

Spraak in ontwikkeling: perceptie, produktie en interactie in het eerste levensjaar

F.J. Koopmans-van Beinum en E.A. den Os

Instituut voor Fonetische Wetenschappen, Universiteit van Amsterdam

In dit overzichtsartikel wordt een beeld geschetst van de spraakontwikkeling in het eerste levensjaar. Meer en meer wordt deze periode van belang geacht voor de latere spraak-taalontwikkeling. De laatste jaren is er veel en vernieuwend onderzoek op dit gebied verricht. In het overzicht komen verschillende onderzoeksgebieden aan de orde, die alle een bijdrage leveren aan de theorievorming betreffende de vroege spraakontwikkeling.

Eerst wordt kort ingegaan op de ontwikkeling van de ouder-kind interactie in het eerste levensjaar. Daarna wordt de ontwikkeling van de spraakperceptie geschetst. Daarbij komt het auditief systeem aan de orde en de perceptieve capaciteiten van het kind: wat hoort een baby eigenlijk als er tegen hem of haar gesproken wordt? En op welke manier treden er veranderingen op in de manier van luisteren, naarmate het kind meer en meer één specifieke taal te horen krijgt? Vervolgens wordt aandacht geschonken aan de vraag op welke wijze het 'spreekinstrument' van een baby zich ontwikkelt tot een adequaat spraakproductiesysteem. Tenslotte wordt getracht de verschillende aspecten van *interactie*, *perceptie* en *productie* te integreren en te combineren tot een samenhangend beeld van de vroege ontwikkeling naar spraakcommunicatie.

Inleiding

Bij de geboorte van een gezonde, welgeschapen baby gaat vrijwel iedereen er als vanzelfsprekend van uit dat het kind te zijner tijd wel zal gaan praten. En waarom ook niet? Baby's worden immers geboren met de menselijke capaciteiten om te leren communiceren via spraak en vrijwel altijd zijn na ruim een jaar de eerste woorden wel te herkennen. Vanaf dat moment worden kinderen interessante objecten voor linguïstisch onderzoek, want nu gaan ze taal produceren....!

Toch heeft er in het eerste levensjaar van een kind een immens ontwikkelingsproces plaats gevonden voordat herkenbare woorden kunnen ontstaan. Vaak

Correspondentieadres: Mevr. F.J. Koopmans-van Beinum, Instituut voor Fonetische Wetenschappen, Universiteit van Amsterdam, Herengracht 338, 1016 CG Amsterdam.

wordt deze periode aangeduid met de term 'pre-linguïstisch', alsof het hier nog niet om taal of om aspecten van taal zou gaan. Vanuit een dergelijk standpunt bezien is het dan ook begrijpelijk dat men jarenlang deze eerste periode voor de taalverwerving als wetenschappelijk oninteressant heeft beschouwd. Daar is de laatste twintig jaar een volledige ommekeer in gekomen: vanuit verschillende disciplines richten onderzoekers zich nu ook op de allervroegste aspecten van taalverwerving.

In deze bijdrage wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken op de verschillende gebieden die relevant zijn voor de vorming van een samenhangende theorie met betrekking tot de vroegste processen in de spraakontwikkeling.

Ouder-kind-interactie als systeem in ontwikkeling

Bij de geboorte hebben baby's alle zintuigen beschikbaar die noodzakelijk zijn om te leren communiceren. Meestal is de moeder of de vader de directe communicatiepartner en moeten ouder en kind leren hun gedrag op elkaar af te stemmen en hun bedoelingen aan elkaar over te brengen. Aanvankelijk speelt spraak hierbij nog maar een uiterst ondergeschikte rol en gaat het vooral om globale, universele communicatiestructuren (zie o.m. Levelt, 1989; Fernald, 1992).

In het onderzoek naar ouder-kind interactie (meestal moeder-kind interactie) kan men twee benaderingen onderscheiden. In de eerste gaat men uit van de volwassene die als maatgevend beschouwd wordt en centraal staat in de beschrijving van het zich ontwikkelende interactieproces. In de tweede benadering gaat men uit van het kind en gelden zijn gedragingen als leidraad in de beschrijving van de communicatie-ontwikkeling. De terminologie die gebruikt wordt is afhankelijk van het gekozen uitgangspunt, waardoor er in de theorievorming nauwelijks enige overbrugging mogelijk is.

Vrij recent is er nog een derde benadering bij gekomen, waarbij moeder en kind gezien worden als één zich ontwikkelend interactiesysteem, dat gedragingen van moeder *en* kind probeert te meten met dezelfde maten (b.v. Papoušek & Papoušek, 1991; Fernald, 1992; Fogel, 1992; Van der Stelt, 1993). Binnen dit interactiesysteem werken ouder en kind samen aan de ontwikkeling van een vorm van spraakcommunicatie die ook voor anderen verstaanbaar is. Onderzoek op het gebied van de zich ontwikkelende interactie houdt zich dan ook bezig met de onderliggende processen die ieder moeder-kind paar doorloopt. Het is daarbij van groot belang te bedenken dat de ontwikkeling van spraakcommunicatie niet in de eerste plaats voortkomt uit een aangeboren behoefte om te leren praten, maar uit de drijfveer om te overleven!

Een menselijke baby is bij de geboorte namelijk een uiterst afhankelijk zoogdier. Vanaf zijn allereerste moment is het daarom voor hem van levensbelang om zijn behoeften kenbaar te maken aan zijn directe omgeving. Geluidgeving is daarbij een zeer effectief middel: vrijwel iedere volwassene is geneigd om onmiddellijk te reageren op een huilende baby. Het op elkaar inspelen van moeder

en kind is dan ook een natuurlijk en universeel gegeven, maar de manier waarop dat gebeurt en hoe dit systeem van op elkaar inspelen zich meer en meer ontwikkelt tot een voor beide partners en voor de buitenwereld acceptabel communicatiesysteem, kan per individueel paar sterk verschillen (Van der Stelt, 1993). Ook zal niet ieder moeder-kind-interactiesysteem zich altijd even probleemloos ontwikkelen.

Van der Stelt (1993) gaat uitvoerig in op de moeder-kind-interactie in ontwikkeling en de methoden van onderzoek die inzicht kunnen geven in wat de grondslag vormt van spraakcommunicatie. In haar eigen onderzoek richt zij zich met name op drie nauw met elkaar samenhangende basisaspecten: *intersubjectiviteit*, *intentie* en *beurtgedrag*. Intenties veronderstellen een intersubjectief op elkaar afgestemd zijn, terwijl voor het overdragen van intenties beurtgedrag van wezenlijk belang is. Een van de belangrijkste uitkomsten van haar onderzoek is wel de vaststelling dat de interactie in de eerste zes maanden van een kind bepalend lijkt te zijn voor het tot stand komen van een probleemloze spraakcommunicatie. In die maanden wordt het fundament gelegd waarop taal en spraak als menselijk communicatiemiddel bij uitstek in de daarop volgende periode volledig tot ontwikkeling kunnen komen.

Ontwikkeling van spraakperceptie

Een baby bezit bij de geboorte een geheel ontwikkeld gehoororgaan. De grootte van het trommelvlies benadert dat van een volwassene en ook het binnenoor heeft een bijna volwassen vorm. Men neemt aan dat een foetus in de baarmoeder vanaf ongeveer de vijfde maand in staat is geluiden te horen (Northern & Downs, 1974). Die geluiden worden natuurlijk gefilterd door weefsel en vruchtwater. Een aantal belangrijke neurale structuren die met het gehoor te maken hebben ondergaan tijdens het foetale stadium volledige of bijna volledige myelinisatie (Netsell, 1981).

Hoewel het gehoororgaan vroeg ontwikkeld is, betekent dit niet dat de baby bij de geboorte in staat is geluiden op een volwassen manier waar te nemen. In de eerste tijd na de geboorte kan het kind de lage frequenties (onder 500 Hz) goed waarnemen, maar de waarneming van hogere frequenties vergt nog enige ontwikkeling (Fourcin, 1978; Gósy, 1992).

Voor de ontwikkeling van het spraakverstaan is een goed werkend gehoororgaan bij de geboorte niet voldoende. Voor de spraakherkenning is nog een lange weg te gaan van neurale rijping en van ontwikkeling als gevolg van de linguïstische input. Het is noodzakelijk dat het kind spraak leert identificeren en woorden leert herkennen in de stroom spraakgeluiden die het hoort. Dit is geen sinecure, aangezien het niet eenvoudig is woorden te herkennen in een continue stroom spraakgeluid. Er bestaan namelijk geen eenduidige cues die woordgrenzen aangeven, zoals bijvoorbeeld pauzes. Volwassenen maken gebruik van de kennis van bestaande woorden in hun taal (het mentale lexicon) bij het segmenteren van

de stroom spraakgeluiden; kinderen moeten dit lexicon juist gaan opbouwen en kunnen er nog geen beroep op doen.

De afgelopen vijftien jaar heeft het onderzoek naar spraakperceptie door baby's een grote vlucht genomen. Er zijn veel studies verricht naar het zich ontwikkelende vermogen van baby's om spraak te verstaan. Daarbij heeft de methodologie veel aandacht gekregen, omdat het niet eenvoudig is om aan zeer jonge kinderen gegevens te ontlocken. Het beeld dat in de volgende paragrafen geschetst wordt, is een voorlopig beeld. Veel onderzoek moet nog verder uitgewerkt worden en ook theorievorming omtrent de spraakperceptie tijdens het eerste jaar staat nog in de kinderschoenen.

Spraakperceptie bij pasgeborenen

Het onderzoek naar de spraakperceptie bij pasgeborenen richt zich op de vraag wat voor spraakgeluiden baby's kunnen onderscheiden. De methode die men bij dit onderzoek veelal toepast is die van het zogenaamde 'sucking paradigm'. Hierbij wordt het zuiggedrag van baby's bekeken als reactie op de (spraak)geluiden die men aanbiedt. Gewoonlijk laat men de baby een reeks identieke geluiden horen tijdens de periode dat hij/zij aan het zuigen is. Het tempo van zuigen neemt af als de baby aan de geluiden gewend raakt. Wanneer er dan een nieuwe reeks geluiden geïntroduceerd wordt en het kind weer sneller gaat zuigen, neemt men aan dat het kind het verschil hoort tussen de geluiden in de twee reeksen. Op deze manier kan men vaststellen of baby's in staat zijn verschillen tussen bepaalde spraakgeluiden waar te nemen, maar niet of zij een voorkeur hebben voor een bepaald geluid.

Een vrij nieuwe methode bekijkt niet alleen de snelheid van zuigen, maar gebruikt ook de stem van de moeder als een beloning. Het is namelijk gebleken dat baby's de stem van de moeder beschouwen als een zogenaamde 'reinforcer'. Met behulp van deze methode is bijvoorbeeld onderzocht of 2-dagen oude baby's verschillend reageren op canonieke lettergrepen (/pæt/ en /tæp/) tegenover niet-canonieke lettergrepen (/pst/ en /tsp/) (Moon, Bever & Fifer, 1992). Uit dit onderzoek bleek dat pasgeboren baby's al een voorkeur hebben voor canonieke syllaben.

Onderzoek naar de spraakperceptie bij pasgeborenen heeft tot nu toe het volgende beeld opgeleverd. Pasgeboren baby's hebben een voorkeur voor spraakgeluid boven andere geluiden en men heeft vastgesteld dat spraak en niet-spraak gelateraliseerd zijn in de hersenen van pasgeborenen (Moon, Bever & Fifer, 1992). Zij horen liever de stem van hun eigen moeder dan van een andere vrouw of een man (Fifer & Moon, 1989). Ook is gebleken dat zij de stem van de moeder zoals zij die horen in de baarmoeder verkiezen boven de normale stem. Moon & Fifer (1986) vonden een voorkeur voor gefilterde spraak boven normale spraak. Ook prefereren baby's vlak na de geboorte spraak in hun eigen taal boven spraak in een andere taal (Mehler et al., 1988).

Een interessante bevinding in het licht van de segmentatie van de continue spraakstroom is dat 3-dagen oude baby's in staat waren te discrimineren tussen

tweelettergrepige items die afkomstig waren uit één woord of uit twee woorden. Zo was er bijvoorbeeld het Franse tweelettergrepige MATI dat afkomstig was van mathématique (binnen een woord) en van pyjama Tissé (over woordgrenzen heen) (zie Christophe et al., 1993). Dit betekent dat er mogelijk toch cues bestaan die woordgrenzen aangeven, waarvoor baby's al heel vroeg gevoelig zijn. Zoals gezegd is het woordsegmentatie-probleem hét grote probleem dat de kinderen moeten oplossen gedurende de eerste twaalf maanden. Het lijkt een bijna onoplosbare opgave, als er geen gebruik gemaakt kan worden van het spraaksignaal zelf. Het idee dat er tegen kinderen voornamelijk gesproken wordt in losse woorden is onwaarschijnlijk (Aslin, 1992). Er gaan steeds meer stemmen op die pleiten voor segmentatie op grond van het signaal, maar welke eigenschappen van het signaal dan van belang zijn is nog niet duidelijk. Cutler & Mehler (1993) menen de cues gevonden te hebben in de periodiciteit van de klinkers: de duidelijke periodiciteit van de beklemtoonde klinker in talen die uitsluitend (bijvoorbeeld Hongaars) of voornamelijk (bijvoorbeeld Engels en Nederlands) woordklemtoon kennen op de eerste lettergreep, kan het kind helpen bij de segmentatie en zo de zoektocht naar betekenisvolle geluiden vereenvoudigen.

Spraakperceptie in de loop van het eerste jaar

Medeklinkers

Vanaf de leeftijd van een maand of vier wordt veelal een andere onderzoeksmethode gebruikt die ervan uitgaat dat baby's door het hoofd te draaien kunnen aangeven van welke kant ze menen dat een geluid komt, het zogenaamde 'head turn paradigm'. Een testopzet kan er bijvoorbeeld als volgt uitzien. Het kind zit op de schoot van de moeder, met de rug naar de moeder toe. Aan beide kanten van het kind staan luidsprekers opgesteld van waaruit geluiden kunnen komen. Vóór het kind zit de testleider achter een one-way-scherm; de testleider beoordeelt of een kind het hoofd gedraaid heeft naar een van beide luidsprekers en biedt op grond van dat kijkgedrag geluiden aan. De testleider heeft een koptelefoon met harde muziek op om te voorkomen dat hij/zij beïnvloed wordt door de stimulusuitingen.

Het onderzoek bij kinderen vanaf een maand of vier (en soms ook vroeger) heeft zich voornamelijk gericht op de vraag of baby's spraak categoriaal waarnemen op de manier waarop volwassenen dat doen. Het onderzoek van Eimas et al. in 1971 leek erop te wijzen dat baby's dat inderdaad doen. Op grond hiervan namen men aan dat kinderen geboren worden met het vermogen om spraak waar te nemen. Sinds 1971 is er veel onderzoek verricht naar de categoriale perceptie van spraak door baby's. Men wilde weten of baby's, net zoals volwassenen, gevoelig zijn voor subtiele akoestische verschillen *tussen* de leden van twee fonetische categorieën en relatief óngevoelig zijn voor even grote akoestische verschillen *binnen* een bepaalde fonetische categorie. Volwassenen horen in een continuum van bijvoorbeeld /b/ naar /p/ (dat gemaakt kan worden met behulp van een computer) een deel van de klanken als /b/ en het overige deel van de klanken

als /p/. Ondanks het feit dat er akoestisch gezien sprake is van slechts kleine verschillen tussen de stappen in het continuüm, horen luisteraars een abrupte overgang van /b/ naar /p/.

Onderzoek heeft laten zien dat jonge baby's het vermogen bezitten om ongeveer alle fonetische contrasten die ze in een onderzoek aangeboden kregen te discrimineren (Aslin, Pisoni & Jusczyk, 1983). Zo werd aangetoond dat baby's gevoelig zijn voor verschillen in plaats van articulatie in plosieven, in fricatieven, glijklanken en nasalen. Ook horen zij verschillen in manier van articulatie tussen plofklanken en nasalen, plofklanken en glijklanken, genasaliseerde en niet-genasaliseerde klinkers (zie Jusczyk (1986) voor literatuurverwijzingen). Het is gebleken dat het niet noodzakelijk is dat de baby's vertrouwd zijn met het type klanken dat zij kunnen discrimineren. Zij nemen ook contrasten die onbekend zijn in hun eigen taal op een categoriale wijze waar. Zo kunnen bijvoorbeeld Engels lerende baby's discrimineren tussen het retroflex/dentaal contrast in het Hindi en tussen het glottaal velaire en uvulaire contrast in het Nthlakampx; beide contrasten komen niet voor in het Engels. Spaanse baby's zijn in staat het Engelse stemhebbend-stemloos contrast te discrimineren (zie Werker & Polka (1993) voor literatuurverwijzingen).

Aanvankelijk meende men dat baby's geboren worden met het vermogen om 'fonetisch' waar te nemen. Dit idee is aangepast toen duidelijk werd dat categoriale perceptie ook opgaat bij niet-spraak-geluiden en dat ook niet-mensen, zoals bijvoorbeeld chinchilla's, categoriaal waarnemen. Het gaat waarschijnlijk te ver om te beweren dat baby's spraak fonetisch verwerken. Het is aannemelijker om ervan uit te gaan dat ze het aangeboren vermogen bezitten om alle mogelijke fysische contrasten te horen (Kent, 1993).

Jonge baby's zijn in staat alle in talen voorkomende fonetische contrasten te discrimineren. Onderzoek heeft uitgewezen dat volwassenen grote moeite hebben bij het discrimineren van contrasten die niet in hun eigen taal voorkomen. Dit past in de opvatting over spraakperceptie die uitgaat van de minst mogelijke moeite en de grootste efficiëntie. Contrasten die in de moedertaal niet voorkomen, kunnen verwaarloosd worden: waarom zou je je bezighouden met contrasten die geen rol spelen in de eigen taal? Men is op zoek gegaan naar de leeftijd waarop de taalspecifieke waarneming van contrasten duidelijk wordt en het vermogen om *alle* fonetische contrasten waar te nemen, afneemt.

Algemeen wordt aangenomen dat dat omstreeks de 10-12 maanden gebeurt en dat dus op die leeftijd de invloed van de moedertaal duidelijk wordt. Zo lieten Werker & Lalonde (1988) zien dat Engels lerende baby's van 6-8 maanden in staat waren te discrimineren tussen /b/ en /d/ (Engels contrast) en tussen /d/ en /retroflexe d/ (Hindi contrast). Baby's van 10-12 maanden waren alleen in staat het Engelse contrast waar te nemen. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat het verlies van het vermogen om alle fonetische contrasten te horen het gevolg is van het gebrek aan ervaring (men krijgt die klanken niet meer te horen). Een onderzoek van Best et al. (1988) laat zien dat het waarschijnlijk anders verklaard moet worden. Zij testten 6-8, 8-10, 10-12, 12-14 maanden oude Engels lerende

baby's en Engelse en Zulu volwassenen voor het vermogen om te discrimineren tussen de apicale en laterale Zulu klik. Als het verlies het gevolg is van gebrek aan ervaring zouden de baby's vanaf 10-12 maanden en de Engelse volwassenen niet meer in staat zijn het contrast te discrimineren. Het bleek echter dat zij er geen enkele moeite mee hadden, net zoals de jongere baby's. De verklaring wordt gezocht in het feit dat deze klanken zo vreemd zijn voor het Engels dat zij niet geassimileerd kunnen worden naar klanken in de moedertaal. De perceptieve afstand tussen Engelse spraakklanken en kliks is te groot.

Klinkers

Het meeste onderzoek naar vroege spraakperceptie is gedaan met medeklinkers, maar de laatste tijd is men zich ook gaan bezighouden met klinkers. De waarneming van klinkers door volwassenen gebeurt niet zonder meer categoriaal. Als gevolg van de grotere prominentie van klinkers ten opzichte van medeklinkers, lijkt de waarneming een meer continu karakter te hebben. Zodra echter in experimenten korte, minder prominente klinkers worden aangeboden, vindt men wel een categoriale waarneming, die vergelijkbaar is met die van medeklinkers. Gewoonlijk bezitten klinkers meer akoestische energie dan medeklinkers. Men veronderstelt dat de al dan niet categoriale waarneming afhangt van de akoestische energie die gerelateerd is aan onder meer de duur (Studdert-Kennedy, 1993). Bij klinkerwaarneming bleken de effecten van de eigen taal minder van invloed te zijn dan bij medeklinkerwaarneming.

Hoe zit het met de klinkerwaarneming in de ontwikkeling van de perceptie? Vast staat dat baby's van 6 maanden, maar waarschijnlijk al eerder de klinkeridentiteit kunnen gebruiken voor de identificatie van auditieve stimuli (Jusczyk & Derrah, 1987). De vraag is nu of er sprake is van een parallelle ontwikkeling in perceptie van klinkers aan die van medeklinkers. Wanneer gaat de eigen taal een rol spelen bij de waarneming van klinkers? Onderzoek dat door Kuhl en medewerkers is uitgevoerd laat zien dat de eigen taal de waarneming van klinkers al beïnvloedt bij een leeftijd van 6 maanden en dat klinkercategorieën op die leeftijd intern goed gedefinieerd zijn. Greiser & Kuhl (1989) rapporteren een onderzoek waarin zij eerst volwassen luisteraars het 'beste' exemplaar van een klinker lieten bepalen. Vervolgens werden er synthetische klinkers gemaakt die rond dat 'prototype' lagen. Daarna werden er discriminatietesten afgenomen bij volwassenen en 6-maanden-oude baby's. De discriminatie ging tussen centrale en perifere klinkers, waarbij óf de perifere óf de centrale klinkers als referentie golden. Het bleek dat de luisteraars beter in staat waren te discrimineren als de referentie een perifere klinker was dan wanneer het de centrale klinker betrof. Het lijkt erop dat de centrale klinkers de waarneming van perifere klinkers naar zich toetrekken. Dit wordt het 'perceptieve magneet' effect genoemd. In een later onderzoek (Kuhl et al., 1992) werd aangetoond dat de eigen taal al van invloed is bij een leeftijd van 6 maanden. Zowel Zweeds lerende als Engels-lerende baby's van 6 maanden vertoonden klinkerperceptie op basis van prototypen, maar er waren verschillen tussen de groepen baby's die verklaard konden worden door het

'magneet' effect dat de waarneming van de klinkers naar het prototype van de betreffende taal trekt. Deze resultaten berusten uitsluitend op /i/- en /y/- klinken. In hoeverre ze gegeneraliseerd kunnen worden naar andere klinkers en naar andere talen, is momenteel onderwerp van onderzoek. Ook al is het laatste woord hierover nog niet gesproken, toch kan men concluderend zeggen dat de invloed van de moedertaal bij waarneming van klinkers eerder blijkt dan bij waarneming van medeklinkers.

Syllaben

Een vraag die vaak terugkomt binnen het onderzoek naar vroege spraakperceptie is wat de eenheid van representatie zou kunnen zijn. Uit het bovenstaande zou men kunnen afleiden dat aangezien baby's al vroeg op segmentniveau waarnemen (klinkers en medeklinkers werden onderscheiden), het fonetisch segment een goede kandidaat is. Het is maar de vraag of het vermogen om op zo'n fijn niveau te discrimineren iets zegt over de eenheid van representatie. Het feit dat een baby een fonetisch segment kan discrimineren in veel syllabische contexten, bijvoorbeeld de /b/ in /ba/, /bo/ en /bi/, hoeft niet te betekenen dat de /b/ voor het kind in deze contexten dezelfde is (Jusczyk, 1986). Een meer globale eenheid, de syllabe bijvoorbeeld, is ook een mogelijkheid. Jusczyk (1986 en 1993) geeft aan dat de syllabe een waarschijnlijke eenheid is, omdat is gebleken dat baby's beter in staat zijn spraakpatronen te herkennen in toegestane syllabestructuren dan in syllabestructuren die niet geoorloofd zijn (bijvoorbeeld alleen medeklinkerclusters). Ook heeft men niet kunnen aantonen dat baby's de identiteit van klinken kunnen herkennen in verschillende contexten. Zo werden baby's vertrouwd gemaakt met een serie syllaben die één fonetisch segment gemeen hebben, bijvoorbeeld /bi/, /ba/, /bo/, /be/. Aan deze reeks werd een syllabe toegevoegd die één segment gemeen heeft /bu/ of géén segment gemeen heeft /du/. Het bleek dat de baby's de syllabe die wél een segment gemeen heeft niet als meer gelijkend aan de andere syllaben beschouwen dan de syllabe die géén segment gemeen heeft. Suomi (1993) merkt echter op dat dit in tegenstelling tot wat Jusczyk (1993) beweert, niet hoeft te betekenen dat de baby's de syllabe als eenheid gebruiken. Baby's zouden ook kunnen letten op de 'auditory onset', die in alle gevallen verschillend is (het fonetische segment /b/ wordt in bovengenoemde reeks verschillend gerealiseerd afhankelijk van de klinker die erop volgt). De reactie van de baby's kan dus verklaard worden door het feit dat beide nieuwe syllaben verschillen van de reeks. Een recent onderzoek van Jusczyk et al. (in voorbereiding) toont aan dat baby's alleen verandering waarnemen wanneer in een reeks van twee-syllabische stimuli met een *gemeenschappelijke* syllabe (/ba'si/, /ba'lo/ /ba'mit/) deze syllabe vervangen wordt door een andere (bijvoorbeeld /da/ in plaats van /ba/). Wanneer er geen *gemeenschappelijke* syllabe was (/pa'e'zi/, /ne'lo/, /ko'mit/), werd er geen verandering waargenomen in de reeks. De conclusie was dat de *gemeenschappelijke* syllabe de waarneming van een verschil vereenvoudigt. Maar het is duidelijk dat in dit experiment de 'auditory onset' in de eerste reeks syllaben identiek was en dat dit ervoor gezorgd kan hebben dat er

een verschil werd waargenomen. Ook Kuhl (1993) heeft enige bedenkingen bij de syllabe als eenheid van representatie. Zij meent dat het fonetisch segment net zo'n goede kandidaat is. Dat blijkt onder andere uit het taalspecifieke 'magneet-effect' op het niveau van het fonetisch segment en uit het feit dat baby's auditieve-visuele overeenkomsten herkennen op het niveau van het fonetisch segment. Kortom, het laatste woord over de eenheid van representatie is nog niet gezegd.

Conclusie

We hebben gezien dat er tijdens het eerste levensjaar een enorme ontwikkeling plaatsvindt in de perceptie van spraak. Aan het eind van dat jaar is het kind in staat op een elementair niveau woorden te herkennen in zijn eigen taal. Voordat het zover kan komen, moet er heel veel gebeuren. Op dit ogenblik ontbreekt het nog aan een sluitende verklarende theorie betreffende de ontwikkeling van spraakperceptie. Jusczyk (1993) doet echter een poging tot modelvorming. Zijn WRAPSA (Word Recognition and Phonetic Structure Acquisition)-model komt in het kort neer op het volgende. Tijdens de eerste 6 maanden is er sprake van een algemene auditieve analyse van geluid, spraak zowel als niet spraak. De baby's zijn in staat op een globaal niveau, afgaand op ritme en intonatie, de eigen taal te herkennen. Gedurende de tweede 6 maanden vindt er een steeds betere afstemming plaats op de eigen taal, eerst op klinker- en daarna op medeklinker-niveau. Bij een leeftijd van ongeveer 9 maanden begint het kind gebruik te maken van informatie omtrent woorden. Op die leeftijd luisteren Engels lerende baby's bijvoorbeeld langer naar een lijst tweelettergrepige woorden met een sterk-zwak patroon (meest voorkomend in het Engels) dan met een zwak-sterk patroon. Ook zijn er aanwijzingen dat kinderen met 9 maanden al enige kennis hebben omtrent de fonotactische structuren in hun eigen taal: zij luisteren langer naar lijsten met woorden uit hun eigen taal dan woorden uit een vreemde taal (Jusczyk, 1993). Vanaf deze tijd begint het kind meer en meer moeite te doen om woorden te herkennen en een lexicon op te bouwen. Jusczyk neemt aan dat het dat doet door te matchen met eerder geanalyseerde uitingen en niet met een abstract prototype van de klankstructuur van bestaande woorden.

In het volgende wordt de spraakproductie gedurende het eerste levensjaar besproken. Daar zal blijken dat er enige parallellen zijn met de spraakperceptie. De vraag is natuurlijk hoe de relatie tussen beide gezien moet worden. Ook daarop zal worden ingegaan.

Spraakproductie in ontwikkeling

In tegenstelling tot de hierboven beschreven groeiende wetenschappelijke aandacht voor de ontwikkeling van spraakperceptie, krijgt de ontwikkeling van spraakproductie in de recente literatuur aanzienlijk minder aandacht. Weliswaar is een aantal dagboeken en beschrijvingen van babyuitingen wereldberoemd geworden (Stern & Stern, 1922³; Grégoire, 1937; en in Nederland met name Van Ginneken,

1917), en zijn al tientallen jaren geleden studies verschenen over de fonologische ontwikkeling bij jonge kinderen (b.v. Lewis, 1936; Irwin, 1947, 1951; Jakobson, 1941/1968) die ook nu nog vaak als standaardwerken aangehaald worden. Maar werkelijk vernieuwend onderzoek op het gebied van de zich ontwikkelende spraakproductie heeft er, op een aantal uitzonderingen na, niet plaats gevonden.

Over de oorzaak daarvan valt slechts te speculeren: de grote invloed van de hier genoemde studies zal stellig bijgedragen hebben aan het idee dat het eerste jaar voor de ontwikkeling van taal en spraak wetenschappelijk niet interessant was. Tenslotte had Jakobson (1941/1968) duidelijk beschreven hoe kinderen in hun eerste levensjaar een verbazingwekkende veelheid en variabiliteit aan spraakklanken in hun geluidsproducties ten gehore brachten, met daarbij zelfs klanken die in geen enkele taal voorkwamen. Dit 'vocale spel' betrof volgens hem de 'prelinguïstische' periode, die volledig los stond van de latere taalverwerving. Pas na een periode waarin het kind al deze klanken vrijwel geheel kwijt geraakt was (de zogenaamde 'stille' periode), zou het kind zijn eerste woorden gaan zeggen en dus aan het taalverwervingsproces begonnen zijn. Het eerste jaar was daarmee dan ook als linguïstisch niet interessant afgedaan.

Toch verdween de belangstelling voor de klankproducties in het eerste jaar niet echt. Ondanks het feit dat er volgens Jakobson geen verband zou bestaan tussen de vroege vocalisaties van baby's en het latere spreken, hadden onderzoekers als Lewis (1936) en Irwin (1947; 1951) toch gemeend een grote overeenkomst te kunnen vaststellen in wat kinderen in hun vocalisaties, en in hun vroege spraak aan klanken produceerden. Vanuit verschillende disciplines probeerden onderzoekers inzicht te krijgen in de vermeende overeenkomsten en universalia. Naast onderzoek dat gedaan werd naar vroege huilgeluiden, eventueel in samenhang met aangeboren afwijkingen, bleef men vooral vanwege de spraakontwikkelingsproblematiek zoals van baby's, geboren met ernstige slechthorendheid of met het syndroom van Down, onderzoek doen op het gebied van de vroege (niet-huil) vocalisaties. Van welke onderzoeksmethoden men hiertoe gebruik moest maken, was niet zonder meer duidelijk en werd in sterke mate bepaald door de discipline waarin de onderzoekers werkten.

Linguïsten bijvoorbeeld trachtten de op volwassen spraak geënte, traditionele methoden van fonetisch transcriberen toe te passen, zoals die gewoonlijk gebruikt werden voor het beschrijven van talen. Dat men daarbij op allerlei problemen stuitte, omdat bepaalde geluidsproducties niet met de bestaande tekens van een fonetisch alfabet weer te geven waren, zal niemand verwonderen. Op een spraakproductiesysteem in ontwikkeling kan niet zomaar een beschrijvingsmethode toegepast worden, die rechtstreeks ontleend is aan de spraak van volwassenen. Kent & Murray (1982, p. 353) verzuchtten dan ook: "*Most studies of developing speech have applied linguistic methods of analysis, as though the child possesses an exotic language that is suitable for study by linguistic field methods.*"

Metafonologische benadering

Meer fysisch-anatomisch gerichte onderzoekers zoals Kent en collega's trachten dan ook de genoemde problemen te ontwijken door voor het beschrijven van vroege vocalisaties gebruik te maken van akoestisch-fonetische analyses. Een probleem daarbij is echter, dat men weliswaar objectieve en vergelijkbare maten kan gaan gebruiken, maar dat getallen op zich nog niets zeggen, als niet een theoretisch kader ten grondslag ligt aan de metingen die men verricht. En juist daaraan blijkt het steeds te ontbreken.

Omdat in de beginjaren '80 steeds duidelijker de behoefte gevoeld werd om daar verandering in te brengen, zijn er initiatieven ontwikkeld om in een symposium het actieve onderzoek naar de 'voorlopers van spraak' aan de orde te stellen (Lindblom & Zetterström, 1986). Daar kwamen dan ook van verschillende kanten voorstellen tot een andere aanpak. Zo presenteerde Oller (1986) een 'metafonologische' (of 'metafonetische') aanpak, waarbij hij een tussenstadium voorstelt dat een overbrugging zou moeten vormen tussen een akoestisch-instrumentele beschrijving en een perceptieve fonetisch-fonologische transcriptie. Hij stelt daarbij onder meer (p. 24): "*Metaphonology specifies how acoustic parameters (frequency, resonance, intensity, timing) are manipulated to generate well-formed concrete phonetic units in any natural spoken language. Once specifications of the restrictions on well-formed concrete units have been provided, it is possible to compare properties of any vocalization (mature or immature, normal or abnormal, human or non-human) against the standard provided by the meta-phonological constraints.*"

Hij werkt zijn aanpak uit aan de hand van één voorbeeld, de definitie van de syllabe, zijnde de kleinste ritmische eenheid in natuurlijke talen. Uiteindelijk komt hij met een zevental eisen waaraan een canonieke syllabe zou moeten voldoen om volledig vergelijkbaar te zijn met een syllabe in volwassen spraak (Tabel 1).

Tabel 1. Akoestische eisen waaraan volgens Oller (1986) een syllabe moet voldoen om gekwalificeerd te worden als canoniek.

 Akoestische eisen voor canonieke syllaben

- | | |
|---|--|
| 1 | Intensiteitsverschil tussen pieken (nuclei) en dalen (margins): ≥ 10 dB. |
| 2 | Duur van piek-naar-piek: 100-500 ms. |
| 3 | Volledig resonante nuclei (geproduceerd met een periodieke bron en een relatief open mond-keelbuis). |
| 4 | Tenminste aan één kant een lage resonantie en een relatief gesloten mond-keelbuis. |
| 5 | Geleidelijke formantovergang tussen de margin(s) en de nucleus; transitieduur: 25-120 ms. |
| 6 | Intensiteitsrange: ≤ 30 dB. |
| 7 | F0-range: \leq tweevoudig. |
-

Voor wat de structuur van syllaben betreft, lijken de voorstellen van Oller uiterst zinvol. De verschillende, impressionistisch omschreven stadia als 'cooing', 'squealing' of 'marginal babbling' zouden gewogen kunnen worden met de eisen zoals hierboven geformuleerd, wat resulteert in een hiërarchisch ontwikkelings-schema. In hoeverre de genoemde eisen werkelijk universeel zijn en in de praktijk algemeen bruikbaar, zal moeten blijken. Syllaben lenen zich, vanwege hun duidelijke, akoestische vorm, vrij goed voor het formuleren van dergelijke eisen. Of formulering van dergelijke eisen voor andere linguïstische eenheden ook mogelijk is, moet nader onderzocht worden. Daarbij zal men rekening moeten houden met ontwikkelingsaspecten zoals een geleidelijk beter gaan beheersen van de noodzakelijke temporele coördinatie, die maakt dat volwassen spraak bijvoorbeeld aanzienlijk sneller is dan kinderspraak (Kuijpers, 1993).

Senso-motorische benadering

Naast de hierboven beschreven aanpak van Oller werd op het Instituut voor Fonetische Wetenschappen te Amsterdam een andere methode ontwikkeld. Deze methode werd eveneens op het bovengenoemde symposium gepresenteerd (Koopmans-van Beinum & Van der Stelt, 1979; 1986). Uitgangspunt daarbij is het zich ontwikkelende spreekapparaat van het kind en zijn veranderende anatomisch-fysiologische mogelijkheden.

Het geluidsproductie-instrument waarmee een baby geboren wordt, wijkt anatomisch gezien op een paar essentiële punten af van het spreekinstrument van volwassenen, waarschijnlijk omdat de werking van het apparaat niet in eerste instantie gericht is op spreken, maar op uiterst vitale functies zoals ademen, zuigen en slikken. De vorm en verhoudingen van de mondkeelholte, de relatief massieve tong en de structuur van lippen en gehemelte zorgen ervoor dat het kind kan ademen tijdens het zuigen en dat het slikken beter gecontroleerd kan worden. Voor de geluidgeving betekent dit dat gedurende de eerste maanden de geluiden sterk nasaal klinken (de weg naar de neus staat permanent open), dat vocale geluiden niet erg helder klinken (door de massieve tong kan de mondkeelholte nog niet goed als klankkast functioneren) en dat de articulatie-organen nog niet in staat zijn tot het maken van verfijnde bewegingen die voor het spreken noodzakelijk zijn. Het leren besturen van een zich nog verder ontwikkelend spreekinstrument is een universele taak voor iedere pasgeboren baby.

In het onderzoek (o.m. Koopmans-van Beinum & Van der Stelt, 1979, 1986; Koopmans-van Beinum, 1990) is gezocht naar een methode die aansluit bij het zich ontwikkelende spreekinstrument en toch de wezenlijke kenmerken van het spreken bevat. Hierbij werd uitgegaan van het in spraakonderzoek veel gebruikte zgn. *bron-filtermodel*. In dit model fungeert de larynx als geluidsbron en wordt het geluid door de vorm van de mondkeelbuis en bewegingen van de articulatie-organen gefilterd en van zijn specifieke geluidskenmerken voorzien. Omdat een baby direct bij de geboorte beschikt over bron en filter, en dit in principe dezelfde bron en filter zijn als waarover volwassenen beschikken, biedt dit model de simpele bouwstenen voor een adequate beschrijving zowel van de vroege spraak-

ontwikkeling van kinderen (zie Fig. 1) als ook van volwassen spraak. Dit beschrijvingssysteem maakt het ons mogelijk om de ontwikkeling van de vroege geluidsproducties van kinderen in het eerste levensjaar weer te geven vanuit een senso-motorische benadering. Op die manier worden we niet gedwongen moeilijk toepasbare linguïstische transcriptiesystemen te gebruiken, d.w.z. transcriptiesystemen die ontworpen zijn voor het weergeven van spraak van volwassen taalgebruikers. Bovendien biedt het de mogelijkheid om de ontwikkeling van bewegingen in het geluidsproductiemechanisme te vergelijken met andere motorische ontwikkelingen in het eerste levensjaar, zoals omrollen, kruipen en lopen (Van der Stelt & Koopmans-van Beinum, 1986).

Door het hierboven weergegeven beschrijvingssysteem perceptief toe te passen op de geluidsproducties van kinderen in het eerste levensjaar, is het mogelijk zes duidelijk onderscheidbare stadia in de geluidgeving aan te geven. In Fig. 2 zijn deze stadia in een schema gebracht dat, naar het zich laat aanzien (zie b.v. Roug et al., 1989; Stark, 1980; Oller, 1980), een universele ontwikkeling representeert. De aangegeven leeftijden zijn hierbij slechts globale indicaties van het moment waarop een bepaald stadium bereikt kan worden. Bovendien zullen in

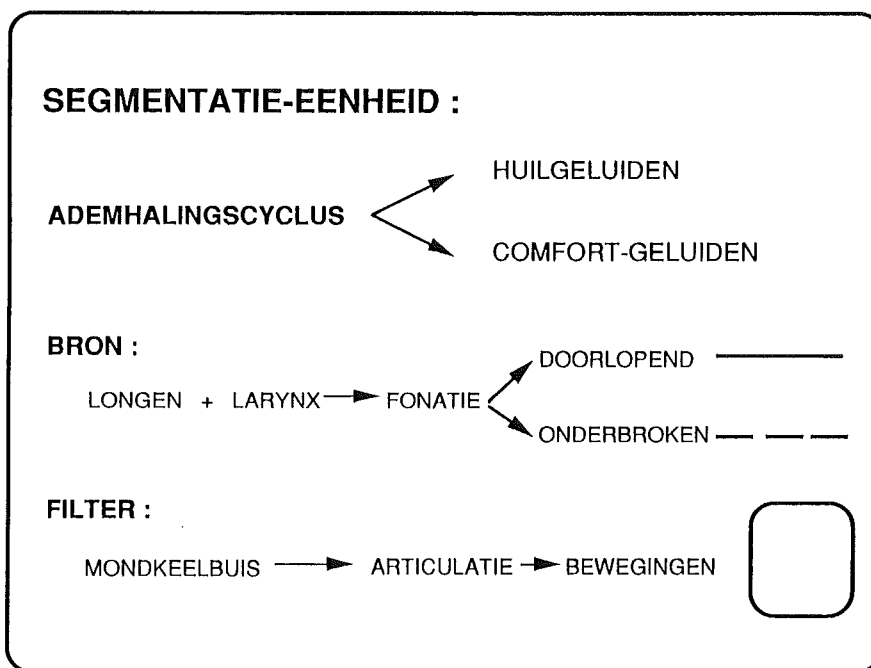


Fig. 1. Bouwstenen voor de beschrijving van vroege spraakontwikkeling, gebaseerd op kenmerken van bron en filter (zie Koopmans-van Beinum & Van der Stelt, 1986).

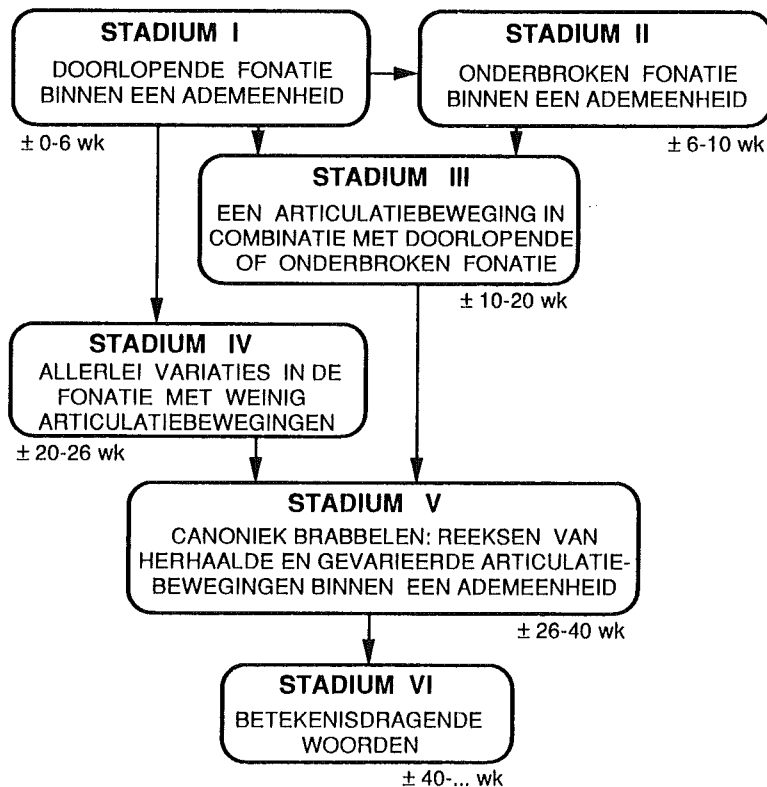


Fig. 2. Spraakontwikkelingsstadia in het eerste levensjaar van een kind, gebaseerd op geluidsproducties beschreven aan de hand van het zgn. bron-filtermodel. De week-aanduiding geeft de periode aan waarin baby's een bepaald type geluid gewoonlijk gaan beheersen (zie Koopmans-van Beinum & Van der Stelt, 1986).

elk verder stadium tegelijkertijd nog uitingen van het voorgaande stadium blijven voorkomen, hetzij afzonderlijk, hetzij in combinatie.

Essentieel in deze representatie in stadia is de hiërarchische opbouw: een eenvoudiger aspect moet verworven zijn voordat de volgende stap gezet kan worden, of simpele elementen moeten beheerst worden, voordat ze gecombineerd kunnen worden tot meer complexe vaardigheden, een overigens algemeen voorkomend ontwikkelingspatroon. Binnen ieder stadium is het uiteraard mogelijk weer onderverdelingen aan te brengen, bijvoorbeeld op grond van type articulaties. Zo verdeelt Elbers (1982) het stadium van canonic brabbelen in een periode van herhaald brabbelen gevolgd door een periode van gevarieerd brabbelen (in tegenstelling tot Mitchell & Kent (1990) die aantonen dat herhaald en gevarieerd brabbelen direct gemengd voorkomen).

Syllabevorming in vroege spraakontwikkeling

Combinatie van beide, hierboven genoemde benaderingen van vroege spraakproductie (Oller, 1986; Koopmans-van Beinum & Van der Stelt, 1979; 1986) zou naar onze mening goede mogelijkheden bieden om tot nieuwe modelvorming en toepassingen te komen. Op eenvoudige manier kan met behulp van de, op fonatie en articulatie gebaseerde bouwstenen, syllabevorming aangegeven worden. Daarmee wordt een verbinding gelegd tussen produktiebouwstenen, de geluidsaspecten daarvan en een elementair linguïstisch kenmerk van spraak (zie Fig. 3). Een beschrijving van vroege geluidsproducties in 'vocants' (alleen fonatie) en 'clo-sants' (articulaties) zoals gebruikt wordt door Martin (1981) zou hier direct bij kunnen aansluiten.

Syllabevorming zoals die in Fig. 3 aangegeven staat onder 1), namelijk alleen op fonatieniveau, voldoet niet aan Ollers eisen voor een canonieke syllabe, syllabevorming zoals aangegeven onder 2) kan er in principe wel aan voldoen, evenals die onder 3). In een onderzoek waarbij 51 normale, Nederlandse kinderen betrokken waren, kon met gebruik making van dit beschrijvingsstelsel vastgesteld worden dat de gemiddelde leeftijd waarop de kinderen (canoniek) gingen

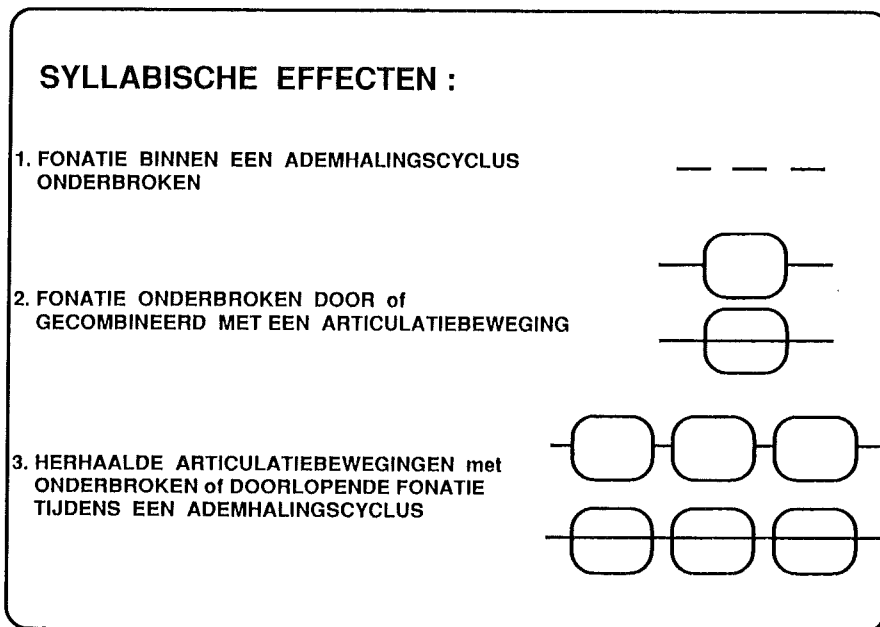


Fig. 3. Schematische weergave van de syllabische effecten die met simpele bron-filter-bouwstenen gerepresenteerd kunnen worden (zie Koopmans-van Beinum & Van der Stelt, 1986).

brabbelen, 31 weken was, met een range van 18 tot 48 weken (Van der Stelt & Koopmans-van Beinum, 1986). Met name de grote range van 30 (!) weken maakt dat men uiterst voorzichtig moet zijn met leeftijd als indicator voor de spraakontwikkeling van jonge kinderen. Het onderzoek richt zich momenteel op de akoestische eigenschappen van baby-uitingen in elk van de verschillende produktiestadia, en de syllabe-achtige componenten daarbinnen. Het is daarbij de bedoeling een model te ontwikkelen, dat ook wat betreft de vroege spraakgeluidsproducties cross-linguïstische vergelijkingen mogelijk maakt en bovendien eventuele ontwikkelingsstoornissen zichtbaar kan maken.

Zoals bij de bespreking van ontwikkeling van spraakperceptie gebleken is, worden syllabe-achtige segmenten beschouwd als belangrijke eenheden in de vroege spraakcommunicatie-ontwikkeling. Ook in de produktie dienen ze als 'frames' die vervolgens voorzien worden van een meer segmentele 'content' (MacNeilage & Davis, 1990). Het lijkt niet onwaarschijnlijk dat dit te maken heeft met een algemeen fylogenetisch aspect van primaten, waarbij voor communicatiedoeleinden gebruik gemaakt wordt van een afwisseling in kaakbewegingen (open-gesloten), gecombineerd met stemgeving. Deze vorm van suprasegmentele controle is niet nieuw in mensachtigen, maar gaat terug op een al vroeg in de evolutie aanwezig neuraal mechanisme. Pas later zou op neocorticaal niveau de mogelijkheid zijn ontstaan tot het aanbrengen van een segmentele structuur. Dienovereenkomstig zouden kinderen in hun vroege spraakontwikkeling deze fylogenetische stappen eveneens maken.

Alle normale, gezonde kinderen lijken te voldoen aan het schema zoals dat weergegeven is in Fig. 2. Wanneer het maken van reeksen van open-dicht bewegingen direct gerelateerd is aan de anatomisch-fysiologische en neurologische ontwikkeling, zou men de conclusie kunnen trekken dat in het eerste half jaar in de geluidgeving van het kind uitsluitend deze ontwikkeling van het spreekinstrument weerspiegeld wordt. Kinderen die geboren zijn met een gespleten gehemelte laten dan ook een enigszins gewijzigd ontwikkelingspatroon in de vroege geluidsproducties zien, dat direct te verklaren is uit het aangeboren anatomische defect (Koopmans-van Beinum et al., 1990). Men kan zich echter afvragen, mede in het licht van bovengenoemde evolutionaire aspecten, waarom ernstig slechthorende kinderen niet deze herhaalde open-dicht bewegingen gaan maken op een tijdstip dat normaal horende kinderen dat gaan doen in de vorm van brabbelen (Oller & Eilers, 1988). Speelt bij brabbelen de taalinput dan al een rol, hoewel er duidelijk senso-motorische overeenkomsten zijn tussen brabbelen en andere repetatieve bewegingen zoals timmeren en kauwen? Deze vaardigheden ontwikkelen zich ongeveer in dezelfde periode als brabbelen (Van der Stelt & Koopmans-van Beinum, 1986). Of heeft het ontbreken van auditieve terugkoppeling op de vroege vocalisaties van ernstig gehoorgestoorde kinderen tot gevolg dat er een geringere stimulering plaats vindt? Vaak wordt beweerd dat ernstig slechthorende kinderen dikwijls veel vocaliseren, waardoor soms zelfs in hun eerste levensjaar hun gehoorstoornis niet eens opgemerkt wordt door de ouders. Het is overigens de vraag in hoeverre het aannemelijk is dat de taalinput en auditieve terug-

koppeling geen enkele rol spelen in de vroege geluidsproducties tot aan het stadium van woordgebruik. Onderzoek naar vocalisaties van zeer ernstig slechthorende baby's, dat momenteel plaats vindt (Den Os & Clement, 1993) zal hier mogelijk nader inzicht in verschaffen.

In het volgende gedeelte komen een aantal onderzoeken aan de orde waarin de invloed van de omringende moedertaal op de geluidsproducties van kinderen bestudeerd is. Geprobeerd zal worden de verschillende aspecten die in het voorgaande genoemd zijn, te integreren tot een totaalbeeld van de spraakontwikkeling van een kind in zijn eerste levensjaar, althans voor zover gegevens beschikbaar zijn.

Samenhang tussen interactie, perceptie en produktie

In het voorgaande hebben we de verschillende aspecten die van belang zijn bij het zich ontwikkelen van een volwaardig spraakcommunicatiesysteem, los van elkaar behandeld, alsof er geen enkele samenhang zou zijn tussen perceptie en produktie. Niettemin is juist de vraag naar de invloed van bepaalde interactionele situaties en de rol van de specifieke taalinput waarmee het kind opgroeit, een van de boeiendste vragen op het gebied van de spraakontwikkeling. Wanneer kunnen voor het eerst aan de uitingen die een kind produceert, invloeden van zijn specifieke taalomgeving worden vastgesteld? Of met andere woorden: tot wanneer is zijn geluidgeving uitsluitend het resultaat van een universele fonetische ontwikkeling en mogelijk anatomisch-fysiologisch bepaald? In Fig. 4 is een schematische uitbeelding gegeven van de hierbij op elkaar inwerkende krachten. Maar hoe spelen daarop de individuele variaties van ieder kind afzonderlijk in? Op welk gebied liggen de vroegst waarneembare taalspecifieke kenmerken? Is er uitsluitend een beïnvloeding in één richting, van de perceptie naar de vroege spraakproductie, of is de beïnvloeding wederzijds?

In de literatuur zijn de genoemde vragen jaren geleden al aan de orde geweest. Zo is een bewering van Weir (1966), gebaseerd op een beperkt cross-linguïstisch onderzoek een eigen leven gaan leiden. Zij stelt daar dat al op de leeftijd van zes maanden aan de uitingen van kinderen te horen zou zijn of ze al dan niet in een toontaal-omgeving opgegroeid zijn: "...thus far we have been able to collect and listen to only one or two recording sessions of three Chinese, one Russian, and one English infant. Based on this scant evidence, I will dare to make a few general statements. One Chinese infant, recorded first at five-and-one-half and then at six-and-one-half months, shows in the second recording a very different pattern from the Russian and American infants. The utterances produced by the Chinese baby are usually monosyllabic and only vocalic, with much tonal variation over individual vowels. A neutral single vowel with various pitches is also typical of another six-month-old Chinese infant, as well as of a still different seven-month-old one. The Russian and American babies, at six and seven months, show little pitch variation over individual syllables; they have a

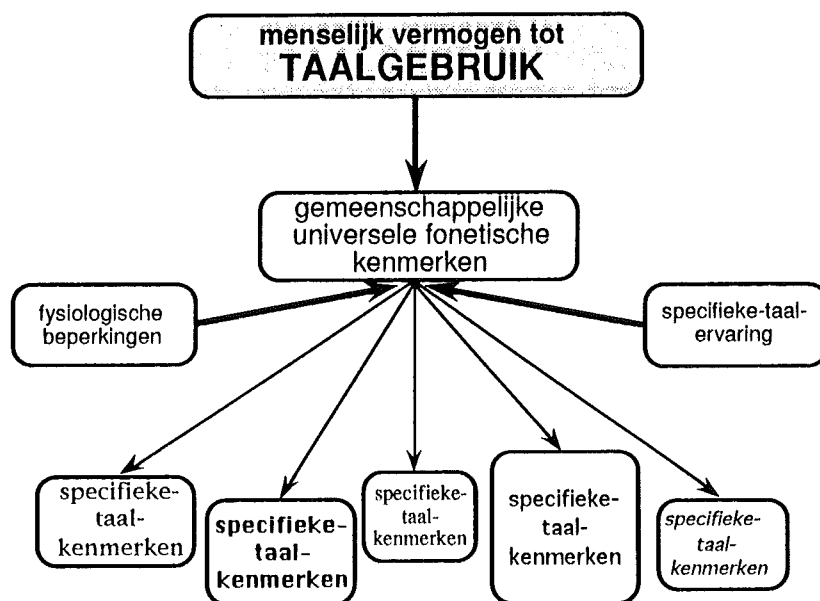


Fig. 4. Schematische weergave van de specifieke-taalinvloeden op de universele fonetische ontwikkeling van het spraakcommunicatiesysteem van kinderen in het eerste levensjaar.

CV (consonant-vowel) syllable, often reduplicated or repeated at intervals several times, with stress patterns occurring occasionally and intonation patterns usually over a number of syllables." (Weir, 1966, p. 156).

Langzamerhand is men echter wel gaan inzien dat soortgelijke beweringen uitsluitend steekhoudend zijn, wanneer er longitudinale spraakontwikkelingsgegevens van de betreffende kinderen voorhanden zijn (zie ook Locke, 1983; Koopmans-van Beinum & Van der Stelt, 1986). Uit het gedeelte over de zich ontwikkelende geluidsproductie zal duidelijk geworden zijn, dat kinderen van dezelfde leeftijd in heel verschillende produktiestadia kunnen zijn. Zo zijn in het hierboven weergegeven voorbeeld van Weir de betreffende Russische en Amerikaanse kinderen kennelijk al in het brabbelstadium, terwijl het goed mogelijk is dat de door haar beschreven Chinese kinderen toevallig dat stadium nog niet bereikt hadden, en dus nog in het eraan voorafgaande, sterk fonatiegerichte stadium waren. Duidelijke invloed van het opgroeien in een toontaal-omgeving is daarmee nog geenszins aangetoond.

Recent zijn er enkele studies geweest waarbij men taalspecifieke patronen in de geluiden van kinderen in het eerste levensjaar heeft vastgesteld. Bij de hierbij toegepaste onderzoeksmethoden is onderscheid te maken tussen twee typen benaderingen. Het betreft hier enerzijds studies waarin men gebruik maakt van akoes-

tische metingen aan vroege geluidsproducties en men vervolgens de resultaten vergelijkt met wat in de betreffende moedertalen gevonden wordt. Anderzijds gaat het om studies waarbij men perceptieve methoden toepast en daarbij luisteraars direct of indirect laat beoordelen of aan de vroege kindergeluiden de invloed van de omringende taal waar te nemen is. Ook de combinatie van beide benaderingen komt voor.

Wat studies met akoestische metingen betreft, is door het meten van formantfrequenties aangetoond dat de klinkerachtige producties van Franse, Engelse, Algerijnse en Cantonese kinderen tussen de 10 en 12 maanden, in de klinker distributie overeenkomst vertonen met de klinkerverdelingen zoals die in de volwassen doeltaal voorkomen (De Boysson-Bardies et al., 1986; De Boysson-Bardies et al., 1989). De variatie *tussen* de groepen kinderen met verschillende taalachtergrond bleek groter te zijn dan de variatie *binnen* de groepen. Hoewel in de betreffende studies daar niet expliciet melding van gemaakt wordt, leveren formantmetingen (LPC-methode) aan babygeluiden vaak grote meettechnische problemen vanwege de hoge stemmetjes.

Ook met betrekking tot consonantachtige geluiden heeft men in de overgang van brabbelfase naar één-woordfase (tussen 11 en 14 maanden) in de door Franse, Engelse, Zweedse en Japanse kinderen geproduceerde uitingen invloeden van de omringende moedertaal aangetoond (De Boysson-Bardies & Vihman, 1991; Levitt & Utman, 1992). Een methodologisch moeilijk punt daarbij blijft de vraag in hoeverre het terecht is om brabbeluitingen te transcriberen alsof het uitingen in een exotische taal betreft waarop aan volwassen taalgebruik ontleende transcriptiesystemen toegepast kunnen worden. Zodra uitingen vergeleken kunnen worden met een doelwoord in de moedertaal, verandert de situatie. De bedoeling van het kind is dan duidelijk en de uiting van het kind kan dan beschouwd worden als een (gebrekkige) benadering van de woordvorm in de moedertaal. De auteurs van de eerste studie hebben dit probleem trachten te ondervangen door de consonantachtige geluiden voor plaats van articulatie te klassificeren in drie categorieën: labialen, dentalen en velairen. Voor manier van articulatie werd een indeling in vier categorieën gemaakt: plofklanken, fricatieven, nasalen en liquidae. In de tweede studie is in een longitudinaal onderzoek gekeken naar de segmentele structuur en naar de syllabestructuur in verschillende spraakontwikkelingsstadia van één Frans en één Engels kind. Ook hier is voor de transcriptie van de vroege uitingen gebruik gemaakt van een beschrijving met het volwassen foneemstelsel. Een ander punt van kritiek onzerzijds is bovendien dat het gebruiken van één representant van beide talen in de studie van Levitt & Utman (1992) wel erg beperkt is. In andere studies is veelvuldig de grote variabiliteit aangetoond in de klankontwikkeling, als kinderen hun eerste woorden gaan gebruiken (zie o.m. Vihman, 1993). Niettemin worden in beide hierboven genoemde studies invloeden van de omringende moedertaal aangetoond.

Ook op het gebied van intonatie is invloed van de moedertaal op de vroege uitingen van kinderen aangetoond. Whalen, Levitt & Wang (1991) hebben laten zien dat in een groep van vijf Franse en een groep van vijf Engelse kinderen

tussen vijf maanden en één jaar, een duidelijk aantoonbaar verschil aanwezig was in het gebruik van stijgende en van dalende intonatiepatronen: de Franse kinderen gebruikten significant meer stijgende intonaties en minder dalende intonaties in hun twee- en drielettergrepige uitingen dan de Engelse kinderen. Naast intonatietranscriptie door luisteraars in een perceptieproef met gerandomiseerde stimuli, werd hier ook gebruik gemaakt van akoestische metingen. Helaas zijn de uitingen in dit onderzoek niet ingedeeld in spraakontwikkelingsstadia.

In een aantal onderzoeken waarin volwassen luisteraars de opdracht kregen uitingen van baby's in het eerste levensjaar te classificeren naar taal, komen tegenstrijdige resultaten naar voren (zie Levitt & Utman, 1992). In sommige studies lijken volwassenen in staat de talige achtergrond waarin de kinderen opgroeien, uit de baby-uitingen te kunnen herkennen, andere studies tonen het tegendeel aan. Met name op dit gebied lijken methodologische problemen van grote invloed te zijn op de uitkomsten en is nader onderzoek dringend gewenst. Samenvattend kan gesteld worden dat tot nu toe de vroegste evidentie voor moedertaalinvloeden ligt op het gebied van intonatie, vervolgens op het gebied van vocalische aspecten en daarna consonantische aspecten. Opvallend is dat deze volgorde overeen komt met de volgorde waarin bij kinderen in het eerste levensjaar perceptieve evidentie van moedertaalinvoer is aangetoond. Dit roept de vraag op of de beïnvloeding van perceptie naar productie in één richting gaat of mogelijk in beide richtingen (Werker, 1993). Het zal duidelijk zijn dat er op dit gebied nog aanzienlijk meer onderzoek gedaan moet worden.

In een aantal studies is aandacht besteed aan de invloed van de situatie of de interactie op de uitingen van baby's. Zo maakt Lieberman (1967) melding van een jongetje van tien maanden dat, afhankelijk van de ouder die tegen hem praatte, op verschillende toonhoogten geluiden produceerde. Wanneer hij alleen was, produceerde hij uitingen met een gemiddelde grondfrequentie van 430 Hz, als hij met zijn moeder speelde had hij een gemiddelde van 390 Hz, en met zijn vader 340 Hz. Dit zou betekenen dat de baby zijn grondfrequentie aanpaste aan zijn sociale omgeving.

Delack & Fowlow (1978) stelden vast dat er een significant verschil was tussen het type uitingen dat baby's produceerden in interactie met volwassenen, in vergelijking met de geluiden die de baby's maakten wanneer zij alleen waren.

D'Odorico & Franco (1991) bestudeerden communicatie in interactiesituaties van kind-volwassene-spelgoed. Aan de hand van longitudinaal verzameld videomateriaal analyseerden zij een aantal akoestische kenmerken van vocalisaties in verschillende contexten. Uit de resultaten blijkt dat, afhankelijk van de communicatieve situatie, de kinderen verschillende typen vocalisaties produceerden en dus op een of andere manier een geluid-betekenis relatie hebben opgebouwd. Echter, dit blijkt alleen het geval te zijn zolang de kinderen tussen de vier en negen maanden oud zijn. Vanaf de leeftijd van negen maanden verdwijnt deze discriminerende functie van de context en lijkt er een reorganisatie plaats te vinden. Waarmee de dan optredende veranderingen te maken hebben, is niet zonder meer duidelijk.

Een laatste studie op dit gebied die nog vermeld moet worden, is het werk van Masataka (1992). In een onderzoek, waarin vocalizaties van 10 Japanse baby's gedurende hun eerste vijf levensmaanden zijn verzameld, werd nagegaan of het intonatiepatroon van de voorafgaande moederuitingen verschil in intonatie bij het kind tot gevolg had. In een methodologisch zorgvuldig opgezet onderzoek wordt op basis van discriminantanalyses aangetoond, dat er een statistisch significante relatie bestaat tussen de akoestische kenmerken van de moederuitingen en de erop volgende vocalizaties van de baby, die naarmate de baby's ouder worden steeds sterker wordt. De resultaten van de statistische analyses geven echter nog geen verklaring van deze bevindingen.

Op de specifieke kenmerken en de effecten van spraak zoals volwassenen, meestal moeders, maar ook wel vaders, die gebruiken tegenover hun jonge kinderen ('motherese') en de verschillen tussen tot het kind gerichte en tot een volwassene gerichte spraak, gaan we in dit overzicht niet verder in. De reden daarvan is niet dat het niet belangwekkend genoeg zou zijn, maar juist dat het als een onderwerp op zich te beschouwen is, waarover zeer veel literatuur bestaat. Wel kan vastgesteld worden dat het aandachtspatroon zich geleidelijk aan verlegt heeft van aanvankelijk vooral aandacht voor de klanken en de uitingen van het kind, via aandacht voor de spraak van de moeder tegen het kind, naar aandacht voor kind en moeder als één systeem dat op weg is naar spraakcommunicatie.

Conclusie

In het voorgaande hebben wij geprobeerd een overzicht te geven van wat er op het gebied van spraakperceptie, spraakproductie, en in beknopte vorm ook op interactiegebied, gebeurt in het eerste levensjaar van een kind. Het zal duidelijk zijn dat deze periode onomstotelijk deel uitmaakt van het proces waarin een kind leert taal en spraak te gebruiken voor zijn communicatiedoeleinden. De term 'prelinguïstisch' is dus voor deze periode niet op zijn plaats.

Het onderzoekgebied is sterk in beweging, veel problemen zijn aan de orde geweest, maar ook nog heel veel is in het hier gegeven overzicht niet aan bod gekomen. Oorzaak daarvan is enerzijds onze eigen beperktheid, het is onmogelijk om alles tot in detail te bespreken en sommige studies zijn ons mogelijk onbekend. Maar anderzijds zijn veel problemen op dit onderzoekgebied nog nooit of nauwelijks aan de orde gesteld.

Voor zover onderzoeksresultaten tot nu toe aanwezig zijn, lijkt alles er op te wijzen dat in het eerste halfjaar van een baby de basis gelegd wordt voor het gaan gebruiken van spraak voor communicatiedoeleinden. Dat betekent overigens dat al in het eerste half jaar intensief aandacht geschonken moet worden aan die groepen van kinderen en ouders die door wat voor oorzaak dan ook beschouwd moeten worden als risicogroepen voor wat betreft een normale en probleemloze spraakcommunicatie-ontwikkeling.

Summary

In this tutorial paper an overview is given of speech development in the first year of life. More and more, this period is considered to be important for the later speech and language development. Many innovating studies have recently been performed on this subject. In this paper different types of studies are presented which all contribute to a theory of early speech development.

Firstly, the development of parent-child interaction during the first year of life is addressed. Hereafter, the development of speech perception is presented, including the auditory system and the perceptual capacities of the child: what does the child actually hear when it is spoken to? In what way does a specific language influence the way of listening? Subsequently, the development of the 'speech instrument' of a baby towards an adequate speech production mechanism is described. Finally, several aspects of interaction, perception, and production are integrated and combined to present the development towards speech communication.

Literatuur

- Aslin, R.N. (1992). Segmentation of fluent speech into words: learning models and the role of maternal input. *NATO Advances Research Workshop "Changes in speech and face processing in infancy: a glimpse at developmental mechanisms of cognition"*, Cary le Rouet (France).
- Aslin, R.N., Pisoni, D.B. & Jusczyk, P.W. (1983). Auditory development and speech perception in infancy. In: M.M. Haith & J.J. Campos (Eds.), *Infancy and developmental psychobiology*, Vol 2. Carmichael's handbook of child psychology (4th edition). New York: Wiley.
- Best, C.T., McRoberts, G.W. & Sithole, N.N. (1988). The phonological basis of perceptual loss for non-native contrasts: maintenance of discrimination of Zulu clicks by English-speaking adults and infants, *Journal of Experimental Psychology: human perception and performance* J14, 345-360.
- Christophe, A., Dupoux, E. & Mehler, J. (1993). How do infants extract words from the speech stream? A discussion of the bootstrapping problem for lexical acquisition. In: E.V. Clark (Ed.), *The proceedings of the twenty-fourth annual Child Language Research Forum*, Stanford, 209-224.
- Cutler, A. & Mehler, J. (1993). The periodicity bias. *Journal of Phonetics* 21, 103-108.
- De Boysson-Bardies, B. & Vihman, M.M. (1991). Adaptation to language: evidence from babbling and first words in four languages. *Language* 67, 297-319.
- De Boysson-Bardies, B., Hallé, P., Sagart, L. & Durand, C. (1989). A cross-linguistic investigation of vowel formants in babbling. *Journal of Child Language* 16, 1-17.
- De Boysson-Bardies, B., Sagart, L., Hallé, P. & Durand, C. (1986). Acoustic investigation of cross-linguistic variability in babbling. In: B. Lindblom & R. Zetterström (Eds.), *Precursors of Early Speech*. Wenner Gren. Int. Symp. Series 44, New York: Stockton Press, 113-126.
- Delack, J.B. & Fowlow, P.J. (1978). The ontogenesis of differential vocalization; development of prosodic contrastivity during the first year of life. In: N. Waterson & C. Snow (Eds.), *Development of communication: social and pragmatic factors in language acquisition*. New York: John Wiley and Sons, 93-110.
- Den Os, E.A. & Clement, C. (1993). Development of vocalisations of severely hearing impaired infants. Paper presented at the Sixth International Congress for the Study of Child Language, Trieste, 18-24 July 1993.

- D'Odorico, L. & Franco, F. (1991). Selective production of vocalization types in different communication contexts. *Journal of Child Language* 18, 475-499.
- Eimas, P.D., Siqueland, E.R., Jusczyk, P. & Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science* 171, 303-306.
- Elbers, L. (1982). Operating principles in repetitive babbling: a cognitive continuity approach. *Cognition* 12, 45-63.
- Fernald, A. (1992). Human maternal vocalizations to infants as biologically relevant signals. An evolutionary perspective. In: J.H. Barkow, L. Cosmides & J. Tooby (Eds.), *The adapted mind*. New York: Oxford University Press, 391-428.
- Fifer, W. & Moon, C. (1989). Early voice discrimination. In: C. von Euler, H. Frossberg & H. Lagencrantz (Eds.), *Neurobiology of early infant behaviour*. Stockton Press, 277-286.
- Fogel, A. (1992). Movement and communication in human infancy: the social dynamics of development. *Human Movement Science* 11, 387-423.
- Fourcin, A.J. (1978). Acoustic patterns and speech acquisition. In: N. Waterson & C. Snow (Eds.), *The development of communication*. John Wiley, 143-171.
- Gósy, M. (1992). *Speech perception: models and applications*. Hamburg: Forum Phonetikum.
- Grégoire, A. (1937). *L'apprentissage du langage. I. Les deux premières années*. Paris: Société d'édition "Les belles lettres".
- Greiser, D. & Kuhl, P.K. (1989). Categorization of speech by infants: support for speech-sound prototypes. *Developmental Psychology* 25, 577-588.
- Irwin, O.C. (1947). Infant speech: consonantal sounds according to place of articulation. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 12, 397-401.
- Irwin, O.C. (1951). Infant speech: consonantal position. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 16, 159-161.
- Jakobson, R. (1941/1968). *Kindersprache, Aphasie und allgemeine Lautgesetze*. Uppsala: Almqvist & Wiksell. (Vertaald door Allan R. Keiler (1968). *Child language, aphasia and phonological universals*. Den Haag: Mouton).
- Jusczyk, P.W. (1986). Toward a model of the development of speech perception. In: J.S. Perkell & D.H. Klatt (Eds.), *Invariance and variability in speech processes*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, publishers, 1-19.
- Jusczyk, P.W. (1993). From general to language-specific capacities: the WRAPSA model of how speech perception develops. *Journal of Phonetics* 21, 3-28.
- Jusczyk, P.W. & Derrah, C. (1987). Representation of speech sounds by young infants. *Developmental Psychology*, 23, 648-654.
- Jusczyk, P.W., Kennedy, L., Jusczyk, A., Koenig, N. & Schomberg, T. (in preparation). An investigation of the infant's representation of information in bisyllabic utterances.
- Kent, R.D. & Murray, A.D. (1982). Acoustic features of infant vocalic utterances at 3, 6, and 9 months. *J. Acoust. Soc. Am.* 72, 353-365.
- Kent, R.D. (1993). Infants and speech: seeking patterns. *Journal of Phonetics* 21, 117-123.
- Koopmans-van Beinum, F.J. (1990). The source-filter model of speech production applied to early speech development. *Proceedings of the International Conference of Spoken Language Processing 1990*, Kobe, Japan, Vol. 2, 1321-1324.
- Koopmans-van Beinum, F.J. & Stelt, J.M. van der (1979). Early stages in infant speech development. *Proceedings of the Institute of Phonetic Sciences Amsterdam* 5, 30-43.
- Koopmans-van Beinum, F.J. & Stelt, J.M. van der (1986). Early stages in the development of speech movements. In: B. Lindblom & R. Zetterström (Eds.), *Precursors of Early Speech*. Wenner Gren. Int. Symp. Series 44, New York: Stockton Press, 37-50.

- Koopmans-van Beinum, F.J., Jansonius-Schultheiss, K. & Van der Stelt, J.M. (1990). De invloed van een gehemelteplaatje op de spraakontwikkeling en -interactie in de eerste levensjaren van baby's met een gehemeltespleet. Eindverslag aan het Praeventiefonds. *Rapport 110 van het Instituut voor Fonetische Wetenschappen*, Amsterdam.
- Kuhl, P. K. (1993) Early linguistic experience and phonetic perception: implications for theories of developmental speech perception. *Journal of Phonetics* 21, 125-139.
- Kuhl, P.K. , Williams, K.A., Lacerda, F., Stevens, K.N. & Lindblom, B. (1992). Linguistic experience alters phonetic perception in infants by 6 months of age. *Science* 255, 606-608.
- Kuijpers, C.T.L. (1993). *Temporal coordination in speech development: a study of voicing contrast and assimilation of voice*. Dissertatie Universiteit van Amsterdam.
- Levelt, W.J.M. (1989). *Speaking: from intention to articulation*. Cambridge (Mass.): Bradford Books/MIT Press.
- Levitt, A.G. & Utman, J.G.A. (1992). From babbling towards the sound system of English and French: a longitudinal two-case study. *Journal of Child Language* 19, 19-40.
- Lewis, M.M. (1936). *Infant speech: a study of the beginning of language*. London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co. Ltd.
- Lieberman, P. (1967). *Intonation, perception and language*. Cambridge (Mass.): MIT Press.
- Lindblom, B. & Zetterström, R. (Eds.) (1986). *Precursors of Early Speech*. Wenner Gren. Int. Symp. Series 44, New York: Stockton Press.
- Locke, J.L. (1983). *Phonological acquisition and change*. New York: Academic Press.
- MacNeilage, P.F. & Davis, B.L. (1990). Acquisition of speech production: The achievement of segmental independence. In: W.J. Hardcastle & A. Marchal (Eds.), *Speech production and speech modelling*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 55-68.
- Martin, J.A.M. (1981). *Voice, speech and language in the child: development and disorder*. New York: Springer Verlag.
- Matasaka, N. (1992). Early ontogeny of vocal behavior of Japanese infants in response to maternal speech. *Child Development* 63, 1177-1185.
- Mehler, J., Jusczyk, P., Lambertz, G., Halstead, N., Bertoncini, J. & Amiel-Tison, C. (1988). A precursor of language in young children. *Cognition* 29, 143-178.
- Mitchell, P.R. & Kent, R.D. (1990). Phonetic variation in multisyllable babbling. *Journal of Child Language* 17, 247-265.
- Moon, C., Bever, T.G. & Fifer, W.P. (1992). Canonical and non-canonical syllable discrimination by two-day-old infants. *Journal of Child Language* 19, 1-17.
- Moon, C. & Fifer, W.P. (1986). Newborns prefer the sound of mother's voice as experienced in the womb. Paper presented at *the International Society for Developmental Psychobiology, Annual Meeting*, Annapolis, November.
- Netsell, R. (1981). The acquisition of speech motor control: a perspective with directions for research. In: R.E. Stark (Ed.), *Language behavior in infancy and early childhood*. New York, Amsterdam, Oxford: Elsevier/North-Holland, 127-153.
- Northern, J. & Downs, M. (1974). *Hearing in children*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Oller, D.K. & Eilers, R.E. (1988). The role of audition in infant babbling. *Child Development* 59, 441-449.
- Oller, D.K. (1980). The emergence of the sounds of speech in infancy. In: G.H. Yeni-Komshian, J. Kavanagh & C.A. Ferguson (Eds.), *Child Phonology: Vol. I: Production*. New York: Academic Press.
- Oller, D.K. (1986). Metaphonology and infant vocalizations. In: B. Lindblom & R. Zetterström (Eds.), *Precursors of Early Speech*. Wenner Gren. Int. Symp. Series 44, New York: Stockton Press, 21-35.

- Papoušek, M. & Papoušek, H. (1991). Preverbal vocal communication from zero to one: Preparing the ground for language acquisition. In: M.E. Lamb & H. Keller (Eds.), *Infant development: perspectives from German-speaking countries*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 299-328.
- Roug, L., Landberg, I. & Lundberg, L.-J. (1989). Phonetic development in early infancy: a study of four Swedish children during the first eighteen months of life. *Journal of Child Language* 16, 19-40.
- Stark, R.E. (1980). Stages of speech development in the first year of life. In: G.H. Yeni-Komshian, J. Kavanagh & C.A. Ferguson (Eds.), *Child Phonology: Vol. 1: Production*. New York: Academic Press.
- Stern, C. & Stern, W. (1922³). *Die Kindersprache: Eine psychologische und sprachtheoretische Untersuchung*. Leipzig: Verlag von Johann Ambrosius Barth.
- Studdert-Kennedy, M. (1993). Discovering phonetic function. *Journal of Phonetics* 21, 147-155.
- Suomi, K. (1993). Comments on the WRAPSA model of speech perception development. *Journal of Phonetics* 21, 157-162.
- Van der Stelt, J.M. & Koopmans-van Beinum, F.J. (1986). The onset of babbling related to gross motor development. In: B. Lindblom & R. Zetterström (Eds.), *Precursors of Early Speech*. Wenner Gren. Int. Symp. Series 44, New York: Stockton Press, 163-173.
- Van der Stelt, J.M. (1993). *Finally a word: a sensori-motor approach of the mother-infant system in its development towards speech*. Dissertatie, Universiteit van Amsterdam.
- Van Ginneken, J. (1917). *De roman van een kleuter*. Nijmegen: Leergang der Nederlandse taal 1.
- Vihman, M.M. (1993). Variable paths to early word production. *Journal of Phonetics* 21, 61-82.
- Weir, R.H. (1966). Some questions on the child's learning of phonology. In: F. Smith & G.A. Miller (Eds.), *The genesis of language: a psycholinguistic approach*. Cambridge (Mass.): MIT Press.
- Werker, J.F. & Lalonde, C.E. (1988). Cross-language speech perception: Initial capabilities and developmental change. *Developmental Psychology* 24 (5), 672-683.
- Werker, J.F. & Polka, L. (1993). Developmental changes in speech perception: new challenges and new directions. *Journal of Phonetics* 21, 83-101.
- Werker, J.F. (1993). The contribution of the relation between vocal production and perception to a developing phonological system. *Journal of Phonetics* 21, 177-180.
- Whalen, D.H., Levitt, A.G. & Wang, Q. (1991). Intonational differences between the reduplicative babbling of French- and English-learning infants. *Journal of Child Language* 18, 501-516.