

Neuropsychologische aspecten van Spraakontwikkelingsdyspraxie

Lian Nijland

UMC St Radboud, Medische Psychologie/KNO

De spraak van kinderen met spraakontwikkelingsdyspraxie (SOD) wordt gekenmerkt door slechte verstaanbaarheid als gevolg van onregelmatige verwisselingen en vervormingen van spraakklanken (zowel medeklinkers als klinkers). In eerder onderzoek leken problemen in coördinatie en sequëntiering hierbij een belangrijke rol te spelen.

In het huidige onderzoek werd gekeken of deze problemen zich niet alleen in de spraak maar ook in niet-spraakgerelateerde taken manifesteren. Hiertoe is een reeks neuropsychologische taken afgenomen bij kinderen met SOD en normaalspreekende kinderen, waaronder complexe senso-motorische taken en sequentieel geheugen taken, simpele senso-motorische taken en controle taken. De resultaten lieten zien dat kinderen met SOD over de hele linie lager scoorden dan normaalspreekende kinderen van dezelfde leeftijd en dat beide groepen een ontwikkeling laten zien op een tweede meting een jaar later. Vergelijking van de scores van de oudere kinderen met SOD (tweede meting) met die van jongere normaalspreekende kinderen (eerste meting) doet ons vermoeden dat de kinderen met SOD een achterstand in ontwikkeling hebben en een stoornis in sequentiële vaardigheden. Vanuit neuropsychologisch oogpunt lijken de problemen bij kinderen met SOD op het gebied van de spraakplanning, programmering en automatisering voort te komen uit een stoornis in sequëntiering, waarbij tevens een bijkomende stoornis gevonden kan worden in sequentieel motorische vaardigheden en sequentieel geheugen.

Inleiding

De spraak van kinderen met spraakontwikkelingsdyspraxie (SOD) wordt gekenmerkt door slechte verstaanbaarheid als gevolg van onregelmatige verwisselingen en vervormingen van spraakklanken, zowel van medeklinkers als klinkers. Opvallend is dat de articulatie vaak groping (zoekend) gedrag laat zien (Davis, Jakielski, & Marquardt, 1998; McCabe, Rosenthal, & McLeod, 1998). Bovendien vertonen kinderen

met SOD in therapie langzame vooruitgang. Tot op heden zijn nog geen duidelijke aanwijzingen voor een neurologische aandoening bij deze kinderen gevonden. Veel literatuur over SOD gaat vooral over de vraag hoe SOD diagnostisch te onderscheiden is van fonologische stoornissen, articulatie stoornissen, en SLI (Bishop, 2004). Ook is door onderzoek naar de mogelijk verstoorde processen in de spraakproductie meer duidelijkheid gekomen over de onderliggende stoornis bij deze kinderen (Nijland et al., 2002; Nijland, Maassen, & Van der Meulen, 2003; Nijland et al., 2003). Problemen in coördinatie en sequentiering lijken hierin een belangrijke rol te spelen. Dit hebben we in deze studie in meer detail onderzocht.

Verschillende studies hebben gekeken naar een mogelijk verband tussen spraakstoornissen en andere cognitieve functies. Er zijn verschillende argumenten aan te voeren om verder te kijken dan alleen de spraak. Immers, spraak ontwikkelt zich in interactie met andere psycholinguïstische en cognitieve functies (Locke, 1994). Niet alleen spraakmotoriek of fonologische vaardigheden spelen een rol, maar ook het korte termijn geheugen, aandacht en motorische planning beïnvloeden de spraakontwikkeling (Bishop, 1997). Daarnaast wordt steeds meer duidelijk dat cognitie een sterke invloed uitoefent op motorische sturing. In een recent overzichtsartikel laat Kent (2004) gedragsmatig en neurofysiologisch bewijs zien om dit standpunt te ondersteunen. Dit is de reden dat we in deze studie verder hebben gekeken dan de spraak(motoriek) van kinderen met SOD, en daartoe perceptief-motorische en cognitieve functies hebben onderzocht. Alvorens over te gaan naar de beschrijving van de studie zal eerst kort een aantal onderzoeken aangehaald worden op het gebied van de motoriek en geheugen in relatie tot SOD.

Cognitieve functies in SOD

In de literatuur is herhaaldelijk melding gemaakt van ‘soft neurological signs’ in kinderen met SOD, zoals motorische coördinatie problemen (klungeligheid) en milde motorische retardatie (Ferry, Hall, & Hicks, 1975; McCabe et al., 1998; Velleman & Strand, 1994). Slechts zelden is uitgebreid neuropsychologisch onderzoek verricht bij deze groep kinderen. Het kleine aantal studies dat niet gericht was op spraak- en taalkenmerken, was gericht op ofwel motorische capaciteit of geheugen, met name sequentieel geheugen (Dewey, Roy, Square-Storer, & Hayden, 1988). Deze studies laten nogal verschillende resultaten en interpretaties zien. Bovendien ontbreekt onderzoek naar problemen op het gebied van de orale sensoriek, hoewel het regelmatig als symptoom van SOD wordt genoemd (McCabe et al., 1998). En aandachtsproblemen, iets dat veel onderzocht is in ontwikkelingsstoornissen, is nooit specifiek genoemd bij SOD.

Motoriek

Terwijl sommige studies aangeven dat de problemen op het gebied van het programmeren van reeksen bewegingen bij SOD beperkt is tot de bewegingen van de articulatoren (Aram & Horwitz, 1983), vinden andere studies ook stoornissen in arm- en

beenbewegingen (Yoss & Darley, 1974). Sommige studies suggereren zelfs een generaliseerde stoornis in simpele en complexe bewegingen (Bradford & Dodd, 1996; Dewey et al., 1988; Williams & Bishop, 1992). Het is lastig uit deze uiteenlopende conclusies te deduceren of de verschillen voortkomen uit het verschil in taken die zijn afgenomen (een constructietaak in de studie van Aram en Horwitz (1983) tegenover overgangen in reeksen bewegingen in Bradford et al. (1996)) of dat dit verschil veroorzaakt wordt door verschil in interpretatie/conclusie. Daarnaast verschillen de studies ook vaak sterk wat betreft specificaties van de onderzoeksgroep, zoals leeftijd van de kinderen en spraakkenmerken. In de huidige studie zijn daarom zowel simpele als wat meer complex motorische taken afgenomen bij kinderen die op grond van een groot aantal spraakkenmerken zijn geselecteerd.

Geheugen

Verskillende studies behandelen de geheugen capaciteiten in taalstoornissen in diverse populaties van kinderen. Slechts weinig studies rapporteren specifiek over geheugen bij SOD. Daarnaast zijn de resultaten van deze laatste uiteenlopend. Dewey en collega's (1988) vonden zwakkere resultaten voor SOD op zowel ruimtelijk als sequentieel geheugen. Zij veronderstelden dat deze sequentieel-geheugen problemen los stonden van problemen in motorisch sequentiering, gezien het feit dat ook andere kinderen met spraak/taalontwikkelingsstoornissen dergelijke geheugenproblemen lieten zien zonder de motorische problemen. Bovendien vonden ze dat uitvoer van motorische reeksen vanuit het geheugen net zo slecht ging als spontaan uitgevoerde reeksen. Tegenover deze studie van Dewey en collega's staat de studie van Raine et al. (1991). Ze interpreteerden het slechtere korte termijn geheugen van kinderen met spraakstoornissen als causaal gerelateerd aan de langzame spreksnelheid van deze kinderen en deze interpretatie wordt ondersteund door de studie van Hulme en Roodenrys (1995). Ook twee andere studies (Gathercole & Baddeley, 1990; Couture & McCauley, 2000) zagen duidelijke interacties tussen korte termijn geheugen processen en aspecten van fonologische (lange termijn) opslag. Echter in deze studies ging het om kinderen met fonologische stoornissen. Hoewel er dus een relatie lijkt te zijn tussen korte termijn geheugen en spraak/taalstoornissen is het nog onduidelijk hoe specifiek geheugen problemen bij SOD voorkomen. In de huidige studie zullen daarom zowel sequentieel als ruimtelijk geheugen taken getest worden in kinderen met SOD.

Doel van de studie

Aangezien bovengenoemde studies moeilijk te vergelijken zijn door verschil in selectiecriteria van de kinderen en in afgenomen taken, zijn in het huidige onderzoek meerdere senso-motorische en geheugenfuncties onderzocht bij een groep kinderen met spraakontwikkelingsdyspraxie waarvan uitgebreide spraakdata bekend zijn en waarvan additionele problemen op het gebied van gehoor, taalbegrip, grove motoriek

en intelligentie zijn uitgesloten. Deze groep kinderen werd gezien op twee meetmomenten, met een tussentijd van 15 maanden, en vergeleken met controlekinderen zonder spraaktaalstoornissen.

De functies die meegenomen zijn in het onderzoek zijn te verdelen in drie domeinen: 1) complex senso-motorische en sequentieel geheugen functies, 2) simpele senso-motorische functies, en 3) controle functies.

Onze hypothese is als volgt: Wanneer kinderen met SOD een onderliggende stoornis hebben in sequentiering die niet beperkt is tot de spraak, dan verwachten we lagere scores op deelgebied 1) complexe senso-motorische en geheugen functies, waarin sequentiering een grote rol speelt. Een stoornis op de simpele senso-motorische taken, met name motorische uitvoer taken en sensorische taken, wordt in de literatuur betwijfeld. De controletaken (3) zullen geen relatie vertonen met SOD.

Methode

Proefpersonen

De proefpersonen bestaan uit 19 kinderen met SOD (14 jongens en 5 meisjes in de leeftijd van 4;11 tot 6;6 jaar) en 19 normaal sprekende (NS) kinderen, gematcht op leeftijd, sekse en regio van herkomst. Bij de kinderen met SOD is er sprake van een min of meer 'zuivere' vorm van SOD, zonder duidelijke bijkomende stoornissen op het gebied van gehoor (drempels onder 25 dB) en taalbegrip (minder dan 1 sd rond gemiddelde), organische stoornis in het oro-faciale gebied, grove motoriek (zoals dysartrie), of intelligentie (minder dan 1 sd rond gemiddelde). De metingen op deze gebieden zijn op de scholen uitgevoerd. Deze groep is doorverwezen door logopedisten verbonden aan scholen voor kinderen met (ernstige) spraak-taal moeilijkheden en verder geselecteerd volgens de klinische criteria van Hall, Jordan en Robin (1993) en Thoonen, Maassen, Wit, Gabreëls en Schreuder (1996). Alle kinderen hebben Nederlands als eerste taal.

De taken, die hieronder uitgebreider beschreven worden, werden tweemaal in een periode van één tot anderhalf jaar afgenomen (gemiddeld hertest-interval 15 maanden) bij 17 met DAS and 17 normaal sprekende kinderen. Van twee kinderen ontbrak data op Meetmoment2. Deze kinderen zijn helemaal uit de analyse gelaten. De leeftijd van de kinderen met SOD op Meetmoment1 was tussen 4;11 en 6;10 jaar (gemiddeld 5;8 jr); de normaal sprekende kinderen waren iets jonger tussen 4;7 en 6;6 jr (gemiddeld 5;6 jr). Op Meetmoment2 was de groep kinderen met SOD in de leeftijd tussen 6;1 en 8;3 jr (gemiddeld 6;11 jr) en de normaal sprekende groep tussen 6;3 jr en 8;0 jr (gemiddeld 7;1 jr).

Materialen

Een reeks neuropsychologische taken is afgenomen bestaande uit 1) complexe sensorisch-motor taken en sequentieel geheugen taken, 2) simpele sensorisch-motor taken en 3) controle taken.

In Tabel 1 is weergegeven welke (sub)tests gebruikt zijn. Niet alle gebruikte (sub)tests hebben betrouwbare leeftijdsnormen; daarom gebruiken we de ruwe scores en vergelijken deze met die van een leeftijdsgemachte controlegroep. Naast de scores op de tests is ook de handvoorkeur van de kinderen tijdens schrijven/tekenen bepaald.

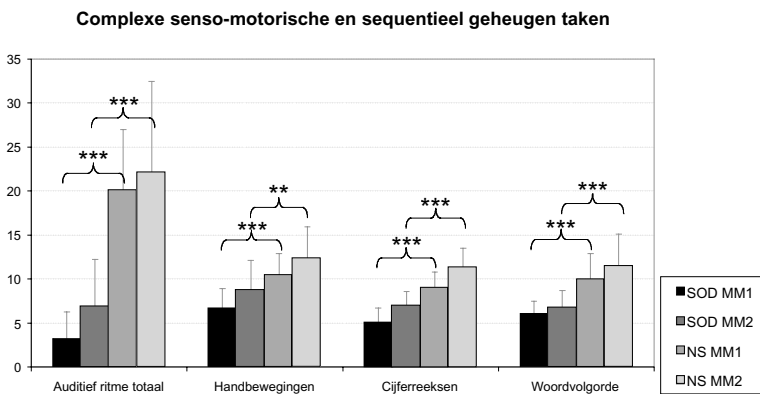
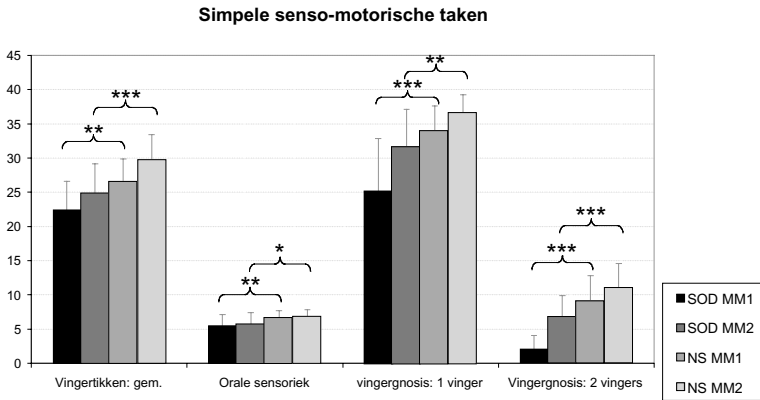
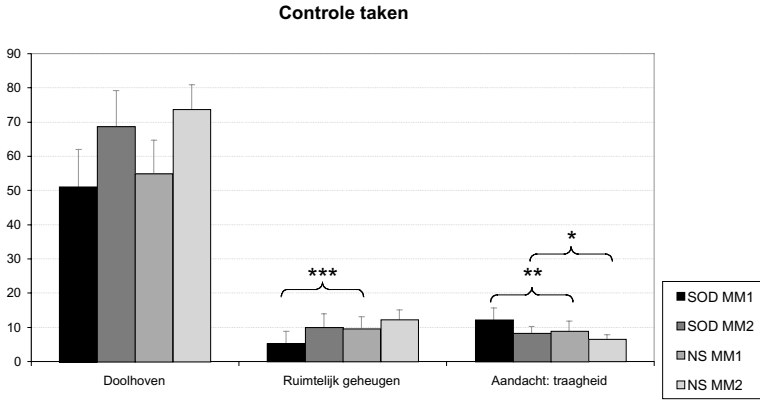
Tabel 1. Overzicht van de gebruikte subtests (en uit welke testbatterij de subtest afkomstig is).

Functie	Uit testbatterij
1. Complex senso-motorische & sequentieel geheugen taken a. Auditief ritme natikken b. Handbewegingen c. Cijferreeks d. Woordvolgorde	... geen leeftijdsnormen Kaufman-ABC Kaufman-ABC Kaufman-ABC
2. Simpele senso-motorische taken e. Vingertikken f. Orale sensoriek g. Vingergnosis	P.I.N.O.K. (Vieijra, König, Gardien, & de Vries, 1994) ... geen leeftijdsnormen Beschreven in (Benton, Hamsher, Varney, & Spreen, 1983)
3. Controle taken h. Doolhoven i. Ruimtelijk geheugen j. Aandacht	RAKIT Kaufman-ABC Deutsche SchulKonzentrationstest (Möhling & Raatz, 1974)

Kaufman-ABC = Kaufman Assessment Battery for Children (Kaufman & Kaufman, 1983); RAKIT = Revised Amsterdam Kinder Intelligence Test (Bleichrodt, Drenth, Zaal, & Resing, 1984).

Resultaten

Figuren 1-3 tonen voor de drie deelgebieden de gemiddelde scores van beide groepen (SOD en NS) op de twee meetmomenten (controletaken: figuur 1; simpele senso-motorische taken: figuur 2; complexe senso-motorische en sequentieel geheugentaken: figuur 3). Er is eerst getoetst op normaalverdeling van de data (Kolmogorov-Smirnov test). Hieruit kwam naar voren dat alle variabelen normaalverdeelde data hadden behalve een aantal variabelen waarbij sprake was van een bodem- of plafondeffect. Een bodemeffect is gevonden bij 'auditief ritme – beide handen' op MM1 voor SOD ($K-S Z = 1.63, p < 0.01$) en 'aandacht – aantal omissies' op MM2 voor NS ($K-S Z = 1.43, p < 0.05$). Een plafondeffect is gevonden bij 'vingergnosis: 1 vinger met kijken' op MM1 en MM2 bij NS kinderen (MM1: $K-S Z = 1.38, p < 0.05$; MM2: $K-S Z = 1.52, p < 0.05$). Voor deze variabelen zijn composiet scores bepaald door de som te nemen van deze variabelen (auditief ritme totaal = 'auditief ritme met één hand' opgeteld bij 'twee handen'; vingergnosis 1 vinger = 'met kijken' opgeteld bij 'zonder kijken'). De resulterende composiet variabelen waren normaal verdeeld (alle $K-S Z$ -scores < 1.00 , ns.). Vervolgens is een variantie-analyse uitgevoerd met Groep als tussen-groepen factor en Meetmoment als binnen-groepen factor.



Figuren 1-3: gemiddelde scores van de kinderen met SOD en normaalsprekende (NS) kinderen op meetmoment 1 (MM1) en meetmoment 2 (MM2) voor de controletaken (figuur 1), simpele senso-motorische taken (figuur 2) en complexe senso-motorische en sequentieel geheugentaken (figuur 3). Significante verschillen tussen groepen: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$, *** $p \leq .001$.

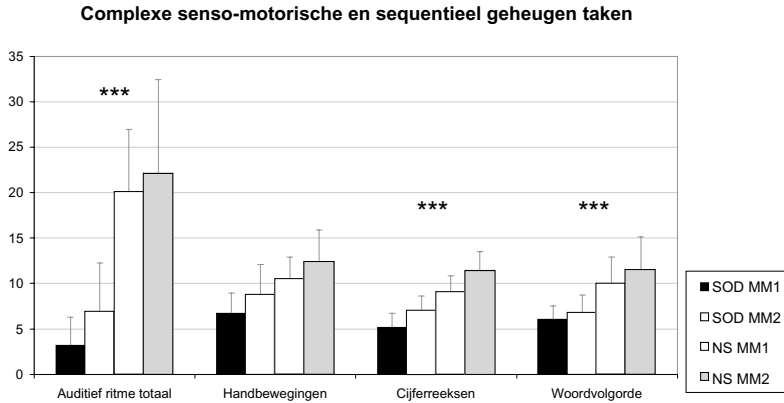
In de figuren is duidelijk te zien dat de kinderen met SOD het over de hele linie, met uitzondering van Doolhoven op beide meetmomenten en ruimtelijk geheugen op MM2, significant lagere scores hebben dan de normaalsprekende kinderen [$F(1,32) > 8,76$; $p < .01$]. Daarnaast vinden we een significant hoofdeffect van Meetmoment op alle variabelen, behalve auditief ritme, woordvolgorde en orale sensoriek [Meetmoment $F(1,32) > 13,73$; $p < .01$]. Significante interactie-effecten van Groep met Meetmoment zijn gevonden voor vingergnosis 1 vinger, ruimtelijk geheugen en auditief ritme [$F(1,32) > 4,32$; $p < .05$]. Voor de eerste twee variabelen werd een groter effect van Meetmoment gevonden bij kinderen met SOD dan bij de NS kinderen. Post-hoc analyse van de groepsverschillen op het tweede meetmoment laten zien dat bij vingergnosis er nog steeds een significant verschil is tussen NS en SOD [$t(32) = 3,42$; $p < 0,01$], maar dat dit verschil niet meer gevonden wordt bij ruimtelijk geheugen [$t(32) = 1,88$; ns.]. Voor auditief ritme is het effect net andersom, dwz een groter effect van Meetmoment is gevonden bij NS kinderen dan bij kinderen met SOD. Dit betekent dat kinderen met SOD inhalen wat betreft ruimtelijk geheugen, maar verder achter gaan lopen op auditief ritme.

Uit deze resultaten kunnen we concluderen dat de kinderen met SOD significant slechter scoren dan de NS kinderen. Over de hele linie wordt een duidelijk ontwikkelingseffect gevonden, waarbij de scores van beide groepen hoger zijn op het tweede meetmoment ten opzichte van het eerste meetmoment. Echter, met uitzondering van ruimtelijk geheugen, blijven de verschillen tussen de groepen bestaan en dit verschil wordt op de auditief geheugentaak zelfs groter.

Aangezien met bovenstaande analyse niet gedifferentieerd kan worden tussen taken waarop de kinderen met SOD een achterstand hebben en taken waarop ze een stoornis laten zien, hebben we een vergelijking gemaakt van de scores van de kinderen met SOD op Meetmoment 2 met die van de normaalsprekende kinderen op Meetmoment 1. Zodoende hopen we meer inzicht te krijgen in achterstand versus stoornis bij deze groep kinderen met SOD, ondanks achterstand op de leeftijd gematchte normaalsprekende kinderen. Uit deze analyse komt naar voren dat de significante verschillen tussen de oudere kinderen met SOD en de jongere normaalsprekende kinderen alleen gevonden worden op de taken binnen het domein van complexe senso-motorische en sequentieel geheugentaken (zie Figuur 4) en niet binnen de andere domeinen. Een uitzondering is Doolhoven waarop er in vergelijking met leeftijdgematchte normaalsprekende kinderen al geen significant verschil gevonden werd. Met uitzondering van Handbewegingen, zijn de kinderen met SOD zwakker binnen het domein van complexe senso-motorische en sequentieel geheugentaken dan de jongere normaalsprekende kinderen.

Discussie

In dit onderzoek is gekeken naar de vaardigheden van kinderen met spraakontwikkelingsdyspraxie (SOD) op het gebied van complexe senso-motorische en sequentieel geheugentaken, simpele senso-motorische taken en controletaken. Kinderen met SOD zijn vergeleken met normaalsprekende kinderen van dezelfde leeftijd op twee meetmomenten met een tussentijd van ongeveer 15 maanden.



Figuur 4: vergelijking van de gemiddelde scores van de kinderen met SOD op meetmoment 2 en de normaalsprekende (NS) kinderen op meetmoment 1 voor de complexe senso-motorische en sequentieel geheugentaken. Significante verschillen * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$, *** $p \leq .001$

Uit de resultaten kwam naar voren dat kinderen met SOD over het algemeen (met uitzondering van Doolhoven) lager scoorden dan normaalsprekende kinderen van dezelfde leeftijd en dat beide groepen een ontwikkeling lieten zien op de tweede meting ruim een jaar later. Significante interactie-effecten lieten zien dat bij de tests voor vingergnosis 1 vinger en ruimtelijk geheugen de kinderen met SOD een sterkere ontwikkeling doormaakten dan de NS kinderen, maar dat het tegenovergestelde gevonden werd voor auditief ritme. In tegenstelling tot onze verwachting scoorden de kinderen met SOD dus ook zwakker op de controletaken. Om nog verder te kunnen differentiëren in achterstand versus stoornis is een vergelijking gemaakt van de scores van de kinderen met SOD op meetmoment 2 met die van jongere normaalsprekende kinderen op meetmoment 1. Deze vergelijking liet zien dat de kinderen met SOD een relatief grotere achterstand hebben in de ontwikkeling op het domein van complexe senso-motorische en sequentieel geheugentaken ten opzichte van de andere domeinen. Dit bevestigt wat eerder in de literatuur is gevonden en onze eigen hypothese. Het lijkt erop dat kinderen met SOD een bijkomend probleem hebben in sequentiële vaardigheden.

De achterstand in ontwikkeling kan geïnterpreteerd worden als een stoornis van meer gegeneraliseerde aard. Locke (1994) haalde in zijn overzichtsartikel verschillende studies aan waarbij kinderen met spraaktaalachterstand zwakker scoorden op taken die ogenschijnlijk niets met spraak of taal te maken hadden. Hij suggereerde dat de compensatoire activiteit voor de stoornis concurreert met andere activiteiten, die daar hinder van ondervinden. Een dergelijk effect zou de resultaten van de huidige studie goed kunnen verklaren.

De resultaten uit de huidige studie dragen bij aan de discussie of SOD gezien kan worden als een aparte entiteit met bijkomende problemen (comorbiditeit) of als een symptomencomplex dat voortkomt uit een diversiteit van onderliggende stoornissen.

Vanuit de resultaten zijn twee verklaringen mogelijk:

1. SOD is een symptomencomplex (waaronder de kenmerkende spraaksymptomen) dat resulteert uit een onderliggende stoornis in sequentiering.
2. SOD is een stoornis in sequentiering die beperkt is tot spraakbewegingen, maar waarbij de meeste kinderen met SOD comorbiditeit laten zien in een nonverbale sequentiering.

Zolang we nog geen zekerheid hebben of alle kinderen met SOD een gegeneraliseerde stoornis hebben in sequentiering en of alle kinderen met een sequentieringsstoornis ook SOD ontwikkelen, lijkt de tweede optie de veiligste.

Dankwoord

De Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (projectnr 360-89-002) wordt bedankt voor de financiële ondersteuning van deze studie. Inge Boers en Rita Zijlstra wil ik graag bedanken voor de data verzameling.

Referenties

- Aram, D. M. & Horwitz, S. J. (1983). Sequential and non-speech praxic abilities in developmental verbal apraxia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 25, 197-206.
- Benton, A. L., Hamsher, K. d. S., Varney, N. R., & Spreen, O. (1983). *Contributions to neuropsychological assessment: A clinical manual*. New York: Oxford University Press.
- Bishop, D. V. M. (1997). Cognitive neuropsychology and developmental disorders: Uncomfortable bedfellows. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A, 899-923.
- Bishop, D. V. M. (2004). Specific Language Impairment: Diagnostic dilemmas. In L. Verhoeven & H. Van Balkom (Eds.), *Classification of developmental language disorders: Theoretical issues and clinical implications* (pp. 309-326). London: Lawrence Erlbaum Associates, Publ.
- Bleichrodt, N., Drenth, P. J. D., Zaal, J. N., & Resing, W. C. M. (1984). Revisie Amsterdamse Kinder Intelligentie Test. (Lisse (Netherlands): Swets & Zeitlinger.
- Bradford, A. & Dodd, B. (1996). Do all speech-disordered children have motor deficits? *Clinical Linguistics and Phonetics*, 10, 77-101.
- Couture, A. E. & McCauley, R. J. (2000). Phonological working memory in children with phonological impairment. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 14, 499-517.
- Davis, B. L., Jakielski, K. J., & Marquardt, T. P. (1998). Developmental apraxia of speech: Determiners of differential diagnosis. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 12, 25-45.
- Dewey, D., Roy, E. A., Square-Storer, P. A., & Hayden, D. C. (1988). Limb and oral praxic abilities of children with verbal sequencing deficits. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 30, 743-751.
- Ferry, P. C., Hall, S. M., & Hicks, J. L. (1975). 'Dilapidated' speech - Developmental verbal dyspraxia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 17, 749-756.

- Gathercole, S. E. & Baddeley, A. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection? *Journal of Memory and Language*, 29, 336-360.
- Hall, P. K., Jordan, L. S., & Robin, D. A. (1993). *Developmental apraxia of speech: Theory and clinical practice*. Austin, TX: Pro-ed.
- Hulme, C. & Roodenrys, S. (1995). Practitioner Review: Verbal working memory development and its disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 36, 373-398.
- Kaufman, A. S. & Kaufman, N. L. (1983). *Kaufman assessment battery for children: Administration and scoring manual*. Minnesota: American Guidance Services.
- Kent, R. D. (2004). Models of speech motor control: Implications from recent developments in neurophysiological and neurobehavioral science. In B. Maassen, R. D. Kent, H. F. M. Peters, P. H. H. M. Van Lieshout, & W. Hulstijn (Eds.), *Speech motor control in normal and disordered speech* (pp. 1-28). Oxford: Oxford University Press.
- Locke, J. L. (1994). Gradual emergence of developmental language disorders. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 608-616.
- McCabe, P., Rosenthal, J. B., & McLeod, S. (1998). Features of developmental dyspraxia in the general speech-impaired population? *Clinical Linguistics and Phonetics*, 12, 105-126.
- Möhling, R. & Raatz, U. (1974). *Konzentrationstest für das erste Schuljahr*. (Weinheim: Beltz Test Gesellschaft mbH).
- Nijland, L., Maassen, B., & Van der Meulen, S. J. (2003). Evidence of motor programming deficits in children diagnosed with DAS. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 437-450.
- Nijland, L., Maassen, B., Van der Meulen, S. J., Gabreëls, F., Kraaimaat, F. W., & Schreuder, R. (2002). Coarticulation patterns in children with developmental apraxia of speech. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 16, 461-483.
- Nijland, L., Maassen, B., Van der Meulen, S. J., Gabreëls, F., Kraaimaat, F. W., & Schreuder, R. (2003). Planning of syllables by children with developmental apraxia of speech. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 17, 1-24.
- Raine, A., Hulme, C., Chadderton, H., & Baily, P. (1991). Verbal short-term memory span in speech disordered children: Implications for articulatory coding in short-term memory. *Child Development*, 62, 415-423.
- Thoonen, G., Maassen, B., Wit, J., Gabreëls, F., & Schreuder, R. (1996). The integrated use of maximum performance tasks in differential diagnostic evaluations among children with motor speech disorders. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 10, 311-336.
- Velleman, S. L. & Strand, K. (1994). Developmental verbal dyspraxia. In J.E. Bernthal & N. W. Bankson (Eds.), *Child phonology: Characteristics, assessment, and intervention with special populations* (pp. 110-139). New York: Thieme Medical Publishers Inc.
- Vieijra, J., König, C. E., Gardien, C. J., & de Vries, M. (1994). *PINOK neuropsychologisch onderzoek bij kinderen*. (Lisse (Netherlands): Swets & Zeitlinger).
- Williams, H. G. & Bishop, J. H. (1992). Speed and consistency of manual movements of stutters, articulation-disordered children, and children with normal speech. *Journal of Fluency Disorders*, 17, 191-203.
- Yoss, K. A. & Darley, F. L. (1974). Developmental apraxia of speech in children with defective articulation. *Journal of Speech and Hearing Research*, 17, 399-416.