

Stressin vaikutus kognitiiviseen joustavuuteen

Petri Juhani Jarre
Kandidaatintutkielma
Psykologia
Lääketieteellinen tiedekunta
Joulukuu 2020
Ohjaaja: Teija Kujala

TIIVISTELMÄ

Tiedekunta: Lääketieteellinen tiedekunta

Koulutusohjelma: Psykologian kandiohjelma

Opintosuunta: -

Tekijä: Petri Jarre

Työn nimi: Stressin vaikutus kognitiiviseen joustavuuteen

Työn laji: kandidaatintutkielma

Kuukausi ja vuosi: Joulukuu 2020

Sivumäärä: 13

Avainsanat: kognitiivinen joustavuus, akuutti stressi, eksekutiiviset toiminnot, sukupuolierot

Säilytyspaikka: e-thesis

Muita tietoja:

Tiivistelmä:

Tässä työssä käsitellään stressin vaikutusta kognitiiviseen joustavuuteen. Kognitiivinen joustavuus tarkoittaa kykyä ajatella joustavasti eri näkökulmista ja olla takertumatta toimimattomiin ratkaisumalleihin, ja on sellaisena hyvin tärkeä osa ihmisen toiminnanohjauskykyä. Kognitiivisen joustavuuden määritelmä ei ole kovin täsmällinen, ja siten eri tutkijat ovat päätyneet käyttämään kognitiivisen joustavuuden tutkimuksessa hyvin erilaisia mittausmenetelmiä, varsin yksinkertaisista ja suljetuista tehtävänvaihtotehtävistä avoimiin sana-assosiaatiotehtäviin. Mittausmenetelmien erojen vaikutus tulosten vaihteluun voi siten olla merkittävä.

Stressin katsotaan johtavan siirtymiseen kognitiivisesta ylhäältä alaspäin suuntautuvasta ohjauksesta enemmän alhaalta ylös suuntautuvaan prosessointiin. Tämä lisää refleksinomaisten ja totuttuja malleja noudattavien käyttäytymisvasteiden osuutta harkittujen ja joustavien ratkaisujen kustannuksella. Pääsääntöisesti tutkimusaineisto osoittaa stressin heikentävän kognitiivista joustavuutta, joskin tuloksissa on vaihtelua. Stressin erilaisesta vaikutuksesta eri sukupuolille on myös jonkin verran näyttöä, ja stressin vaikutus kognitiiviseen joustavuuteen on miehillä suurempi kuin naisilla, ja tietyillä tehtävätyypeillä vaikutus voi naisilla olla jopa päinvastainen.

Stressin vaikutus välittyy nopeasti sympaattisen hermoston aktivaation kautta ja viiveellä hormonaalista reittiä. Pääasiallisesti tutkimus on kohdistunut hitaamman hormonivälitteisen vaikutuksen selvittämiseen, ja kortisolin lisääntymisen ja kognitiivisen joustavuuden heikentymisen yhteydestä on selkeää näyttöä. Toisaalta kognitiivisen joustavuuden heikentyminen on ainakin joillakin tehtävätyypeillä havaittavissa jo ennen hormonaalisen vasteen syntymistä. Stressin vaikutuksia voidaan vaimentaa sekä vaikutusmekanismeihin vaikuttavilla lääkeaineilla, että myös psykologisesti lisäämällä hallinnan tunnetta ja suosimalla ratkaisukeskeistä lähestymistapaa.

Stressin vaikutusta kognitiiviseen joustavuuteen ei ole tutkittu kovin paljoa, mikä näkyy myös yhtenäisen tutkimuskäytännön ohuutena ja tulosten vaihtelevuutena. Kognitiivisen joustavuuden vaihteleva operationalisointi, mahdolliset sukupuolierot ja stressin vaikutuksen ajallinen vaihtelu ovat kaikki tekijöitä, jotka hankaloittavat tutkimusten yhteismitallista vertailua, joten niihin tulisi tutkimusten suunnittelussa jatkossa kiinnittää huomiota. Luova päätöksenteko stressin vaikutuksen alaisena olisi kiinnostava tutkimusaihe, jolla voisi olla myös huomattavaa merkitystä käytännön kannalta.

ABSTRACT

The aim of this paper is to provide an overview of the effects of stress on cognitive flexibility, based on selected recent research. Cognitive flexibility can be defined as the ability to flexibly take different points of view and avoid fixation on unsuitable solution attempts, and as such it is a very important part of human executive functioning. Such a descriptive definition is not sufficiently detailed to be used in research, and thus researchers have used a very wide palette of different operationalizations to measure cognitive flexibility, varying from very simple task switching paradigms to rather open-ended word association tasks. This variation in the choice of methods can be a significant source of variation in the results.

Stress is believed to favor a shift from top-down cognitive control to bottom-up processing, favoring automatic and reflexive responses over deliberate and flexible judgment. Generally, the evidence points towards impaired cognitive flexibility under stress, but there is considerable variation in the results. There is also some evidence that the effect of stress varies by gender, so that stress has a bigger impact on cognitive flexibility on men than on women, and in certain task even an opposite effect.

Stress creates a rapid physiological response through sympathetic nervous system activation, but also a slower hormonal response. Majority of the research on the mediating mechanisms focuses on the slow hormonal pathway, and the correlation between cortisol response and impairment of cognitive flexibility is strong. On the other hand, with certain tasks the impairment of cognitive flexibility can be observed before the onset of the hormonal response. The impact of stress can be attenuated by blocking the physiological mechanisms with pharmacological means, but also by psychological interventions by reducing the perceived uncontrollability of the situation, and by promoting solution focused approach.

The connection between stress and cognitive flexibility is not a widely studied research subject. This is apparent in the variability of the operationalizations being used, and correspondingly also in the variability of the research results. This makes it difficult to combine the results and form an unambiguous overall view, as the research does not share a uniform foundation. The differences in operationalizations, possible gender effects, and the temporal variation of physiological responses all contribute to the challenges. Thus, these are important factors to be considered in future studies. Creative decision making under stress would be an interesting research topic, which could have also major practical implications.

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	1
STRESSIN JA KOGNITIIVISEN JOUSTAAVUUDEN TUTKIMINEN	2
STRESSIN MITTAAMINEN	2
STRESSIALTISTUSMENETELMÄT	3
KOGNITIIVISEN JOUSTAVUUDEN MITTAAMINEN	4
STRESSIN VAIKUTUS KOGNITIIVISEEN JOUSTAVUUTEEN	6
VAIKUTUSMEKANISMIT	7
POHDINTA	9
LÄHTEET	12

JOHDANTO

Laajasti ottaen kognitiivinen joustavuus tarkoittaa henkilön kykyä sopeuttaa toimintansa tilanteen vaatimukseen (Goldfarb, Froböse, Cools & Phelps, 2017). Sitä voidaan tarkastella niin koehenkilön kyvyllä mukautua vaihtuvan tehtävän vaatimukseen kuin myös laajemmin kykynä lähestyä ongelmaa tutkivasti eri näkökulmista ja irtautua vallitsevista ajatusmalleista (Marko & Riečanský, 2018). Kognitiiviseen joustavuuteen liittyy myös kyky sopeutua muuttuneisiin vaatimukseen tai prioriteetteihin, kyky myöntää olevansa väärässä, ja kyky tarttua yllättäviin ja odottamattomiin mahdollisuuksiin, jotka eivät välttämättä ole osa senhetkisiä suunnitelmia (Diamond, 2013).

Kognitiivinen joustavuus on yksi kolmesta toiminnanohjauksen komponentista, joista kaksi muuta ovat tarkkaavaisuuden säätely ja työmuisti (Diamond, 2013). Kognitiivinen joustavuus rakentuu osin näihin pohjautuen ja kypsyy niitä paljon myöhemmin, muiden korkeamman tason toiminnanohjausmekanismien edelleen rakentuessa näiden päälle (Diamond, 2013). Yksi osa kognitiivista joustavuutta on kyky vaihtaa näkökulmaa ja pohtia miltä asia näyttäisi esimerkiksi toisen henkilön näkökulmasta, tai ongelmanratkaisussa kyky siirtyä tarkastelemaan ongelmaa ”laatikon ulkopuolelta” (Diamond, 2013). Tällaiset näkökulman muutokset vaativat kykyä estää vallinnut kognitiivinen tila ja ladata työmuistiin uuden perspektiivin mukainen tila (Diamond, 2013).

Akuutti stressi syntyy henkilön kokiessa ristiriitaa oman minäkäsityksensä ja äskeisten tai lähitulevaisuuden vaatimusten ja paineiden välillä (Delahaye, ym., 2015). Stressi on adaptiivinen vaste tähän ristiriitaan, ja se vaikuttaa moniin eri kognitiivisiin toimintoihin (Marko & Riečanský, 2018). Stressi voidaan jakaa krooniseen ja akuuttiin stressiin, joista tässä käsiteltävä akuutti stressi on lyhytkestoinen ja yhden stressitekijän aiheuttama tilanne, joka aiheuttaa taistele-tai-pakene reaktion, mahdollistaen uhkien nopean arvioinnin ja niihin vastaamisen, mutta myös homeostaasin palaamisen uhan poistuttua (Kalia, ym., 2018). Eksekutiivisten toimintojen voisi odottaa heikkenevän akuutin stressin vaikutuksesta, mutta tutkimusaineisto tästä on ristiriitaista, osoittaen parantumista joidenkin eksekutiivisten toimintojen osalta ja heikkenemistä joidenkin muiden osalta (Kalia, ym., 2018). Sekä stressi että kognitiivinen joustavuus ovat siis ihmisen toimintaan laajasti vaikuttavia tekijöitä, ja niiden yhteyksien tarkastelu on mielekäs kysymys. Tässä katsauksessa keskitytään akuutin stressin kognitiiviseen joustavuuteen aiheuttamiin vaikutuksiin ja vaikutusmekanismeihin.

STRESSIN JA KOGNITIIVISEN JOUSTAAVUUDEN TUTKIMINEN

Stressin mittaaminen

Koe- ja kontrolliryhmien välinen ero stressitasossa on syytä varmistaa mittaamalla (Kalia, ym., 2018). Sen lisäksi että mittauksella voidaan varmistaa altistuksen toimivuus, mitattua stressin määrää voidaan käyttää myös riippumattomana muuttujana monimuuttuja-analyyseissä. Tällöin voidaan saada pelkkää ryhmävertailua tarkempi kuva siitä, miten stressin määrän vaihtelu vaikuttaa tutkittaviin mittareihin. On myös syytä varmistaa, että lähtötilanteessa ennen stressialtistusta ryhmien välillä ei ole merkitsevää eroa, sillä altistusta edeltävä vaihtelu voisi vääristää tuloksia (Kalia, ym., 2018).

Stressiä voidaan mitata biologisesta näkökulmasta mittaamalla syljen kortisolipitoisuutta, mikä vaatii tarvittavien välineiden ja analyysilaitteiden saatavuutta, mutta toisaalta mittaus voidaan toistaa kokeen aikana useasti ja mittaustulos sinällään on objektiivinen (Gabrys, Howell, Cebulski, Anisman & Matheson, 2019). Kortisolitaso vaihtelee vuorokausirytmien tahdissa, joten vertailukelpoisten tulosten saamiseksi kaikki koehenkilöt on syytä testata samaan vuorokaudenaikaan (Goldfarb, ym., 2017). Myös tupakointi ja naisilla hormoniehkäisy vaikuttavat syljestä mitatun kortisolien määrään, joten nämä tekijät on syytä huomioida sulku-kriteereinä koehenkilöitä valittaessa (Plessow, Fischer, Kirschbaum & Goschke, 2011). Myös kuukautiskierron vaihe vaikuttaa stressivasteeseen ja se on syytä kontrolloida stressin vaikutuksia koskevissa tutkimuksissa (Kalia, ym., 2018).

Toisaalta stressin subjektiivista kokemusta voidaan mitata kyselykaavakkeiden avulla. Tällaisia ovat esimerkiksi SAM (stress appraisal measure) ja MDBF (Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen; engl. Multidimensional Mood State Questionnaire MDMQ) kyselyt (Gabrys, ym., 2019; Plessow, ym., 2011). SAM-kysely kartoittaa kuutta suhteellisen erillistä stressikokemuksen dimensiota, kuten uhkaavuus, haastavuus, kontrolloitavuus sekä oma koettu hallinta stressin suhteen (Gabrys, ym., 2019). MDBF kysely mittaa vastaavasti subjektiivista stressikokemusta kolmella dimensiolla (Plessow, ym., 2011). Myös kyselymittareita voidaan käyttää useamman kerran koetilanteen aikana, jolloin stressin määrän muutokset nähdään yli ajan vastaavasti kuin sylkitesteilläkin (Plessow, ym., 2011). Yksinkertaisimmillaan mittaus voi olla vain kysymys 10-portaisella asteikolla ”kuinka stressaantunut olet” (Kalia, ym., 2018).

Stressialtistusmenetelmät

Tarkastelluissa artikkeleissa on käytetty pääasiassa kahta menetelmää stressin tuottoon, joko sosiaalista stressiä tuottavaa Trier social stress test (TSST) menetelmää tai fysiologista stressiä tuottavaa kylmäaltistusta (CPT, cold pressor test). Tarkasteltavana olevassa aineistossa TSST-asetelma tai sen variaatio oli selvästi yleisemmin käytetty stressialtistuksen muoto, kun taas noin kolmasosassa stressin tuottoon käytettiin fysiologista kylmäaltistusta. Tarkastellut stressialtistumenetelmät toimivat pääasiassa hyvin, ja niiden vaikutus pystyttiin toteamaan sekä subjektiivista kokemusta kartoittavilla kyselyillä että biologisia vasteita mittaamalla.

TSST menetelmässä koehenkilöt joutuvat lyhyen valmistautumisen jälkeen pitämään paneelin edessä videoidun puheen ja suorittamaan päässä laskutehtäviä (Gabrys, ym., 2019).

Stressialtistustilanne koetaan kontrollitilannetta uhkaavampana ja jossain määrin vähemmän hallittavana (Alexander, Hillier, Smith, Tivarus & Beversdorf, 2007; Gabrys, ym., 2019). Myös koehenkilöiden kokemus ahdistuneisuudesta lisääntyy (Marko & Riečanský, 2018), samoin negatiivinen affekti (Gabrys, ym., 2019).

TSST-altistuksen vaikutus on havaittavissa myös syljestä mitatun kortisolin ja α -amylaasin määrän lisääntymisenä (Plessow, ym., 2011). Nämä kaksi biologista indikaattoria kuitenkin käyttäytyvät ajallisesti hyvin eri tavalla, ja α -amylaasin taso pysyy koholla vain noin 10 minuuttia stressialtistuksen jälkeen, kun taas kortisoli pysyy koholla useampana mittausajankohtana aina 40 minuuttiin asti (Plessow, ym., 2011). TSST-altistus nostaa myös sykettä ja sekä systolista että diastolista verenpainetta (Alexander, ym., 2007), myös silloin kun TSST-altistukseen normaalisti kuuluvat tehtävät on korvattu kognitiivisilla testeillä (Marko & Riečanský, 2018).

TSST voidaan toteuttaa myös ryhmämuotoisena 3-4 hengen ryhmille (TSST-G) (Shields, Trainor, Lam & Yonelinas, 2016) tai virtuaalitodellisuudessa (virtual reality; VR) (Delahaye, ym., 2015). VR-ympäristössä koehenkilölle luodaan tietokonegrafiikkaa käyttäen todentuntuinen vaikutelma keinotekoisesta tilasta (Delahaye, ym., 2015). Tosin näyttö TSST:n toimivuudesta VR-ympäristössä toteutettuna on vielä heikkolaatuista (Delahaye, ym., 2015).

Toinen hyvin validoitu tapa tuottaa stressiä on kylmäaltistus, jossa koehenkilöä pyydetään laittamaan kätensä jääkylmään veteen muutamaksi minuutiksi (Goldfarb, ym., 2017). Myös kylmäaltistus aiheuttaa lisäyksen kortisolin määrässä (Goldfarb, ym., 2017). Kylmäaltistukseen on mahdollista yhdistää myös psykologinen stressi, esimerkiksi socially evaluated cold pressor test

(SECPT) -menetelmässä normaaliin kylmäaltistukseen on lisätty tiukkaan sävyyn puhuva valkotakkinen kokeenjohtaja, videointi ja kaksi muistiinpanoja tekevää tarkkailijaa, jotka lisäksi antavat koehenkilölle negatiivista palautetta (Tona, Revers, Verkuil & Nieuwenhuis, 2020).

Kognitiivisen joustavuuden mittaaminen

Yleinen tapa mitata kognitiivista joustavuutta laboratorio-olosuhteissa on käyttää tehtävää, jossa koehenkilö joutuu vaihtamaan strategiaa suoriutuakseen tehtävästä asianmukaisesti (Kalia, ym., 2018), kuten toiminnanohjauksen testaamisessa käytettyä Wisconsinin card sorting test -asetelmaa (WCST) (Gabrys, ym., 2019). Tällaisilla testeillä voidaan mitata kognitiivisen joustavuuden kolmea eri toisiinsa liittyvää osa-aluetta: kykyä vaihtaa strategiaa tehtävän vaatimusten mukaan, kykyä tarkkailla tehtävän vaatimuksia, ja kykyä jättää tehtävän kannalta epäoleellinen informaatio huomiotta (Kalia, ym., 2018).

Kognitiivisen joustavuuden kannalta WCST:ssä kiinnostava mittari on etenkin juuttumisvirheiden määrä (perseverative errors), jolloin koehenkilö jatkaa vanhan strategian noudattamista, vaikka tehtävän muuttuneet vaatimukset edellyttäisivät uuteen strategiaan siirtymistä (Gabrys, ym., 2019). Muita mitattavia asioita ovat esimerkiksi ensimmäisen säännön oppimiseen tarvittavien yritysten määrä ja virheiden määrä säännön oppimisen jälkeen (Gabrys, ym., 2019). Myös nämä ovat kognitiiviselta kannalta mielenkiintoisia ja ilmaisevat henkilön kykyä oppia sääntöjä ja suojata opittua sääntöä häiriöiltä, mutta kognitiivisen joustavuuden kannalta ne eivät ole keskeisiä (Gabrys, ym., 2019).

WCST:tä yksinkertaisempi asetelma on numeroiden lajittelu vihjeen mukaan vaihtelevasti joko pieniin ja isoihin tai parillisiin ja parittomiin (Tona, ym., 2020). Kognitiivista joustavuutta voidaan tässä mitata tehtävän vaihdon aiheuttamalla suorituksen heikkenemisellä (vaihtokustannus, engl. switch cost), mikä näkyy reaktioajan hidastumisena tai virheiden määrän lisääntymisenä (Tona, ym., 2020). Strategian muodostamista päättelyllä ei tässä tehtävässä vaadita ja vaihtoehtoisia noudatettavia toimintamalleja on vain kaksi.

Enemmän motorisen vasteen hallintaa painottavassa Simon-tehtävässä ärsyke esitetään joko näkökentän oikealla tai vasemmalla puolella, ja ärsykkeen sisällön perusteella siihen tulee reagoida painamalla joko vasemman- tai oikeanpuoleista painiketta (Plessow, ym., 2011). Tehtävässä on sekä kongruentteja tapauksia, joissa ärsyke ja haluttu reaktio ovat molemmat samalla puolella, että epäkongruentteja tapauksia, joissa ärsyke ja haluttu reaktio ovat eri puolilla (Plessow, ym., 2011). Reaktioaikojen ja virhemäärien ero kongruenttien ja epäkongruenttien tapausten välillä ilmaisee

häiriötekijän aiheuttaman interferenssin voimakkuutta, mitä kutsutaan Simon-efektiksi (Plessow, ym., 2011).

Oleellinen tekijä Simon-tehtävän käytölle kognitiivisen joustavuuden mittarina on peräkkäisten ärsykkeiden vaikutus toisiinsa (Plessow, ym., 2011). Epäkongruenttin ärsykkeen käsittely lisää hetkellisesti tavoitteen suojausta (goal shielding), kun taas kongruentti ärsyke lieventää sitä, mikä näkyy seuraavan ärsykkeen reaktioaikojen tai virhemäärien vaihteluna (Plessow, ym., 2011). Mitä suurempaa tämä vaihtelu on, sitä joustavampaa on kognitiivisen kontrollin säätely, ja siten myös kognitiivinen joustavuus (Plessow, ym., 2011).

Delayed match-to-sample (DMS) tehtävässä koehenkilön tulee ohjeen mukaan joko päivittää muistissa pitämänsä tieto annetun mukaiseksi tai jättää annettu uusi tieto huomiotta, ja useamman tällaisen ärsykkeen jälkeen ilmaista onko testiärsyke muistettavien ärsykkeiden joukossa (Goldfarb, ym., 2017). Myös tässä koeasetelmassa oleellista on kyky ohjata toimintaa vaihtuvien vaatimusten mukaan (Goldfarb, ym., 2017).

Hyvin toisenlainen tapa mitata kognitiivista joustavuutta on Markon ja Riečanskýn (2018) kokeessaan käyttämä remote associates test tehtävä (RAT) tai Alexanderin ja kollegoiden (2007) käyttämä compound remote associates tehtävä (CRA), joissa koehenkilölle esitetään kerrallaan kolme sanaa, ja hänen tulee tuottaa näiden kolmen sanan kanssa yhteensopiva sana. Näitä molempia on alun perin käytetty luovuuden mittareina (Alexander, ym., 2007; Marko & Riečanský, 2018). Myös anagrammien ratkaisemista on käytetty sekä luovuuden että kognitiivisen joustavuuden mittaamisen (Alexander, ym., 2007). Neljäs alun perin luovuuden tutkimuksessa käytetty menetelmä on category inclusion task (CIT), jossa koehenkilön tehtävänä on arvioida miten prototyyppejä kategorian edustajia annetut sanat ovat (Theeboom, Beersma & Van Vianen, 2016). Tässä kognitiivista joustavuutta mitataan sillä kuinka prototyyppeiksi koehenkilö arvioi vain heikosti kategoriaan liittyvän kohteen – siis mitä vahvemmin esimerkiksi kameli mielletään kulkuneuvojen kategoriaan kuuluvaksi, sitä laajempi koehenkilön kulkuneuvojen kategoria on, ja siten hänen joustavuutensa pitää eri kohteita kategoriaan kuuluvana (Theeboom, ym., 2016).

Edellä esiteltyjen kognitiivisen joustavuuden mittarien voi ajatella edustavan kolmea eri kategoriaa: vapaamuotoiseen kielelliseen ongelmanratkaisuun perustuvat tehtävät (anagrammi- ja sana-assosiaatiotehtävät), ongelmanratkaisua ja toiminnanohjausta yhdistelevät tehtävät (WCST variaatioineen), ja tehtävät joissa suoritettava tehtävä on yksiselitteisesti annettu ja koehenkilön täytyy vain reagoida annetun ohjeen mukaisesti (Simon, DMS, numeroiden lajittelu). Näistä kahta

jälkimmäistä kategoriata yhdistää kiinnostus koehenkilön kykyyn vaihtaa tehtävää ulkoisen vihjeen mukaan, sekä tehtävästä toiseen vaihtamisen aiheuttaman kustannuksen käyttäminen kognitiivisen joustavuuden mittarina. Sen sijaan ensimmäisen kategorian tehtävät eroavat näistä huomattavasti. Sikäli kuin niissä esiintyy tehtävän vaihtoa, esimerkiksi koehenkilö vaihtaa toimimattomalta vaikuttavasta ratkaisustrategiasta toiseen, yksittäisten vaihtotapahtumien määrä ja kesto eivät ole havaittavissa eivätkä mitattavissa. Myös toiminnanohjaus on näissä selvästi vähemmän ulkoa säädeltyä, ja koehenkilön kyky tuottaa aidosti erilaisia lähestymistapoja on selvästi suuremmassa roolissa kuin tehtävissä, joissa koehenkilön tulee vain noudattaa ja vaihtaa annettua sääntöä ohjeen tai palautteen mukaan. CIT-tehtävä muodostaa ehkä vielä oman erillisen tehtävätyyppinsä, siinä mukana on kielellinen komponentti kuten anagrammi- ja sana-assosiaatiotehtävissä, mutta siihen ei sisälly lainkaan ongelmanratkaisua tai toiminnanohjauskomponenttia, vaan kohteena on koehenkilön käsittekkategorioiden laajuus.

STRESSIN VAIKUTUS KOGNITIIVISEEN JOUSTAVUUTEEN

Stressin vaikutus kognitiiviseen joustavuuteen ei ole täysin yksiselitteistä, vaan stressin on todettu sekä heikentävän kognitiivista joustavuutta (Alexander, ym., 2007; Marko & Riečanský, 2018) että parantavan kognitiivista joustavuutta (Gabrys, ym., 2019), mutta myös vaikuttavan vain joihinkin kognitiivisen joustavuuden osa-alueisiin (Goldfarb, ym., 2017; Plessow, ym., 2011). Lisäksi sen vaikutuksen on havaittu riippuvan sukupuolesta (Kalia, ym., 2018; Shields, ym., 2016), tai olevan siitä riippumaton (Gabrys, ym., 2019). VR-ympäristössä kognitiivisen joustavuuden ja stressin yhteys on vielä osoittamatta (Delahaye, ym., 2015).

Stressi heikentää kognitiivista joustavuutta luovassa leksikaalisessa prosessoinnissa sekä sana-assosiaatioiden että anagrammien osalta, vaikka sanasujuvuus (semantic fluency) ei heikkene (Alexander, ym., 2007; Marko & Riečanský, 2018). Simon-tehtävässä akuutti psykososiaalinen stressi heikentää koehenkilöiden kognitiivista joustavuutta eli kykyä vaihdella interferenssin torjunnan voimakkuutta joustavasti, mikä näkyy peräkkäisten ärsykkeiden keskinäisen vaikutuksen vähenemisenä (Plessow, ym., 2011).

WCST-tehtävää käytettäessä tulokset ovat hyvin erilaisia, ja sukupuolten ero korostuu stressin vaikutuksessa. TSST-G stressialtistusta käytettäessä stressi ei vaikuta kognitiiviseen joustavuuteen kokonaisuutena, mutta sukupuolen vaikutus on selvä stressin lisätessä miesten tekemiä juuttumisvirheitä, kun taas naisilla vaikutusta ei ole (Shields, ym., 2016). Samoin kylmäaltistusta käytettäessä stressialtistuksella ei kokonaisuutena ole vaikutusta juuttumisvirheiden määrään, mutta

sukupuolen vaikutus on selkeä (Kalia, ym., 2018). Naisilla stressialtistus ei vaikuta virheiden määrään, kun taas miehillä stressialtistus lisää selvästi juuttumisvirheitä (Kalia, ym., 2018).

Näistä poiketen Gabrysin ja kollegoiden (2019) koeasetelmassa akuutilla stressillä oli sekä kognitiivisen joustavuuden että muun mitatun suoriutumisen kannalta täysin päinvastainen vaikutus: stressialtistuksen jälkeen koehenkilöt tekivät WCST-testissä *vähemmän* sekä juuttumis-että muita virheitä. Mahdollisesti tämä voisi selittyä WCST-tehtävässä havaitulla sukupuolierolla ja naisten suurella osuudella Gabrysin ja kollegoiden (2019) tutkimuksessa, joskaan sukupuolella ei tässä havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta.

DMS-tehtävässä niin ikään stressi ei vaikuta virheiden määrään tai reaktioaikoihin kokonaisuutena, mutta vaikutus virheiden määrään eroaa sukupuolten välillä, erityisesti ärsykkeen muistiin painamisen tai huomiotta jättämisen osalta (Goldfarb, ym., 2017). Miehillä stressi heikentää muistin päivittämistä ja parantaa ärsykkeen huomiotta jättämistä, stressin vaikutuksen ollessa naisilla päinvastainen (Goldfarb, ym., 2017). Stressi ei tässä kuitenkaan vaikuta koehenkilöiden kykyyn vaihtaa toimintatapaansa ärsykkeiden vaihtelua vastaavasti, eli vaihtokustannusten nousun ilmaisemaa vaikutusta kognitiiviseen joustavuuteen ei ole (Goldfarb, ym., 2017). Jäljempänä vaikutusmekanismien tarkastelun yhteydessä tällainen yhteys kuitenkin nousee esille.

Tonan ja kollegoiden (2020) tutkimuksessa koehenkilöinä oli pelkästään miehiä, joten sikäli kuin stressin vaikutus kognitiiviseen joustavuuteen on miehillä suurempi, sen voisi olettaa tässä tulevan erittäin selvästi näkyviin. Näin ei kuitenkaan numeroiden lajittelutehtävässä ole, eikä stressillä ole vaikutusta vaihtokustannukseen reaktioaikojen eikä virheiden määrän osalta (Tona, ym., 2020). Myöskään Simon-tehtävässä sukupuolella ei ole pää- eikä yhteisvaikutusta minkään tutkitun muuttujan suhteen, ja erityisesti stressin vaikutuksessa tutkimuksen pääkohteena olleeseen Simon-efektin koon vaihteluun ei ole eroa sukupuolten välillä (Plessow, ym., 2011).

Vaikutusmekanismit

Akuutin stressin vaikutus kognitiiviseen joustavuuteen saattaa osittain välittyä glukokortikoidien kuten kortisolin vaikutuksilla hermostoon, mutta vaikutukset riippuvat hormonierityksen määrästä ja kestosta, ja saattavat olla erilaisia kognitiivisen joustavuuden eri osaprosesseihin (Gabrys, ym., 2019). Kuten seuraavasta nähdään, kortisolien ja muiden otaksuttujen vaikutusmekanismien merkitys vaihtelee hyvin paljon koeasetelmasta toiseen.

DMS-tehtävässä kylmäaltistuksen tuottaman stressin aiheuttama kortisolitason nousu korreloi vaihtokustannusten nousun kanssa (Goldfarb, ym., 2017). Kortisolin rooli tuloksissa on merkittävä, sillä kuten aiemmin todettiin stressillä sinällään ei tässä ole vaikutusta vaihtokustannuksiin, vaan yhteys on vain kortisolin määrän lisääntymisen ja kognitiivisen joustavuuden heikentymisen välillä (Goldfarb, ym., 2017) Samoin Simon-tehtävässä korrelaatio kortisolin määrän lisääntymisen ja kognitiivisen joustavuuden heikentymisen välillä on hyvin lähelle samansuuruinen (Plessow, ym., 2011). Tehtävän vaihtoon perustuvaa WCST tehtävää käytettäessä kortisolin rooli ei ole yhtä selkeä. Kortisoli joko ei ennusta juuttumisvirheiden määrää sen enempää kokonaisuutena kuin erikseen miesten tai naisten osaltakaan (Shields, ym., 2016), tai kortisolin määrän lisääntyminen saattaa jopa vähentää juuttumisvirheiden määrää ja siten parantaa kognitiivista joustavuutta (Gabrys, ym., 2019).

Suhteellisen avointa ongelmanratkaisua edellyttävissä leksikaalisissa tehtävissä stressin vaikutus kognitiiviseen joustavuuteen välittyy sympaattisen hermoston aktivaation kautta (Marko & Riečanský, 2018). Vaikutus jakaantuu sympaattisen hermoston aktivaation suoraan kognitiivista joustavuutta heikentävään vaikutukseen, ja toisaalta sympaattisen aktivaation aiheuttaman sanasujuvuuden parantumisen kautta kognitiivista joustavuutta lievästi parantavaan vaikutukseen (Marko & Riečanský, 2018). Stressin suora vaikutus kognitiiviseen joustavuuteen ohi sympaattisen hermoston aktivaation ei ole merkittävä (Marko & Riečanský, 2018). Beta-adrenergisen estäjän (Propranolol) käyttö kumoaa stressin vaikutuksen sekä CRA-tehtävässä että anagrammeissa, mikä viittaa selkeästi beta-adrenergisen vasteen rooliin (Alexander, ym., 2007).

Sen sijaan Simon-tehtävässä sympaattista aktivaatioita indikoivan α -amylaasin määrän ja kognitiivisen joustavuuden välillä ei ole yhteyttä (Plessow, ym., 2011), eli sympaattisen hermoston aktivaation merkitys ei eri koeasetelmissä välttämättä ole sama. Kiertäjähermon stimulaatio nostaa kortisolin ja α -amylaasin määrää mutta ei vaikuta kognitiiviseen joustavuuteen reaktioajan tai virheiden määrän osalta (Tona, ym., 2020). Stimulaation voimakkuuden lisääminen kuitenkin lyhentää reaktioaikoja ja lisää virheiden määrää, eli voimakkaampi stimulaatio lisää koehenkilöiden taipumusta suosia nopeutta tarkkuuden kustannuksella, vaikka vaikutusta kognitiiviseen joustavuuteen ei ole (Tona, ym., 2020). Myöskään noradrenaliinin takaisinoton estäjiin kuuluva atomoksetiini ei vaikuta vaihtokustannukseen reaktioaikojen tai virheiden määrän osalta (Tona, ym., 2020).

Myös psykologisia tekijöitä voidaan tarkastella mahdollisina välittävinä mekanismeina. Stressialtistuksen kokeminen hallitsemattomana välittää yhteyttä WCST-tehtävän

juuttumisvirheiden määrään, mutta ei muihin tuloksiin (Gabrys, ym., 2019). Stressin kokemisella uhkaavana tai stressin aiheuttamalla lisääntyneellä negatiivisella affektilla sen sijaan ei ole vaikutusta (Gabrys, ym., 2019). Myöskään positiivinen affekti ei ole välittävä tekijä (Theeboom, ym., 2016). Sen sijaan ratkaisukeskeisten kysymysten käyttäminen interventiona vähentää opiskelusta koetun stressin vaikutusta kognitiiviseen joustavuuteen suhteessa ongelmakeskeiseen verrokkiryhmään (Theeboom, ym., 2016). Koehenkilöiden toiminta- (action orientation) tai pysyvyysorientaatiolla (state orientation) ei ole selkeää vaikutusta, vaikka pysyvyysorientoituneilla henkilöillä Simon-efekti vaikuttaakin pienemmältä toimintaorientoituneisiin henkilöihin verrattuna (Plessow, ym., 2011).

Aivojen verenkierron muutosten tutkiminen fNIRS-menetelmällä (functional near infrared spectroscopy) on keino selvittää stressin vaikutuksen neuraalisia mekanismeja. Stressi vähentää etuotsalohkon verenkierron happipitoisuutta välittömästi pään keskilinjan oikealta puolelta mitattuna, mikä on yhteneväinen tulos aiemman fNIRS tutkimuksen kanssa, ja viittaa siihen, että akuutti stressi ohjaa resursseja pois eksekutiivisten toimintojen alueelta aivoissa (Kalia, ym., 2018). Verenkierron muutos vasemmassa etuotsalohkossa on miehillä yhteydessä juuttumisvirheiden määrään, mutta naisilla tällaista yhteyttä ei ole (Kalia, ym., 2018). Tulokset välittävän mekanismin olemassaolosta ovat kuitenkin hieman epävarmoja, koska primääristä stressin vaikutusta kognitiiviseen joustavuuteen ei tässä saatu esiin, kenties pienen koehenkilönmäärän ja riittämättömän tilastollisen voiman takia, vaikka silmämääräisesti tulokset ovat odotetun suuntaisia (Kalia, ym., 2018).

POHDINTA

Pääsääntöisesti tutkimukset osoittavat stressin heikentävän kognitiivista joustavuutta, mutta tulokset vaihtelevat käytetyn kognitiivisen joustavuuden mittarin mukaan. Etenkin melko vapaamuotoiseen ongelmanratkaisuun perustuvissa tehtävissä stressin vaikutus on selvä, ja vaikutus välittyy sympaattisen hermoston aktivaation kautta (Alexander, ym., 2007; Marko & Riečanský, 2018). Sen sijaan tehtävän vaihtoon perustuvissa tehtävissä noradrenaliinin ilmaisema sympaattinen aktivaatio ei näytä olevan oleellinen (Tona, ym., 2020). Noradrenaliinijärjestelmän manipulointi sen enempää stressillä, tVNS stimulaatiolla kuin atomoksetiinillakaan ei vaikuttanut koehenkilöiden suoritukseen tehtävän vaihtoon perustuvassa tehtävässä (Tona, ym., 2020).

Muun tyyppisissä tehtävissä vaikutus oli vaihtelevampaa tai vaikutus todettavissa pikemminkin kortisolin kuin stressin osalta. Stressin suuremmasta vaikutuksesta kognitiiviseen joustavuuteen

miehillä on jonkin verran näyttöä, lähinnä WCST tehtävää käytettäessä, jolloin vaikutus voi naisilla olla jopa päinvastainen. Sukupuolieron taustalla olevat biologiset mekanismit eivät ole vielä tiedossa (Shields, ym., 2016).

Kognitiivisen joustavuuden mittaamenetelmät ovat selvästi vähemmän vakiintuneita kuin stressialtistukseen ja stressireaktion mittaamiseen käytetyt menetelmät, eikä ole lainkaan selvää mittaavatko kaikki käytetyt mittarit samaa psykologista ilmiötä. Osa kognitiivisen joustavuuden mittaamenetelmistä tarkastelee verrattain yksinkertaista ja mekaanista tehtävästä toiseen vaihtamista, osa selvästi vapaamuotoisempaa leksikaalista ongelmanratkaisua anagrammien tai sana-assosiaatioiden muodossa, ja osa jotain näiden välillä. Käytössä on myös muistiin painamisen säätelyyn tai sanojen kategoriaan kuulumisen arviointiin perustuvia tehtäviä. Tämä näkyy myös tulosten eroina ja huonona yhteismitallisuutena, ja hankaloittaa vaikutusmekanismeja selvittäneiden tutkimusten tulosten tulkintaa ja vertailua. Valitettavasti aineistossa ei ollut tutkimuksia, joiden pohjalta kognitiivisen joustavuuden mittaamenetelmien yhteismitallisuutta voisi arvioida.

Eksekutiivisten toimintojen yleinen heikentyminen ei ole selittävä tekijä stressin vaikutukselle kognitiiviseen joustavuuteen, vaan stressi näyttää vaikuttavan kognitiiviseen joustavuuteen ja eksekutiivisiin toimintoihin useiden eri neuraalisten mekanismien kautta (Marko & Riečanský, 2018). Vaikka esimerkiksi stressin aiheuttama sympaattinen aktivaatio heikentää kognitiivista joustavuutta, se parantaa sanasujuvuutta, ja siten sympaattisen virittymisen voidaan katsoa heikentävän monimutkaisia tehtäviä, kuten kaukaisten assosiaatioiden löytämistä RAT tehtävässä, mutta parantavan yksikertaiseen hakuun perustuvaa toimintaa, kuten sanasujuvuutta (Marko & Riečanský, 2018). Joissain tehtävissä koehenkilöt voivat sopeuttaa toimintaansa lisäämällä tavoitteiden suojelua välttyäkseen interferenssiltä, minkä käänköpuolena on heikentynyt joustavuus muuttaa tavoitteita tehtävän vaatimusten muuttuessa, jolloin stressin vaikutus voi olla joko positiivinen tai negatiivinen tehtävän vaatimuksista riippuen (Plessow, ym., 2011).

Jonkin verran on viitteitä myös siitä, että aivojen verenkierron muutokset etuotsalohkojen alueella ovat osallisena stressin vaikutuksessa kognitiiviseen joustavuuteen, mutta etenkin tältä osin tutkimusnäyttö oli aineistossa vajavainen. Toisaalta myös eri tehtävätyypeillä saaduista tuloksista voidaan päätellä mahdollisia neuraalisia korrelaatioita, esimerkiksi DMS-tehtävä liittyy voimakkaammin striatumiin toimintaan, kun taas monissa muissa tehtävissä etuotsalohkon rooli on merkittävämpi (Goldfarb, ym., 2017).

Myös psykologisilla tekijöillä on roolinsa vaikutusmekanismeina, ja mahdollisuus vaikuttaa niihin lääkkeettömästi tekee niistä kiinnostavia. Etenkin ratkaisukeskeinen lähestymistapa vähentää stressin vaikutusta kognitiiviseen joustavuuteen (Theeboom, ym., 2016). Samoin stressitilanteen kokeminen hallitsemattomana on välittävä tekijä stressin ja heikentyneen kognitiivisen joustavuuden välillä (Gabrys, ym., 2019). Mahdollisesti ratkaisukeskeinen lähestymistapa lisää hallinnan kokemusta, mikä voisi osaltaan selittää ratkaisukeskeisen lähestymistavan vaikutusta. Toisaalta toimintaorientaatiolla tai pysyvyysorientaatiolla ei ole vaikutusta (Plessow, ym., 2011), vaikka toimintaorientaation voisi olettaa lisäävän hallinnan tunnetta. Tosin Plessowin ja kollegoiden (2011) tutkimuksessa orientaation vaikutus oli lähellä merkitsevyyttä, joten tulevaisuuden tutkimuksissa välittävä vaikutus voidaan mahdollisesti saada osoitettua.

Tulevaisuudessa psykologisten testien toteuttaminen erilaisten VR-ympäristöjen avulla on kiinnostava tutkimuskohde. Testiasetelmien ekologinen validiteetti voisi luonnonmukaisessa VR-ympäristössä olla selvästi parempi kuin perinteisillä testimenetelmillä, ja testiasetelmat olisi helppo toistaa identtisinä eri tutkijaryhmien välillä. Tosin VR-ympäristön toimivuus niin stressin tuottoon kuin kognitiivisen joustavuuden mittaamiseen jäi aineistossa vielä osoittamatta.

Kognitiivinen joustavuus onkin monitahoinen ilmiö, eikä mikään yksittäistä käyttäytymisen piirrettä tai sitä seuraavaa mittaria voida pitää sen prototyyppisenä edustajana (Kalia, ym., 2018). Tarkasteltavissa tutkimuksissa tätä monitahoisuutta ei valitettavasti varsinaisesti ollut huomioitu. Kognitiivisen joustavuuden mittaamiseen käytettävän tehtävän valinta ehkä heijasteleekin enemmän tutkijoiden omaa intuitiota siitä, mitä kognitiivisen joustavuuden käsitteellä tarkoitetaan. Vaikka useat eri tutkimukset käyttävät termiä kognitiivinen joustavuus, niissä ei silti välttämättä ole tutkittu samaa ilmiötä. Tulevaisuuden tutkimuksissa olisi tärkeää käyttää useampaa erilaista kognitiivisen joustavuuden mittaria rinnakkain, jotta erilaisten mittausmenetelmien yhteismitallisuus tai erot saataisiin todennettua. Myös stressin vaikutusten ajallinen vaihtelu on syytä huomioida, sillä tutkimuksessa käytetystä tehtävästä riippuen stressin vaikutuksen voidaan nähdä välittyvän joko nopeaa sympaattisen aktivaation reittiä tai hitaammin hormonaalisen vasteen kautta. Tulevaisuuden tutkimuksissa on siis pyrittävä sekä täsmentämään kognitiivisen joustavuuden käsitettä ja sen mahdollista jaottelua hienojakoisempiin osiin, että kehittämään sen mittaamiseen käytettyjä menetelmiä.

LÄHTEET

- Alexander, J. K., Hillier, A., Smith, R. M., Tivarus, M. E., & Beversdorf, D. Q. (2007). Beta-adrenergic modulation of cognitive flexibility during stress. *Journal of Cognitive Neuroscience; J Cogn Neurosci*, *19*(3), 468-478. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.3.468>
- Delahaye, M., Lemoine, P., Cartwright, S., Deuring, G., Beck, J., Pflueger, M., Graf, M. Hachtel, H. (2015). Learning aptitude, spatial orientation and cognitive flexibility tested in a virtual labyrinth after virtual stress induction. *BMC Psychology; BMC Psychol*, *3*(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40359-015-0080-5>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Gabrys, R. L., Howell, J. W., Cebulski, S. F., Anisman, H., & Matheson, K. (2019). Acute stressor effects on cognitive flexibility: Mediating role of stressor appraisals and cortisol. *Stress (Amsterdam, Netherlands); Stress*, *22*(2), 182-189. <https://doi.org/10.1080/10253890.2018.1494152>
- Goldfarb, E. V., Froböse, M., I., Cools, R., & Phelps, E. A. (2017). Stress and cognitive flexibility: Cortisol increases are associated with enhanced updating but impaired switching. *Journal of Cognitive Neuroscience; J Cogn Neurosci*, *29*(1), 14-24. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01029
- Kalia, V., Vishwanath, K., Knauft, K., Vellen, B. V. D., Luebbe, A., & Williams, A. (2018). Acute stress attenuates cognitive flexibility in males only: An fNIRS examination. *Frontiers in Psychology; Front Psychol*, *9*, 2084. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02084>
- Marko, M., & Riečanský, I. (2018). Sympathetic arousal, but not disturbed executive functioning, mediates the impairment of cognitive flexibility under stress. *Cognition*, *174*, 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.02.004>
- Plessow, F., Fischer, R., Kirschbaum, C., & Goschke, T. (2011). Inflexibly focused under stress: Acute psychosocial stress increases shielding of action goals at the expense of reduced cognitive flexibility with increasing time lag to the stressor. *Journal of Cognitive Neuroscience; J Cogn Neurosci*, *23*(11), 3218-3227. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00024
- Shields, G. S., Trainor, B. C., Lam, J. C. W., & Yonelinas, A. P. (2016). Acute stress impairs cognitive flexibility in men, not women. *Stress (Amsterdam, Netherlands); Stress*, *19*(5), 542-546. <https://doi.org/10.1080/10253890.2016.1192603>

Theeboom, T., Beersma, B., & Van Vianen, A. E.,M. (2016). The differential effects of solution-focused and problem-focused coaching questions on the affect, attentional control and cognitive flexibility of undergraduate students experiencing study-related stress. *The Journal of Positive Psychology, 11*(5), 460-469. <https://doi.org/10.1080/17439760.2015.1117126>

Tona, K., Revers, H., Verkuil, B., & Nieuwenhuis, S. (2020). Noradrenergic regulation of cognitive flexibility: No effects of stress, transcutaneous vagus nerve stimulation, and atomoxetine on task-switching in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience, 32*(10), 1881-1895. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01603