

Jarkko Hautala
Mikko Aro

Yksinkertaisten kirjoitettujen sanojen tunnistus sujuvassa ja hitaassa lukemisessa kirjain-äänne vastaavuudeltaan säännönmukaisessa suomen kielessä

Koska nykyiset sanantunnistuksen mallit koskevat pitkälti kirjain-äännevastaavuudeltaan epäsäännömukaista englannin kieltä, on tärkeää tutkia sanantunnistusta myös täysin säännönmukaisissa kielissä, kuten suomessa. Tämän tutkimuksen päätavoitteena on ollut selvittää, mitkä ovat lukemisen perusyksiköitä (kirjaimet, tavut, sanat) sujuvassa ja hitaassa sanatason lukemisessa. Pääpiirteissään tulokset olivat kaksoisreittimallin mukaisia: tuttujen sanojen kirjaimia prosessoidaan yhtäaikaisesti, kun taas vieraiden sanojen lukemisessa korostuu sarjallinen, kirjaimittain etenevä prosessointi. Erilaisten tehtävien vertailussa selvisi, että jos tavoitteena on ymmärtää sanan merkitys – eikä vain lukea se ääneen – hitaasti lukevat lapset kokoavat äänneet tavuiksi. Lisäksi silmänliikemittausten avulla saimme uutta tietoa varhaisista sanantunnistuksen prosesseista. Näyttää siltä, että vieraita sanoja lukiessaan sujuva lukija siirtää

tarkkaavaisuutensa nopeasti ja sarjallisesti kirjaimesta toiseen. Sama prosessi tuottaa kuitenkin hitaille lukijoille ongelmia.

Taustaa. Johtavat sanantunnistuksen mallit on kehitetty kirjoitusjärjestelmältään epäsäännönmukaisessa englannin kielessä. Keskittyessään epäsäännönmukaisuuksien hallintaan tutkijat ovatkin joutuneet tekemään käytännöllisiä rajoituksia, kuten keskittymään yksitavuisten sanojen tunnistamiseen, mikä rajoittaa mallien yleistettävyyttä. Koska kirjoitusjärjestelmät poikkeavat suuresti toisistaan, on tärkeää tutkia sanantunnistuksen perusmekanismeja eri kielissä. Huolimatta siitä, että suomen kieli on kirjain-äännevastaavuudeltaan yksi maailman säännönmukaisimpia (Aro, 2004) ja siten sanantunnistuksen kannalta erittäin mielenkiintoinen, on sanantunnistuksen perusmekanismeja tutkittu maassamme vain vähän. Olemme pyrkineet selvittämään ensinnäkin sitä,

miten yksinkertaisia kirjoitettuja sanoja tunnustetaan suomen kielessä, jossa säännömukaisen kirjoitusjärjestelmän vuoksi lukeminen voi periaatteessa perustua täysin sarjalliseen prosessiin (Aro, 2004), ja toiseksi sitä, miten hitaasti lukevien lasten ja aikuisten sanantunnistus eroaa sujuvista lukijoista. Keskeisenä kysymyksenä oli, mitkä ovat lukemisen perusyksiköitä (kirjaimet, tavut, sanat) sujuvassa ja hitaassa sanatason lukemisessa.

Sanantunnistusta koskevista tutkimushavainnoista on johdettu erilaisia keskenään kilpailevia teoreettisia malleja. Kenties tunnetuin sanantunnistuksen teoria, lukemisen kaksoisreittimalli, perustuu ajatukseen kahdesta erillisestä prosessista: sarjallisesta dekodauksesta sekä yhtäaikaisesti sanan kaikkia kirjaimia käsittelevästä, muistijälkeen perustuvasta tunnistamisesta (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon & Ziegler, 2001). Konnektionistisissa malleissa on puolestaan tutkittu sitä mahdollisuutta, että yksi assosiativinen hermoverkosto voi kyetä lukemaan sekä uusia että jo muistissa olevia sanoja (Seidenberg & McClelland, 1989). Konnektionististen mallien perustana ovat puhutun ja kirjoitetun kielen vastaavuuksien oppimista simuloivat laskennalliset mallit, joissa oppimiseen liittyviä algoritmeja voidaan muokata ja tarkastella niiden vaikutuksia taitoon.

Konnektionistinen malli ja kaksoisreittimalli on yritetty yhdistää konnektionistisessa kaksoisprosessimallissa (Perry, Ziegler & Zorzi, 2007). Vahvan fonologisen teorian mukaan lukemisessa kirjoitus muunnetaan ensin tavalla tai toisella puhutuksi kieleksi, jonka kautta päästään käsiiksi merkitykseen (Frost, 1998). Mallista riippumatta lukemisen pulmien ajatellaan johtuvan kehityksellisestä vaikeudesta saavuttaa riittävän sujuvaa yhteyttä kirjoitetun ja puhutun kielen edustusten välillä.

Lukuyksiköt lasten lukemisessa. Saadaksemme kuvan suomalaisten lasten sanantunnistuksesta vertasimme iänmukaisesti ja hitaasti lukevia kakkosluokkalaisten, kun he tekivät perinteisiä kirjoitettujen sanojen ääneen nimeämisen sekä leksikaalisen päätöksenteon tehtäviä (Hautala, Aro, Eklund, Lerkkanen & Lyytinen, 2012). Leksikaalisen päätöksenteon tehtävässä lapsen tuli päättää, onko kirjainjono merkityksellinen sana vai ei. Päätulokset on esitetty kuviossa 1.

Iänmukaisesti lukevat lapset lukivat tutkimuksessamme merkityksettömiä sanoja kirjaimittain. Sanan kirjainmäärä vaikutti nimeämisen ja leksikaalisen päätöksenteon nopeuteen: mitä pidempi sana oli, sitä hitaammin se saatiin sanottua ääneen ja sitä hitaammin löytyi myös sanan merkitys. Kun luettavana oli oikea sana, kirjainmäärä vaikutti vain nimeämiseen, mutta ei leksikaaliseen päätöksentekoon. Tämä havainto viittaa siihen, että sujuvilla lukijoilla sanan pituus vaikuttaa pääasiassa sen ääneen lukemisen nopeuteen eikä siten välttämättä heijasta eroja sanantunnistuksen ydinprosesseissa lyhyitä ja pitkiä sanoja luettaessa. Sen sijaan hitailla lukijoilla kirjainmäärä vaikutti voimakkaasti suoritusnopeuteen tehtävästä ja sanatyypistä (merkityksetön sana / oikea sana) riippumatta. Nimeämisen kestot olivat heillä voimakkaasti yhteydessä kirjainten lukumäärään, mikä viittaa siihen, että he lukevat sanan lähes kirjain kirjaimelta. Tällainen lukemisstrategia on mahdollinen vain kirjain-äännevastaavuudeltaan täysin säännömukaisissa kielissä, kuten suomessa, jossa sana voidaan lukea yksinkertaisesti kokoamalla kirjainäänteet sarjallisesti yhteen.

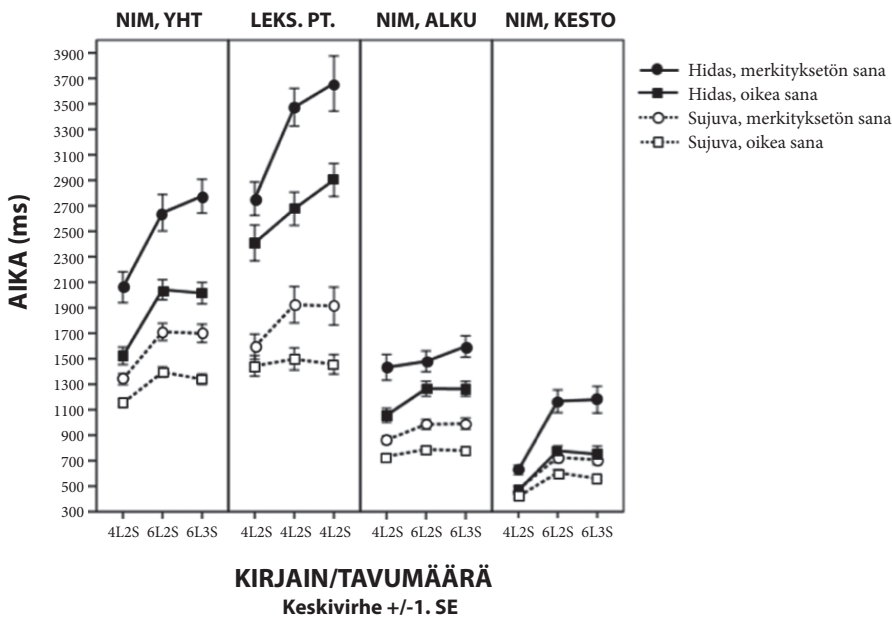
Leksikaalisessa päätöksenteossa hitailla lukijoilla kesti kauan tunnistaa monitavuisien sanojen merkitys. Tämä viittaa siihen, että selvittäessään sanan merkitystä

heikot lukijat kokoavat yksittäiset äänteet ensin tavuiksi ja edelleen tavut kokonaiseksi sanaksi. Tämä tulos voi heijastella hitaan, äänteistä kokoavan lukemistavan tuottamia ongelmia. Tällöin tavarakenteen ja -rytmin tavoittaminen saattaisi auttaa sanan tarkan äänneasun – ja sen tuella merkityksen – oivaltamista.

Laajemmin tämän osatutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että äänteiden kokoaminen tunnistettavaksi sanaksi on erityinen haaste heikoille lukijoille. Pelkässä ääneen lukemisessa sanan merkityksen ymmärtäminen on hitauden takia haasteellista, ja toisaalta säännönmukaisessa kirjoitusjärjestelmässä sanan voi osata ääntää vaikkei ymmärtäisikään sen merkitystä. Sanan merkityksen tavoittamiseksi hitaat lukijat tukeutuvat myös sanan tavu-

rakenteeseen. Jatkotutkimuksissa on syytä tutkia tarkemmin niitä haasteita ja mahdollisuuksia, joita heikoilla lukijoilla on sanan osien kokoamisessa ja merkitysten oivaltamisessa.

Silmänliikkeet. Silmänliikkeiden vaikutusta lukemiseen tutkittiin vertaamalla hitaasti lukevia viidenluokkalaisia ja sujuvasti lukevia aikuisia, joiden tehtävänä oli lukea samoja sanoja yhä uudelleen (Hautala, Hyönä, Aro & Lyytinen, 2011). Tutkimuksessa selvitettiin, liittyykö hidas lukutaito siihen, että lukija kohdistaa katseensa sanassa useampaan kertaan kuin sujuva lukija. Vaihtoehtoisesti hitaus saattaisi johtua yksittäisten katseenkohdistusten, fiksaatioiden, pidemmästä kestosta. Oikeanpuoleinen paneeli kuviossa 2 osoittaa, että

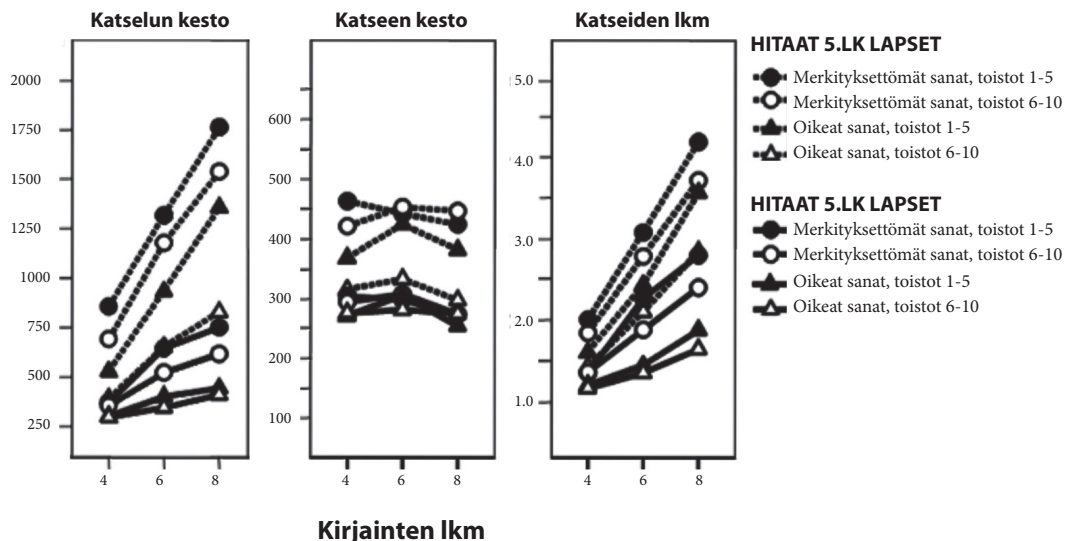


Kuvio 1. Hitaiden ja sujuvien 2.lk:n lasten reaktioajat kirjoitettujen sanojen nimeämisessä ja leksikaalisessa päätöksenteossa. Lyhenteet: L=Kirjainmäärä, S=Tavumäärä, Nim = Nimeämisen kokonaisaika, Leks. pt. = leksikaalinen päätöksenteko, Nim, alku = nimeämisen aloittaminen, Nim, kesto = nimeämisen kesto.

hitaat lukijat todella kohdistavat katseensa useampaan kertaan sanassa kuin nopeat lukijat. Lisäksi kohdistusten lukumäärä riippuu hyvin voimakkaasti kirjainten lukumäärästä, mutta vain vähän siitä, onko kirjainjono merkityksellinen sana vai ei. Sanojen toistaminen vaikutti yllättävän vähän hitaiden lukijoiden lukutapaan, mutta lyhensi yksittäisen katsehduksen kestoa oikeita sanoja luettaessa, kuten keskimäinen paneeli kuviossa 2 osoittaa. Hitaat lukijat tukeutuivat siis sitkeästi sarjalliseen lukutapaan, vaikka sanat olivat jo tulleet tutuiksi. On mahdollista, että heidän lukemisstrategiansa on varovainen ja virheitä välttelevä ja että he haluavat tarkistaa kirjaimet erityisen huolellisesti.

Sanantunnistuksen ydinprosessit aikuisilla.

Kirjainmäärän vaikutus sanantunnistuksen nopeuteen saattaa johtua toisaalta visuaalisista, toisaalta puheen tuottamiseen liittyvistä prosesseista. Lisäksi tavumäärä ei näytä aikuisilla vaikuttavan juurikaan sanantunnistuksen nopeuteen suomen kielessä. Sanantunnistuksen kannalta kiinnostava kysymys on, eteneekö sanaedustuksen muististahaku sarjallisesti (kirjaimittain) vai vaikuttavatko kaikki kirjaimet yhtäaikaaisesti tähän hakuun. Tätä kysymystä voidaan tutkia sanan yksilöitymispisteen avulla. Yksilöitymispiste tarkoittaa sanan alusta lukien sitä kirjainta, jonka kohdalla yhdelläkään toisella sanalla ei ole enää samaa alkua. Esimerkiksi sanalla ”kioski” yksilöitymispiste on kolme, koska mikään muu kuusikirjaiminen sana ei ala



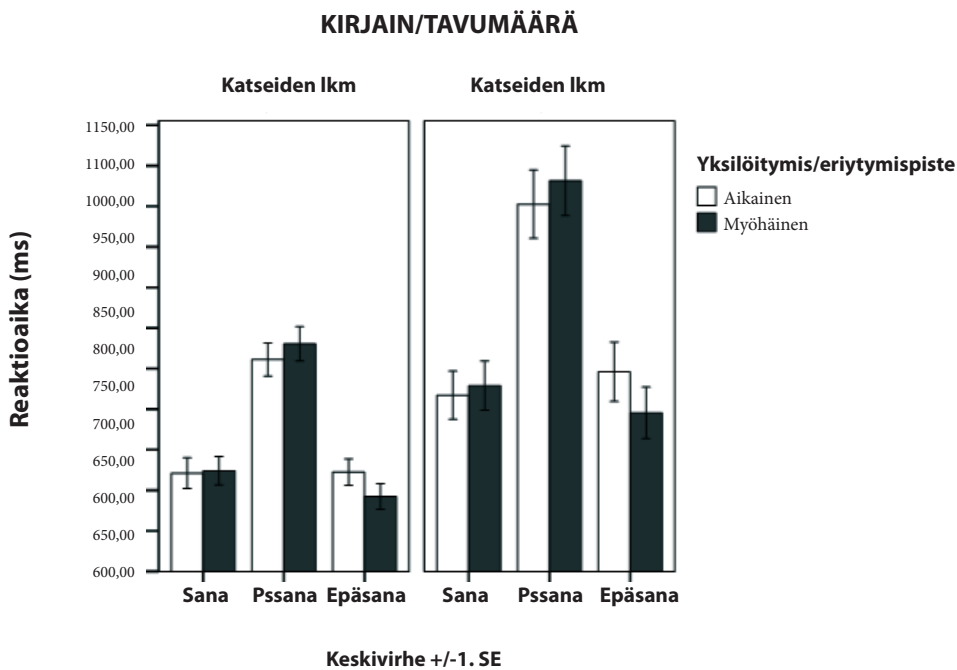
Kuvio 2. Sanan ja merkityksettömän sanan kirjainmäärän sekä toiston vaikutus ääneenlukemisen aikaisiin silmänliikemuuttujien keskiarvoihin. Katselun kesto = ensimmäisen katselun aikaisten katseiden yhteiskesto, Katseen kesto = yksittäisten katseiden kesto ensimmäisen katselun aikana, Katseiden lkm = ensimmäisen katselun aikana tehtyjen katseiden lukumäärä.

”kio”. Sen sijaan sanalla ”purkka” tunnistamiseen tarvitaan kaikki kuusi kirjainta, koska on olemassa sana ”purkki”. Näiden sanojen yksilöitymispiste on kuusi. Merkityksettömissä sanoissa kuten ”rurkki” ja ”purkke” ja epäsanoina kuten ”zioski” ja ”kioskz” samaa asiaa nimitetään sanasteroamispisteeksi.

Vertasimme yksilöitymis- ja eroamispisteeltään aikaisten ja myöhäisten sanojen, merkityksettömien sanojen ja epäsanoina tunnistamista leksikaalisen päätöksenteon tehtävässä, jossa tiesimme sarjallisen prosessoinnin vaatimusten olevan vähäisiä (Hautala, 2012). Oletimme, että jos muistista haku on sarjallista, aikaisin yksilöityvät sanat tunnistetaan nopeammin kuin myöhään yksilöityvät. Kaksoisreittimallin (Coltheart ym., 2001) pohjalta johdettavien oletusten mukaisesti oikeiden sanojen

lukemisessa yksilöitymispisteellä ei ollut vaikutusta, kun taas merkityksettömien sanojen ja epäsanoina eriytymispiste vaikutti selkeästi reaktioaikoihin (kuvio 3). Toisessakin samantyyppisessä kokeessa eriytymispiste vaikutti selvästi sanan vierauden oivaltamiseen, erityisesti silloin, kun ensimmäinen tavu sopi oikeaan sanaan. Tämä viittaa siihen, että sujuvat lukijat saattavat hakea merkityksiä vieraalle sanalle alkutavun perusteella.

Kuvio 3 osoittaa myös, että hitaat lukijat reagoivat poikkeavan hitaasti erityisesti merkityksettömiin sanoihin, mikä viittaa ongelmiin fonologisessa prosessoinnissa. Sen sijaan sanan yksilöitymispiste ei vaikuttanut myöskään heikkojen lukijoiden reaktioaikoihin, mikä viittaa puolestaan siihen, että myös hitaat aikuiset lukijat kykenevät kokosanantunnistukseen, joka

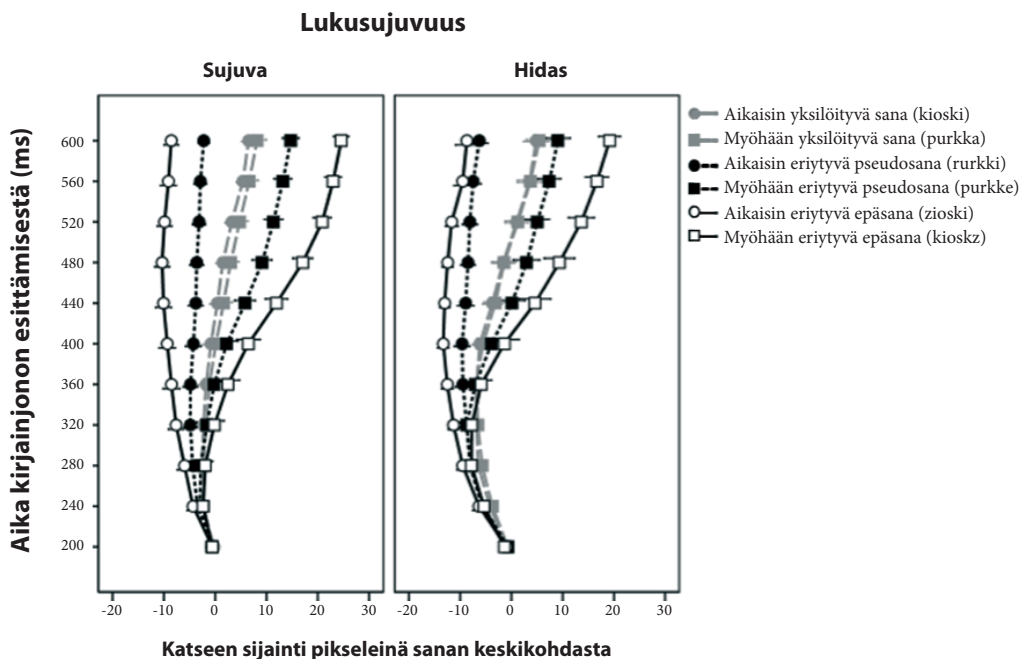


Kuvio 3. Sanojen yksilöitymispisteiden sekä merkityksettömien (pssana)- ja epäsanoina eriytymispisteiden vaikutukset leksikaalisen päätöksenteon reaktioaikoihin sujuvilla ja hitailla aikuisilla lukijoilla.

vain toimii hieman hitaammin kuin normaalilukijoilla. Merkityksettömien sanojen ja epäsanojen lukemisessa löytyi viitteitä myös suuremmasta eriytymispisteen vaikutuksesta, mistä voi päätellä hitaiden lukijoiden sarjallisen lukuprosessin toimivan aikuisenakin hieman hitaammin kuin sujuvilla lukijoilla.

Rekisteröimme myös tutkittavien silmänliikkeet samaisen leksikaalisen päätöksenteon kokeen aikana. Kuvio 4 näyttää tutkittavien katseen keskimääräisen sijainnin suhteessa sanan keskikohtaan 40 ms:n jaksoissa. Sanojakin luettaessa katse siirtyy aluksi kohti sanan alkua; tämä liike korostuu hitailla lukijoilla. Huomaa, että yksi kirjain vastaa kuvaajassa noin 20:tä pikseliä, joten kyseessä ovat erittäin pienet keskimääräiset erot silmänliikkeissä. Epäsanoissa (zioski, kioskz; yhtenäiset viivat

kuviossa 4) ja merkityksettömissä sanoissa (rurkki, purkke; katkoviivat kuviossa 4) eriytymispiste vetää katsetta voimakkaasti puoleensa. Sanan lopussa olevat poikkeamat vaikuttavat hitaiden lukijoiden katseeseen poikkeavan myöhään. Tämä tulos viittaa siihen, että tarkkaavaisuusikkuna eli kerrallaan tarkkailtava sananosa on hitailla lukijoilla kooltaan pienempi sarjallisessa luetavassa (Bosse ym., 2007). Sujuvilla lukijoilla havaittiin, että epäsanojen eriytymispiste vaikuttaa katseeseen nopeammin kuin merkityksettömien sanojen eriytymispiste ja että aikainen eriytymispiste vaikuttaa katseeseen aikaisemmin kuin myöhäinen eriytymispiste. Ajallisesti nämä varhaiset eriytymispisteen vaikutukset olivat samanlaiset epä- ja merkityksettömissä sanoissa sekä samaa kokoluokkaa kuin eriytymispisteen vaikutukset reakti-



Kuvio 4. Katseen keskimääräinen sijainti (x-akselilla) suhteessa sanan, merkityksettömän pseudosanan ja epäsanon keskipisteeseen 40 ms:n aikaskaalalla (y-akseli).

tioajoissa. Nämä tulokset viittaavat siihen, että fonologinen prosessointi seuraa hyvin nopeasti varhaista ortografista prosessointia ja että jo ortografisessa prosessoinnissa saattaa olla nopea sarjallinen komponentti mukana, mahdollisesti juuri tarkkaavaisuuden sarjallinen siirtyminen, kuten konnektionistinen kaksoisprosessimalli ennustaa (Perry ym. 2007).

Havainto, että myös hitaat lukijat kykenevät kokosanantunnistukseen, vahvistaa ajatusta siitä, että lukivaikeudesta huolimatta sanantunnistus voi kehittyä yksittäisiä kirjaimia suurempiin yksiköihin perustuvaksi. Tutkimusryhmämme tavuharjoittelututkimuksessa (Huemer ym., 2010; Aro ym., valmisteilla) olemmekin havainneet, että lukivaikeuksisten lasten sarjallista lukutapaa saadaan harjoittelun avulla muutettua kohti kirjainta suurempien sanansisäisten yksiköiden käyttöä. Havaintomme, että sanan merkitystä tavoitellessaan hitaasti lukevat lapset kokoavat äänneet tavuiksi, puoltaa tavujen pitämistä dekodauksen yksikköinä suomen kielessä (Hautala ym., 2012). Tuen kannalta haasteena on tehdä merkityksettömien yksiköiden (tavujen) tunnistamisen harjoittelusta kyllin motivoivaa, kehityksellisesti oikea-aikaista ja tarpeeksi intensiivistä.

Sanojen tunnistaminen lauseissa. Aina silloin tällöin esitetään, että lukivaikeuden syynä olisivat pulmat näköhavainnon käsittelyssä eli visuaalisessa prosessoinnissa (Martelli ym., 2009). Valmisteilla olevassa tutkimuksessamme tutkittiin sujuvien ja hitaiden aikuisten silmänliikkeitä hiljaisessa lauselukemisessa, jossa vielä kohdesanojen kirjainmäärää ja fyysistä leveyttä vaihdeltiin toisistaan riippumatta. Oletimme, että jos visuaalisilla tekijöillä on merkitystä, niin joko kapeita tai leveitä sanoja katsottaisiin luettaessa suhteellisesti kauemmin.

Hyödyntämällä kirjasantyyppien erilaisia leveyksiä voidaan löytää sanoja, jotka ovat yhtä leveitä, mutta sisältävät eri määrän kirjaimia. Esimerkiksi sanat ”tiikeri” ja ”amme” ovat tietyillä kirjaintyypeillä fyysisesti yhtä leveitä kirjainmäärän erosta huolimatta. Leveät sanat kuten ”mummo” yltävät ihmisen tarkan näön alueen reunalle, jolloin sanan reunimmaisten kirjainten tunnistaminen voi hidastua. Toisaalta kapeat sanat kuten ”tilli” ovat visuaalisesti ahdetumpia, ja tiedetään, että spatiaalisesti hyvin lähellä olevat kohteet hidastavat toistensa tunnistamista (Bouma, 1970).

Tämäntyyliiset kohdesanat oli opotettu lähes identtisiin lauseisiin, joiden lukemisen aikaiset silmänliikkeet rekisteröitiin. Havaitsimme, että sanan fyysisellä leveydellä ei ollut vaikutusta fiksaatioiden kestoihin, kun taas kirjainmäärällä oli selvä vaikutus, 10 ms per kirjain, riippumatta lukusujuvuudesta. Lisäksi kirjainmäärän kasvu lisäsi todennäköisyyttä luoda sanan toinenkin katsahdus. Kirjainmäärän vaikutus sujuvassa lukemisessa on linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa (Rayner & Raney, 1996; Hawelka ym., 2010). Niissä ei kuitenkaan ole otettu huomioon sanan fyysistä leveyttä (McDonald, 2006). Sen sijaan silmänliikkeet, sakkadit, määräytyivät lähes täysin sanan leveyden mukaan, vaikuttaen sakkadin pituuteen ja sakkadin laskeutumiskohtaan sanassa, sekä todennäköisyyteen hypätä sanan yli. Nämä tulokset tukevat näkemystä, että sanojen fyysinen leveys vaikuttaa katseen sijoittumiseen sanassa, kun taas sanan kielelliset ominaisuudet (kuten kirjainten määrä) ohjaavat sanantunnistuksen eli katseen kestoa. Hitaat lukijat erosivat sujuvista lukijoista ainoastaan siinä, että heidän fiksaatioidensa kestot olivat huomattavasti pidempiä.

Nämä tulokset tukevat sanantunnistuskokeistamme johtamaamme näkemys-

tä, että myös hitaat aikuiset lukijat kykenevät tunnistamaan sanoja kokonaisina. Sen sijaan epäselvää on, miksi kirjaimella on suhteellisen vakioinen vaikutus fiksaation keston. Tämän vaikutuksen koko ei kuitenkaan selitä eroja lukunopeudessa. Ehkäpä kyseessä on juuri tuo varhainen tarkkaavaisuuden sarjallinen siirtymä, jonka havaitsimme leksikaalisen päätöksenteon aikaisissa silmänliikkeissä. Se, miksi kirjainvaikutus ei tunnu selittävän lukujuvuutta, saattaa johtua siitä, ettei sarjallisella tarkkaavaisuuden siirtymisellä ollut juurikaan merkitystä oikeita ja tuttuja sanoja luettaessa, vaan sen merkitys korostuu ainoastaan lukijalle uusia ja vieraita sanoja luettaessa.

Tässä kuvatussa tutkimuksesta on saatu tarpeellista perustietoa yksittäisten, perusmuotoisten sanojen tunnistamisen prosesseista suomen kielessä. Tulokset viittaavat siihen, että visuaalisen prosessoinnin pulmat eivät olisi ainakaan aikuisten lukemisen hitauden taustalla, vaan hitaus johtuu sanantunnistuksen yleisestä hitaudesta. Kehityksellisesti lukivaikeudessa näyttäisi olevan kyse dekodauksen pulmista sekä sarjalliseen prosessointitapaan juuttumisesta. Dekodauksessa erityisen pulmallista näyttäisi olevan äänteiden koostuminen yhteen tai kootun kokonaisuuden yhdistäminen merkitykseen. Tämä on ymmärrettävää, kun muistetaan suomen kielen täysin säännönmukainen kirjoitusjärjestelmä, joka mahdollistaa äänteellisen dekodauksen ilman merkityksen tunnistamista. Siksi on mietittävä keinoja, joilla kokoavaa dekodaukseen voidaan harjoittaa. Dekodauksen sujuvoituminen puolestaan saattaa edesauttaa varsinaisen sanantunnistuksen kehittymistä, vaikkakin oma kysymyksensä on, voisiko myös kokosantunnistusta harjoittaa erikseen.

Kirjoittajatiedot:

Jarkko Hautala, PsT, toimii tutkijana Agora Centerissä, Jyväskylän yliopistossa. Hänen 30.3.2012 julkaistu väitöskirjansa: "Visual word recognition in fluent and dysfluent readers in the transparent Finnish orthograph" on luettavissa osoitteessa: <http://julkaisut.jyu.fi/?id=978-951-39-4698-2>

Mikko Aro, PsT, toimii professorina Jyväskylän yliopiston Erityispedagogiikan laitoksella

LÄHTEET

- Aro, M. (2004). Learning to read: The effect of orthography. *Jyväskylä studies in education, psychology and social research*; 237. Doctoral Dissertation. University of Jyväskylä, Finland.
- Bosse, M.L., Tainturier, M.J. & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104, 198–230.
- Bouma, H. (1970). Interaction effects in parafoveal letter recognition. *Nature*, 226, 177–178.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R. & Ziegler, J. (2001). DRC: A Dual Route Cascaded Model of Visual Word Recognition and Reading Aloud. *Psychological Review*, 108, 204–256.
- De Luca, M., Di Pace, E., Judica, A., Spinelli, D. & Zoccolotti, P. (1999). Eye movement patterns in linguistic and non-linguistic tasks in developmental surface dyslexia. *Neuropsychologia*, 37, 1407–1420.
- Frost, R. (1998). Toward a strong phonological theory of visual word recognition: True issues and false trails. *Psychological bulletin*, 123, 71–99.
- Hautala, J. (2012). Visual word recognition in fluent and dysfluent readers in the transparent Finnish orthography. *Jyväskylä studies in education, psychology and social research* 435. Doctoral Dissertation. University of Jyväskylä, Finland.
- Hautala, J., Aro, M., Eklund, K., Lerkkanen, M.-K. & Lyytinen, H. (2012). The role of letters and syllables in typical and dysfluent reading in a transparent orthography. *Reading & Writing*.

- Hautala, J., Hyönä, J. & Aro, M. (2011). Dissociating spatial and letter-based word length effects in observers' eye movement patterns. *Vision Research*, 51, 1719–1727.
- Hautala, J., Hyönä, J., Aro, M. & Lyytinen, H. (2011). Sublexical effects on eye movements during repeated reading of words and pseudowords in Finnish. *Psychology of Language and Communication*, 15, 1–21.
- Hawelka, S., Gagl, B. & Wimmer, H. (2010). A dual-route perspective on eye movements of dyslexic readers. *Cognition*, 115, 367–379.
- Huemer, S., Aro, M., Landerl, K. & Lyytinen, H. (2010). Repeated Reading of Syllables Among Finnish-Speaking Children With Poor Reading Skills. *Scientific Studies of Reading*, 14, 317–340.
- Martelli, M., Di Filippo, G., Spinelli, D. & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, 9.
- McDonald, S.A. (2006). Effects of number-of-letters on eye movements during reading are independent from effects of spatial word length. *Visual Cognition*, 13, 89–98.
- Perry, C., Ziegler, J.C. & Zorzi, M. (2007). Nested incremental modeling in the development of computational theories: the CDP+ model of reading aloud. *Psychological review*, 114, 273–315.
- Seidenberg, M.S. & McClelland, J.L. (1989). A Distributed, Developmental Model of Word Recognition and Naming. *Psychological review*, 96, 523–568.