



**Leila Niemi-Murola**

dosentti, erikoislääkäri, kliininen opettaja  
HY, Anestesiologian ja tehohoidon yksikkö  
HYKS, ATeK  
leila.niemi-murola@hus.fi

# Tiedollinen ylikuormitus

## – AIVOILLAMMEKIN ON RAJANSA

Anestesiälääkäri työskentelee mutkikkaassa työympäristössä, joka joskus haastaa havainto- ja oppimiskykymme äärimmilleen.

**K**ognitiivinen tiedollinen ylikuorma (cognitive load) on lääketieteellisen koulutuksen kirjallisuudessa paljon tutkittu asia. Mutkikkaassa työympäristössä toimimaan tottuneen on joskus vaikea ymmärtää, etteivät kokeneelle seniorille itsestään selvät asiat ole vasta-alkajalle yhtä helppoja. Lentokoneeseen mennessäni ja sieltä poistuessani luonkin aina katseen ohjaamoon, jonka ovi on silloin auki. Lentokoneen ohjaamossa on paljon enemmän erilaisia nappuloita, vipuja ja valoja kuin auton kojelaudassa. Tuntuu käsittämättömältä, että joku osaa lukea mittareista oleelliset tiedot ja ohjata konetta niiden mukaan. Potilaat ja kandit käyttävät usein lentokoneen ohjaamovertauskuvana sille, miltä anestesiakone ja –monitorit heistä näyttävät.

Päivittäisessä anestesiatyössä kokeneetkin kollegat joutuvat tilanteisiin, joissa testataan tiedollisen kuormituksen rajoja. Hyvä esimerkki tällaisesta on huonokuntoisen potilaan siirto päivystyspoliklinikalta tai teho-osastolta leikkaussaliin tai päinvastoin. Henkilökunnan huomio kiinnittyy monitoreihin, infuusioletkujen sotkuiseen vyyhteen ja kanyylien varjelemiseen samalla, kun vastaanottava taho keskittyy potilaan hoidon jatkamiseen ja raportin antaja kertaa vielä potilaan hoitoon liittyvät tärkeimmät tiedot. Tilanteen vakiinnuttamisen jälkeen hoitava lääkäri pääsee työstämään saamia tietoa ja tarkistamaan niihin jääneitä aukkoja. Vaikka sähköiset potilastietojärjestelmät auttavat hoidon jatkuvuuden säilyttämisessä, potilaan luovutukseen seuraavalle hoitavalle taholle liittyy aina riski hiljaisen tiedon menetyksestä (1).

Toinen usein eteen tuleva ongelma on usean työtehtävän hoitaminen samaan aikaan (multitasking). Puhelin soi, monitori piipittää ja kirurgi kysyy jotakin. Tuoreen päivystyspoliklinikalla tehdyn tutkimuksen mukaan henkilökunnan työ keskeytyi 5,63 kertaa tunnin aikana ja kolmannes heidän työajastaan kului usean tehtävän samanaikaiseen hoitamiseen (2). Keskeytykset olivat suorassa yhteydessä tiedonkulun ongelmiin ja vaikuttivat hoidon laatuun (2). Toisen tuoreen simulaatiotutkimuksen mukaan 63 % erikoistuvista kirurgeista teki ainakin yhden potilasturvallisuutta vaarantavan päätöksen joutuessaan häiriityksi keskittymistä vaativassa tehtävässä (3). Häiriöiltä ja keskeytyksiltä emme valitettavasti voi välttyä, joten meidän on vain pakko opetella elämään niiden kanssa.

### Miten mieli toimii?

Kognitiivisen eli tiedollisen kuormituksen teorian (cognitive load theory)(4) mukaan kognitio voidaan jakaa kahteen osaan: muistiin ja oppimiseen. Ensin mainittuun vaikuttavat aistit, työmuisti ja pitkäaikainen muisti. Aistiemme kautta aivoihin saapuu jatkuvasti paljon tietoa, joka kuitenkin säilyy vain joitakin millisekunteja (5). Tietoa tulee useita kanavia pitkin, joista tavallisimmat ovat näkö ja kuulo, leikkaussalissa myös hajuaisti (kuva 1).

Työmuistin kapasiteetti on hyvin rajallinen. On mahdollista pitää mielessä keskimäärin seitsemän asiaa yhtäaikaan – plus miinus kaksi (6). Koulutuksessa käytetään usein hyväksi sitä, että voimme vahvistaa havainnointia käyttämällä hyväksi

Tiedollisen kuorman luokittelu	
Tiedollisen kuorman alalaji	Määritelmä
Sisäinen kuormitus (intrinsic load)	Asian monimutkaisuudesta ja oppijan kokemuksen määrästä riippuvat tekijät.
Ulkopuolelta tuleva kuormitus (extraneous load)	Ulkoiset liialliset tai häiritsevät tekijät, jotka eivät liity oppimiseen. Esimerkiksi sekava ohjaus tai heikot ongelmanratkaisumenetelmät.
Opittavaan asiaan liittyvä kuormitus (germane load)	Oppimisprosessista riippuvat tekijät suoraan suhteessa sisäiseen kuormitukseen. Esimerkiksi oppijan tasoon nähden liian helppo tai liian haasteellinen tehtävä.

Taulukko 1. Tiedollinen kuorma voidaan jakaa kolmeen luokkaan (5, 7)

Tiedollisen kuorman huomioiminen ohjaustilanteessa		
Ohjaustilanteen suunnittelu	Kuvaus	Esimerkki
<b>Ulkoisen kuormituksen vähentäminen</b>		
Avoimet tehtävät	Anna avoimia tehtäviä, jotka rohkaisevat ajattelemaan valmiiden vastausten hakemisen sijaan.	"Kerro mahdollisimman monta komplikaatiota, joka voisi selittää nämä oireet." (ikä "Mikä komplikaatio tällä potilaalla on?").
Valmiit esimerkit	Korvaa perinteinen tehtävä valmiilla esimerkillä, johon oppijan pitää huolellisesti perehtyä.	Pyydä oppijaa kritisoimaan valmista hoitosuunnitelmaa sen sijaan, että hän itse laatisi sellaisen.
Hajautetun huomion periaate	Korvaa monesta lähteestä tuleva tieto yhdellä kertaa nähtävällä.	Anna ohjattavalle laitteen käyttöohjeet silloin, kun hän niitä tarvitsee eikä erillisellä paperilla etukäteen.
Viimeistely	Korvaa kokonainen tehtävänanto puoliksi tehdyllä, jonka ohjattava joutuu viimeistelemään.	Anna aloittelevan ohjattavan tehdä vain osa toimenpiteestä sen sijaan, että hän tekisi sen alusta loppuun itse.
<b>Sisäisen kuormituksen hallinta</b>		
Yksinkertaisesta monimutkaiseen	Korvaa perinteiset osatehtäväsarjat tehtävillä, joissa on aluksi vain tehtävän osa ja laajenna vähitellen kokonaisuuteen.	Pyydä ohjattavaa soveltamaan perusfysiologiaa (esim. täyttö ja verenpaine) potilaan hoidon suunnitteluun ja laajenna vähitellen hemodynamiikan monitorointiin ja hoitoon.
Viitteellisestä realistiseen	Korvaa perinteiset osatehtäväsarjat yksinkertaisella perusmallilla ja etene simulaation kautta todelliseen elämään.	Bronkoskopian harjoittelussa sarja reällisiä mukeja auttaa skoopin käytön harjoittelussa ja suunnistuksen opettelemisessa.
<b>Oppimiseen liittyvän kuormituksen optimointi</b>		
Vaihtelevuuden periaate	Korvaa pinnallisesti toisiaan muistuttavien sarjojen läpikäynti sellaisilla, jotka eroavat toisistaan kaikissa niissä ulottuvuuksissa, missä ne eroavat todellisessakin elämässä.	Kun kuvaat jotakin oiretta, kuvaa sitä erilaisilla potilailla (ikä, sukupuoli, painoindeksi, sairaushistoria, lääkitys jne.).
Oman selityksen pohtiminen	Korvaa erilliset yksinkertaiset esimerkit runsassisällöisillä ja pyydä ohjattavaa selittämään saamansa tieto.	Näytä sydämen toimintaa kuvaava animaatio UÄ-tutkimusta opettelevalle erikoistuvalla ja auta häntä selittämään sydämen toimintamekanismi.

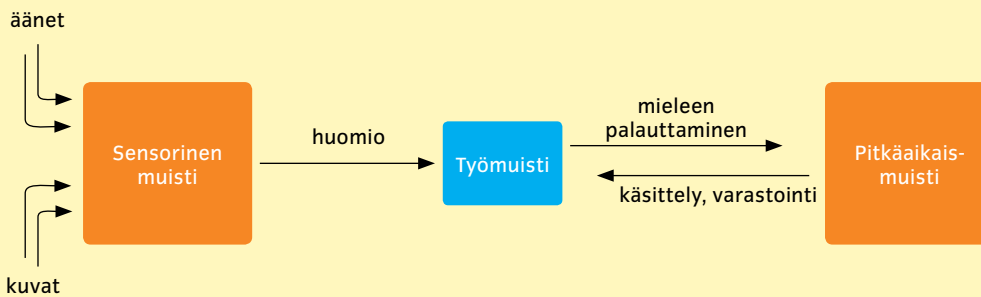
Taulukko 2. Ohjaaja voi helpottaa oppimista vähentämällä ulkoista kuormaa ja annostelemalla tehtävän sisäistä kuormitusta siten, että se optimoi oppimiseen liittyvän kuormituksen (5, 7).

kahta tiedonhankintakanavaa. Asia painuu mieleen paremmin, jos se esitetään sekä visuaalisesti että selittämällä (5, 7). Tekstin ja kuvan samanaikainen käyttö taas kuormittaa visuaalista kanavaa eikä siitä juuri ole hyötyä. Arkinen esimerkki on ajan

painaminen mieleen esimerkiksi elvytystilanteen alussa, kun lääkäri katsoo kelloa ja samalla sanoo ajan ääneen.

Jos kuormittuneessa tilanteessa ilmenee uusia muistettavia asioita, jokin entisistä 5-9 asiasta

## Muistin toiminta



Kuva 1. Aktinson-Shriffin kolmivaiheinen kuvaus ihmisen muistin toiminnasta (5). Sensorisen muistin kapasiteetti on laaja, mutta havainnot säilyvät vain muutamia millisekunteja. Työmuistin kapasiteetti taas on hyvin rajallinen, retentioaika on 15-30 sekuntia ja pystymme pitämään mielessä 7 +/- 2 asiaa yhtäaikaan. Työmuisti käsittelee asiat ja säilöo ne pitkäaikaismuistiin, jonka kapasiteetti on lähes rajaton.

## Tiedollinen taakka oppimisen eri vaiheissa

a. Noviisi on joutunut suorittamaan tasoonsa nähden liian vaativaa tehtävää eikä oppimiseen jää kapasiteettia.

Ulkoisen kuormitus

Sisäinen kuormitus

b. Rutiinitehtävää suorittava edistynyt erikoistuva, jolla ei ole tarvetta oppia.

Ulkoisen kuormitus

Sisäinen kuormitus

c. Oppimisen kannalta optimaalinen tiedollinen kuormitus erikoistuvalla, joka oppii suorittaessaan tehtävää.

Ulkoisen kuormitus

Sisäinen kuormitus

Oppimisesta aiheutuva

Kuva 2. Tiedollinen taakka kolmessa oppimisen vaiheissa olevalla erikoistuvalla (5).

katoaa mielestä (5, 7). Työmuisti käsittelee tietoisuuteen nousseen datan, jonka mieli työstää tietopaketti. Tämä puolestaan voidaan säilöä pitkäaikaismuistiin. Pitkäaikaismuistia voidaan verrata tietokoneen kovalevyyn tai pilvipalveluun, jonka kapasiteetti on lähes rajaton (5).

### Noviisit ja konkarit

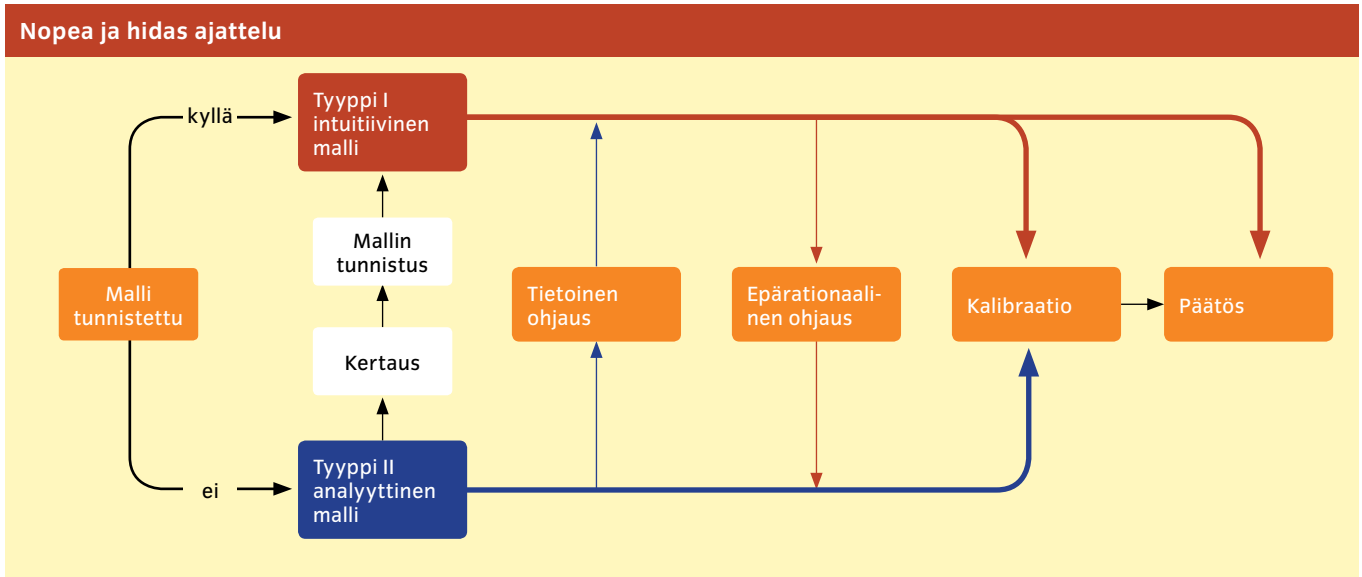
Opiskelijat ja aloittelevat anesthesiologit kokevat työpisteensä samalla tavalla kuin maallikot lentokoneen ohjaamon. Paljon tietoa on saatavilla, mutta merkityksellisen informaation seulominen on vaikeaa. Mitä monimutkaisempi asia on ja mitä useammalla tavalla opittavat asiat ovat vuorovaikutuksessa keskenään, sen työläämpää on oppiminen (7). Elinten nimet on helppo oppia, mutta esimerkiksi verenkierron fysiologiassa on jo paljon toisiinsa vaikuttavia tekijöitä. Haastetta

lisävät vielä erilaiset sairaudet ja niiden hoidossa käytettävät lääkkeet. (5, 7).

Työmuisti kuormittuu helposti, kunnes erikoistuva oppii luomaan toimintamalleja. Nopea syke, matala verenpaine ja kylmä periferia viittaavat hypovolemiaan – tämä havainto voidaan käsitellä yhtenä kokonaisuutena eikä se kuormita työmuistia. Mitä enemmän voimme käyttää pitkäaikaismuistiin perustuvaa hahmontunnistusta, sen helpompaa on tehdä johtopäätöksiä kuormituneessa tilanteessa (5).

### Kolmenlaista kuormitusta

Kognitiivinen kuormitus voidaan jakaa kolmeen osaan eli sisäiseen, ulkopuolelta tulevaan ja oppimisprosessiin liittyvään (Taulukko 1, viitteet 5, 7). Sisäinen kuormitus on sitä suurempi, mitä monimutkaisemmasta asiasta on kyse. Ulkoinen



Kuva 3. Nobel-palkittu Daniel Kahneman on kuvannut kaksi eri ongelmanratkaisutapaa, intuitioon perustuvan nopean ja analyyttisen hitaan mallin (10). Teoriaa on sovellettu myös anesthesiologiaan (9).

kuormitus saattaa johtua häiriötekijöistä, mutta myös opiskelijan tai erikoistuvan ohjaaja saattaa kasvattaa sitä puhumalla yhtä asiaa ja näyttämällä toista (5). Ulkoinen kuormitus heikentää oppimista varsinkin, jos tehtävä on oppijan tasoon nähden liian haastava eli sisäinen kuormitus on liian korkea (Kuva 2). Rutiinitehtävän suoritus taas menee helposti alisuoriutumiseksi.

Kolmas kuormittava tekijä liittyy oppijan omaan tekniikkaan. Mitä tehokkaampia tiedon rakennuksen tekniikoita oppija pystyy käyttämään, sen helpompaa oppiminen on. Vasta-alkajat joutuvat opettelemaan asioita ulkoa tai ratkomaan ongelmia arvauksen, yrityksen ja erehdyksen kautta, koska heillä ei ole vielä näitä edistyneempiä tekniikoita käytettävissään (5). Oppimiseen vaadittava ponnistus on suoraan verrannollinen tiedolliseen kuormaan ja käänteisesti verrannollinen saatavilla olevaan kognitiiviseen kapasiteettiin (Kuva 2)(5, 7). Joskus aivojen raksutus on melkein kuultavissa, kun oppijan aivot tekevät työtä ja pohjatietoa haetaan esille uuden kokonaisuuden rakentamiseksi. Alku on aina hankalaa ja oppimiseen liittyvä turhautuminen on vain hyväksyttävä.

Kaavojen tai käsikirjoitusten luominen ja automaatio ovat kaksi tärkeintä oppimisen muotoa (5). Oppija rakentaa malleja hankkiessaan tietoa, yhdistäessään sitä aiemmin oppimaansa ja ratkoessaan asiaan liittyviä ongelmia. Mieli muokkaa

syntyneitä kokonaisuuksia yhdistelemällä tiedon jyväsiä ja päivittämällä asiaa koskevaa tietoa. Jos rakentuneet kaavat eivät toimikaan, ristiriita aiemmin tiedon kanssa nousee tietoisuuteen ja ihmiselle syntyy tietoinen tarve päivittää osaamistaan (8). Automaation myötä rutiinitehtävät pystytään hoitamaan sujuvasti, jolloin työmuistin koko kapasiteetti on käytössä opeteltaessa tilanteen mahdollisesti vaatimia uusia toimenpiteitä (5). Kokeneellekin tulee vastaan uusia ja outoja tilanteita – oppiminen on päättämätön prosessi.

Asiantuntijatasolle yltämiseen vaaditaan sekä tiedon hankintaa, että kokemusta sen käytöstä. Työuransa aikana asiantuntijat ovat rakentaneet useita alansa liittyviä erilaisia ratkaisumalleja ja käyttäneet siitä säännöllisesti, mikä helpottaa niiden esiin kaivamista (5). Käyttämätön tietokään ei unohdu, mutta sen päälle vain kertyy pölyä. Perusfysiologia, farmakologia ja anatomia ovat seniorienkin työn perusta, mutta tämä tieto on kapseloitunut pitkäaikaismuistin perukoille ja sen esiin kaivaminen vaatii paljon aktiivista kertausta (5).

### Nopea ja hidas ajattelu

Periaatteessa lääketieteellinen diagnostiikka ja hoito ovat varsin selväpiirteisiä asioita, sillä monista sairauksista ja niiden hoidoista on olemassa

selvät näyttöön perustuvat suositukset ja useilla leikkausosastoilla on lisäksi omat suositukset erilaisten leikkausten ja potilasryhmien hoidosta. Käytännössä asia ei ole näin yksinkertainen, vaan yksilöiden välinen vaihtelu on suurta (9).

Nobel-palkinnon voittaja Daniel Kahnemann on kuvannut kaksi eri päätöksentekomallia, hitaan ja nopean ajattelun (10)(Kuva 3). Alussa mainittu nopean sykkeen, matalan verenpaineen ja kylmän periferian yhdistelmä viittaa hypovolemiaan ja intuitiivinen malli ohjaa meitä hoitamaan potilasta sen mukaan. Jos jokin ei sovi sisäiseen malliimme, alamme käyttää analyyttistä päätöksentekoa: eteen voi tulla epätyypillinen potilastapaus, jota joudumme pohtimaan pitkäänkin ennen mallin tunnistamista ja paluuta intuitiiviseen toimintaan (9, 10).

Käytännön ohjaustyössä näkee usein, miten tuoreet erikoistuvat lyövät toimintamallin lukkoon varsin nopeasti ja etenevät intuitiivisen päätöksenteon mukaan, ohittaen kaavaan mahdollisesti sopimattomat yksityiskohdat. Potilas saattaa tällöin edetä varsin pitkällekin väärällä tuotantolinjalla ennen kuin joku kyseenalaistaa suunnan. Noviiisit ovat vasta muodostamassa mallejaan, joiden kehittämiseen vaaditaan vuosien työ ja aktiivinen reflektio (5, 10). Kokeneilla senioreilla taas on käytettävissä useita vaihtoehtoisia toimintamalleja, joita kehitellään tilanteen edetessä (5).

## Ohjaaja auttaa oppimista vähentämällä tiedollista kuormitusta

Oppimista voidaan auttaa vaikuttamalla kaikkiin kolmeen tiedollisen kuorman lajiin (5) (Taulukko 2). Vasta-alkajilla on useimmiten hyvät perustiedot, mutta niiden soveltaminen kliiniseen potilastyöhön ei ole helppoa ja ongelmia ratkaistaan usein yrityksen ja erehdyksen kautta (5). Yksinkertaiset kliiniset esimerkit ja muistisäännöt (esim. MIDAS) auttavat tässä vaiheessa, mutta edistyneillä erikoistuvilla saattaa käydä päinvastoin. Tiedon pilkkominen yksittäisiksi esimerkeiksi hankaloittaa kokonaisuuden hahmotusta, jolloin erikoistuva ei pysty luomaan työmuistin kuormitusta vähentäviä malleja.

Käytännössä kannattaa käydä läpi monimutkaista potilastapausta vähän kerrallaan, edeten yksinkertaisuuksista realiteetteihin ja pitäen kokonaisuutta esillä. Neljän komponentin malli sopii hyvin monimutkaisten potilastapausten harjoitteluun (5). Malli koostuu sarjasta todelliseen potilastapaukseen liittyviä oppimistehtäviä, joiden vaikeusaste lisääntyy tapausta ratkottaessa.

Esimerkkinä voisi olla perusterve päivystyspotilas, jonka diagnosoimattomat terveysongelmat tulevat esiin anestesian aikana. Mallin toinen osa on ongelmanratkaisua tukeva tieto. Aluksi erikoistuvalle annetaan kaikki tapauksen kannalta oleellinen tieto, mutta valmiina annetun lisätiedon määrä vähenee sitä mukaa, kun hän itse osoittaa pystyvänsä hankkimaan sitä. Kolmas osa koskee anesteziologista prosessia; ohjaaja on valmiina auttamaan vaiheesta toiseen siirryttäessä. Mallin neljäs osa on osatehtäväharjoitus (5). Jos erikoistuvalla on vaikeuksia jonkin tehtävän, esim. keskuslaskimokanyylin laitossa, sitä voidaan harjoitella erikseen ja muuten keskittyä kokonaisuuden hallintaan.

## Tiedollinen taakka ja simulaatiokoulutus

Tiedollisen kuormituksen vaikutusta käytännön työhön on tutkittu paljon simulaatioiden avulla. Oppijan tunnetila saattaa kasvattaa kognitiivista kuormitusta ja heikentää oppimista. Haasteen kokeminen virkistävänä parantaa oppimista, mutta liian suuri haaste suhteessa aiempaan osaamistason heikentää sitä (11). Davisin ja työtoverien tutkimuksessa (12) todettiin, että tehtävän liiallinen vaatavuus oli mitattavissa kyselyn, osallistujan käytännön suoriutumisen seurannan sekä pulsin, verenpaineen ja hengitysfrekvenssin kaltaisten fysiologisten muuttujien avulla. Simulaatiokoulutuksen avulla tehtävien vaativuutta pystytään säätelemään, mutta käytännössä suunnittelun tekee hankalaksi pienryhmien heterogeenisyys ja oppijoiden vastahakoisuus tuoda esiin osaamisensa heikkouksia. Niiden arviointi on kuitenkin tärkeää siksi, että pystyttäisiin löytämään osaamisensa ääri rajoilla toimivat oppijat ja tukemaan heidän edistymistään (12).

Yhä monimuotoisemmaksi käyvässä toimintaympäristössämme keskeytyksiltä on vaikea välttyä ja päällekkäisiä työtehtäviä on pakko oppia priorisoimaan (3, 13). Tuoreessa artikkelissa Adams ja Rho (13) suosittelevat mallia, jossa simulaatioharjoitukseen on tarkoituksella suunniteltu yllättäviä keskeytyksiä. Harjoittelemallakaan ei ole mahdollista lisätä työmuistin kapasiteettia, mutta se auttaa ihmisiä tietoisesti pohtimaan toimintaansa paineisissa tilanteissa ja löytämään omia tapojaan selvittää niistä (13). Osa ulkoisesta tiedollisesta taakasta on eliminoitavissa omia ja työyhteisön työtapoja muokkaamalla. Jos kesken työtehtävän tulee kutsu vielä kiireisempään suoritteeseen, esimerkiksi elvytykseen, opetellaan palaamaan kesken jääneeseen tehtävään (13).

## Sovellus klinikkaan

Koulutuksen suunnittelua varten on oma mittarinsa, Multi-Tasking Assessment Tool (MTAT) (14). Ammatillisen kehityksen virstanpylväät alkavat yhden potilaan hoitamisessa keskeytyksistä huolimatta. Seuraavalla tasolla erikoistuva pystyy hoitamaan kahta potilasta samaan aikaan ja kulkemaan näiden välillä. Kolmannella portaalla erikoistuva vaihtaa sujuvasti usean potilaan luota toisen luo käyttäen aikansa tehokkaasti. Neljännellä kehityksen tasolla erikoistuva pystyy johtamaan koko päivystyspoliklinikkaa ja korkeimmalla osaamisen tasolla pystyy tähän ruuhkatilanteissa (14).

Riskialttiissa potilassiirto- ja raportointitilanteissa tiedollisen taakan tietoinen vähentäminen on mahdollista (1, 4). Työmuistin rasitusta voidaan keventää perehtymällä huolella esitietoihin ennen potilaan tuloa, jotta pystytään omaksumaan uutta tietoa yhdistelemällä sitä vanhaan. Tarkentavat kysymykset saattavat turhauttaa raportin antajaa, mutta ne tukevat tiedon omaksumista. Kahden kanavan yhtäaikainen käyttö helpottaa myös mielen painamista. Kannattaa siis sanoa ääneen monitorin lukemat ja hengityskoneen asetukset. Raportinantotilanne tulisi rauhoittaa; useimmiten tiimillä on aikaa pysähtyä ja kuunnella. Ihmiskunta on vuosituhansien aikana selvinnyt työmuistin seitsemällä asialla ja mekin pystymme sopeuttamaan työmme sen mukaan. ■

### Viitteet:

1. Wurz J, Regli B. In one ear and out the other: Communication barriers as a risk factor for critical incidents. *Anesthesia and Analgesia* 2007; 1319-21.
2. Weigl M, Muller A, Holland S ym. Work conditions, mental workload and patient care quality: a multisource study in the emergency department. *BMJ Qual Saf* 2016; 25: 499-508.
3. Murji A, Luketic L, Sobel ML ym. Evaluating the effect of distractions in the operating room on clinical decision-making and patient safety. *Surg Endosc* 2016; 30: 4499-4504.
4. Sweller J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cogn Sci* 1988; 12: 257-85.
5. Young JQ, van Merriënboer J, Durning S, ten Cate O. Cognitive load theory: Implications for medical education: AMEE Guide no. 86. *Medical Teacher* 2014; 36: 371-84.
6. Miller GA. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychol Rev* 1956; 63: 81-97.

7. van Merriënboer JGG, Sweller J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Med Educ* 2011; 44: 85-93.
8. Taylor DCM, Hamdy H. Adult learning theories: Implications for learning and teaching in medical education: AMEE Guide No. 83. *Medical Teacher* 2013; 35: e1561-72.
9. Steigler MP, Tung A. Cognitive processes in anesthesiology decision making. *Anesthesiology* 2014; 120: 201-17.
10. Kahnemann D. *Thinking fast and slow*. NY, Farrar Straux Gioroux 2011.
11. Fraser K, Ma I, Teterus E ym. Emotion, cognitive load and learning outcomes during simulation training. *Med Educ* 2012; 46: 1055-62.
12. Davis DHJ, Oliver M, Byrne AJ. A novel method of measuring the mental workload of anaesthetists during simulated practice. *Br J Anaesth* 2009; 105: 665-69.
13. Adams TN, Rho JC. Multitasking simulation: Present application and future directions. *Medical Teacher* 2017; 39: 120-22.
14. Heng KW. Teaching and evaluation of multitasking ability in emergency medicine residents – what is the best practice? *Int J Emerg Med* 2014; 7: 41.