

# Sanojen erottelun varhaisen kehityksen perusta

Taru Katariina Saarelainen  
Kandidaatintutkielma  
Psykologia  
Lääketieteellinen tiedekunta  
Joulukuu 2020  
Ohjaaja: Teija Kujala

Tiedekunta - Fakultet - Faculty Lääketieteellinen tiedekunta Medicinska fakulteten Faculty of Medicine	Laitos - Institution - Department Psykologian osasto
Tekijä - Författare - Author Saarelainen, Taru	
Työn nimi - Arbetets titel - Title Sanojen erottelun kehityksen varhainen perusta	
Oppiaine - Läroämne – Subject Psykologia	Työn laji – Arbetets art – Level Kandidaatintutkielma
Vuosi - År – Year 2020	Ohjaaja – Handledare – instructor Teija Kujala
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Sanojen erottelu jatkuvasta puhevirrasta on tärkeä kielen kehityksen ja puhumaan oppimisen varhainen vaihe. Vaikka tätä kielen kehityksen vaihetta on tutkittu jo jonkin verran, ei sen tarkempia mekanismeja vielä kuitenkaan täysin tunneta. Sanojen erottelua on aiemmin tutkittu lähinnä käyttäytymiseen ja vauvan tarkkaavuuden muutoksiin pohjautuvilla menetelmillä, joilla vauvan varhaisimpia kehitysvaiheita on hyvin vaikeaa tutkia. Aivokuvantamismenetelmien kehityksen myötä on viime vuosina voitu aihetta tutkimia jo aivan vastasyntyneillä. Nykytiedon valossa yleiset lähtökohdat sanojen erottelulle yhtenäisestä puhevirrasta ovat olemassa jo varhain, mahdollisesti jo syntymästä lähtien.</p> <p>Tavoitteet. Tämän tutkielman tavoitteena on tarkastella uusinta tietoa sanojen erottelun kehityksestä alle yksivuotiailla.</p> <p>Menetelmät. Kirjallisuushaku tehtiin PubMed tietokannasta hakusanoilla "word segmentation development infants". Artikkeleita rajattiin aiheen mukaan siten, että tutkimusten tuli koskea vauvoja (alle 1v.) ja sanojen erottelua puheesta. Artikkelit valittiin painottaen kokeellisia tutkimuksia ja tuoreimpia löydöksiä aiheesta. Lisäksi mukaan valittiin joitakin artikkeleita tietokantahausta valittujen artikkeleiden lähdeluetteloista.</p> <p>Tulokset ja johtopäätökset. Uusimpien aivokuvantamistutkimusten perusteella jo vastasyntyneet kykenevät ainakin jollakin tasolla erottelemaan sanoja yhtenäisestä puhevirrasta. Sanojen erottelussa käytettävistä vihjeistä ainakin puheen prosodia sekä puheen tavujen esiintymisen todennäköisyydet vaikuttaisivat olevan hyödynnettävissä jo vastasyntyneenä. Sanojen erottelu näyttäisi olevan vauvoille helpompaa puhunnoksen reunoilta kuin sen keskeltä. Vauvoille suunnatun puheen on todettu sisältävän aikuisille suunnattua puhetta enemmän sanojen erottelua helpottavia vihjeitä, ja vauvat erottelevatkin sanoja helpommin vauvoille suunnatusta puheesta. Vauvojen pienenä kuuleman puheen määrä saattaa vaikuttaa myöhempisiin sanojen erottelun taitoihin. Kun sosiaalinen oppiminen on jo iän puolesta mahdollista, vauvojen voi olla mahdollista erotella sanoja helpommin sosiaalisissa konteksteissa, ainakin verrattuna videoituun opetukseen. Sanojen erottelu näyttäisi aktivoivan samoja aivoalueita kuin fonologinen työmuisti ja fonologisen työmuistin kehitys saattaakin olla yhteydessä sanojen erottelun taitojen kehitykseen.</p>	
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Sanojen erottelu, puheen kehitys, kielen kehitys, vauva, vastasyntynyt	
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto – Helda / E-thesis (opinnäytteet)	

Tiedekunta - Fakultet - Faculty Faculty of Medicine	Laitos - Institution - Department Department of Psychology
Tekijä - Författare - Author Saarelainen, Taru	
Työn nimi - Arbetets titel - Title Early development of word segmentation	
Oppiaine - Läroämne – Subject Psychology	Työn laji – Arbetets art – Level Bachelor's thesis
Vuosi - År – Year 2020	Ohjaaja – Handledare – instructor Teija Kujala
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Word segmentation from continuous speech is an important step in the early development of speech and language. Even though there has been some research in this area, the exact mechanisms of word segmentation are not yet known. Most of the research has been conducted using behavioural methods that are based on the shifting of the infant's attention, but these methods do not permit one to study the earliest steps of infant development. Recent advances in brain research methods have allowed the investigation of word segmentation in new-born babies, and new information shows that the basis for word segmentation is evident very early on in development, even from birth.</p> <p>The goal of this thesis is to review the recent findings on word segmentation abilities of infants under the age of one year.</p> <p>A literary search was conducted in the PubMed database using the search terms "word segmentation development infants". The articles chosen for this thesis were mostly experimental research articles on word segmentation skills, with the subjects being infants under the age of one year. Newer articles were preferred, and some additional articles were chosen from the references of already chosen articles.</p> <p>Based on the recent brain imaging experiments, even new-born infants can segment words from continuous speech. At least prosody and the transitional probabilities of syllables are word segmentation cues that are available to the new-born. Segmenting words from the edges of utterances seems to be easier than segmenting utterance medial words. Infant directed speech includes multiple amplified word segmentation cues in comparison to adult directed speech, and it seems to facilitate earlier word segmentation. The amount of speech an infant hears very early on might affect later word segmentation abilities. When social learning is possible, infants might segment words easier in social contexts, at least when compared to learning through videos.</p> <p>Word segmentation seems to utilize the same brain regions as phonological short-term memory and thus the development of phonological short-term memory might be connected to the development of word segmentation abilities.</p>	
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Word segmentation, speech development, language development, infant, new-born	
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited Helsinki University library – Helda / E-thesis	

## Sisällys

<b>1. Johdanto.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Menetelmät.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Tulokset.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Sanojen erottelussa käytettäviä vihjeitä.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1.1 Reunasanat.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1.2 Prosodia.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.3 Tavujen tilastollinen esiintyminen.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Muita mahdollisia sanojen erotteluun vaikuttavia tekijöitä.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Pohdinta.....</b>	<b>9</b>
<b>5. Lähteet.....</b>	<b>11</b>

## 1. Johdanto

Puhumaan oppiminen on yksi merkittävimmistä varhaislapsuuden kehityksen tapahtumista. Kielen ja puheen oppimisen myötä lapsen on mahdollista olla monipuolisemmassa kontaktissa ja kommunikaatiossa ympäristönsä kanssa.

Ennen kuin kielen oppiminen ja oman puheen tuottaminen on mahdollista, on vauvan osattava hahmottaa kieltä (Jusczyk & Aslin, 1995). Puheen kehitys lähtee siis liikkeelle puheen havaitsemisen kehityksestä. Vastasyntyneen vauvan on opittava hahmottamaan omassa ympäristössään puhuttavasta kielestä sanoja (Jusczyk & Aslin, 1995). Puheen akustisessa virrassa ei itsessään ole systemaattisia sanarajoja, vaan sanarajat perustuvat muihin puheessa esiintyviin vihjeisiin ja opittuun kategorisaatioon (Jusczyk & Aslin, 1995). Miten vastasyntyneen on mahdollista oppia erottamaan sanoja tällaisesta suhteellisen yhtenäisestä puhevirrasta?

Sanojen erottelu varhaisessa iässä puheen oppimisen vaiheena on todettu ensimmäistä kertaa vuonna 1995, jolloin Jusczykin ja Aslinin (1995) tutkimusasetelmissa amerikanenglantia opettelevien vauvojen huomattiin kykenevän erottamaan sanoja jatkuvasta puhevirrasta noin 7,5 kk:n ikäisenä. Tämän jälkeen kyseiset tulokset on toistettu useasti käyttäen samaa tutkimusasetelmaa tai sen variaatioita (ks. esim. Johnson, Seidl, & Tyler, 2014).

Sanaerottelun tarkkoja mekanismeja ei kuitenkaan vielä täysin tunneta, eikä sanojen erottelun alkamisistä ole ainakaan käyttäytymiseen perustuvien tutkimusten avulla päästy yhteisymmärrykseen. Sanaerottelun normatiivisen kehityksen kulun tarkempi tunteminen tarjoaisi tärkeää informaatiota myös patologisen puheenkehityksen ymmärtämiselle. Lisäksi tietoa ihmisen puheen havaitsemisen kehittymisestä voidaan hyödyntää esimerkiksi puheentunnistusteknologioiden kehittämisessä.

Vauvojen sanojen erottelua on yleisesti tutkittu Jusczykin ja Aslinin (1995) tutkimuksen tapaan niin kutsutulla Head-turn Preference Procedure:lla (HPP), jossa vauvojen ääniärsykkeisiin kiinnittämisen tarkkaavuden aikaa käytetään mittarina sanojen tunnistamiselle. Jusczykin ja Aslinin (1995) tutkimuksessa pidempää kuunteluaikaa pidettiin merkinä sanan tunnistamisesta, mutta joissakin kokeissa pidempää kuunteluaikaa on pidetty merkinä poikkeavuuden huomaamisesta ja lyhyempää

kuunteluaikaa taas merkkinä totumisesta tuttuun sanaan (esim. Johnson, Seidl, & Tyler, 2014). HPP-tutkimuksissa tyypillisesti esitetään ensin opetus-/tutustumisvaiheessa yksittäisiä sanoja minkä jälkeen testataan sanojen erottelua ja tunnistusta kokonaisista lauseista, tai toisin päin, ensin tutustuttaen sanat lauseissa ja testaten tunnistusta yksittäisillä sanoilla. Testausvaiheessa vauvalle esitetään aiemmin opetettuja ja uusia sanoja joko itsenäisinä tai lauseisiin upotettuina, ja verrataan tuttuihin ja uusiin sanoihin kohdistetun tarkkaavuuden kestoa. Tutkimuksissa on käytetty sekä luonnollisia kieliä (esim. Minagawa, Hakuno, Kobayashi, Naoi, & Kojima, 2017), että keinotekoisia, tutkimusta varten tavuista koostettuja sanoja (esim. Fló, Brusini, Macagno, Nespor, Mehler, ... & Ferry, 2019).

Perinteisten käyttäytymiseen perustuvien asetelmien lisäksi viime aikoina on tehty myös joitakin elektroenkefalografiaa (EEG) (esim. Teinonen, Fellman, Näätänen, Alku & Huotilainen, 2009) ja toiminnallista lähi-infrapunakuvausta (engl. functional near-infrared spectroscopy, fNIRS) (Minagawa ym., 2017; Fló ym., 2019) hyödyntäviä tutkimuksia. Tämän myötä on voitu sekä selvittää sanojen erottelun hermostollista perustaa, että myös tehdä tutkimuksia, joissa on koehenkilöinä aivan vastasyntyneitä vauvoja. Näissä tutkimuksissa esitetään ärsykkeinä luonnollisia tai keinotekoisia sanoja, joihin syntyviä aivojen vasteita mitataan aivokuvantamisella.

Tarkastelen tässä tutkielmassa uutta tutkimustietoa sanojen erottelun kehityksestä. Käsittelen sitä, millaisten lähtökohtien myötä sanojen erottelun varhainen kehitys on mahdollista, mitkä vihjeet puhesignaalissa auttavat vauvaa erottelemaan sanoja yhtenäisestä puheesta, sekä mitä tässä vaiheessa tiedetään sanojen erottelun neuraalisesta perustasta.

## **2. Menetelmät**

Kirjallisuushaku tehtiin PubMed tietokannasta hakusanoilla "word segmentation development infants". Artikkeleita rajattiin aiheen mukaan siten, että tutkimusten tuli koskea vauvoja (alle 1v.) ja sanojen erottelua puheesta. Artikkelit tämän katsaukseen aineistoon valittiin painottaen kokeellisia tutkimuksia ja tuoreimpia löydöksiä aiheesta. Lisäksi mukaan valittiin joitakin artikkeleita tietokantahausta valittujen artikkeleiden lähdeluetteloista.

### **3.Tulokset**

#### **3.1 Sanojen erottelussa käytettäviä vihjeitä**

##### **3.1.1 Reunasanat**

Yksi selkeimmistä sanojen erottelun vihjeistä on puhunnoksen reuna. Puhunnos on yhtenäisestä puheesta fyysisesti tauolla erotettavissa olevan jakso. Sanat, jotka esiintyvät puhunnoksen alussa ja lopussa sisältävät siis jo valmiiksi yhden akustisesti selkeän erotteluvihjeen, tauolla osoitetun sanarajan. Tällöin riittää, että kyseinen sana erotellaan vain toisesta reunasta, sitä seuraavasta tai edeltävästä sanasta. Tälle niin kutsutulle reunahypoteesille (engl. edge hypothesis) onkin tukea monien tutkimusten tuloksista (Johnson, Seidl, & Tyler, 2014), ja se on mahdollisesti yksi varhaisemmista sanojen erotteluun käytettävistä vihjeistä. Esimerkiksi Johnsonin, Seidlin, ja Tylerin (2014) tutkimuksessa 6 kk:n ikäisten englantilaisten vauvojen osoitettiin erottelevan vanoja ja tunnistavan kohdesanoja puhunnoksen reunoilta, mutta ei keskeltä. Vauvat suuntasivat testausvaiheessa tarkkaavuutensa pidempään uusiin, tuntemattomiin sanoihin, sekä puhunnoksen keskellä olleisiin sanoihin. Tämä viittaa siihen, että toisin kuin reunoilla olleet sanat, puhunnoksen keskellä olleet kohdesanat eivät olleet heille tuttuja, eikä niitä siis oltu eroteltu muista sanoista. Samassa tutkimuksessa vauvat tunnistivat kohdesanoja myös eri puhujan äänellä esitettyinä silloin, kun sanat olivat puhunnoksen reunoilla. Vauvat eivät kuitenkaan tunnistaneet kohdesanoja silloin, kun niistä puuttui yksi tavu. Tämä voi viitata siihen, että nimenomaan kokonainen sana on tunnistettu, eikä vain yksittäinen erottuva osa sanasta. Vauvoille suunnattu puhe sisältääkin usein aikuisille suunnattua puhetta enemmän lyhyitä lausahduksia, ja tarjoaa siis paljon jo varhain eroteltavissa olevia reunasanoja (Johnson, Seidl, ja Tyler, 2014).

Myös Euroopan portugalia opettelevat 4-10 kk ikäiset vauvat kykenivät kaikki jo erottelemaan kohdesanoja puhunnoksen reunoilta HPP-tutkimusasetelmalla (Butler & Frota, 2018). Eroa nuorempien ja vanhempien ikäryhmien välillä ei ollut tilastollisesti, eli sanojen tunnistaminen vaikutti onnistuvan puhunnoksen reunalta iästä riippumatta yhtä hyvin. Kyseisessä tutkimuksessa puhunnoksen keskellä olevien kohdesanojen erottelu puolestaan parantui iän myötä. Alle 9 kk:n ikäisillä tutustumisvaiheessa opettujen tuttujen sanojen tunnistaminen puhunnoksen keskeltä ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi

kontrollina käytettyjen uusien tuntemattomien sanojen tunnistamisesta. 10 kk ikäiset puolestaan kiinnittivät jo tilastollisesti merkitsevästi enemmän huomiota puhunnoksen keskellä olleisiin kohdesanoihin verrattuna kontrollisanoihin, vaikka reunasanoihin kiinnitettiin edelleen eniten huomiota. Tutkimuksessa oli analysoitu tulokset puolen kuukauden välein jaetuilla ikäryhmillä, jolloin jokaisessa analyysin ikäryhmässä oli keskimäärin vain noin kolme vauvaa. Puhunnoksen keskeltä ja reunoilta tapahtuvan sanojen erottelun ilmeneminen eri ikäisillä vaatii siis lisää tutkimusta suuremmilla ryhmillä.

Vaikka puhunnoksen ensimmäisen tai viimeisen sanan toinen reuna on jo osoitettu tauolla, on toinen reuna vielä eroteltava sitä seuraavasta tai edeltävästä sanasta jollakin muulla keinolla. Tämän lisäksi puhunnoksen keskellä olevilla sanoilla ei ole reunasanojen tapaan lainkaan tauolla osoitettuna toista reunaa. Tällaisten sanojen erotteluun on siis käytettävä kokonaan muita vihjeitä.

### **3.1.2 Prosodia**

Puheen prosodiset piirteet, eli puheen rytmiset, tonaaliset, painotukselliset ja muut äänen laadulliset piirteet, tarjoavat puhunnoksen reunojen lisäksi informaatiota sanojen mahdollisista rajoista. Italialaisessa fNIRS-tutkimuksessa selvitettiin havaitsevatko jo vastasyntyneet tätä vihjetä (Fló ym., 2019). Tutkimuksessa ärsykkeinä olleisiin keinotekoisiiin kolmitavuisiin sanoihin oli tehty italian kielen prosodiaa vastaavat prosodiset muodot (engl. prosodic contours), eli ne mukailivat olemassa olevien italiankielisten sanojen tai lausahdusten prosodiaa. Tutkimuksessa käytetyt puhevirratt muodostettiin siten, ettei niissä ollut prosodian lisäksi muita vihjeitä käytettävänä sanojen erotteluun. Sanojen tunnistusta testattiin sanoilla, joissa oli tasainen prosodia. Lisäksi kohdesanoja esitettiin testausvaiheessa kokonaisina ja osittaisina, jotta saataisiin selville, onko kohdesanat eroteltu nimenomaan kolmen tavun kokonaisuuksina. Osittaiset sanat oli muodostettu kolmitavuisiksi kohdesanojen tapaan siten, että niiden kaksi ensimmäistä tai viimeistä tavua vastasi jonkin kohdesanan alkua tai loppua, ja kolmas tavu oli satunnainen. Koehenkilöinä olleilta vastasyntyneiltä vauvoilta saatiin fNIRS aivokuvantamisella erilaiset vasteet testausvaiheessa kokonaisille sanoille verrattuna osittaisiin sanoihin. Vauvat olivat tottuneet harjoitteluvaiheen puhevirrassa esiintyneisiin kokonaisiin sanoihin, joten ne olivat heille tutumpia, kun taas vain testausvaiheessa esitetyt osittaiset sanat olivat heille yllättävämpiä. Tämä viittaa siihen, että vauvat saivat eroteltua kokonaisia kohdesanoja sanoja toisistaan prosodian perusteella. Kohdesanat oli myös tunnistettu testausvaiheessa



ilman harjoitteluvaiheen prosodisia piirteitä. Sanojen tunnistaminen akustisesti erilaisessa muodossa onkin niiden oppimisen kannalta välttämätöntä, jotta sanat voidaan tunnistaa samoiksi puhujasta ja tilanteesta riippumatta.

Edellä esitellyssä tutkimuksessa (Fló ym., 2019) italiankielisten äitien vastasyntyneet vauvat erottelivat sanoja italian prosodian perusteella. He ovat siis jo ennen syntymäänsä kuulleet kyseistä kieltä ainakin äitinsä puhumana ja näin ollen myös tutustuneet sen prosodiaan. Kyseinen tutkimus viittaa siihen, että vauvojen on mahdollista hyödyntää ainakin oman äidinkiellensä prosodisia piirteitä sanojen erottelussa jo vastasyntyneinä. Tämän tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida sanoa, pysyvätkö vauvat hyödyntämään täysin uutta prosodista informaatiota sanojen erotteluun, vai onko prosodian hyödyntäminen mahdollista vain ennen syntymää saadun kokemuksen pohjalta.

### **3.1.3 Tavujen tilastollinen esiintyminen**

Kielen pienimmät rakennuspalikat, äänteet, muodostavat tavuja, jotka taas puolestaan muodostavat sanoja. Tavut määräytyvät niiden keskeisen tavuytimessä olevan äänten sonoriteetin mukaan, eli tavuytimen äänten suhteellisen, ympäröivistä äänneistä erottuvuuden mukaan, joten ne ovat helpommin ja varhaisemmassa vaiheessa saatavilla oleva puheen osa, kuin pelkät äänteet (Räsänen, Doyle, & Frank, 2018). Sonoriteetin perusteella määräytyvät tavut vaikuttavatkin olevan jo vastasyntyneille vauvoille hahmotettavissa oleva puheen osanen (Räsänen ym., 2018). Tämä on tietysti edellytys sille, että niitä voitaisiin käyttää sanojen erottelun vihjeenä.

Sanan sisällä jotkin tavut esiintyvät edellisen tavun jälkeen todennäköisemmin kuin toiset, sillä seuraavan tavun on jatkettava jo alkanutta sanaa. Sanarajojen kohdalla taas edellisen sanan viimeistä tavua voi seurata periaatteessa mikä tahansa uuden sanan aloittava tavu (Fló ym., 2019). Tähän perustuvat tavujen siirtymätodennäköisyydet (engl. transitional probabilities) eli se, millä todennäköisyydellä edellisestä tavusta siirrytään johonkin tiettyyn seuraavaan tavuun, ovat tilastollisen oppimisen (engl. statistical learning) kanssa yksi tärkeä tekijä sanarajojen oppimisessa (Saksida ym. 2017).

Aivotutkimusten mukaan jo vastasyntyneiden on mahdollista oppia sanoista tavujen esiintymistodennäköisyyksiä (Teinonen, Fellman, Näätänen, Alku, & Huotilainen, 2009, Fló ym., 2019). Esimerkiksi suomalaisessa EEG tutkimuksessa vastasyntyneille vauvoille

esitettiin kolmitavuisia keinotekoisia sanoja vartin ajan, jonka jälkeen niiden välissä alettiin esittää uusia, odottamattomia tavuja 45 minuutin ajan (Teinonen ym., 2009). Tavut ja sanat oli muodostettu siten, että niissä ei ollut prosodisia vihjeitä sanojen rajoista. Tavut esitettiin lisäksi tasaisin välein, jolloin sanojen rajoja ei voitu tunnistaa niiden välisten taukojen perusteella. Tutkimuksessa vauvoilta saatiin erilainen vaste sanojen ensimmäisiin tavuihin, verrattuna toiseen ja kolmanteen tavuun. Tämä voi johtua siitä, että sanarajan kohdalla uuden tavun prosessointiin liittyy enemmän yllätyksellisyyttä, kun taas sanan sisällä seuraavat oikeat tavut ovat todennäköisempiä, ja tottumisen myötä vähemmän yllättäviä. Vaste oli samoin suurempi sanan keskellä ilmenneille satunnaisille odottamattomille tavuille, joka viittaa siihen, että vauvat ovat kuunnellessaan tottuneet nimenomaan kokonaisiin kolmen tavun sanoihin. Teinosen ym. (2009) tutkimus osoittaa, että jo vastasyntyneiden on mahdollista oppia tavujen esiintymistodennäköisyyksiä tasaisesta puhevirrasta, ja ainakin jollain tasolla erotella näiden tavujen tilastollisten siirtymätodennäköisyyksien avulla sanoja toisistaan. Tutkimuksen perusteella siirtymätodennäköisyyksien tilastollinen oppiminen vaikuttaa siis olevan mahdollista jo hyvin varhain, ja on yksi mahdollisesti syntymästä asti saatavilla olevista sanojen erotteluvihjeistä.

Tälle tulokselle antaa tukea myös italialainen vastasyntyneillä tehty fNIRS tutkimus, jossa oli myöskin ärsykkeinä kolmitavuisia keinotekoisia sanoja (Fló ym., 2019).

Harjoitusvaiheessa esitetyssä puhevirrassa kokonaisia sanoja esitettiin ensin kutakin 60 kertaa, ja vielä tauon jälkeen 8 kertaa, molemmissa siirtymätodennäköisyydet huomioiden satunnaistetussa järjestyksessä. Tavut ja puhevirrasta oli muodostettu Teinosen ym. (2009) tutkimuksen tapaan siten, ettei niissä ollut saatavilla muita vihjeitä kuin tavujen esiintymistodennäköisyydet. Testausvaiheessa vauvoilta saatiin erilainen vaste kokonaisille ja osittaisille sanoille. Tämä viittaa siihen, että he tottuivat harjoitusvaiheen puhevirtaa kuunnellessaan siinä esiintyneisiin kokonaisiin sanoihin tavujen esiintymistodennäköisyyksien avulla. Testausvaiheen perusteella he pystyivät myös tunnistamaan kokonaiset sanat, eli ne oli kyetty erottelmaan puhevirrasta tavujen siirtymätodennäköisyyksien perusteella. Ainakin näiden kahden esitellyn tutkimuksen (Teinonen ym., 2009; Fló ym., 2019) perusteella tavujen tilastollinen oppiminen on siis mahdollista jo vastasyntyneille, ja tavujen siirtymätodennäköisyydet sanojen erottelun vihjeinä ovat saatavilla jo syntyessä.

### 3.2 Muita mahdollisia sanojen erotteluun vaikuttavia tekijöitä

Edellä käsitellyistä tutkimuksista suurin osa on hyödyntänyt enimmäkseen kuuloärsykeitä, yksinkertaisissa ja hyvin kontrolloiduissa tutkimusasetelmissa. Vauvojen ja lasten tiedetään oppivan paljon asioita sosiaalisessa kontaktissa vanhempien ja muiden läheisten ihmisten kanssa (esim. Bandura, 1986, Paulus, Hunnius & Bekkering, 2013), eikä puheen kehitys ole tässä poikkeus (Hakuno, Omori, Yamamoto & Minagawa, 2017). Sosiaalisella kontaktilla saattaisi siis olla vaikutusta myös sanojen erotteluun ja sen ilmenemiseen tutkimuksissa.

Tätä ajatusta selvitti tutkimus, jossa 5-6 kk:n ja 9-10 kk:n ikäisille japaninkielisille vauvoille opetettiin keinotekoisia kohdesanoja multimodaalisesti puhuen ja käsinukkejen avulla, joko luonnollisen kaltaisessa sosiaalisessa tilanteessa aikuisen henkilön kanssa, tai videoituna versiona samasta opetustilanteesta (Hakuno ym., 2017). Sanoja opetettiin 30 toiston verran. Molemmilta ikäryhmiltä saatiin asetelmalla sanojen erotteluun viittaavaa käyttäytymistä vain sosiaalisessa tilanteessa, ei videolta opetellessa. Sosiaalinen opetustilanne oli mahdollisesti monipuolisuuden ja vuorovaikutuksen takia kiinnostavampi vauvoille, jolloin heidän tarkkaavaisuutensa oli paremmin opetettavassa ja testattavassa asiassa. Tämä mahdollistaisi aktiivisemmän oppimisen, toisin kuin pelkältä videolta opeteltaessa. Tutkimus on kuitenkin yksittäinen, ja sosiaalisten tilanteiden vaikutusta sanojen erotteluun olisi tutkittava enemmän johtopäätösten vetämiseksi.

Se, että vanhemmat vauvat eivät näyttäneet erottelevan sanoja myöskään videolta Hakunon ym. (2017) tutkimusasetelmalla on eriävä tulos pelkkiä kuuloärsykeitä hyödyntävien HPP-tutkimusten kanssa, joissa myös nuoremmat vauvat ovat osoittaneet sanojen erotteluun viittaavaa käytöstä (esim. Jusczyki & Aslini, 1995). HPP-tutkimuksissa yleisesti on saatu ristiriitaisia tuloksia sanojen erottelusta eri ikäisillä, ja 7,5 kk:n iässä havaittavaa sanojen erottelua on todettu yhtenäisesti lähinnä Amerikanenglannin tutkimuksissa (kts. esim. Floccia ym., 2015 sekä Butler & Frota, 2018). Kuten aiemmin esitellyissä aivokuvantamistutkimuksissa on selvinnyt, jo vastasyntyneet pystyvät prosessoimaan keinotekoisia sanoja tavujen esiintymistodennäköisyyksien sekä prosodian perusteella (Teinonen ym., 2009; Fló ym, 2019). Kyse voi siis olla koeasetelmien vaikutuksesta siihen, miten vauvoilta on saatu mitattua heidän sanojen erotteluaan alle yksivuotiaina.

Brittiläisessä 13 tutkimuksen sarjassa alkuperäisellä Jusczykin ja Aslinin (1995) HPP-asetelmalla ja sen variaatioilla ei kahdessatoista tutkimuksessa löydetty näyttöä sanojen erottelusta 8-10,5 kk:n ikäisillä vauvoilla (Flocchia ym., 2015). Kyseisissä tutkimuksissa näyttöä sanojen erottelusta saatiin vain yhdessä tutkimuksessa, jossa puhe oli liioiteltua vauvoille suunnattua puhetta (engl. Infant Directed Speech, IDS). Tutkimuksissa varioitiin ärsykkeiden esitysjärjestystä (kohdesanojen opettaminen sanoilla ja tunnistus lauseista, tai toisin päin), esitysaikaa, puhujan aksenttia ja sitä, kuinka korostetusti puhe oli IDS:ää. Vauvoille suunnattu puhe yleisesti sisältää aiemmin käsiteltyjä puheen erottelun vihjeitä tavallista korostuneemmin, ja sen on todettu helpottavan sanojen erottelua varhaisella iällä (Thiessen, Hill, & Saffran, 2005). Amerikkalainen IDS on erityisen korostettua verrattuna moniin muihin kieliin (Flocchia ym., 2015; Fernald et al., 1989), joka voikin osin selittää, miksi monissa amerikkalaisissa tutkimuksissa on saatu HPP-koeasetelmilla esiin vauvoilta sanojen erotteluun viittaavaa käyttäytymistä. IDS on vauvoille kiinnostavampaa ja helpommin seurattavissa, ja sisältää enemmän prosodisia erotteluvihjeitä (Flocchia ym., 2015). Sen avulla käyttäytymiseen perustuvissa koeasetelmissa voi siis olla helpompi saada vauvat reagoimaan ja kiinnittämään huomionsa esitettyihin ärsykkeisiin, ja näin ollen näyttämään sanojen erotteluun viittaavaa käytöstä.

Vauvan kuuleman puheen laadun/tyypin (IDS vai ei, kuinka korostettua) lisäksi myös puheen määrällä voi olla jonkin verran merkitystä sanojen erottelun taitoihin myöhemmällä iällä. Vanhempien vauvalleen 4 kk:n iässä osoittaman puheen määrä näyttäisi olevan yhteydessä sanaerottelukykyyneen 8 kk:n ikäisenä (Hoareau, Yeung, & Nazzi, 2019). Tässä ranskalaisessa tutkimuksessa mitattiin perheen vanhempien puheen määrää vauvalleen 4 kk:n iässä jonakin tyyppisenä, kotona vietettynä viikonlopun päivänä. Mittaus toteutettiin kotiin annettulla äänittäjällä, ja äänitteestä analysoitiin vauvalle osoitetun puheen määrää. Myöhemmin 8 kk:n iässä testattiin vauvojen kykyä erotella sanoja tavujen siirtymätodennäköisyyksien perusteella. Tutkimuksessa selvitettiin myös vauvan 8 kk:n iässä esiintyvän oman jokeltelun määrää ja sen yhteyttä sanojen erottelun taitoihin (Hoareau ym., 2019). Vauvat, jotka olivat saaneet kuulla vanhemmiltaan 4 kk:n ikäisenä enemmän puhetta ja jotka jokeltelivat 8 kk:n iässä enemmän, pärjäsivät paremmin sanaerottelutehtävässä. Esitelty tutkimus on yksittäinen, ja sen heikkoutena on vanhempien puheen mittauksen vähäisyys, sillä vanhempien puhetta vauvalle mitattiin vain yhtenä päivänä. Tulokset voivat siis selittyä ainakin joiltakin osin metodologisilla tekijöillä.

Monet muutkin kehitykselliset tekijät vaikuttanevat eri ikäisten vauvojen sanojen erottelun kykyihin. Aivojen kehityksen vaikutusta tutkittiin sanojen erottelun hermostollista perustaa selvittävässä japanilaisessa fNIRS tutkimuksessa (Minagawa ym., 2017). Tässä tutkimuksessa 5–6, 7–8, ja 9–10 kk vanhoille vauvoille esitettiin japanin kielen sanoja, joita tunnistusvaiheessa eroteltiin luonnollisissa lauseissa. Tutkimuksessa 7 kk ikäisillä ja vanhemmilla vauvoilla havaittiin vahvempi vaste ohimo- ja pääläen lohkojen alueilla yksittäisiä kohdesanoja harjoitellessa, verrattuna alle 7 kk ikäisiin (Minagawa ym., 2017). Vanhemmilta, yli 7 kk ikäisiltä vauvoilta havaittiin lisäksi kohdesanoja lauseista tunnistettaessa vahvempi alemman otsalohkon alueen vaste. Kyseiset aivoalueet ovat tärkeitä fonologisen työmuistin käytössä olevia alueita, jotka alkavat seitsemän kk:n iän paikkeilla olla kehittyneet kunnolla (Minagawa ym., 2017). Näin ollen fonologisen työmuistin kehitys voi olla ainakin jossain, mahdollisesti tärkeässäkin yhteydessä sanojen erottelun kehitykseen.

#### **4. Pohdinta**

Sanojen erottelu puheesta on tärkeä kielen kehityksen ja puhumaan oppimisen varhainen vaihe (Jusczyk & Aslin, 1995). Nykytiedon valossa yleiset lähtökohdat sanojen erottelulle yhtenäisestä puhevirrasta ovat olemassa jo varhain. Sanojen erottelussa hyödynnettävistä vihjeistä ainakin puheen prosodia sekä puheen tavujen esiintymisen todennäköisyydet vaikuttaisivat olevan saatavilla vauvalle jo vastasyntyneinä, sillä he tottuvat keinotekoisiihin sanoihin niiden perusteella (Teinonen ym., 2009; Fló ym., 2019). Myöhemmällä iällä tehdyissä behavioraalisissa tutkimuksissa sanoja näytettäisiin eroteltavan helpommin ensin puhunnoksen reunoilta (Johnson, Seidl, & Tyler, 2014), ja myöhemmin puhunnoksen keskeltä (Butler & Froya, 2018). Sanaerottelun ilmenemiseen tutkimuksissa näyttäisi vaikuttavan kunkin kielen ominaispiirteiden lisäksi se, kuinka selkeästi eroteltava puhe on vauvoille suunnattua (Flocchia ym., 2015; Fernald et al., 1989) ja näin ollen siis se, kuinka paljon se sisältää eri erotteluvihjeitä (Thiessen, Hill, & Saffran, 2005). Vauvojen pienenä kuuleman puheen määrä saattaa olla yhteydessä sanojen erottelun taitoihin myöhemmällä iällä (Hoareau ym., 2019). Kun sosiaalinen oppiminen on jo iän puolesta mahdollista, vauvojen voi olla mahdollista oppia erottelemaan sanoja helpommin sosiaalisissa konteksteissa, ainakin verrattuna videoituun opetukseen (Hakuno ym., 2017). Sanojen erottelu aktivoi fonologisen työmuistin käytössä olevia aivoalueita, ja niiden kehitys saattaakin olla yhteydessä sanojen erottelun taitoihin (Minagawa ym., 2017).

Käyttäytymiseen perustuvilla tutkimuksilla sanojen erottelua on saatu esiin keskimäärin 6-8 kk iästä alkaen (ks. Johnson, Seidl, & Tyler, 2014), reunasanoilla aiemmin kuin puhunnoksen keskeltä (Johnson, Seidl, & Tyler, 2014, Butler & Frota, 2018). Uudemmissa aivokuvantamistutkimuksilla on kuitenkin saatu näyttöä siitä, että sanojen erottelun mahdollistavaa prosessointia tapahtuu jo vastasyntyneillä (Teinonen ym., 2009, Fló ym., 2019). Voi siis olla, että sanoja voidaan erotella jo hyvin varhain, mutta niiden hyödyntäminen ei välttämättä näy käyttäytymisessä muiden taitojen kehityksen puutteen takia. Tämä voisi selittää, miksi pelkkiä behavioraalisia metodeja hyödyntävissä tutkimuksissa ei ole saatu luotettavia ja yhtenäisiä tuloksia sanojen erottelusta kuin vasta noin 7 kk:n iän jälkeen.

Sanaerottelun ilmenemistä behavioraalisissa kokeissa voi medioida jonkin tai joidenkin muiden taitojen kehitys, jonka takia niissä olisi päädytty noin 6-8 kk:n ikään sanaerottelun alkamiselle. Työmuistin kehitys voi olla yksi mahdollinen selittävä tekijä sille, miksi sanojen erottelu ilmenee ensimmäisen kerran behavioraalisissa kokeissa noin 7 kk:n iässä. Fonologisen työmuistin kypsyminen 7 kk:n iässä (Minagawa ym., 2017) voisi mahdollistaa kuultujen ja toisistaan eroteltujen sanojen paremman prosessoinnin ja muistamisen myös käyttäytymiseen perustuvissa tehtävissä. Tämän lisäksi lapsen muu sosiaalisen, motorisen ja kognitiivisen kehityksen vaihe voi tietysti vaikuttaa behavioraalisilla tutkimuksilla saatuihin tuloksiin.

Sanaerottelua on pitkään tutkittu lähinnä vauvan käyttäytymiseen ja erityisesti tarkkaavuuden muutoksiin pohjautuvilla tutkimusasetelmilla, kuten HPP:llä. Aikaisempia HPP-tutkimuksia ei kuitenkaan ilmeisesti ole vielä laajemmin toistettu käyttäen aivokuvantamismenetelmiä. Niiden toistaminen samanaikaisella aivokuvantamisella olisi yksi merkittävä tutkimuskohde. Tällöin saataisiin selville, ovatko vauvat erotelleet kohdesanoja, vaikka he eivät tutkimusasetelmassa muuten tarkkaavuudellaan osoittaisi siitä merkkejä.

Myös sanojen esitystavan vaikutusta voisi olla hyvä tutkia lisää, esimerkiksi miten puheen laatu (IDS vai ei), sosiaalinen konteksti, ja ärsykkeiden esitystapa vaikuttavat sanojen erotteluun. Näitä tekijöitä laajemmin varioiva tutkimus voisi olla kiinnostavaa myös sen kannalta, millainen ympäristö ja esitystapa tukee lapsen sanojen erottelun kehitystä parhaiten.

## 5. Läheteet

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action*. Englewood Cliffs, NJ, 1986, 23-28.

Butler, J., & Frota, S. (2018). Emerging word segmentation abilities in European Portuguese-learning infants: new evidence for the rhythmic unit and the edge factor. *Journal of child language*, 45(6), 1294-1308.

Fernald, A., Taeschner, T., Dunn, J., Papousek, M., de Boysson-Bardies, B., & Fukui, I. (1989). A cross-language study of prosodic modifications in mothers' and fathers' speech to preverbal infants. *Journal of child language*, 16(3), 477-501.

Fló, A., Brusini, P., Macagno, F., Nespór, M., Mehler, J., & Ferry, A. L. (2019). Newborns are sensitive to multiple cues for word segmentation in continuous speech. *Developmental science*, 22(4), e12802.

Floccia, C., Keren-Portnoy, T., DePaolis, R., Duffy, H., Delle Luche, C., Durrant, S., ... & Vihman, M. (2016). British English infants segment words only with exaggerated infant-directed speech stimuli. *Cognition*, 148, 1-9

Hakuno, Y., Omori, T., Yamamoto, J. I., & Minagawa, Y. (2017). Social interaction facilitates word learning in preverbal infants: Word-object mapping and word segmentation. *Infant Behavior and Development*, 48, 65-77.

Hoareau, M., Yeung, H. H., & Nazzi, T. (2019). Infants' statistical word segmentation in an artificial language is linked to both parental speech input and reported production abilities. *Developmental Science*, 22(4), e12803.

Johnson, E. K., Seidl, A., & Tyler, M. D. (2014). The edge factor in early word segmentation: Utterance-level prosody enables word form extraction by 6-month-olds. *PloS one*, 9(1), e83546.

Jusczyk, P. W., & Aslin, R. N. (1995). Infants' detection of the sound patterns of words in fluent speech. *Cognitive psychology*, 29(1), 1-23.

Minagawa, Y., Hakuno, Y., Kobayashi, A., Naoi, N., & Kojima, S. (2017). Infant word segmentation recruits the cerebral network of phonological short-term memory. *Brain and Language*, 170, 39-49.

Paulus, M., Hunnius, S., & Bekkering, H. (2013). Neurocognitive mechanisms underlying social learning in infancy: infants' neural processing of the effects of others' actions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(7), 774-779.

Räsänen, O., Doyle, G., & Frank, M. C. (2018). Pre-linguistic segmentation of speech into syllable-like units. *Cognition*, 171, 130-150.

Saksida, A., Langus, A., & Nespors, M. (2017). Co-occurrence statistics as a language-dependent cue for speech segmentation. *Developmental science*, 20(3), e12390.

Teinonen, T., Fellman, V., Näätänen, R., Alku, P., & Huotilainen, M. (2009). Statistical language learning in neonates revealed by event-related brain potentials. *BMC neuroscience*, 10(1), 1-8.

Thiessen, E. D., Hill, E. A., & Saffran, J. R. (2005). Infant-directed speech facilitates word segmentation. *Infancy*, 7(1), 53-71.