

Stemmen uit de wieg

W. Decoster

Logopedische en Audiologische Wetenschappen, Leuven

De vroege stemontwikkeling (0-8 maanden) vangt aan voor de geboorte en verloopt parallel met andere ontwikkelingsdomeinen. Om de vroege vocale uitingen in kaart te brengen en hierin fasen te kunnen onderscheiden is er behoefte aan een model in termen van de processen die zich ontplooiën. Een infrastructurale benadering biedt hier de oplossing. Het vocale leerproces belichten we enerzijds vanuit de perceptie, waarin al heel vroeg de prosodie een belangrijke rol speelt, anderzijds vanuit productie als samenspel tussen neurobiologische ontwikkeling en sociaal leren. Hieruit blijkt dat vroege vocale uitingen ook al duidelijk een communicatieve betekenis hebben.

Sleutelwoorden: Infant vocal development, vocaal leren, stempragmatiek, neurobiologie, infrafonologie

Inleiding

Dit artikel is een uitgebreide en aangevulde neerslag van de spreekbeurt “Stemmen in de wieg. Vroege stemontwikkeling als basis voor verbale communicatie” binnen het symposium “De stem door het leven heen. Multidimensionaal-multidisciplinair.” dat plaats vond in Nijmegen, UMC St. Radboud, op maandag 14 juni 2004 (Decoster, 2004). Tesink C. en Maassen B. gaven eerder in dit tijdschrift in twee artikels een overzicht van de ontwikkeling van de spraakmotorische controle aan de hand van modellen (Tesink & Maassen, 2004a) en in relatie tot spraakperceptie (Tesink & Maassen, 2004b). Het voorliggende artikel tracht hierop een aanvulling te zijn door in te zoomen op de stemproductie voorafgaand aan de spraak. Hierbij wordt het accent gelegd op aspecten die in de literatuur zelden aan bod komen: de situering van de vroege stemontwikkeling binnen de communicatie, de beschrijving van de vroege vocale uitingen en het vocaal leren vanuit perceptueel, productief en sociaal-communicatief standpunt.

Referentiekader en beschrijving van vroege vocale uitingen

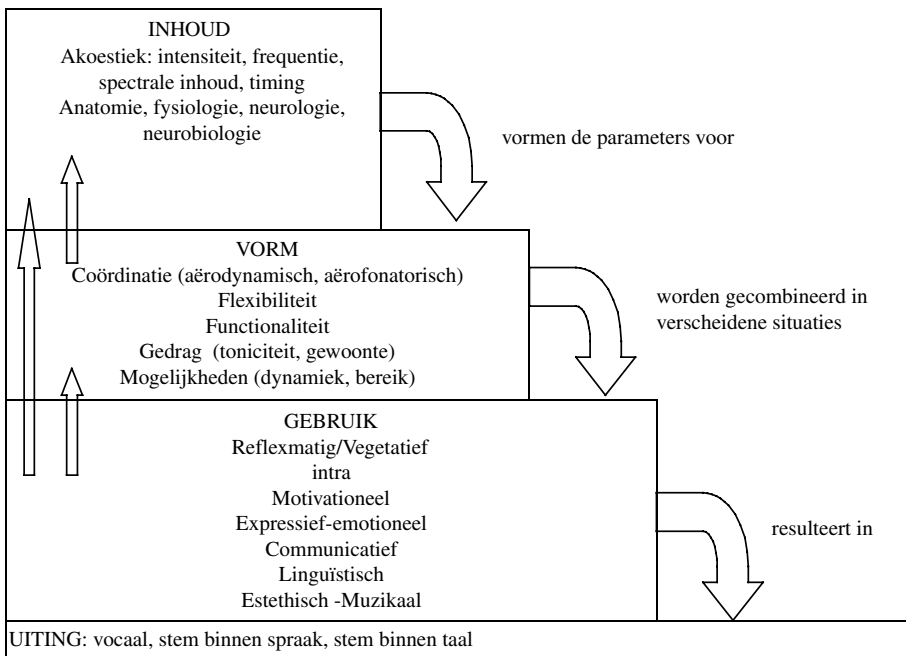
De literatuur rond de vroege stemontwikkeling (infant vocal development) vertoont enkele kenmerken die als volgt kunnen worden samengevat:

- De beschrijving van de vroege stemontwikkeling beperkt zich vaak tot de geboorteschreeuw en het wenen. De volgende fase in de stemontwikkeling wordt meestal beschreven in functie van het eerste brabbelen.
- Vroege stemontwikkeling beperkt zich nogal eens tot de studie van de anatomie en fysiologie van de perifere stemgevingsorganen (longen, strottenhoofd, resonantieholtten) bij baby's.
- Het begrip “stemontwikkeling” gebruikt men regelmatig als synoniem voor “spraakontwikkeling” vanaf het eerste brabbelen dus.
- Er is veel onderzoek gebeurd naar hoe dieren doelmatig en soortspecifiek leren communiceren.

Deze beschrijvingen bevatten telkens een ander aspect van vroege vocale ontwikkeling: ofwel de stemklank en mogelijke gerelateerde betekenissen, ofwel de structuur en fysiologie die instaan voor de productie van de stemklank, ofwel het doel waarheen de stemontwikkeling evolueert, ofwel de soort bij wie het leerproces zich voltrekt (primaten, zangvogels, mensen). Er ontbreekt echter een structurerend kader voor al deze aspecten in hun onderlinge samenhang. In functie van de logopedische praktijk biedt Andrews een veelomvattend kader (Andrews, 1995). Zij beschrijft de stem in termen van vier P's volgens de betrokken systemen: het *product* (de stemklank zoals we die akoestisch kunnen meten), de *processor* (hoe klinkt, klonk of zou de stem moeten klinken volgens de stemgever, hoe is de zelfperceptie van de stem en hoe ervaren anderen deze stem), de *productie* (gedrags- en instrumentele analyse van de manier waarop de stemklank wordt gevormd) en de *producer* (lichamelijke en psychologische kenmerken van de stemgever). Deze opdeling in vier systemen is interessant met het oog op een volledige diagnose als uitgangspunt voor de therapieplanning en –doelstellingen bij stemproblemen. Enerzijds slaagt de studie van de vroege stemontwikkeling er niet in om al deze domeinen nauwkeurig te beschrijven. Dit is deels te wijten aan de methodologische problemen (vooral bij onderzoek van de kenmerken van de processor in dit geval de baby), deels door onvolledigheid binnen het onderzoek. Anderzijds ontbreekt bij Andrews informatie over de gebruikssituatie en de aard van de stemgeving. In de logopedisch-audiologische praktijk gaat men immers verder dan de beschrijving van de betrokken systemen. Het uiteindelijk doel is om de stem in een communicatieve context efficiënt te kunnen gebruiken.

Aanvullend is de driedeling inhoud-vorm-gebruik, die alom gekend is op het vlak van de taalontwikkeling. Deze indeling is echter ook van toepassing op de stem als drager van de later te ontwikkelen spraak en taal (zie figuur 1). Een vocale uiting kan inhoudelijk vanuit verschillende standpunten omschreven worden (zie figuur 1 INHOUD) In termen van akoestiek gaat het om intensiteit, frequentie, spectrale

inhoud en timing. Daarnaast gaat het ook om aspecten van anatomie, fysiologie, neurologie, neurobiologie en de onderlinge samenwerking en beïnvloeding van deze systemen. Deze basisparameters uiteten zich in bepaalde verschijningsvormen (zie figuur 1 VORM). De stem manifesteert zich dan met een bepaalde graad van coördinatie, flexibiliteit en functionaliteit, in een bepaald gedrag en met bepaalde mogelijkheden. Deze vormspecifieke elementen worden gecombineerd in gebruikssituaties (zie figuur 1 GEBRUIK). Stemgeving bij niezen, lachen, hikken, geeuwen e.d. noemt men reflexmatig of vegetatief. Intrapersoonlijk is stemgeving als de stemklank tot zichzelf wordt gericht. Motivationale stemgeving gaat over de aansturing door de eigen wil om de stemgeving te beginnen of stop te zetten. Geeft men via stemgeving uiting aan gevoelens, dan is de gebruikssituatie expressief-emotioneel. Vanzodra stemgeving gericht wordt naar een object of gesprekspartner is dit communicatief stemgebruik. Tot dit gebied behoren ook de stempragmatische vaardigheden: via de stem kan men de intentie en het effect van de uiting controleren en kan men op vocale wijze vaardig omgaan met beurtgedrag en topichandhaving. Linguïstisch stemgebruik betekent dat men talige eenheden of grammaticale structuren verduidelijkt door prosodische elementen (toonhoogte, luidheid, pauzegebruik, intonatie, klemtoon, ritme en tempo). Stem binnen de woord- en zangkunst wordt esthetisch en/of muzikaal gebruikt.



Figuur 1. Het driespan inhoud-vorm-gebruik toegepast op de stem

Het gebruik van deze indeling maakt het mogelijk vast te stellen op welk domein een vocaal probleem zich voordoet of de ontwikkeling hiaten vertoont. Het is geenszins zo dat de figuur een volgorde van verwerving, van inhoud over vorm naar gebruik, suggereert. Elke uiting bevat een inhoud-, vorm en gebruiksaspect, zelfs van bij het allervroegste vocaliseren. Wel zal de stem binnen het steeds abstracter niveau van spraak en taal worden geïntegreerd.

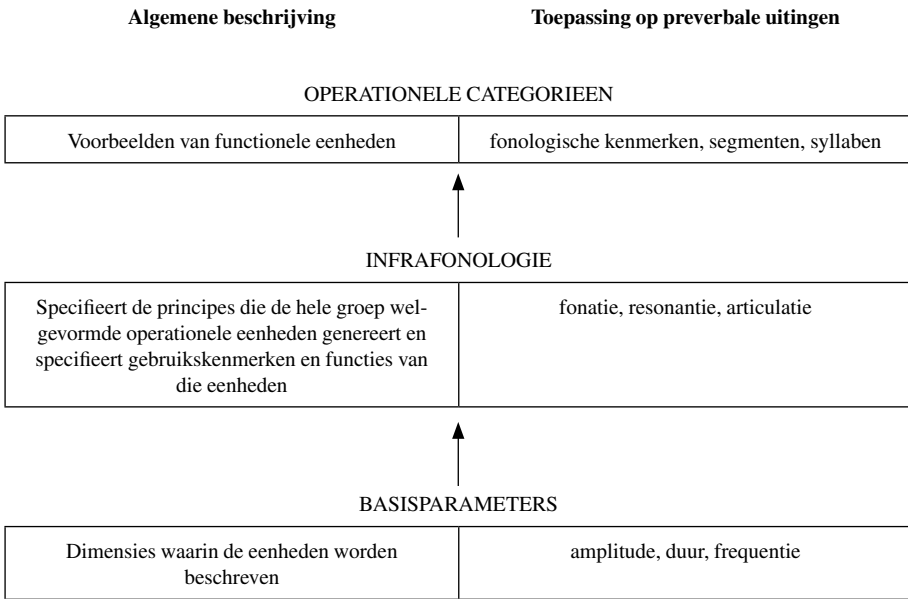
Binnen een omvattend kader, moet men de ontwikkeling naar het eerste brabbelen ook nauwkeurig kunnen beschrijven. Het is bijzonder moeilijk de uitingen van een jong kind te transcriberen of te labelen via akoestische termen, op een alfabetische manier (letterschrift of met behulp van het IPA, het International Phonetic Alphabet) of op het segmentale niveau (spraakklanken). Dergelijke transcripties voldoen prima bij de beschrijving van standaard spraak en taal, maar plaatst de onderzoeker voor een aantal moeilijkheden bij de beschrijving van preverbale uitingen:

- De uitingen van de baby en de perceptie van de onderzoeker zijn veel gevarieerder dan een transcriptiesysteem toelaat.
- De terugvertaling van de transcriptie naar vocale uitingen garandeert geen sluitende gelijkheid met de uiting van de baby.
- De beschrijving van uitingen is eindeloos. Het is moeilijk hieruit deze kenmerken te herkennen die belangrijk zijn voor de spraakontwikkeling.
- De transcripties doen vermoeden dat de klanken “welgevormd” zijn.
- Transcripties laten niet toe een uitspraak te doen over de manier waarop en de mate waarin de uitingen de standaardspraak (beginnen te) benaderen.
- Op basis van transcripties krijgt men geen inzicht in ontwikkelingsprincipes.
- Het is niet mogelijk aan de hand van transcripties normale van afwijkende ontwikkeling te onderscheiden.

Oller houdt in zijn boek “The emergence of the speech capacity” een overtuigend pleidooi voor een infrastructurele benadering. (Oller, 2000) Als eenheden binnen de communicatie beschreven worden op een operationeel niveau, namelijk via hun verschijningsvormen die een functionele betekenis hebben zoals verschillende spraakklanken, resulteert dit in een eerder oppervlakkig model. Een dergelijk model maakt het moeilijk een inzicht te krijgen in de structuur van alle mogelijke uitingsvormen. Een infrastructureel model biedt hier een oplossing door op een dieper niveau kenmerken, principes en processen van het betrokken wetenschapsdomein te beschrijven. Deze benadering is al langer gemeengoed bij andere wetenschappen, waar vroeger dezelfde “transcriptie”fouten werden gemaakt. Zo probeerde men ooit binnen de scheikunde alle stoffen te beschrijven naar hun verschijningsvorm waardoor een gestructureerd inzicht onmogelijk was. Dit kwam er wel door te zoeken naar de processen en wetmatigheden die basisparameters ondergaan en leiden tot een veelheid aan verschijningsvormen. Dit concept toegepast op de ontwikkeling van de spraakklanken noemt Oller Infracfonologie. In tabel 1 (aangepast en vertaald uit Oller, 2000, p. 12) wordt het algemeen principe van infrastructuren toegepast op preverbale uitin-

gen. Door de onderliggende processen te beschrijven krijgt men ook een beter zicht op de ontwikkeling.

Tabel 1. Het infrafonologisch model: algemene kenmerken en concretisering



Het canonisch brabbelen, dat de spraakontwikkeling inleidt, voldoet aan vier principes (onderliggende processen) die zich in de preverbale periode ontwikkelen: in de eerste levensmaand gebruikt de baby een soort *stemgeving* zoals dit later in de spraak zal gebruikt worden: de fonatiefase. In de tweede en derde maand komt daar *articulatie* bij door te exploreren met tong, lippen, gehemelte: de primitieve articulatiefase. In die periode kan de baby stemgeving en articulatiebewegingen met elkaar combineren. Tussen drie en acht maand komt in de expansiefase hierbij het kenmerk van “volle *resonantie*” (full resonance nucleus). Deze voorlopers van de klinkers bevatten systematisch sterke resonanties boven 1200 Hz. (Oller, 1980; Oller & Eilers, 1992). Het proces dat kenmerkend is voor het canonisch brabbelen (tussen 5 en 10 maand) is de realisatie van *snelle formanttransities*. Dankzij deze vier principes kunnen de uitingen evolueren naar de standaardspraak.

Ook Stark bezondigt zich niet aan de transcripties van de uitingen. In tegenstelling tot Oller die het onderliggend proces beschrijft, heeft Stark een meer motorisch perspectief en bestudeert alle vocalisaties (inclusief de vegetatieve geluiden, wenen en lachen) van het jonge kind afhankelijk van hun articulatorische complexiteit en

interpreteert deze in een context van types vocalisaties. Deze beschrijvingen zijn samengevat in het “Stark Assessment of Early Vocal Development-Revised (SAEVD-R) (Nathani, Ertmer, & Stark, 2006). De SAEVD-R beschrijft 23 vocalisatietypes die ondergebracht zijn in vijf ontwikkelingsniveaus volgens de gemiddelde verwachte leeftijd waarop de vocalisatietypes voor het eerst verschijnen bij normaal ontwikkelde kinderen. De vijf ontwikkelingsniveaus binnen het SAEVD-R benoemen Stark et al. als reflexief, fonatiecontrole, uitbreiding, basale canonische lettergrepen en gevorderde vormen. De vergelijking van de faseindelingen volgens Oller en Starker is weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Overzicht fasemodellen Stark en Oller

Stark	Oller			Vocalisaties
	periode	periode	periode	
<i>Reflexieve fase</i>		0-2m	<i>Fonatiefase</i>	- huil-en discomfortgeluiden - vegetatieve geluiden - quasi-resonante nuclei (QRN)
<i>Fonatiecontrole</i>		1-4 m	<i>Primitieve articulatie</i>	- quasi-resonante nuclei - protoconsonanten - kirkgeluiden - lachgeluiden
<i>Expansie</i>		3-8m	<i>Expansiefase</i>	- volledig resonante nuclei (FRN) - gillen, grommen, tieren, ... - marginaal brabbelen
<i>Basale canonische lettergrepen</i>	5-10 m	6-10 m	<i>Canonische fase</i>	- canonisch of herhalend brabbelen
<i>Gevorderde vormen</i>	9-18 m	10-14 m	<i>Gevarieerd brabbelen</i>	- brabbeltaal - protowoorden

Koopmans-van Beinum et al. pasten voor de ontwikkeling van AMSTIVOC (Amsterdam System for Transcription of Infant VOCalizations) een sensori-motorische benadering toe gebaseerd op de bronfiltertheorie. Het systeem beschrijft productiebewegingen van fonatie (laryngale bewegingen) en van articulatie (supralaryngale bewegingen) in termen van plaats en wijze van vorming. Op de vegetatieve comfortgeluidjes na, wordt elke uiting geanalyseerd. Een uiting definieert men als de klankproductie binnen een ademenheid. Op het niveau van de fonatie beschrijft men of er al dan niet stemgeving is, in welke richting deze geproduceerd wordt (egressief of ingressief), of de fonatie continu is of onderbroken, de duur, de kwaliteit, de stemminzet (geaspireerd, normaal of stembandklapper), de intonatie en de intensiteit. De articulatiebewegingen worden geanalyseerd naar het voorkomen van articulatie, het

aantal articulatiebewegingen, de plaats van de articulatie binnen de uiting, het type beweging (gelijk of verschillend), de plaats en de wijze van articuleren. Als men nog dieper in detail analyseert bekomt men een matrix waaruit kan worden afgeleid welke combinatie(s) van fonatie en articulatie een baby produceert (Koopmans-van Beinum, Clement & Dikkenberg-Pot, 2001).

Wil men onderzoeksgegevens op basis van de verschillende modellen onderling vergelijken, dan stoot men op een aantal problemen. De terminologie is niet eenduidig en bepaalde begrippen zijn niet op dezelfde wijze geoperationaliseerd. Wat men begrijpt onder “uiting” is hiervan een voorbeeld: Koopmans-van Beinum et al. analyseren stemproducties tussen twee adembewegingen, Stark et al gebruiken een tijdsgebaseerd criterium namelijk die (rijen van) vocalisaties die door minimaal twee seconden gescheiden zijn van andere. Vergelijkbaarheid zou ook verhogen door de procedure éénvormig te maken op het vlak van verscheidenheid in context waarin geregistreerd wordt, de vereiste betrouwbaarheidgraad van de typering, de wijze waarop men omgaat met moeilijk te classificeren uitingen, de criteria om een niveau toe te kennen aan een uiting.

Om te bepalen welke fase een baby heeft bereikt, dient men de babyuitingen te inventariseren. Dergelijke beschrijvingen zijn zeer schaars in de literatuur. Mulders, F. toetste de bruikbaarheid van beide modellen bij een individuele casus. Hierbij labelde ze de uitingen van een normaal ontwikkelend meisje tussen een leeftijd van 27 dagen en 33 weken tijdens 13 registratiemomenten met telkens twee tot drie weken interval. Hierbij gebruikte ze de labels zoals beschreven in tabel 3. Ze kwam tot het besluit dat de fase-indelingen bruikbaar waren en dat de modellen van Oller en Stark elkaar aanvulden ofwel door de benaming van de fase ofwel door de beschrijving van de soorten stemgeving. Een opvallende bevinding is dat de vocalisaties die eerder verworven werden, blijven voorkomen in de latere fasen zij het in een lager percentage. Enkel de uitingen gekenmerkt door een quasi resonant nucleus (QRN) komen in latere fasen niet meer voor daar ze vervangen zijn door full resonant nuclei (FRN). Er is overlap van de fasen en de grensleeftijden van de fasen moeten rekbaar worden gehanteerd (Mulders, 2005). De reden hiervoor is vooral het feit dat er nog weinig wetenschappelijke evidentie is voor de voorgestelde faseindeling, voor de belangrijke mijlpalen in de vocale ontwikkeling en voor de verwachte leeftijd waarop de verschillende types vocalisaties voor het eerst optreden. De modellen worden dan ook vaak beschreven in termen van “schattingen”, “pilotstudies” en “verwachtingen”. Zolang men nog geen uitgebreide databestanden met vroege vocalisaties heeft verwerkt is het moeilijk de ontwikkeling van één bepaald kind te beoordelen. Men kan namelijk nog geen uitspraken doen over het onderscheid tussen variabiliteit en de grenzen van normaliteit. Hoogstens kan men beschrijven in welke mate de vocale ontwikkeling van een kind past binnen een model of kan men een uitspraak doen over de bruikbaarheid van een model.

Deze hele evolutie wordt doorlopen in een fase van intens vocaal leren. Hierna volgt de bespreking belicht vanuit de perceptie en productie. Tesink en Maasen bespraken

al eerder de perceptie in functie van de spraakproductie (Tesink et al., 2004b). Binnen deze perceptuele ontwikkeling belichten we vooral de rol van de prosodie. Op het niveau van stemproductie vullen we de gegevens in verband met anatomie en fysiologie aan met de vocale ontwikkeling vanuit neurobiologisch standpunt. Tenslotte schetsen we de vroege stemontwikkeling binnen de sociale context.

Tabel 3. Soorten vocalisaties en hun omschrijving

Vocalisatie	Beschrijvingen
Huilgeluiden	Oller: - geen normale fonatie Stark: - voornamelijk klinkerelementen - variatie in prosodische kenmerken
Vegetatieve geluiden	Oller: - geen normale fonatie Stark: - voornamelijk medeklinkerelementen - transities tussen medeklinker- en klinkerelementen
QRN	Oller: - vocalisaties die geen volledige resonantie hebben - syllabische nasalen - genasaliseerde klinkers (quasi-klinkers) - lage amplitude resonantiefrequenties lager dan 1200 Hz - normale fonatie Stark: - niet beschreven - geeft wel aan dat in de eerste fase medeklinkerelementen - voorkomen: glotale stopklanken, nasalen, liquidae
Kirgeluiden	Oller: - medeklinkerachtige geluiden/protomedeklinkers - ook stemhebbende fricatieven (v/z) Stark: - stemhebbende medeklinkergeluiden - nasalen, wrijvingsgeluiden en trilgeluiden
Lachgeluiden	Oller: - niet beschreven Stark: - combinatie van huilen en kirgeluiden - eerste deel bevat snelle afwisselingen tussen stemhebbend en stemloos. - volgend deel is stemhebbend tijdens inademing. - het laatste deel bestaat uit een kirgeluid.
FRN	Oller: - volledig resonante klinkers - sterke resonantiefrequenties hoger dan 1200 Hz Stark: - niet beschreven
Blaasgeluiden	Oller: - bilabiale/labiolinguale tril- of vibreergeluiden - variatie in articulatie Stark: - spelen met articulatiekenmerken

Vocalisatie	Beschrijvingen
Gilgeluiden	Oller: - op een bepaald punt erg gespannen maximale toonhoogte - variatie in de toonhoogte Stark: - spelen met toonhoogtekenmerken
Gromgeluiden	Oller: - laagfrequente en krakerige vocalisaties - variatie in de toonhoogte Stark: - spelen met toonhoogtekenmerken
Tiergeluiden	Oller: - zeer luide vocalisaties - zowel tijdens inademen als uitademen - variatie in luidheid Stark: - spelen met amplitudekenmerken
Marginaal brabbelen	Oller: - combineren van FRN en medeklinkerachtige geluiden - trage en onzekere transities - geen herhalingen Stark: - niet benoemd - wel: combinatie van geleerde kenmerken - semi-vocalen (j/w) komen voor
Canonisch brabbelen	Oller: - herhaalde lettergrepen - combinatie FRN en medeklinkergeluiden - goede timing Stark: - herhaalde lettergrepen - efficiënte klinker-medeklinkertransities

Vocaal leren: perceptie en productie

De vocale perceptie vat al aan in het prenatale leven: de baby kan lage frequenties waarnemen en van elkaar onderscheiden (Lecanuet, Graniere-Deferre, Jacquet, & DeCasper, 2000). Het gaat dan niet over het kunnen onderscheiden of identificeren van spraakklanken. De verschillen tussen consonanten en vocalen situeren zich namelijk in de hogere frequenties (bijv. de eerste twee formanten bij klinkers, spectrale ruis en energie bij medeklinkers enz.). Het gaat over de toonhoogte (fundamentele frequentie) waarop de verzorger spreekt en de wijzingen hierin (intonatie). Ook de luidheid (intensiteit) kan waargenomen worden en de tijdsstructuur van de spraak (het ritme en de snelheid). Deze drie elementen (toonhoogte, luidheid, tijd) vormen een wezenlijk onderdeel van de prosodie. Nog voor de geboorte leert de baby dus het klankpatroon van een taal en enkele typische kenmerken om een spreker te identificeren of een emotie te herkennen. (Lecanuet, 1998)

Na de geboorte richten verzorgers zich tot het kind in de vorm van Child Directed Speech (in het gebruik beter gekend als 'motherese' hoewel deze term te eng is vanuit het standpunt van de aanbieder van communicatie). Deze manier van spreken gericht tot het (zeer) jonge kind vertoont specifieke kenmerken: hoog stemgebruik, overdreven intonatiepatronen, korte en eenvoudige zinnen, veel herhalingen, veel verkleinwoorden, woorden die niet in de volwassen taal voorkomen enz. (Snow, C., 2000). Het stemaspect nog uitvergroot, toont een eerder hoge, melodische spreektoonhoogte, een grote intonatievariatie met vaak snelle sterke veranderingen (sterke 'rise time'), langere pauzes. Deze prosodiekenmerken zijn crosscultureel (Fernald et al., 1989). Van bij het begin heeft de baby ook een voorkeur voor de moederstem (DeCasper & Fifer, 1980).

Fernald (Fernald, 1992) onderscheidt in het eerste levensjaar verschillende fasen wat betreft de functie van de CDS-prosodie: in een eerste fase helpt de typische prosodie aandacht op te wekken en vast te houden o.a. door de prominentie van de stemklank ten opzichte van achtergrondlawaai. De baby is namelijk nog niet in staat tot auditieve patroonherkenning en geluidslokalisatie. Vooral de kenmerken in verband met de spreektoonhoogte zijn hierbij belangrijk. De gebruikte prosodie heeft ook al een affectieve lading voor de baby (Trainor, Austin, & Desjardins, 2000) die hiervoor al zeer vroeg responsief is (Mastropieri & Turkewitz, 1999) (zie de reactie met een glimlach op het stemgeluid, zelfs zonder dat de baby de persoon ziet). In een tweede fase verfijnt de affectieve reactie op de stemmelodie verder. Het gaat nu niet meer enkel om het al dan niet aangenaam zijn van een moederstem, maar van de koppeling aan specifieke communicatieve intenties (troosten, verwittigen, verbieden e.d.) in een bepaalde sociaal-affectieve context. Deze koppeling wordt ondersteund door gedeelde aandacht (joint attention) voor voorwerpen, situaties en handelingen (Dominey & Donane, 2004). In deze fase leert het kind klank koppelen aan betekenis. Een kort ritmisch patroon met weinig intonatie bijvoorbeeld kan de baby dan begrijpen als een verbod, ondersteund door de gelijkenis in context. Trainor, Austin & Desjardin (2000) stellen vast dat er weinig verschillen bestaan tussen de emotionele prosodie in taal gericht tot volwassenen (AD, adult directed) en in CDS wat betreft akoestische kenmerken en patronen. In CDS drukt men echter veel vaker emoties uit dan in AD taal. Wanneer de baby minder responsief is, probeert de volwassene wel het vocaal aanbod aan te passen. In deze context stelden Niwano en Sugai vast dat moeders de minder responsieve baby van een tweeling uitlokken om vocaal te dialogeren door hoger te gaan spreken (hogere gemiddelde fundamentele frequentie) en vaker een stijgend intonatiepatroon te gebruiken (Niwano & Sugai, 2003). Pas in de derde fase dient de prosodie om linguïstische gehelen zoals woorden te begrenzen, te verduidelijken, te differentiëren en te associëren met referenten in de omgeving. Meestal wordt pas vanaf dan over taalbegrip gesproken. Maar taalbegrip begint dus veel vroeger door de niet arbitraire koppeling van betekenis aan klank via prosodie.

Weinig studies beschrijven de neurobiologische ontwikkeling van de baby in verband met de auditieve perceptie van emoties en niet-spraak gerelateerde geluiden. Doch uit de studies van normale spraakperceptie en de beschrijving van ziektebeel-

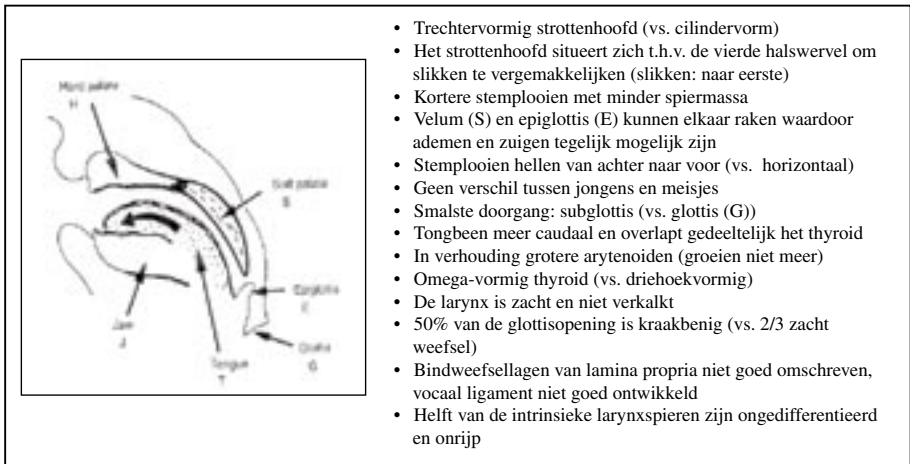
den leren we dat auditieve perceptie al heel vroeg in de ontwikkeling complex van aard is. Bij de spraakperceptie spelen de temporele veranderingen in de akoestische structuur een belangrijke rol. Naarmate deze temporele veranderingen gelijkenissen vertonen met de snelle temporele veranderingen binnen de spraak, wordt de corticale activiteit van de linkerhemisfeer dominant, meer bepaald de zone van Wernicke en van Broddman (Fitch, Miller, & Tallal, 1997). Deze linkerhersenhelftdominantie geldt niet enkel voor spraak, maar ook voor tonenreeksen die even snel veranderen als spraak (Brown, Fitch, & Tallal, 1995). Hieruit leidt men af dat de regio's van de linkerhersenhelft vooral gespecialiseerd zijn in de verwerking van snelle akoestische veranderingen, waarvan spraak een typisch voorbeeld is. Naast corticale zones spelen ook sub-corticale structuren een rol bij de perceptie. Als deze structuren beschadigd zijn, leidt dit tot minder herstelbare problemen dan bij corticale deficieten. Vooral de thalamus lijkt als een soort poort te werken om relevante spraak- en taal informatie door te geven naar de corticale zones. Stimulatie zou deze poortfunctie kunnen activeren en beschadiging zorgt voor deactivatie (Hugdahl, Wester, & Abjorson, 1990). Het effect van hoorproblemen manifesteert zich in de spraak op een specifiek ontwikkelingsmoment (Koopmans-van Beinum, Clement, & Dikkenberg-Pot, 2001b). Gehoorgestoorde en horende kinderen volgen dezelfde fonatorische en articulatoire ontwikkeling. Ook zijn beide groepen in staat repetitieve ritmische bewegingen te maken via stem of articulatie afzonderlijk. Deze beide functies lijken fysiologisch en neurologisch gestuurd te zijn. De invloed van een slecht functionerende auditieve perceptie manifesteert zich als het fonatorisch en het articulatoire systeem van de spraakproductie moeten gekoppeld worden tot bijvoorbeeld ononderbroken stemgeving gecombineerd met een articulatiebeweging en onderbroken fonatie in combinatie met twee of meer articulatiebewegingen. Omdat deze combinatie een voorwaarde is voor canonisch brabbelen vanaf een leeftijd van 10 maand, kan men stellen dat een goed functionerende auditieve perceptie en feedback een voorwaarde is voor de spraakontwikkeling. Ertmer & Mellon stelden vast dat dove kinderen alsnog canonisch beginnen te brabbelen als auditieve perceptie hersteld wordt met behulp van een cochleair implantaat, ook al gebeurde dit pas op een leeftijd van 20 maand (Ertmer & Mellon, 2001).

In figuur 2 worden enkele structuren van het perifeer stemorgaan geschetst met een beschrijving van de verschillen tussen het zeer jonge versus het volwassen stemorgaan (Wilson, 1953; Hudgins, Siegel, Jacobs, & Abramowsky, 1997; Heylen, 1997; Kahane, 1982; Papagiannis, Mlyvarek, & Massie, 2004).

Het komt erop neer dat het strottenhoofd nog moet dalen in de hals en dat de structuren en weefsels nog moeten groeien en differentiëren (Harding, 1984).

Maar er is meer nodig dan een goed functionerend stemorgaan. De baby moet ten eerste een fijne controle kunnen uitoefenen op de vocale output: de intensiteit, de verdeling van de spectrale energie, de fundamentele frequentie en de tijdsstructuur.

Een goed beheerste spreekademhaling, stemgeving en articulatie zijn daarvoor nodig, zowel afzonderlijk als in combinatie.

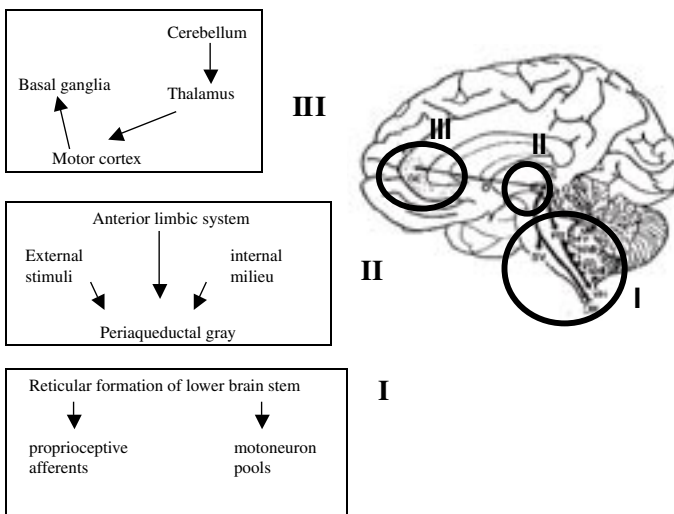


Figuur 2. Het zeer jonge menselijk stemorgaan: positie en beschrijving van de structuren

Ten tweede moet men de mogelijkheid hebben de vocale output af te stellen en aan te passen aan de communicatieve intentie, aan de emotionele toestand, aan niet-verbale aspecten van de boodschap en aan linguïstische vereisten.

Deze complexe coördinatie en afstemming vraagt een centrale sturing vanuit de hersenen.

De neurobiologie van de vocale communicatie legt ons uit hoe zich deze controle ontwikkelt (Jürgens, 1992). (zie figuur 3)



Figuur 3. De neurobiologie van de vocale output: betrokkenheid bij de vocale controle van de hersenstam, het limbisch systeem en de motorische cortex

De vocale output wordt gecontroleerd door drie belangrijke subsystemen die opeenvolgend ontwikkelen en, door onderlinge verbinding, informatie uitwisselen en elkaar aanzetten tot activiteit of inhibitie:

Zone I is de zone van het aangeboren loslaatmechanisme: een volledig genetisch bepaalde vocale reactie. Deze zone bevat de formatio reticularis en de motorische en sensorische kernen van de hersenstam en het ruggenmerg. Deze structuren zorgen voor de motorische coördinatie van adem, fonatie en resonantie. Ze bevatten de subroutines voor genetisch voorgeprogrammeerde vocale uitingen zoals reflexmatig wenen. Bij dit soort stemgeving moet noch de stimulus, noch het vocaal motorisch patroon worden aangeleerd en is er geen voorafgaande ervaring nodig. Vanaf de geboorte zal het kind bijvoorbeeld gillen bij de ervaring van pijn. Het hoeft geen leerfase door te maken om de pijnprikkel aan het gillen te kunnen koppelen en het gillen op zich hoeft niet geleerd te worden uit voorbeelden in de eigen omgeving.

Zone II is de zone van de vrijwillige vocalisatiecontrole. In deze zone is vooral het lymbisch systeem betrokken. Hierdoor krijgt men controle op de motivatie tot het initiëren en inhiberen van de stemgeving. Het gaat hier om vaste vocale patronen die niet moeten geleerd worden. De stimulus om dit patroon te vertonen moet wel geleerd worden. Bijvoorbeeld in de dialoog tussen moeder en kind kan het kind stoppen met vocaliseren als het de moederstem hoort of beginnen vocaliseren als de moeder stopt met vocaliseren of praten. Het stoppen of starten zelf hoeft niet geleerd te worden, maar de actie zelf wordt gestuurd door de emotionele of motivationele koppeling met de stimulus. Het kind leert wel een onderscheid te maken tussen de stemklank van de moeder en andere geluiden om dit patroon te vertonen.

Zone III is de zone van de vrijwillige fijne controle. Deze zone ligt in de motorische cortex en de verbonden input- en output structuren. Zowel het vocaal patroon als de stimulus moeten worden aangeleerd. Nu wordt het mogelijk complexe vocale patronen te imiteren en nieuwe te creëren. Het vocaal spel van het kind wordt nu complex door aspecten van duur, luidheid, toonhoogte en timbre te variëren en te combineren. Nu ontstaat ook een variatie in het wenen: het kind leert gedifferentieerd te wenen in geval van honger, pijn, ongemak of moeheid. In “gesprekken” met de verzorger is het kind ook in staat intonatiepatronen te imiteren.

Verloopt deze neurobiologische ontwikkeling gestoord, dan kunnen problemen ontstaan. Wat gebeurt bij een autismespectrum stoornis is hiervan een voorbeeld (Amorosa, 1992). Bij deze kinderen werkt zone I perfect: de coördinatie tussen ademhaling, stemgeving en articulatie verloopt vlot. Er blijkt echter een probleem te zijn in zone II: in spontane spraak gebruiken de personen niet de verwachte intonatiepatronen, ze hebben het bijzonder moeilijk om auditief de emotionele toestand van een gesprekspartner te herkennen en voor verzorgers is het moeilijk de emotionele staat van het kind te herkennen via zijn vocale expressie. Nochtans lijken deze kinderen perfect intonatiepatronen te kunnen imiteren. Dit wijst erop dat zone III intact is en de fine tuning van de stem feilloos kan controleren. Het probleem bij deze kinderen kan dus omschreven worden als een probleem in de verbinding tussen de emotionele staat en

de motorische expressie ervan, zowel op het receptieve als het productieve vlak. Dit verstoorde verband zorgt er o.a. voor dat zij geen voordeel halen uit oefeningen of communicatie met uitgesproken intonatiepatronen (frequentie, intensiteit, duur).

Deze evolutie van reflex tot gecontroleerde stemgeving (meer in het algemeen ‘gedrag’) zou al heel vroeg optreden en staat bij onderzoekers gekend onder de term ‘biobehavioral shift’ (Lester & Boukydis, 1992). Vanaf 2 tot 3 maand begint het kind de stem ook te gebruiken voor het regelen van de sociale interactie en het huilen krijgt een duidelijker willekeurig karakter. Deze evolutie wordt mee ondersteund door een snelle ontwikkeling van de aandacht en de cognitie (leren, herinneren) en uit zich snel in sociaal gedrag. De baby wordt vanaf dan een meer responsieve partner, gaat intentioneel glimlachen, is gefascineerd door oogcontact (vroeger eerder door de blikrichting van het gezicht). Verzorgers spreken vanaf deze periode ook over wenen ‘om aandacht te krijgen’, ‘opzettelijk’ enz. Papaeliou en Treverthen (2006) analyseerden de toonhoogtepatronen van 10 maand oude baby’s in twee situaties: tijdens het spelen met de moeder en als ze alleen waren. In de moeder-kind interactie werden vocalisaties geclassificeerd als communicatief als het kind ook niet-vocaal communicatief gedrag vertoonde. Waren baby’s alleen, dan labelde men de uitingen als “onderzoekend” enkel bij exploratieve acties van de baby. De toonhoogtepatronen konden in meer dan 90% van de vocalisaties beide soorten uitingen van elkaar onderscheiden. Dit betekent dat de baby prelinguaal al andere toonhoogtepatronen gebruikt bij doelbewuste communicatie dan bij het denken. Op nog jongere leeftijd (proefgroep tussen 7 en 11 maand) kan eenzelfde patroondetectie het onderscheid duidelijk maken tussen de expressie van emotie en communicatieve functies, zij het met een iets minder hoge nauwkeurigheid (Papaeliou, Minadakis, & Cavouras, 2003). De vaardigheid om het onderscheid te maken tussen de uitdrukking van emoties, doelgerichte communicatie en het denken zou dus al vocaal gerealiseerd kunnen worden in de tweede helft van het eerste levensjaar. Deze vaardigheid helpt het kind de interactie met de moeder te regelen en is ook een vereiste voor de verdere taalontwikkeling.

Vocaal leren: sociaal-communicatief standpunt

Al bij de vroegste ontwikkeling bevatten vocale uitingen van de baby communicatieve aspecten. De linguïstiek leert ons dat elke vocaal-affectieve expressie 3 elementen bevat: een symptoom, bijvoorbeeld een bepaald stemgeluid, een symbool namelijk hetgeen waarnaar het stemgeluid verwijst (bijv. pijn, honger, plezier) en een appèl (Scherer, 1992). Dit appèl of de sociale invloed is de inductie van emoties: men wil bij de toehoorder dezelfde emotie induceren zodat hij/zij de gewenste actie onderneemt. Onze communicatie is doorspekt met pogingen tot dergelijke sociale invloed: we informeren, overtuigen, waarschuwen om de gesprekspartner vanuit een overgebracht gevoel op een bepaalde manier te laten handelen. En dat doen niet alleen volwassenen: al heel vroeg kan een baby een ander soort weengeluid laten horen naar-

gelang hij moe of angstig is, honger of pijn heeft, geknuffeld wil worden (Lester & Boukidis, 1992). Hij doet appèl op de verzorger zodat hij/zij (via het gehoor) kan begrijpen welk gevoel de baby communiceert en daarop kan reageren. Terugdenkend aan de neurobiologische ontwikkeling (zie hoger) is de baby al heel snel in staat tot fine tuning van het wenen ook al is het aanvankelijk nog niet bewust en enkel voor zijn behoeftebevrediging. Meer nog: de baby is dankzij zijn sociale capaciteiten in staat om deze mogelijkheden vaardig aan te wenden in een communicatieve context. Nog lang voor er sprake is van woorden en taalstructuren is hier dus al sprake van een vorm van pragmatiek namelijk stempragmatiek.

De baby zal het repertorium van de vroege stemgeving moeten uitbreiden, nuanceren, veralgemenen. Net zoals voor andere vaardigheden (bijv. sociale of talige) geldt voor vocaal leren dat men vooral leert door nabootsing, dat men regels filtert uit het aanbod, dat men leert door te observeren en te experimenteren, dat intense oefening nodig is, en dat beheersing inhoudt dat de vocale output verfijnd is uitgebouwd, rijk is aan nuances en correct kan aangewend worden. Alle wezens die een sociaal gedrag vertonen ontwikkelen efficiënte communicatievormen. Van degene die via geluidstransmissie communiceren meer in het bijzonder via een vocaal kanaal, werden de zangvogels (*Passeriformes*) intensief onderzocht, vooral omwille van hun zeer uitgebreid en gedifferentieerd vocaal gedrag (Catchpole & Slater, 2003; Brenowitz, Margoliash, & Nordeen, 1997). Het is ons in de vergelijking met de menselijke stem niet zozeer te doen om de anatomie en fysiologie. De syrinx (het vogelequivalent van het strottenhoofd) is immers slechts beperkt te vergelijken met ons vocaal instrument (Goller & Larsen, 2002; Smyth & Smith, 2002). Ook loopt de vergelijking snel mank als we de vocale output akoestisch bestuderen (Mundry & Todt, 2000) of de bedoeling van vogelzang bekijken. Wat ons vooral interesseert is de wijze waarop vogels hun soortspecifiek liedje leren. Ook primaten vertonen een complexe communicatiestructuur met een intensieve periode van vocaal leren. Vergelijkend onderzoek met de menselijke vocale communicatie toont parallellen op meerdere domeinen (Locke & Snow, 1997; Hausberger, 1997).

- Vocaal leren gebeurt in een specifieke sociale setting gekenmerkt door zorgverstrekking, aandacht, motivatie en betrouwbaarheid.
- Vocaal leren gebeurt in een sfeer van hechting en emotionaliteit.
- Al heel vroeg is de baby in staat tot beurtgedrag.
- Er treedt bij de vocale interactie leraar-leerling vocale accommodatie op.

De vocale ontwikkeling is ingebed in gedeelde sociale activiteiten. Vocalisaties van jonge kinderen vertonen bijvoorbeeld meer spraakkenmerken binnen interacties dan bij het solitair vocaal spel of als reactie op de imitatie door volwassenen op eerdere vocalisaties van het kind (voor een overzicht zie Koopmans-van Beinum, 1993). Reeds tussen 2 en 5 m. begint het intonatiepatroon van het kind gelijkenissen te vertonen met de volwassen intonatie. Door een sterke betrokkenheid bij sociale interacties, werken kinderen samen met de volwassenen om steeds weer mogelijkheden te creëren waarin ze hun vocale capaciteiten kunnen oefenen.

Rond de leeftijd van 12 weken begint de fase waarin het kind voldoening beleeft aan zijn moeders gezelschap door vocale herkenning. Op ongeveer dezelfde leeftijd leert het kind beurtgedrag (zie volgende paragraaf). Zowel het vocaal leren als het beurtgedrag vereisen interpretatie en inhibitie. Deze functies worden mogelijk door de ontwikkeling van de prefrontale cortex, die al vanaf de leeftijd van 3 m. kan starten (Chungani & Phelps, 1986). Het kind leert steeds beter de stemklank te regelen, vooral door de aandacht voor de affectieve eigenschappen van de moederstem, met een piek in de leercurve tussen 7 m. en één jaar.

Op de leeftijd van 12 tot 18 weken groeit de vaardigheid tot beurtgedrag. Als de baby aan het vocaliseren is kan hij hiermee al stoppen als de verzorger begint te spreken. Ook stelt men vast dat de baby het eigen vocaliseren kan uitstellen terwijl de verzorger spreekt. Ook in conversaties zonder woordenschat of zinsconstructies maakt dit een dialoog mogelijk.

Stemaccommodatie (een kinderlijke vorm van spraakaccommodatie) houdt in dat men onbewust, kleine aanpassingen in toonhoogte, luidheid en duur gaat gebruiken om de vocale output aan de communicatiepartner aan te passen. Dit vraagt van de baby weinig articulatorische controle en gaat de fonologische en morfologische ontwikkeling maanden vooraf. Deze wijzigingen zijn vaak linguïstisch significant, maar niet linguïstisch op zich.

Men stelt dan ook vast dat de latere gesproken taal in veel opzichten een voortzetting is van het vroege vocale (en gestuele) gedrag in vorm en/of functie.

Als men bedenkt dat de verzorger ten opzichte van de baby over een bredere waaier cognitieve en communicatieve vaardigheden beschikt, zou men kunnen vermoeden dat het bij het vocaal leren gaat om een éénrichtingsverkeer in het leren (Papousek & Bornstein, 1992). Het is echter niet het verschil, maar de uniciteit van beide partners die belangrijk is: de baby is uniek in zijn bereidheid om ervaringen in een sociale interactie uit te lokken en te integreren. De verzorger is uniek in zijn vaardigheid om op veel verschillende manieren het eigen gedrag aan te passen. De vele onbewuste vormen en manieren waarop men steun biedt aan de baby om zijn ervaringen te integreren zijn daarvan een voorbeeld. Daardoor leert niet alleen de baby genuanceerd stemgeven ter bevrediging van zijn behoeften, ook de opvoeder leert uit vocale actie en reactie van de baby het pedagogisch handelen fijn af te stemmen. Beide zijn dus didactische partners (Papousek, 1992). Het is echter nog niet duidelijk aan welke voorwaarden de verzorger moet voldoen om een optimale vocale “tutor” te zijn.

De onderzoeksresultaten omtrent de ontwikkeling van vocale competentie en productie vullen de gegevens over de ontwikkeling van de spraakproductie op verscheidene domeinen aan. Toch blijven er nog veel vragen over. Snowdon en Hausberger, die vooral werkzaam zijn op het vlak van het sociaal aspect van vocaal leren, formuleren enkele onderzoeksvragen (Snowdon & Hausberger, 1997): hoe beïnvloedt sociale input de vocale ontwikkelingsfasen, hoe complex is de aard van het sociale leren, is vocaal leren een goede indicator voor sociaal gedrag, hoe kunnen we in diagnostiek en

therapie het begrijpen van vocalisaties introduceren naast de productie ervan, welke theoretische principes moeten ontwikkeld worden om de variatie te kunnen verklaren van de rol van de sociale invloed op de stemontwikkeling? Verder kan nog duidelijker worden in welke mate welke aspecten van het dierlijk vocaal leren ook gelden voor het menselijk vocaal leren (Doupe & Kuhl, 1999), en hoe de mens in zijn vocaal leren en gedrag uniek is.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

De beschrijving van de vroege vocale ontwikkeling bij zeer jonge kinderen is nog te fragmentarisch. Methodologische verfijningen kunnen een deel van de oplossing brengen door eenduidiger begrippen te operationaliseren, grotere groepen kinderen te onderzoeken, door te kiezen voor een uniform analysesysteem over onderzoeken en onderzoekers heen, door nog vroeger in de ontwikkeling te starten met de analyse van vocale uitingen, door prospectieve gecontroleerde longitudinale studies uit te voeren. Daar de vroege vocale ontwikkeling taalafhankelijk is, zou dit een internationaal multicenter project kunnen worden waarbinnen een uitgebreide databank van vroege stemuitingen kan verzameld worden. Deze gegevens kunnen dan het oefenmateriaal vormen voor perceptuele training van logopedisten. Hun accuraatheid in het labelen van deze vroege stemuitingen vormt namelijk de basis voor de betrouwbaarheid van onderzoeksresultaten.

Conclusie

De gevarieerdheid in stemuitingen nodigt ons uit om een omvattend kader te ontwikkelen waarin alle kenmerken en functies kunnen worden ondergebracht. De beschrijving van vroege stemuitingen dwingt ons tot een infrastructurele benadering waarin het accent ligt op onderliggende processen en principes, eerder dan tot de beschrijving van een oneindig aantal mogelijke vocale uitingen. Voor een betrouwbare vergelijking tussen ontwikkelingsmodellen zijn echter nog methodologische verfijningen en meer eenvormige beschrijvingen nodig van begrippen en procedures.

Uit veel onderzoeksverslagen blijkt dat de vocale ontwikkeling in de periode voor het brabbelen (0 tot 8 maand), zowel op het vlak van perceptie als van productie, een intense leerperiode is waarin kinderen vaardigheden ontplooiën die de spraak- en taalontwikkeling voorbereiden en ondersteunen.

De hele vocale ontwikkeling speelt zich af binnen een sociaal-communicatieve context met specifieke kenmerken. De algemene geldigheid en de beïnvloedbaarheid van deze kenmerken moeten nog verder onderzocht worden in relatie tot andere parallelle ontwikkelingsdomeinen.

Met dank aan Fran Mulders voor de samenwerking bij de uitwerking van haar eindverhandeling Logopedische en Audiologische Wetenschappen, K.U.Leuven : “Beschrijving van de vroege stemontwikkeling aan de hand van vocale categorisatie”, juni 2005.

Summary

Early vocal development (0-8 months of age) starts before birth and evaluates simultaneously with other developmental areas. Clinicians and researchers seek to file and categorize infant vocalizations. Therefore an infrastructural approach is needed: instead of transcribing an endless array of possible individual vocal utterances, vocalizations are described based on underlying processes, features and principles. Vocal learning comprises two aspects. On the one hand there is voice perception, in which prosody plays a major role, even in prenatal life. On the other hand, there is voice production being the result of the interplay between neurobiological and social learning. Research on voice production reveals that, very soon after birth, early vocalizations clearly are intended to be communicative.

Referenties

- Amorosa, H. (1992). Disorders in vocal signaling in children. In H.Papousek, U. Jürgens, & M. Papousek (Eds.), *Nonverbal vocal communication. Comparative & developmental approaches* (pp. 192-204). Cambridge: Cambridge University Press.
- Andrews, M. L. (1995). *Manual of Voice Treatment. Pediatrics through Geriatrics*. San Diego: Singular Publishing Group, Inc.
- Brenowitz, E. A., Margoliash, D., & Nordeen, K. W. (1997). An introduction to birdsong and the avian song system. *J.Neurobiol.*, 33, 495-500.
- Brown, C., Fitch, R. & Tallal, P. (1995) Gender and hemisphere differences for auditory temporal processing. *Soc. Neurosci. Abstr.*, 1,440.
- Catchpole, C. & Slater, P. (2003). *Bird Song. Biological themes and variations*. (2nd ed.) Cambridge: Cambridge University Press.
- Chungani, H., Phelps, M. (1986). Maturational changes in cerebral function in infants determined by FDG positron emission tomography. *Science*, 231, 840-3.
- DeCasper, A. J. & Fifer, W. P. (1980). Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices. *Science*, 208, 1174-1176.
- Decoster, W. (2004). Stemmen uit de wieg: vroege stemontwikkeling als basis voor verbale communicatie. In *De stem door het leven heen*. Multidimensionaal-multidisciplinair. Symposiumboek (pp. 53-68). Nijmegen: UMC St.Radboud.
- Dominey, P., Dodane, C. (2004). Indeterminacy in language acquisition: the role of child directed speech and joint attention. *Journal of Neurolinguistics*, 17, 121-145.
- Doupe, A. J. & Kuhl, P. K. (1999). Birdsong and human speech: common themes and mechanisms. *Annu.Rev.Neurosci.*, 22, 567-631.

- Ertmer, D.J., Mellon, J.A. (2001). Beginning to talk at 20 months: early vocal development in a young cochlear implant recipient. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *44*, 192-206.
- Ertmer, D. J., Strong, L. M., & Sadagopan, N. (2003). Beginning to communicate after cochlear implantation: oral language development in a young child. *J.Speech Lang Hear.Res.*, *46*, 328-340.
- Fernald, A. (1992). Meaningful melodies in mother's speech to infants. In H.Papousek, U. Jürgens, & M. Papousek (Eds.), *Nonverbal vocal communication. Comparative & developmental approaches* (pp. 262-280). Cambridge: Cambridge University Press.
- Fernald, A., Taeschner, T., Dunn, J., Papousek, M., Boysson-Bardies, B., & Fukui, I. (1989). A cross-language study of prosodic modifications in mothers' and fathers' speech to preverbal infants. *J.Child Lang*, *16*, 477-501.
- Fitch, R., Miller, S. & Tallal, P. (1997). Neurobiology of speech perception. *Annu Rev. Neurosci.* *20*, 331-53.
- Goller, F. & Larsen, O. (2002). New perspectives on mechanisms of sound generation in songbirds. *J.Comp.Physiol.A*, 841-850.
- Harding, R. (1984). Function of the larynx in the fetus and newborn. *Annu.Rev.Physiol*, *46*, 645-659.
- Hausberger, M. (1997). Social influences on song acquisition and sharing in the European starling (*Sturnus vulgaris*). In C.Snowdon & M. Hausberger (Eds.), *Social influences on vocal development* (first ed., pp. 128-156). Cambridge: Cambridge University Press.
- Heylen, L. (1997). *De klinische relevantie van het fonetogram. Een onderzoek bij kinderen en leerkrachten*. Doctoraatsthesis departement Geneeskunde, UIA, Antwerpen.
- Hudgins, P., Siegel, J., Jacobs, I., & Abramowsky, C. (1997). The normal pediatric larynx on CT and MR. *AJNR*, *18*, 239-245.
- Hugdahl, K, Wester, K. & Abjorson, A. (1990). The role of the left and right thalamus in language asymmetry: dichotic listening in Parkinsonian patients undergoin stereotactic thalamotomy. *Brain Lang*. *39*, 1-13.
- Jürgens, U. (1992). On the neurobiology of vocal communication. In H.Papousek, U. Jürgens, & M. Papousek (Eds.), *Nonverbal vocal communication. Comparative & developmental approaches* (pp. 31-42). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kahane, J. (1982). Growth of the human prepubertal and pubertal larynx. *Journal of Speech and Hearing Research*, *25*, 446-455.
- Koopmans-van Beinum, F. (1993). Cyclic effects of infant speech perception, early sound production, and maternal speech. *Institute of Phonetic Sciences*, *17*, 65-78.
- Koopmans-van Beinum, F., Clement, C & van den Dikkenberg-Pot, I (2001a). AMSTIVOC (AMsterdam System for Transcription of Infant VOCalizations) applied to utterances of deaf and normally hearing infants. Eurospeech 2001, Scandinavia.
- Koopmans-van Beinum, F., Clement, C & van den Dikkenberg-Pot, I. (2001b). Babbling and the lack of auditory speech perception: a matter of coordination? *Developmental Science*, *4(1)*, 61-70
- Lecanuet, J. P., Graniere-Deferre, C., Jacquet, A. Y., & DeCasper, A. J. (2000). Fetal discrimination of low-pitched musical notes. *Dev.Psychobiol.*, *36*, 29-39.
- Lecanuet, J. (1998). Foetal responses to auditory and speech stimuli. In A.Slater (Ed.), *Perceptual development. Visual, auditory and speech perception in infancy* (pp. 317-355). East Sussex: Psychology Press Ltd.

- Lester, B. & Boukydis, C. (1992). No language but a cry. In H.Papousek, U. Jürgens, & M. Papousek (Eds.), *Nonverbal vocal communication. Comparative & developmental approaches* (pp. 145-173). Cambridge: Cambridge University Press.
- Locke, J. & Snow, C. (1997). Social influences on vocal learning in human and nonhuman primates. In C.Snowdon & M. Hausberger (Eds.), *Social influences on vocal development* (first ed., pp. 274-292). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mastropieri, D. & Turkewitz, G. (1999). Prenatal experience and neonatal responsiveness to vocal expressions of emotion. *Dev.Psychobiol.*, 35, 204-214.
- Mulders, F. (2005). *Beschrijving van de vroege stemontwikkeling aan de hand van vocale categorisatie*. Verhandeling bij het behalen van de graad van Licentiaat in de Logopedie en Audiologie, o.l.v. W. Decoster K.U.Leuven.
- Mundry, R. & Todt, D. (2000). Automated measurement of tonal bird vocalisations: a methodological approach and examples of its application. Paper presented at *Measuring Behavior 2000*, 3rd International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research, 15-18 August 2000, Nijmegen, The Netherlands.
- Nathani, Ertmer, & Stark (2006). Assessing vocal development in infants and toddlers. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 20(5), 351-369.
- Niwano, K., Sugai, K. (2003) Maternal accomodation in infant-directed speech during mather's and twin-infants' vocal interactions. *Psychol Rep.* 92(2), 481-7.
- Oller, D. K. (1980). The emergence of the sounds of speech in infancy. In G.Yeni-Komshian, J. Kavanagh, & C. Ferguson (Eds.), *Child phonology, volume 1: production* (Academic Press.
- Oller, D. K. (2000). *The emergence of the speech capacity*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Oller, D. & Eilers, R. (1992). Development of vocal signaling in human infants: toward a methodology for cross-species vocalization comparisons. In H.Papousek, U. Jürgens, & M. Papousek (Eds.), *Nonverbal vocal communication. Comparative & developmental approaches* (pp. 174-191). Cambridge: Cambridge University Press.
- Papaeilou, C., Minadakis, G. & Cavouras, D. (2002). Acoustic patterns of infant vocalizations expressing emotions and communicative functions. *J Speech Lang Hear Res*, 45(2),311-317.
- Papaeilou, C. & Trevarthen, C. (2006). Prelinguistic pitch patterns expressing 'communication' and 'apprehension'. *J Child Lang*, 33(1), 163-178.
- Papagiannis, G., Mlyvarek, A., Massie, R. (2004) Infant larynx. <http://sprojects.mmi.mcgill.ca/larynx/notes/deve/ndinfan.htm> [On-line].
- Papousek, H. & Bornstein, M. (1992). Didactic interactions: intuitive parental support of vocal and verbal development in human infants. In H.Papousek, U. Jürgens, & M. Papousek (Eds.), *Nonverbal vocal communication. Comparative & developmental approaches* (pp. 209-229). Cambridge: Cambridge University Press.
- Papousek, M. (1992). Early ontogeny of vocal communication in parent-infant interactions. In H.Papousek, U. Jürgens, & M. Papousek (Eds.), *Nonverbal vocal communication. Comparative & developmental approaches* (pp. 230-261). Cambridge: Cambridge University Press.
- Scherer, K. (1992). Vocal affect expression as symptom, symbol, and appeal. In H.Papousek, U. Jürgens, & M. Papousek (Eds.), *Nonverbal vocal communication. Comparative & developmental approaches* (pp. 43-60). Cambridge: Cambridge University Press.
- Smyth, T. & Smith, J. (2002). Nature's hybrid wind instrument. *J.Acoust.Soc.Am*, 112, 2240 (A)

- Snow, C. (2000). Taalaanbod en sociale interactie: hun rol in de taalverwerving. In S. Gillis en A. Schaerlaekens (Eds.) *Kindertaalverwerving. Een handboek voor het Nederlands* (p. 329), Groningen: Martinus Nijhoff uitgevers.
- Snowdon, C. & Hausberger, M. (1997). Introduction. In C. Snowdon & M. Hausberger (Eds.), *Social influences on vocal development* (first ed., pp. 1-6). Cambridge: Cambridge University Press.
- Tesink, C. & Maassen, B. (2004a). De ontwikkeling van spraakmotorische controle I: Modellen. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie, 12*, 69-82.
- Tesink, C. & Maassen, B. (2004b). De ontwikkeling van spraakmotorische controle II: Vroege spraakproductie in relatie tot spraakperceptie. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie, 12*, 83-104.
- Trainor, L. J., Austin, C. M., & Desjardins, R. N. (2000). Is infant-directed speech prosody a result of the vocal expression of emotion? *Psychol.Sci., 11*, 188-195.
- Wilson, T. (1953). Some observations on the anatomy of the infantile larynx. *Acta laryngol (stockh), 43*, 313-317.