. Kuitenkin useita signaaleja samanaikaisesti käytettäessä ja muihin menetelmiin, kuten itseraportointiin ja tarkkailuun, yhdistettäessä psykofysiologiset menetelmät tarjoavat mahdollisuuden varsin tarkkaan pelikokemuksen mittaamiseen, mikäli ei haluta tyytyä yleisluontoiseen kokonaistilanteen arviointiin.

## Emootiot ja psykofysiologia

**M**erkittävässä osassa pelikokemuksessa ovat pelin ja pelaamistilanteen aiheuttamat tunteet (Grodal 2000; Juul 2005). Koska psykofysiologinen pelitutkimus on – ainakin tällä hetkellä – pääasiassa emootiotutkimusta, on tärkeää tuntea teoreettinen viitekehys, johon tutkimus perustuu.

Yleisesti voidaan sanoa, että emootioihin kuuluu kokemuksellisia, ekspressiivisiä sekä fysiologisia komponentteja ja että ne ohjaavat ihmisen toimintaa motivoimalla tietynlaista, oletettavasti lajin selviytymiseen tähtäävää käyttäytymistä ärsykkeiden suhteen. Fysiologisen komponentin katsotaan usein olevan perustavassa roolissa tunnekokemuksen syntymisessä, joten jos ärsyksen prosessointiin liittyy emotionaalisia muutoksia, niitä voidaan tutkia fysiologista tilaa mittaamalla.

Psykofysiologisessa emootioiden tutkimisessa käytetään yleensä mallia, jonka mukaan fysiologisen komponentin avulla kaikki emootiot perustuvat samoihin affektiivisiin perusolottuvuuksiin, jotka kuvaavat emotionaalista sävyä (valenssi) ja kehollista aktivaatiota (vireystila, esim. Lang 1995; erilaisia ulottuvuusmalleja ovat esittäneet myös esim. Larsen & Diener 1992; Russell 1980; Tellegen et al. 1999). Yksittäiset emootiot, kuten ilo ja pelko, eroavat teorian mukaan toisistaan olennaisesti siinä, onko niiden sävy positiivinen vai negatiivinen, ja kuinka voimakas kehollinen aktivaatio niihin liittyy. Siten esimerkiksi ilo ja pelko eivät ole perustaltaan laadullisesti erilaisia, vaan niiden katsotaan olevan ihmisen automaattisten reaktioiden tasolla samojen kahden järjestelmän tulosta (ks. Posner et al. 2005). Tunnekokemus muodostuu tämän automaattisen emotionaalisen reaktion kognitiivisesta tulkinnasta (Russell 2003).

Tämän mallin kritiikkinä on esitetty, että se ei kaksinapaisen valenssin tähden salli yhtäaikaista positiivisia ja negatiivisia emootioita (esim. Tellegen et al. 1999; Moore & Isen 1990), vaikka tutkimalla monipuolisempia ärsykeitä on todettu tällaisen tunnekokemuksen olevan mahdollinen (Larsen et al. 2001; 2004). Huomio on erityisen merkittävä digitaalisten pelien kohdalla. Tellegenin, Watsonin ja Clarkin (1999) esittämä vaihtoehto on hierarkkinen malli, joka esittää suhteellisen itsenäiset positiivisen ja negatiivisen emotionaalisen aktivaation ulottuvuudet. Tässä mallissa positiivinen aktivaatio on yhteydessä innostukseen ja iloon ja negatiivinen aktivaatio hätään (distress) ja pelkoon. Tutkijat myös esittävät mallin liittyvän erillisiin neurologisiin motivaatiojärjestelmiin, jotka voivat aktivoitua toisistaan riippumatta. Ne ovat behavioraaliset inhibiatio- ja aktivaatiojärjestelmät eli BIS ja BAS, jotka säätelevät välttämislähestymis-käyttäytymistä. (Watson et al. 1999; ks. myös Cacioppo & Berntson 1994; Posner et al. 2005.)

## Psykofysiologiset mittarit

### KASVOLIHASTEN ELEKTROMYOGRAFIA

Kasvolihasten elektromyografia (EMG) eli lihasten (sähköisen) toiminnan mittaaminen kasvoilta emotionaalisen sävyn selvittämiseksi perustuu ilmeiden merkitykseen emootioiden prosessoinnissa (Tassinari & Cacioppo, 2000). Melko kattava todistusaineisto viittaa siihen, että miellyttävien emootioiden prosessointi on yhteydessä kasvaneeseen zygomaticus major -lihaksen (poskessa, levittää suupieliä) aktiviteettiin, ja vastaavasti epämiellyttävien emootioiden prosessointi on yhteydessä kasvaneeseen corrugator supercilii -lihaksen (kulmakarvan päällä, kurtistaa kulmia) aktiviteettiin (esim. Lang et al. 1993; Simons et al. 1999; Bradley & Lang 2000). Lisäksi orbicularis oculi -lihaksen (silmän ympärillä, liikuttaa silmäluomia ja ihoa silmien ympärillä) aktiviteetin on havaittu liittyvän erityisesti korkean vireystilan positiivisiin emootioihin (esim. Hawk et al. 1992), ja sen on väitetty erottavan aidon mielihyvän muunlaisista hymyistä (Ekman et al. 1990).

Psykofysiologisessa tutkimuksessa EMG-elektrodit kiinnitetään kiinnostuksen kohteena olevien lihasten päälle sen jälkeen, kun iho on huolellisesti puhdistettu heikkojen signaalien välittymisen varmistamiseksi. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää aktiivielektrodeja, jotka vahvistavat signaalin jo mittauskohdassa. Mittausten aikana yli- ja alipäästösuodatettu signaali käsitellään matemaattisesti, ennen kuin sitä voidaan käyttää. Riippuen tutkimusasetelmasta voidaan olla kiinnostuneita lihaksen keskiarvostetusta kokonaisaktivaatiosta ajanjakson aikana tai tietyn ärsyksen aiheuttaman EMG-reaktion muodosta. (Tassinari & Cacioppo 2000.)

Vaikka jossain määrin saman informaation voi saada myös havainnoiden avulla vaikkapa videokuvaa koehenkilön kasvoista, EMG:n käytön etuna on automaattisuus ja havainnoitsijasta riippumaton objektiivisuus. Lisäksi EMG kykenee erottamaan merkittävästi heikompia signaaleja kuin mitä voidaan ulkoapäin havaita (esim. Bolls et al. 2001). Kasvolihaks-EMG:n käytön rajoituksena on kuitenkin häiriöherkkyys, mikä vaatii jo elektrodien asettamisessa huomattavasti suurempaa tarkkuutta kuin esimerkiksi ihon sähkönjohtavuuden

tai sydänkäyrän mittaamisessa. Tietoinen kasvilihasten käyttö, kuten puhuminen, aiheuttaa aktivaatiota myös mitattavissa lihaksissa (etenkin zygomaticus major -lihaksissa), mikä haittaa menetelmän käyttöä esimerkiksi sosiaalisissa tilanteissa, ellei koehenkilöitä erikseen kielletä puhumasta. On myös epäselvää, missä määrin useamman koehenkilön kokeissa kasvilihaks-EMG:n käyttöä emootioiden mittarina haittaa niin sanottu sosiaalisen viestinnän funktio. Tämän behavioral ecology -näkökulman mukaan (ks. esim. Bradley 2000; Ekman 1994) kasvonilmeet välittävät sosiaalisia viestejä, jotka edistävät yksilön selviytymistä, eli esimerkiksi sosiaalisesti suotavia ilmeitä. Nämä rajoitukset jälleen korostavat tarvetta kokeen ja sen virhetekijöiden tarkkaan kontrolliin.

#### IHON SÄHKÖNJOHTAVUUS

Ihon sähkönjohtavuuden mittaaminen on yksi helpoimmista ja siten käytetyimmistä fysiologisista menetelmistä. Sen katsotaan olevan vahvasti yhteydessä vireystilaan (Dawson et al. 2000; Lang et al. 1993). Elektrodi pari kiinnitetään tavallisesti käsiin, joko sormien kämmenpuolelle tai kämmeneen, eikä käsien pesemistä mittavampaa puhdistusta tarvita. Mikäli pienet elektrodit ja johdot merkittävästi häiritsevät koehenkilön toimintaa, elektrodit voidaan kiinnittää myös jalkapohjiin (Boucsein 1992).

Mittaukset voivat keskittyä ihon sähkönjohtavuuden tasoon (skin conductance level, SCL), joko reaktiona ärsykkeeseen tai keskiarvostetuna lyhyemmällä tai pidemmällä ajanjaksolla, tai diskreettien ihon sähkönjohtavuuden vasteiden (skin conductance response eli SCR, myös electrodermal response tai galvanic skin response) kokoon tai määrään tietyn ajan kuluessa ärsykkeestä. Menetelmän merkittävimpana puutteena on fysiologisista seikoista johtuva viive: ihon sähkönjohtavuus vaihtelee hien erittyessä ja kuivuessa hitaasti, mikä tarkoittaa, että reaktio ärsykkeeseen voi tulla yhdestä kolmeen sekunnin kuluessa.

Päinvastoin kuin kasvilihaksia ja sydäntä, kämmenten ja jalkapohjien hikirauhasten toimintaa hallitsee lähes yksinomaan sympaattinen hermosto, joka tiedostamattomasti säätelee kehon yleistä aktivaatiotilaa esimerkiksi paon

tai taistelun varalle (Boucsein 1992; Dawson et al. 2000). Siten ihon sähkönjohtavuus on hyvä vireystilan mittari myös monimutkaisten ärsykkeiden, kuten digitaalisten pelien, yhteydessä.

#### AIVOSÄHKÖKÄYRÄ ELI ELEKTROENKEFALOGRAFIA

Vaikka aivotointojen paikantaminen EEG:n (elektroenkefalografia) avulla on suhteellisen epätarkkaa verrattuna uudempiin aivokuvantamismenetelmiin (esim. MEG, fMRI), EEG antaa tietoa aivotoinnasta millisekunnin tarkkuudella, mikä on selvä etu joihinkin kalliimpiin ja vaivalloisempiin aivokuvantamismenetelmiin nähden. EEG:n paikantamistarkkuus mahdollistaa kuitenkin erottelun esimerkiksi aivojen etu-, keski- ja takaosiin (frontaali-, sentraali- ja parietaaliosat). Pääsääntöisesti suurempi elektrodimäärä mahdollistaa paremman paikantamistarkkuuden, mutta vaatii kiinnittämisessä vastaavasti enemmän aikaa ja vaivaa.

EEG mitataan tiettyihin kohtiin pään pinnalle kiinnitettävillä yksittäisillä elektrodeilla tai samalla kertaa useita elektrodeja paikalleen asettavilla apuvälineillä (elektrodimyssy tai -kehikko). Samoin kuin EMG, aivosähkökäyrä on herkkä häiriöille ja vaatii siten enemmän tarkkuutta ja huolellisuutta sekä koeasetelmaa suunniteltaessa että itse mittauksen valmisteluissa. Lisäksi tyypillisimmissä laitteistoissa koehenkilön hiuksiin jää geeliä, jota käytetään sähkönjohtavuuden parantamiseksi, ja tämä saattaa aiheuttaa käytännön hankaluuksia koejärjestelyihin.

Pelit ovat haastavia ärsykeitä EEG-tutkimukselle: pelaaminen vaatii motorisia ja kognitiivisia taitoja ja muistia, ja pelit synnyttävät emootioita ja oppimista. Yksittäisestä aiovasteesta on usein hankalaa sanoa, mitä näistä ilmiöistä se kuvastaa. Tärkeintä onkin tarkastella vasteiden kokonaisuutta sekä mahdollisuuksien mukaan ottaa tulkinnessa huomioon myös muut psykofysiologiset signaalit, kuten kasvilihaks-EMG ja EDA. Toinen suuri hankaluus liittyy silmäliike- ja muihin artefaktioihin. EEG-signaalista täytyy ennen analyysia usein poistaa kaikki sellaiset kohdat, joissa koehenkilö on räpytellyt tai liikuttanut silmiään, koska näistä aiheutuvat jännitemuutokset peittävät aivoista peräisin olevan aktiiviteetin. Pelaamisen yhteydessä silmien liikettä voi pahimmillaan olla paljon. Kuitenkaan ei ole mielekäästä vaatia pelaajaa välttämään räpyttelyä,

koska se tekisi tilanteesta luonnottoman ja häiritsisi itse pelaamista melkoisesti. Ratkaisuna onkin tarpeeksi pitkän nauhoituksen käyttäminen, jotta hyvää signaalia saadaan kerättyä tarpeeksi. On myös mahdollista käyttää erilaisia signaalinkäsittelymenetelmiä artefaktien korjaamiseen pois signaalista, ilman että itse signaalia tarvitsee pilkkoa.

Tyypillisesti aivosähkökäyrää tarkastellaan tutkimalla erilaisiin ärsykkeisiin syntyviä jännitemuutoksia (event-related potential, ERP) tai tutkimalla muutoksia eri taajuuskaistoilla. Taajuusanalyseissa keskitytään tyypillisesti muutoksiin delta- (0–4 Hz), theta- (5–7 Hz), alfa- (8–12 Hz), beta- (13–20 tai 30 Hz) ja gamma-kaistojen (36–44 Hz) tehoissa (Davidson et al. 2000). Muutoksia eri taajuuskaistojen tehoissa voidaan tarkastella pelitapahtumien tasolla, tai sitten voidaan tutkia pidempinä ajanjaksoina syntyviä toonisia vasteita. Toonisen theta-kaistan voimistumisen on havaittu liittyvän koehenkilön uneliaaseen tilaan (Davidson et al. 2000). Tapahtumasidonnaisten theta-vasteiden taas on osoitettu liittyvän muun muassa visuaalisten emotionaalisten ärsykkeiden prosessointiin (Aftanas et al. 2004). Alfa-taajuuskaistan taas on ajateltu liittyvän yleisesti tietyn aivoalueen inaktiivisuuteen: alfa-taajuuden voimakkuus kasvaa, kun koehenkilön suorittama tehtävä, esimerkiksi harjoituksen vaikutuksesta, tulee helpommaksi ja vaatii vähemmän resursseja (Smith et al. 1999). Toonisen beta-taajuuden voimistumisen on osoitettu liittyvän valppaan tarkkaavaiseen tilaan (Davidson et al. 2000), kun taas tapahtumasidonnaiset beta-vasteet liittyvät usein motorisiin tehtäviin (Pfurtscheller et al. 1998). Gamma-taajuuden on osoitettu liittyvän havaitsemiseen ja tietoisuuteen eli muun muassa prosessointiin, jota vaaditaan visuaalisen ärsyksen tietoiseen havaitsemiseen (Melloni et al. 2007).

#### **MUITA PSYKOFYSIOLOGISIA MITTAREITA**

Sydämen toiminnan mittarit – esimerkiksi lyöntitiheys (heart rate, HR) mitattuna elektrokardiografialla (EKG) rintakehän ihon pinnalta tai pulssi mitattuna ääreisverenkierrasta kuten sormenpäältä – ovat käytetyimpiä psykofysiologisen tutkimuksen menetelmiä, mutta pelitutkimukseen ne sopivat suhteellisen huonosti. Koska verenkierto on keskeisessä asemassa ihmiskehon toiminnassa

ja sydämen sekä muun verenkiertojärjestelmän käyttäytymistä säätelevät monet erilaiset ja eritasoiset prosessit, on vaikeaa tai mahdotonta kontrolloida koetilanne niin, että pystyttäisiin osoittamaan monimutkaisesta prosessista juuri tietyn ärsyksen olevan mitatun muutoksen aiheuttaja. EKG:aa on käytetty mittaamaan esimerkiksi tarkkaavaisuutta, kognitiivista kuormitusta, stressiä, vireystilaa ja orientaatiorefleksin toimintaa. Hengitykseen liittyvän sydämen lyöntitiheyden vaihtelun (respiratory sinus arrhythmia) on esitetty soveltuvan paremmin mediatutkimukseen, mutta tästä on olemassa vasta hyvin vähän käytännön tutkimusta. (Ravaja 2004.)

Hengityksen mittaamista (esim. hengitystiheys) voidaan käyttää emootioiden tai tarkkaavaisuuden tutkimuksessa tai sydämen toiminnan mittarin tulkinnan apuna (Harver & Lorig 2000). Hengitystä voidaan mitata kohtuullisen yksinkertaisesti esimerkiksi rinnan tai pallean päälle viritettävällä venyvällä vyöllä. Menetelmä on psykofysiologisessa tutkimuksessa kuitenkin melko hankala, sillä sen hyödyllistä käyttöä rajoittavat ihmisen kyky osittain hallita hengitystään ja toisaalta keuhkojen käyttö puhumisessa. Vaikka tutkimusta mittarin käytöstä mediatutkimuksessa ei juuri ole, helpon mitattavuuden voisi odottaa tulevaisuudessa johtavan menetelmän käyttökelpoisuuden paranemiseen.

Silmänliikkeiden ja pupillin koon vaihtelun mittaamisella voidaan tutkia tarkkaavaisuutta ja sen suuntaamista, vireystilaa tai kognitiivista kuormitusta. Nykyaikaisilla tutkimuslaitteistoilla voidaan varsin huomaamattomasti (esim. tietokoneen erikoisnäytön kameralla) seurata silmänliikkeistä millisekuntien ja millien tarkkuudella, mihin ihminen kullakin hetkellä katsoo, tai tarkkailla vireystilan vaihtelua eri hetkillä. Pelitutkimuksessa tällä menetelmällä voidaan esimerkiksi saada selville pelin suunnittelun ongelmia (koehenkilöt eivät näe oleellista objektia), mutta erityisen kiinnostavia ovat yritykset yhdistää silmänliikkeiden ja emootioista kertovien signaalien tutkimus, jotta saataisiin paremmin selville, mikä ruudulla tarkkaan ottaen aiheuttaa tietyn reaktion.

Ei-spesifiini psykofysiologiseen mittauslaitteistoon voi kuulua välineitä, jotka mittaavat fysiologisia signaaleja vain marginaalisesti tai eivät mittaa niitä lainkaan, mutta jotka voivat siitä huolimatta olla hyödyllisiä pelitutkimuksessa. Esimerkiksi keskimääräisen liikemäärän ja kehon asennon (yläruumiiseen

tai raajaan kiinnitettyllä kiihtyvyyssmittarilla mitattuna) on alustavasti havaittu olevan yhteydessä tarkkaavaisuuteen, kiinnostukseen ja emootioihin (van der Hoogen et al. 2008).

Kehittyneemmät aivokuvantamismenetelmät kuten funktionaalinen magneettiresonanssikuvauus (fMRI) pystyvät huomattavasti tarkempaan aktiviteetin paikantamiseen kuin EEG (tosin ajallisesta tarkkuudesta tinkien), mutta käytännössä laitteistot ja niiden käyttö on niin kallista, että pelitutkimusta niillä ei juuri ole tehty.

## Psykofysiologiset menetelmät aiemmassa pelitutkimuksessa

**K**uten yleisemminkin pelitutkimuksessa, myös psykofysiologisia menetelmiä käytävässä pelitutkimuksessa on usein keskitytty erityisesti väkivaltaisten pelien oletettuihin haitallisiin vaikutuksiin. Psykofysiologisten menetelmien käyttö tällaisissa tutkimuksissa on kuitenkin pitkälti rajoittunut vireystilan mittaamiseen EKG:lla, pulssimittarilla tai ihon sähkönjohtavuuden mittarilla ja perustunut oletukseen, että pelien aiheuttama korkea vireystila on osallisena aggression tai desensitisaation eli turtuneisuuden kehittymisessä. Kiihtyneisyyden siirtymisteorian (excitation transfer theory, Zillmann 2003) mukaan se, että korkea vireystila voimistaa reaktioita, saattaa johtaa voimakkaisiin negatiivisiin reaktioihin kuten aggressioon, vaikka negatiivinen ärsyke olisikin mieto; tähän osaltaan perustuu myös yleinen aggressiomalli (general aggression model, Anderson & Bushman 2002).

Digitaalisten pelien aiheuttama kohonnut vireystila lieneekin yleisin psykofysiologinen löydös pelitutkimuksessa (ks. esim. Anderson & Bushman 2001), mutta sen hyöty näiden tutkimusten viitekehyksen ulkopuolella on ilmeisen rajallinen. Sen sijaan vireystilan on väitetty kohoavan enemmän väkivaltaisten pelien kuin ei-väkivaltaisten pelien pelaamisen seurauksena (esim. Fleming & Rickwood 2001), mutta käytettäessä eri pelejä edustamaan väkivaltaisia ja ei-väkivaltaisia pelejä on vaikea sanoa, mikä on ollut pelien muiden erojen vaikutus tulokseen. Vireystilan mittaamisen sijasta vakuuttavin (pienstä ja yksipuolista koehenkilöjoukkoa lukuun ottamatta) yhteys peliväkivallan ja aggression

välille on löydetty aivotutkimusmenetelmillä (fMRI, Weber et al. 2006), joiden avulla väkivaltaisen pelin pelaamisen on todettu olevan yhteydessä aktivaatioon niillä aivojen alueilla, jotka liittyvät aggressioon.

Turtuneisuutta tutkittaessa psykofysiologisten mittausten tarkoituksena on selvittää, heikentääkö peliväkivallalle altistuminen reaktioita ihmiseen luonnostaan vaikuttaviin ärsykkeisiin. Esimerkiksi Staude-Müller, Bliesener ja Luthman (2008) löysivät eroja FPS-pelin (first-person shooter) väkivaltaista ja ei-väkivaltaista versiota pelanneiden välillä siinä, kuinka voimakkaasti (SCR-mittaus) he reagoivat luotaantöytäviin tai aggressiivisiin kuviin. Tutkijat esittivät peliväkivallan toisaalta herkistävän väkivaltaisille ärsykkeille ja toisaalta turruttavan luotaantöytäville ärsykkeille (esim. väkivallan uhrit; vrt. Carnagey et al. 2007). Tämänkin tutkimuksen tulosten luotettavuutta saattaa kuitenkin jonkin verran haitata se, että väkivaltaisen ja ei-väkivaltaisen version välillä oli muita, myös pelimekaniikkaan vaikuttavia eroja.

Vireystilan toonisia mittauksia on pelitutkimuksessa käytetty jonkin verran myös muiden kuin oletettujen haitallisten vaikutusten tutkimiseen. On esitetty, että esimerkiksi teknologinen edistyneisyys (Ivory & Kalyanaraman 2007) ja tarinan olemassaolo (verrattuna peliin jossa ei ole tarinaa, Schneider et al. 2004) ovat yhteydessä kohonneeseen vireystilaan eli intensiivisempään kokemukseen, mutta kyseisissä tutkimuksissa on vertailtu eri pelejä, joten pelien muiden erojen vaikutusta ei taaskaan voida sulkea pois. Tätä ongelmaa ei ollut kahdessa tutkimuksessa, joissa todettiin musiikin (verrattuna tilanteeseen jossa musiikki on pois päältä, Tafalla 2007) ja punaisen taustavärin (arkanoid-kloonissa verrattuna siniseen, Wolfson & Case 2000) olevan yhteydessä kohonneeseen vireystilaan. Lisäksi, vaikka kyseessä ei olekaan pelitutkimus, Cassityn, Henleyn ja Markleyn (2008) tutkimus on mielenkiintoinen myös pelitutkijan kannalta. Heidän mukaansa pelin aikana kuultu musiikki kohottaa vireystilaa ja parantaa suoriutumista pelissä, jos se on oman musiikkimaun mukaista – tosin tutkimuksessa käytettiin vain yhtä peliä, ja ero oli merkittävä vain miehillä, joita otoksessa oli vähän.

Pelkän vireystilan lisäksi myös emotionaalista sävyä on tutkittu enimmäkseen sosiaalisissa pelitilanteissa. Tällöin on vertailtu erilaisten vastustajien

vaikutuksia pelaajaan. Ravaja ja kumppanit (2006) havaitsivat, että pelattaessa ystävää vastaan vireystila (SCL) oli korkeimmalla tasolla ja emotionaaliset reaktiot positiivisempia (kasvolihhas-EMG), kun taas pelattaessa yksinpeliä vireystila oli alhaisin ja emotionaaliset reaktiot vähiten positiivisia. Pelattaessa tuntematonta ihmistä vastaan lukemat olivat edellisten väliltä. Tulos on vireystilan osalta toistunut riippumattomassa tutkimuksessa (Mandryk et al. 2006), ja sama tulos on saatu myös tilanteessa, jossa pelaajat ovat olleet eri huoneissa (Ravaja 2009).

Vaikka psykofysiologisten menetelmien erityisenä etuna on ajallinen tarkkuus, joka mahdollistaa keskittymisen yksittäisiin tapahtumiin tai tapahtumasarjoihin, tällaista tutkimusta on tehty hämmästyttävän vähän. Yksittäisiin pelitapahtumiin liittyviä psykofysiologisia reaktioita tutkittiin ensi kertaa laboratoriossamme (Knowledge Media Lab, Center for Knowledge and Innovation Research) tutkimuksissa, joissa käytettiin kahta peliä: *Super Monkey Ball 2* ja *James Bond 007: Nightfire*. *Super Monkey Ball 2* -pelissä ohjataan apinaa erilaisia tasoja pitkin kohti maalia, keräillen banaaneja ja vältellen reunalta putoamista. Banaanin poiminta herätti vireystilan nousua kuvastavia EEG-taajuusmuutoksia, pelialueen reunalta putoaminen motorisia EEG-vasteita ja maaliin pääseminen rentoutumista kuvastavia vasteita (Salminen & Ravaja 2007). Lisäksi havaittiin ”sielläolon tunteen” (presence) olevan yhteydessä korkeaan positiiviseen ja matalaan negatiiviseen affektiin näiden tapahtumien kohdalla (Ravaja et al. 2004). *James Bond* -pelistä tutkimme kahta tapahtumaa: kun pelaajan hahmo haavoittaa vastustajaa tai tappaa tämän. Tutkitut tapahtumat synnyttivät osittain yhteneväisiä, osittain eriäviä vasteita. Molemmat tapahtumat synnyttivät theta-taajuuden voimistumista näköaivokuorella (Salminen & Ravaja 2008), mutta koska vastaavaa vastetta ei havaittu *Super Monkey Ball 2* -pelin kohdalla, on mahdollista, että se liittyy tapahtumien emotionaaliseen prosessointiin.

Yllä mainitut reaktiot eivät olleet yllättäviä (esim. pelin sisäisen palkkion saaminen tai maaliin pääseminen aiheuttaa positiivisen reaktion), mutta tutkimuksissamme löytyi myös erikoisia vasteita, joille ei välittömästi löytynyt hyvää selitystä. Hämmennystä aiheuttivat erityisesti oman hahmon kuoleminen

(sekä epäsuorasti pelihahmon pudotessa laudalta että suoraan hahmon kuollessa tulitaistelussa) aiheuttama positiivinen reaktio ja toisaalta negatiivinen reaktio vihollishahmon tappamiseen (joka edustaa pelissä onnistumista; Ravaja et al. 2006; 2008). Uudemmassa tutkimuksessa (Kivikangas & Ravaja 2009) selvisi, että positiivinen reaktio kuolemiseen (FPS-pelissä) toistui vastustajasta (ystävä, tuntematon, kone) riippumatta, mutta negatiivinen reaktio tappamiseen paljastui positiivisen affektin vähenemiseksi yksinpeliä pelattaessa, kun ihmistä vastaan pelattaessa reaktiona oli puolestaan positiivisen affektin kasvu. Jos positiivinen ja negatiivinen emotio tulkitaan erillisiksi Tellegenin ja Watsonin tapaan (Tellegen et al. 1999), löydökset voidaan nähdä luonnollisina reaktioina aktiivisen tulitaistelun loppumiseen (Kivikangas & Ravaja 2009): siinä missä ihmistä vastaan pelattaessa kyseessä on mielihyvän tunne hauskan pelitapahtuman päätteeksi, yksinpelissä viholliset eivät tarjoa samanlaista haastetta eikä mielihyväpiikkiä tule. Ilmiö on kuitenkin kaikkea muuta kuin selvitetty, joten tulevat, paremmin kontrolloidut tutkimukset voivat osoittaa myös tämän tulokinnan vääräksi.

## Tulevaisuuden suuntauksia

**P**sykofysiologisia menetelmiä on toistaiseksi käytetty vähän, mutta ne ovat erittäin lupaavia pelikokemusten tutkimuksessa. Mittaamalla pelaamisen aikana samanaikaisesti kasvolihasten EMG:aa, ihon sähkönjohtavuutta sekä aivosähkökäyrää saadaan tehokas, tarkka ja objektiivinen työkalu, jolla pystytään tutkimaan ihmiskehon toimintaa laajalla asteikolla. Tarkka ajallinen resoluutio mahdollistaa tutkimuskohteet, joita olisi vaikea tai mahdoton tutkia muilla menetelmillä, kuten yksittäisten pelitapahtumien aiheuttamat reaktiot (keskeyttämättä luonnollista pelin kulkua) tai emotionaalisen tilan vaihtelu ajan tai pelitapahtumien myötä. Mikäli on mahdollista käyttää peliä, jonka lähdekoodiin tutkijat pääsevät käsiksi, voidaan rakentaa automaattinen merkkajärjestelmä, jossa fysiologiseen signaaliin lisätään aikamerkkeinä mielenkiinnon kohteena olevat pelin ominaisuudet. Tällainen lähestymistapa mahdollistaa erittäin pitkälle automatisoidun ja huomattavasti



nopeutetun tutkimuksenteon, jolloin menetelmää voisi käyttää esimerkiksi kaupallista peliä tehtäessä.

Käytännössä psykofysiologinen pelitutkimus on kuitenkin aiheena niin nuori, että sen erikoistuminen tiettyihin alueisiin (ks. jaottelu alussa) ja niiden erikoistarpeisiin on vielä vuosien työn päässä. Aikaisempi tutkimus ei-interaktiivisten ärsykkeiden kohdalla antaa laajan tulkintapohjan psykofysiologisille reaktioille, ja seuraava askel onkin perustutkimuksen hengessä tunnistaa vasteiden samankaltaisuudet ja erot pelaamisen yhteydessä ja tutkia, missä määrin passiivisen median ilmiöitä ja paradigmoja voidaan käyttää pelitutkimuksessa. Tämän myötä tulisi kehittää teoreettista viitekehystä siitä, kuinka psykofysiologisia signaaleja voidaan tulkita pelitutkimuksessa, ja tarkempia suosituksia hyvän tutkimustavan vakiinnuttamiseksi. Ennen riittävän tutkimusmassan kerääntymistä kaikki psykofysiologinen pelitutkimus on jossain määrin eksploraatiivista. Se ei silti tarkoita, ettei hyvin suunniteltu ja toteutettu psykofysiologinen pelikoe voisi tuottaa myös välittömästi hyödyllisiä tuloksia. Esimerkiksi psykologisessa perustutkimuksessa digitaalisia pelejä voidaan käyttää ärsykeinä tutkittaessa ilmiöitä, joita on vaikeaa tai epäeettistä tutkia aidommassa ympäristössä (vrt. Correll et al. 2006). Psykofysiologisin menetelmin voidaan selvittää pelikokemuksen eri puolia uudesta näkökulmasta; esimerkiksi flow-ilmiötä koskevaa kirjallisuutta on paljon, mutta aiheesta ei ole ainoatakaan tutkimusta, jossa tutkittaisiin kokemuksen kehittymistä ajan myötä (ks. Kivikangas 2006). Tutkimusryhmämme uusimmat tulokset myös viittaavat siihen, että psykofysiologisilla mittauksilla voidaan ennustaa tosielämän pelaamiskäyttäytymistä, mikä voisi olla välittömästi hyödyllinen menetelmä pelintekijöille.

## Kiitos

Kirjoittajat ovat käyttäneet psykofysiologisia menetelmiä pelitutkimuksessa erityisesti yhteiseurooppalaisessa FUGA-projektissa (Fun of Gaming: Measuring the Human Experience of Media Enjoyment, <http://project.hkkk.fi/fuga/>) sekä aikaisemmassa Tekesin rahoittamassa MC2-projektissa (Mobile Content Communities).

## Kirjallisuus

Anderson, Craig A. & Brad J. Bushman (2001). Effects of violent video games on aggressive behavior, aggressive cognition, aggressive affect, physiological arousal, and prosocial behaviour. A meta-analytic review of the scientific literature. *Psychological Science* 12, 353–359.

Anderson, Craig A. & Brad J. Bushman (2002). Human aggression. *Annual Review of Psychology* 53, 27–51.

Aftanas, Lyubomir I., Natalya V. Reva, Anton A. Varlamov, Sergey V. Pavlov & Victor P. Makhnev (2004). Analysis of evoked EEG synchronization and desynchronization in conditions of emotional activation in humans: temporal and topographic characteristics. *Neuroscience and Behavioral Physiology* 34, 859–867.

Bolls, Paul D., Annie Lang & Robert F. Potter (2001). The effects of message valence and listener arousal on attention, memory, and facial muscular responses to radio advertisements. *Communication Research* 28, 627–651.

Boucsein, Wolfram (1992). *Electrodermal activity*. New York: Plenum.

Bradley, Margaret M. (2000). Emotion and motivation. Teoksessa John T. Cacioppo, Louis G. Tassinary & Gary G. Berntson (toim.): *Handbook of psychophysiology* (2. painos). New York: Cambridge University Press, 602–642.

Bradley, Margaret M. & Peter J. Lang (2000). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology* 37, 204–215.

Cacioppo, John T., Louis G. Tassinary & Gary G. Berntson (2000). Psychophysiological science. Teoksessa John T. Cacioppo, Louis G. Tassinary & Gary G. Berntson (toim.): *Handbook of psychophysiology* (2. painos). New York: Cambridge University Press, 3–23.

Cacioppo, John T. & Gary G. Berntson (1994). Relationship between attitudes and evaluative space. A critical review, with emphasis on the separability of positive and negative substrates. *Psychological Bulletin* 115:3, 401–423.

Carnagey, Nicholas L., Craig A. Anderson & Brad J. Bushman (2007). The effect of video game violence on physiological desensitization to real-life violence. *Journal of Experimental Social Psychology* 43:3, 489–496.

Cassidy, Hope Daniels, Tracy B. Henley & Robert P. Markley (2007). The Mozart effect: Musical phenomenon or musical preference? A more ecologically valid reconsideration. *Journal of Instructional Psychology* 34, 13–17.



- Correll, Joshua, Geoffrey R. Urland & Tiffany A. Ito (2006). Event-related potentials and the decision to shoot. The role of threat perception and cognitive control. *Journal of Experimental Social Psychology* 42:1, 120–128.
- Davidson, Richard J., Daren C. Jackson & Christine L. Larson (2000). Human electroencephalography. Teoksessa John T. Cacioppo, Louis G. Tassinary & Gary G. Berntson (toim.): *Handbook of psychophysiology* (2. painos). New York: Cambridge University Press, 27–52.
- Dawson, Michael E., Anne M. Schell & Diane L. Filion (2000). The electrodermal system. Teoksessa John T. Cacioppo, Louis G. Tassinary & Gary G. Berntson (toim.): *Handbook of psychophysiology* (2. painos). New York: Cambridge University Press, 201–223.
- Ekman, Paul (1994). Strong evidence for universals in facial expressions: A reply to Russell's mistaken critique. *Psychological Bulletin* 115:2, 268–287.
- Ekman, Paul, Richard J. Davidson & Wallace V. Friesen (1990). Duchenne smile: Emotional expression and brain physiology II. *Journal of Personality and Social Psychology* 58:2, 342–353.
- Fleming, Michael J. & Debra J. Rickwood (2001). Effects of violent versus nonviolent video games on children's arousal, aggressive mood, and positive mood. *Journal of Applied Social Psychology* 31:10, 2047–2071.
- Grodal, Torben (2000). Video games and the pleasures of control. Teoksessa D. Zillmann & P. Vorderer (toim.): *Media entertainment: The psychology of its appeal*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 197–213.
- Harver, Andrew & Tyler S. Lorig (2000). Respiration. Teoksessa John T. Cacioppo, Louis G. Tassinary & Gary G. Berntson (toim.): *Handbook of psychophysiology* (2. painos). New York: Cambridge University Press, 265–293.
- Hawk, Larry W., Victor E. Stevenson & Edwin W. Cook III (1992). The effect of eyelid closure on affective imagery and eyeblink startle. *Journal of Psychophysiology* 6, 299–310.
- van der Hoogen, Wouter M., Wijnand A. Ijsselstein & Yvonne A. W. de Kort (2008). Exploring Behavioral Expressions of Player Experience in Digital Games. Proceedings of the workshop on Facial and Bodily Expression for Control and Adaptation of Games ECAG 2008. Amsterdam, the Netherlands, 16 September 2008, 11–19.
- Ivory, James D. & Sriram Kalyanaraman (2007). The effects of technological advancement and violent content in video games on players' feelings of presence, involvement, physiological arousal, and aggression. *Journal of Communication* 57, 532–555.
- Juul, Jesper (2005). *Half-real. Video games between real rules and fictional worlds*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Kivikangas, J. Matias (2006). *Psychophysiology of flow experience: an explorative study*. Pro gradu -tutkielma. Psykologian laitoksen julkaisu, Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20061271>
- Kivikangas, J. Matias & Niklas Ravaja (2009). Psychophysiological Responses to Victory and Defeat in a Digital Game. The Moderating Influence of the Relationship between Players. (Käsitöitä julkaisusivustolla.)
- Lang, Peter J. (1995). The emotion probe. Studies of motivation and attention. *American Psychologist* 50:5, 372–385.
- Lang, Peter J., Mark K. Greenwald, Margaret M. Bradley & Alfons O. Hamm (1993). Looking at pictures. Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology* 30, 261–273.
- Larsen, Jeff T., A. Peter McGraw & John T. Cacioppo (2001). Can people feel happy and sad at the same time? *Journal of Personality and Social Psychology* 81:4, 684–696.
- Larsen, Jeff T., A. Peter McGraw, Barbara A. Mellers & John T. Cacioppo (2004). The agony of victory and thrill of defeat. Mixed emotional reactions to disappointing wins and relieving losses. *Psychological Science* 15:5, 325–330.
- Larsen, Randy J. & Ed Diener (1992). Promises and problems with the circumplex model of emotion. Teoksessa Margaret S. Clark (toim.): *Review of personality and social psychology*, vol.13. Newbury Park, CA: Sage Publications, 25–59.
- Mandryk, Regan L., Kori M. Inkpen & Thomas W. Calvert (2006). Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. *Behaviour and Information Technology* 25, 141–158.
- Melloni, Lucia, Carlos Molina, Marcela Pena, David Torres, Wolf Singer & Eugenio Rodriguez (2007). Synchronization of neural activity across cortical areas correlates with conscious perception. *Journal of Neuroscience* 27:11, 2858–2865.
- Moore, Bert S. & Alice M. Isen (1990). Affect and social behavior. Cognition, affect, and interpretation. Teoksessa Bert S. Moore & Alice M. Isen (toim.): *Affect and social behavior*. Cambridge: Cambridge University Press, 1–21.
- Pfurtscheller, Gert, Karin Zalaudek & Christa Neuper (1998). Event-related beta synchronization after wrist, finger and thumb movement. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 109, 154–160.
- Posner, Jonathan, James A. Russell & Bradley S. Peterson (2005). The circumplex model of affect. An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and Psychopathology* 17, 715–734.
- Ravaja, Niklas (2004). Contributions of psychophysiology to media research: Review and recommendations. *Media Psychology* 6:2, 193–235.
- Ravaja, Niklas, Jari Laarni, Kari Kallinen, Timo Saari, Mikko Salminen, Jussi Holopainen & Aki Järvinen (2004). Spatial presence and emotional responses to success in a video game. A psychophysiological study. Proceedings of the PRESENCE 2004 Conference. Valencia, Spain, 13–15 October 2004. Editorial de la UPV, 112–116.
- Ravaja, Niklas, Edward F. Schneider, Annie Lang, Mija Shin & Samuel D. Bradley (2004). Death with a story. How story impacts emotional, motivational, and physiological responses to first-person shooter video games. *Human Communication Research* 30:3, 361–375.
- Ravaja, Niklas, Timo Saari, Mikko Salminen, Jari Laarni & Kari Kallinen (2006). Phasic emotional reactions to video game events. A psychophysiological investigation. *Media Psychology* 8:4, 343–367.
- Ravaja, Niklas, Timo Saari, Marko Turpeinen, Jari Laarni, Mikko Salminen & Matias Kivikangas (2006). Spatial presence and emotions during video game playing: Does it matter with whom you play? *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 15:4, 381–392.
- Ravaja, Niklas, Marko Tupeinen, Timo Saari, Sampsa Puttonen & Liisa Keltikangas-Järvinen (2008). The psychophysiology of James Bond. Phasic emotional responses to violent video game events. *Emotion* 8:1, 114–120.
- Ravaja, Niklas (2009). The Psychophysiology of digital gaming. The effect of a non co-located opponent. *Media Psychology*. (Tulossa.)
- Robinson, Michael D. & Gerald L. Clore (2002). Belief and feeling. Evidence for an accessibility model of emotional self-report. *Psychological Bulletin* 128:6, 934–960.
- Russell, James A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality & Social Psychology* 39, 1161–1178.
- Russell, James A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological Review* 110, 145–172.
- Salminen, Mikko & Niklas Ravaja (2007). Oscillatory brain responses evoked by video game events. The case of Super Monkey Ball 2. *Cyberpsychology & Behavior* 10:3, 330–338.

Salminen, Mikko & Niklas Ravaja (2008). Increased oscillatory theta activation evoked by violent digital game events. *Neuroscience Letters* 435:1, 69–72.

Simons, Robert F., Benjamin H. Detenber, Thomas M. Roedema & Jason E. Reiss (1999). Emotion processing in three systems. The medium and the message. *Psychophysiology* 36:5, 619.

Smith, Michael E., Alan Gevins, Halle Brown, Arati Karnik & Robert Du (2001). Monitoring task loading with multivariate EEG measures during complex forms of human-computer interaction. *Human Factors* 43, 366–380.

Smith, Michael E., Linda K. McEvoy & Alan Gevins (1999). Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition. *Cognitive Brain Research* 7, 389–404.

Stade-Müller, Frithjof, Thomas Bliesener & Stefanie Luthman (2008). Hostile and hardened? An experimental study on (de-)sensitization to violence and suffering through playing video games. *Swiss Journal of Psychology / Schweizerische Zeitschrift Für Psychologie / Revue Suisse De Psychologie* 67:1, 41–50.

Tafalla, Richard J. (2007). Gender differences in cardiovascular reactivity and game performance related to sensory modality in violent video game play. *Journal of Applied Social Psychology* 37, 2008–2023.

Tassinari, Louis G. & John T. Cacioppo (2000). The skeletomotor system. Surface electromyography. Teoksessa John T. Cacioppo, Louis G. Tassinari & Gary G. Berntson (toim.): *The handbook of psychophysiology* (2. painos). New York: Cambridge University Press, 163–199.

Tellegen, Auke & David Watson (1999). On the dimensional and hierarchical structure of affect. *Psychological Science* 10:4, 297.

Watson, David & Auke Tellegen (1999). Issues in dimensional structure of affect. Effects of descriptors, measurement error, and response formats. Comment on Russell and Carroll. *Psychological Bulletin* 125:5, 601–610.

Weber, Rene, Ute Ritterfeld & Klaus Mathiak (2006). Does playing violent video games induce aggression? Empirical evidence of a functional magnetic resonance imaging study. *Media Psychology* 8, 39–60.

Wolfson, S. & G. Case (2000). The effects of sound and colour on responses to a computer game. *Interacting with Computers* 13, 183–192.

Yamada, Fumio (1998). Frontal midline theta rhythm and eyeblinking activity during a VDT task and a video game. Useful tools for psychophysiology in ergonomics. *Ergonomics* 41, 678–688.

Zillmann, Dolf (2003). Theory of affective dynamics. Emotions and moods. Teoksessa Jennings Bryant, David Roskos-Ewoldsen & Joanne Cantor (toim.): *Communication and emotion. Essays in honor of Dolf Zillmann*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 533–567.