

De invloed van veroudering op twee fases binnen de planning van spraakmotoriek

Lisanne Dijs

S4847814

02-04-2020

Masterscriptie Taal- en spraakpathologie

Dr. E. Janse

Inhoud

Abstract	1
1. Inleiding	2
1.1 Veroudering en algemene motoriek.....	2
1.2 Veroudering en communicatie	3
1.3 Taalproductie	3
1.4 Spraakmotoriek	5
1.4.1 Spreeknelheid en articulatie	5
1.4.2 Reactietijden en responsduur	7
1.4.3 Functie en structuur van het brein.....	9
1.5 Simple en Choice RT	10
2. Methode	13
2.1 Sprekers	13
2.2 Simple & Choice RT.....	14
2.3 Procedure	14
2.4 Materiaal.....	16
2.3 Design.....	16
2.4 Dataverwerking en statistische toetsing	16
3. Resultaten	17
3.1 Foutenanalyse.....	18
3.2 Hoofdeffecten.....	19
3.3 Interactie-effecten met leeftijdsgroep	20
3.4 Interactie-effecten met de andere factoren	21
4. Discussie	23
4.1 Leeftijd	23
4.2 Woordlengte	23
4.3 Conditie	25
4.4 Design & materiaal.....	27
4.5 Conclusie & aanbevelingen	28
Referenties	30
Bijlage 1. Gegevens ouderengroep	33
Bijlage 2. Voorbeeld testblok Simple RT	34

Abstract. Het normale verouderingsproces heeft invloed op zowel cognitieve als motorische processen, zoals taalproductie en de planning van spraakmotoriek. Inzicht in het normale verouderingsproces wat betreft spraak en de motorische mechanismen die komen kijken bij spraakproductie is nodig voor zowel theoretische als klinische doeleinden. Zo is het bij de vroege detectie van de ziekte van Parkinson van belang rekening te houden met de invloed van veroudering op spraakproductie. In de huidige studie wordt getracht een beter beeld te krijgen van de invloed van veroudering op de planning van spraak door reactietijden bij een groep jongere en een groep oudere participanten te meten binnen twee reactietijdtaken, een Simple en een Choice RT conditie. Binnen de Simple RT conditie is de participant voorbereid op wat hij/zij moet gaan zeggen en binnen de Choice RT conditie is de participant dat niet. Deze twee taken zijn gebaseerd op een model van Klapp (1995, 2003), die de planning van spraak verdeeld in twee fases, een voorbereidende en een uitvoerende fase. Een eventueel groepsverschil binnen Simple RT, Choice RT of binnen beide condities geeft meer duidelijkheid over een eventuele vertraging binnen deze fases. Uit de resultaten bleek een groepsverschil binnen de Simple RT conditie en niet binnen Choice RT. Deze vertraging bij de ouderengroep duidt volgens het model van Klapp (1995, 2003) op een vertraging in de uitvoerende fase bij de planning van spraak. Waar de oorzaak van deze vertraging zich precies bevindt, is nog niet duidelijk. Mogelijk is de vertraging een gevolg van een verminderde functie van de basale ganglia ten gevolge van veroudering.

1. Inleiding

Bij het verouderingsproces horen een aantal functies die langzaam achteruitgaan, waaronder cognitieve en motorische functies. Bij cognitieve functies die achteruitgaan horen aandacht, geheugen en executieve controle (Salthouse, 2009). Bij motorische achteruitgang hoort zowel de planning van motoriek als het uitvoeren van motorische handelingen. In de onderstaande alinea's zal eerst het effect van veroudering op de uitvoering en planning van meer algemene motorische domeinen worden besproken, waarna het effect op spraakmotoriek wordt besproken.

1.1 Veroudering en algemene motoriek

Wat betreft het uitvoeren van motorische handelingen is bekend dat de achteruitgang een gevolg is van een verminderde interactie tussen cognitieve en motorische systemen (Seidler et al., 2010). Dit uit zich in langzamere handelingen in een hogere variabiliteit van bewegingen tijdens een handeling (Wunsch, Weigelt & Stöckel, 2017). Ook de verminderde spiermassa en hierdoor verminderde spierkracht dragen bij aan achteruitgang in de uitvoering van algemene motorische handelingen (Hunter, Pereira & Keenan, 2016). Het kunnen vooruitplannen van motorische handelingen is nodig voor vele activiteiten in het dagelijks leven zoals lopen, grijpen en auto rijden. Bij de planning van dit soort handelingen moet er rekening gehouden worden met de situatie op dat moment en met de motorische handelingen in de toekomst, om de handeling zo succesvol mogelijk te kunnen uitvoeren. Dit op voorhand kunnen plannen van een motorische handeling ontwikkelt zich naarmate kinderen ouder worden en lijkt stabiel te blijven tot het 70^e levensjaar. Hierna lijkt de planning van motoriek achteruit te gaan. Ook voor het plannen van motorische handelingen zijn namelijk cognitieve processen nodig (Stöckel, Wunsch & Hughes, 2017; Wunsch, Weigelt & Stöckel, 2017). Wunsch, Weigelt en Stöckel (2017) hebben de motorische planning onderzocht bij twee leeftijdsgroepen, een relatief jonge groep (60-70 jaar oud) en een oudere groep (71-80 jaar oud). De deelnemers werd gevraagd een staaf met één of beide handen te pakken en te deponeren. Afhankelijk van de positie van de staaf is het makkelijker om een onderhandse of bovenhandse beweging te maken bij het pakken van de staaf en deze vervolgens te deponeren. De verwachting van de auteurs was dat de jongere participanten de makkelijkste grijphandeling vaker zouden initiëren dan de oudere participanten. Uit de resultaten bleek inderdaad dat de ouderen vaker de habituele handeling uitvoerden, namelijk de bovenhandse grip, waardoor het deponeren van de staaf minder efficiënt verliep. Dit duidt op een vermindering van het vermogen om een motorische handeling efficiënt te kunnen plannen ten gevolge van veroudering. Mogelijk is dit het gevolg van verminderde cognitieve functies, aldus de auteurs. Ook de volumevermindering van gebieden in de frontaalkwab ten gevolge van veroudering, betrokken bij het plannen van motorische handelingen, is mogelijk een oorzakelijke factor (Raz, Gunning-Dixon, Head, Rodrigue, Williamson & Acker, 2004).

Uit verschillende studies blijkt dat de reactiesnelheid bij verschillende motorische taken langer wordt ten gevolge van veroudering, evenals de duur van bewegingen (Tremblay, Deschamps, Bedard, Tessier, Carrier & Thibeault, 2018). In een studie van Niermeyer, Suchy en Ziemnik (2017) werd het plannen van een actie, het leren van een actie, en de accuraatheid en snelheid van de motoriek vergeleken tussen twee leeftijdsgroepen. De participanten moesten steeds een reeks van bewegingen herhalen die toenamen in complexiteit. Uit de resultaten bleek dat beide leeftijdsgroepen de taken slechter uitvoerden naarmate de complexiteit van de bewegingen toenam. Dit gold voor zowel het aantal fouten die gemaakt werden, als de duur van de bewegingen en voor de tijd die nodig was om de bewegingen te

plannen. Hoewel bij beide leeftijdsgroepen een effect van complexiteit zichtbaar was, was dit effect bij de oudere groep groter. De auteurs zagen een duidelijk verband tussen de planning van de acties en de prestaties op verschillende taken die het executief functioneren testen. Dit verband was het meeste zichtbaar bij de oudere groep participanten. De auteurs stellen dat ouderen mogelijk meer steunen op het executief functioneren ter compensatie van het verminderde vermogen om bewegingen te plannen en te coördineren.

In de volgende alinea's zal het effect van veroudering op taal en (de planning van) spraakmotoriek aan de hand van de meest recente literatuur worden besproken. Vervolgens worden de onderzoeksvragen gericht op het effect van veroudering op twee fases (een voorbereidende en een uitvoerende fase) binnen de planning van spraakmotoriek besproken.

1.2 Veroudering en communicatie

Het kunnen plannen van motoriek is van groot belang bij complexe bewegingen, zoals bij de spraakproductie. Spreken begint met de intentie om te communiceren, waarna de betekenis vertaald wordt naar woorden. Vervolgens worden de woorden verdeeld in syllaben die in de goede volgorde moeten worden uitgesproken. Hierna moeten complexe sensomotorische componenten gecoördineerd worden, zoals het respiratoire systeem die een luchtstroom in gang moet zetten om de stembanden te kunnen laten vibreren, en de laryngeale spieren die de luchtstroom omzetten in klankgeluiden (fonatie). Als laatste zetten de supra-laryngeale spieren de laryngeale output om in consonanten en vocalen; de articulatie (Bilodeau-Mercure, Kirouac, Langlois, Ouellet, Gasse & Tremblay, 2015). Ondanks de complexiteit van dit proces, kost het een spreker minder dan een paar honderd milliseconden om deze keten van spraakproductie te voltooien. Hoewel communicatie via het spraakkanaal belangrijk is voor de kwaliteit van leven, wordt tot nog toe onvoldoende begrepen op welke manier en in welke mate het verouderingsproces invloed heeft op het spreken.

1.3 Taalproductie

Voordat de spraakproductieketen in gang wordt gezet, moet de betekenis van de boodschap vertaald worden naar woorden. Wanneer gekeken wordt naar taal in het algemeen, is zichtbaar dat veroudering voornamelijk invloed heeft op de taalproductie en niet op het taalbegrip (Shafto & Tyler, 2014). Wel bleek uit een studie van Tun en Wingfield (1999) dat ouderen spraak slechter kunnen verstaan in een omgeving met veel achtergrondlawaai, of wanneer de spraak werd versneld. Hieruit blijkt dat de informatieverwerking mogelijk vertraagd is en dat deze groep meer moeite heeft met de inhibitie van afleidende geluiden, wat het verwerken van gesproken taal moeilijker maakt. Wanneer gekeken wordt naar taalproductie is er een duidelijk effect van veroudering zichtbaar. Er is veel onderzoek gedaan naar het benoemen van afbeeldingen waarbij men de woordvormen moet ophalen uit het lexicon. In een studie van LaGrone en Spieler (2006) werd onderscheid gemaakt tussen twee stappen in dit proces, namelijk het ophalen van woorden uit het lexicon en het fonologisch encoderen. Het experiment was gericht op de eerste stap, namelijk het ophalen van woorden uit het lexicon. Het benoemen van foto's werd vergeleken tussen een groep met jonge participanten en een groep met ouderen. Uit de resultaten bleek dat de reactietijd langer is bij de ouderengroep in vergelijking met jongeren. De auteurs stellen dat de langere reactietijd een gevolg is van verminderde activatie van concurrerende lemma's (semantische representaties van de boodschap zonder fonologische informatie) tijdens het ophalen van een woord uit het lexicon. Door minder efficiënte connecties op dit niveau is het moeilijker voor geactiveerde lemma's om minder geactiveerde lemma's te onderdrukken. Hierdoor duurt het langer om de juiste lemma te kiezen.

Na het kiezen van de juiste lemma's, is het ophalen van fonologische informatie de volgende stap (LaGrone & Spieler, 2006). Veroudering blijkt ook invloed te hebben op deze stap in het proces. Diaz, Johnson, Burke en Madden (2014) onderzochten hoe snel ouderen een beslissing kunnen maken over de fonologische informatie van een woord in vergelijking met jongeren. De participanten kregen een fonologische visuele aanwijzing (welke begint met een P?) en zagen vervolgens twee afbeeldingen van objecten. De snelheid waarmee het juiste object werd gekozen, werd gemeten. Ook werd gemeten hoe snel de participanten een beslissing konden maken over semantische informatie. De participant kreeg dan een semantische aanwijzing te zien (welke is eetbaar?). Tot slot was er een perceptuele taak ter controletaak, waarbij de participanten bijvoorbeeld moesten beslissen of de afbeeldingen hetzelfde waren of niet. Uit de resultaten bleek geen verschil tussen de leeftijdsgroepen binnen de semantische conditie. Binnen de fonologische conditie waren de ouderen niet alleen trager, ze maakten ook meer fouten. Hoewel er bij deze taken niet perse sprake was van taalproductie, moest de fonologische woordvorm wel opgehaald worden. De resultaten passen binnen het 'tekort aan transmissie' model die het verschil tussen de fonologische en semantische taak kan verklaren. Volgens dit model heeft leeftijd effect op alle connecties, waardoor het verspreiden van activatie overal minder effectief is. Deze verminderde connecties hebben echter meer invloed op het fonologische systeem in vergelijking met het semantische systeem, vanwege de overvloedige hoeveelheid connecties binnen het semantische systeem. Door middel van Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) kon de activatie in het brein worden gemeten tijdens afname van de taken. Hoewel er geen directe relatie tussen gedrag en breinactivatie gevonden kon worden bij de ouderen, zagen de auteurs wel dat de ouderen over het algemeen meer activiteit lieten zien. In combinatie met slechtere prestaties op de fonologische taak, kan geconcludeerd worden dat er sprake is van een minder efficiënte connectie tussen neurale activatie en gedrag bij ouderen in vergelijking met jongeren.

Een gevolg van de zwakkere connecties binnen het fonologisch systeem, zoals het 'tekort aan transmissie' model beschrijft, is het 'tip of the tongue' (TOT) fenomeen (James & Burke, 2000). Dit fenomeen is een relatief veelvoorkomende fout, waarbij het ophalen van de woordvorm niet lukt, maar men wel sterk het gevoel heeft de woordvorm te kennen. De semantische en syntactische kenmerken van het woord zijn bekend en men kan soms zelfs een deel van de fonologische kenmerken achterhalen, maar er is geen toegang tot de volledige fonologische informatie van het woord. Het 'tekort aan transmissie' model gaat er vanuit dat het TOT fenomeen het gevolg is van een zwakke connectie binnen het fonologisch systeem. Bij het ophalen van de woordvorm wordt gebruik gemaakt van priming om de juiste fonologische informatie te activeren (James & Burke, 2000). Volgens het model bestaat het fonologisch systeem uit fonologische knooppunten. De sterkte van de connecties tussen die knooppunten veroorzaakt een sterke of zwakke priming bij een woord. Wanneer knooppunten vaker geactiveerd worden, versterkt logischerwijs de connectie hiertussen. Om deze reden komt het TOT fenomeen vaker voor bij minder frequente woorden, en/of woorden die recentelijk weinig zijn gebruikt. James en Burke (2000) onderzochten dit TOT fenomeen bij jongeren en bij ouderen, waarbij ze gebruik maakten van fonologische priming om te achterhalen of dit de participanten hielp bij het vinden van de juiste woordvorm. De participanten kregen een kennisvraag te zien waarbij ze drie mogelijke antwoorden konden geven; 'Ik weet het antwoord', 'Ik weet het antwoord niet' of 'TOT'. Wanneer de participant het antwoord niet wist of het TOT fenomeen ervoer, kreeg hij/zij een fonologisch gerelateerd primewoord te zien, die hardop voorgelezen moest worden. Uit het onderzoek bleek dat het TOT fenomeen vaker voorkomt bij ouderen dan bij jongeren, maar dat na het aanbieden van een fonologisch gerelateerd woord de twee leeftijdsgroepen even vaak op het juiste doelwoord konden komen. Het fonologisch gerelateerde primewoord had bij beide

leeftijdsgroepen geen effect wanneer de participant het 'ik weet het niet' antwoord had gegeven. Een fout als deze bevond zich dus niet op het fonologisch niveau in de spraakketen, maar op het lexicale (lemma) niveau; het krijgen van toegang tot het woord op basis van semantische informatie, nog onafhankelijk van fonologische informatie. Het feit dat de ouderen in dit onderzoek vaker last hadden van het TOT fenomeen kan verklaard worden door het 'tekort aan transmissie' model, wat veronderstelt dat het TOT fenomeen een gevolg is van een zwakke connectie tussen de fonologische knooppunten. Bij ouderen is er sprake van verminderde connecties in het hele brein, waardoor ouderen meer last hebben van dit fenomeen, aldus dit model. Tot slot blijkt uit dit onderzoek dat het effect van priming op de activatie tussen fonologische knooppunten niet afhankelijk is van leeftijd.

In de huidige studie worden niet de talige vaardigheden van ouderen onderzocht, maar wordt de planning van spraakmotoriek onderzocht door middel van twee reactietijdtaken, Simple en Choice RT. Door studies als die van Diaz en collega's (2014) en die van James en Burke (2000) is bekend dat veroudering invloed heeft op bepaalde stappen in het taalproductieproces, zoals het ophalen van de juiste fonologische informatie. Door in de huidige studie gebruik te maken van non-woorden wordt gehoopt dat de invloed van veroudering op deze stap in het proces geen invloed zal hebben op de reactietijd.

1.4 Spraakmotoriek

Naar de invloed van veroudering op het motorische aspect van taalproductie is weinig onderzoek gedaan. Inzicht in het normale verouderingsproces wat betreft spraak en de motorische mechanismen die hierbij komen kijken is nodig voor zowel theoretische als klinische doeleinden. Bij de vroege detectie van de ziekte van Parkinson zijn abnormale spraakproductiepatronen namelijk een belangrijk symptoom (Moustafa et al., 2016). Om deze abnormale patronen vast te kunnen stellen is het van belang inzicht te hebben in normale verouderingsprocessen en vooral in de mechanismen die ten grondslag liggen aan deze processen. In de onderstaande alinea's wordt de invloed van normale veroudering op verschillende aspecten van de spraakmotoriek besproken.

1.4.1 Spreeksnelheid en articulatie

De invloed van veroudering op spraakproductie wordt vaak geassocieerd met een langzamer spreektempo. Is dit spreektempo echt lager bij ouderen in vergelijking met jongeren? En zo ja, is dit dan een gevolg van het feit dat de benodigde tijd om een klank uit te spreken toeneemt, of omdat deze benodigde tijd meer varieert? Tremblay, Poulin, Martel-Sauvageau en Denis (2019) onderzochten of deze verminderde spraakvaardigheid een gevolg is van de timing van spraak (het spreektempo en de variatie hierbinnen) of van een verminderde accuraatheid binnen het spreken. Een effect van veroudering op de timing van spraak zou een gevolg kunnen zijn van een verminderde motorische planning en een effect op de accuraatheid binnen het spreken zou een gevolg kunnen zijn van een verminderde fonologische planning. Een diadochokinese taak (DDK taak) werd afgenomen bij een groep participanten, variërend in leeftijd. Bij deze taak moeten de participanten in een bepaald tempo steeds dezelfde syllaben (papapa) of een combinatie van syllaben (pataka) uitspreken. Uit de resultaten bleek dat leeftijd geen direct effect had op het spreektempo, maar wel op de stabiliteit van het spreektempo. Deze stabiliteit reflecteert het vermogen om een constant spreektempo vast te kunnen houden tijdens het herhalen van een syllabe. De auteurs stellen hierom dat het meten van de stabiliteit van het spreektempo mogelijk gevoeliger is voor onderzoek naar de motorische planning en motorische controle dan het meten van alleen het spreektempo. Ook

maakten de ouderen meer articulatiefouten tijdens de DDK taak, zoals het weglaten van een klank of het vervangen van de doelklank. Tremblay en collega's (2019) stellen dat dit een gevolg is van een verminderde fonologische planning.

Hoewel Tremblay en collega's (2019) geen effect van veroudering op het spreektempo vonden, vonden andere studies wel een lager spreektempo bij ouderen in vergelijking met jongeren (Pierce, Cotton & Perry, 2013; Bilodeau-Mercure & Tremblay 2016). Bilodeau-Mercure en Tremblay (2016) onderzochten ook de lip- en tongkracht, het uithoudingsvermogen van de lippen en tong, en de tactiele sensitiviteit bij jongeren en bij ouderen om een eventuele oorzaak van het lagere en variabele spreektempo bij ouderen te achterhalen. Uit het onderzoek bleek dat ouderen minder sensitief waren wat betreft de tong en de lippen en minder uithoudingsvermogen hadden wat betreft de lipkracht. Er werd een verband gevonden tussen de gemaakte fouten en het verminderde uithoudingsvermogen van de lippen. Leeftijd bleek geen effect te hebben op de kracht van de tong en de lippen. De auteurs keken ook naar de productie van nasale vocalen en de overgang van nasale naar orale klanken. Tijdens deze taak moest het velum dus vaak precieze bewegingen maken. Ouderen maakten meer fouten tijdens de productie van deze nasale klanken in vergelijking met jongeren, wat mogelijk duidt op een verminderde controle van het velum, of een verminderde spierkracht van het velum. De conclusie van de auteurs was dat de gemaakte fouten, het verlaagde spreektempo en de grotere variabiliteit hierbinnen bij ouderen voor een deel verklaard kan worden door fysiologische veranderingen, bijvoorbeeld door het verminderde uithoudingsvermogen van de lippen of de verminderde functie van het velum. Toch is het opvallend dat de auteurs, consistent met de bevindingen van andere studies, geen effect van leeftijd vinden op de spierkracht van de lippen en de mond. Het effect van veroudering op spraakmotoriek kan dus niet volledig verklaard worden door fysiologische veranderingen en lijkt voor een groot deel veroorzaakt te worden door een verminderde motorische planning of programmering, aldus de auteurs.

Mefferd en Corder (2013) onderzochten niet de kracht van de oro-faciale spieren bij ouderen, maar het vermogen om bewegingen steeds sneller uit te voeren. Spreken zelf vereist namelijk weinig spierkracht, maar wel snelle en complexe bewegingen. In dit onderzoek werd gekeken naar de mogelijkheid om steeds snellere kaak- en lipbewegingen te maken door participanten in verschillende leeftijdsgroepen. Met behulp van een metronoom werden de participanten geïnstrueerd om de syllabe /fa/ op verschillende tempo's uit te spreken. De lip- en kaakbewegingen moesten van dezelfde grote blijven terwijl het tempo steeds hoger werd. Uit de resultaten bleek geen verschil tussen jongeren en ouderen wat betreft grote en snelheid van de kaak- en lipbewegingen. Wel zagen de onderzoekers dat de ouderen een langere bewegingsduur lieten zien. De ouderen konden dus dezelfde snelheden halen als de jongere participanten, echter ging dit minder efficiënt. De auteurs stellen dat ouderen meer moeite hebben met het reguleren van de 'stijfheid' van de bewegingen en het genereren van de juiste kracht bij het maken van snelle bewegingen. Mogelijk wordt het langzamere spreektempo dan ook gebruikt als compensatiestrategie om meer accuraat te kunnen spreken, stellen de auteurs.

Samenvattend lijkt normale veroudering invloed te hebben op het spreektempo. Mogelijk deels door een verminderd uithoudingsvermogen van de spieren (lippen) of het vermogen om efficiënte kaak-en lipbewegingen te maken. Mogelijk deels ook door een verminderde planning van de spraakmotoriek. In de huidige studie zal de invloed van veroudering op twee fases binnen de planning van spraakmotoriek worden onderzocht, namelijk binnen een voorbereidende en een uitvoerende fase. Deze invloed van veroudering wordt gemeten met twee reactietijdtaken, Simple en Choice RT. De invloed van veroudering op het spreektempo zal in de huidige studie niet zichtbaar zijn; het spreektempo of de duur van de respons zullen niet worden gemeten. Wel kunnen de resultaten een beter beeld vormen

van de oorzaak van een langzamer en/of instabieler spreektempo, namelijk een mogelijke vertraging binnen de planning van spraak.

1.4.2 Reactietijden en responsduur

In studies naar spraak-motorische processen is het van belang om linguïstische factoren zoals semantiek en lexicale selectie zo veel mogelijk uit te sluiten. Om die reden wordt er veelal gebruik gemaakt van experimenten waarbij participanten geïsoleerde syllaben of non-woorden (betekenisloze combinaties van syllaben) uitspreken. Wanneer er verschillen worden gemeten in de prestaties van participanten tijdens een taak als deze, moet dit uiteraard onafhankelijk zijn van cognitieve processen als semantiek, het geheugen of lexicale selectie. Binnen een taak als deze wordt vaak gevarieerd in de fonologische complexiteit van de uitingen om eventuele verschillen aan een proces binnen de spraakmotoriek te kunnen toekennen, bijvoorbeeld aan de planning van de spraakmotoriek of aan de articulatie.

Een voorbeeld van een studie die keek naar de mogelijke verschillen in spraakmotoriek bij participanten met verschillende leeftijden is die van Tremblay en collega's (2018). In deze studie kregen 60 participanten van verschillende leeftijden non-woorden te zien die varieerden in fonologische complexiteit en in de frequentie van de syllabe (hoog VS laag frequent). Wat betreft de fonologische complexiteit bestond een non-woord uit een consonant en een klinker (CV) of uit een klinker en twee consonanten (CCV of CVC). De auteurs berekenden de reactietijd (de tijd tussen blootstelling aan het non-woord en het moment dat de participant begint met spreken, RT), de duur van de respons en de hoeveelheid gemaakte fouten. De verwachting van de auteurs was dat de ouderen een verminderde motorische controle en uitvoering van spraak zullen laten zien, dat resulteert in meer fouten bij de ouderen. Aangezien uit een eerdere studie is gebleken dat leeftijd geen effect had op de RT bij het herhalen van non-woorden (Shuster, Moore, Chen, Ruscello & Wonderlin, 2014) verwachtten de auteurs dat de oudere participanten in deze studie ook geen langere RT's zullen laten zien in vergelijking met de jongeren. Immers, in deze studie werden ook non-woorden gebruikt. Wel werd verwacht dat de responsduur bij de ouderen langer zal zijn als een gevolg van een verminderde motorische controle en uitvoering van spraak. Tot slot verwachtten de auteurs dat de relatie tussen leeftijd en spraak werd beïnvloedt door fonologische complexiteit en syllabefrequentie. Uit de resultaten bleek dat leeftijd invloed had op de spraakmotoriek. Zowel het aantal fouten als de duur van de respons nam toe naarmate de participanten ouder werden. Ook had de complexiteit van een non-woord meer invloed op de duur van de uiting bij de oudere participanten. De auteurs vonden geen effect van leeftijd op de reactietijd. Ook vonden ze geen effect van syllabefrequentie. Wel werd gevonden dat participanten van jonge- en middelbare leeftijd kortere responsduren hadden bij langere reactietijden. Dit effect verdween echter bij de ouderen participanten, wat suggereert dat deze groep meer moeite had met het aanpassen van de motorische planning van een uiting voor en tijdens het spreken. Aangezien de planning van een uiting in deze studie het transformeren van een visuele cue naar een klank, het ontvangen van motorische programma's, deze programma's in de goede volgorde plaatsen en vervolgens de articulatie betref is het niet mogelijk om de relatie tussen responsduur en RT aan een specifiek proces of niveau (planning VS uitvoering) te koppelen, aldus de auteurs. Wel kan er geconcludeerd worden dat de veranderingen als gevolg van leeftijd geen oorzaak vinden in de opgeslagen representaties, aangezien zowel hoog- als laagfrequente syllaben langer werden uitgesproken.

Zoals hierboven wordt beschreven kunnen de resultaten uit de studie van Tremblay en collega's (2018) niet worden toegekend aan een specifiek proces of niveau binnen de spraakmotoriek. In de huidige studie wordt door middel van twee reactietijdtaken juist wel getracht om de invloed van veroudering te kunnen koppelen aan een fase binnen de planning

van spraak. In de huidige studie zal onderscheid worden gemaakt tussen een voorbereidende en een uitvoerende fase. Echter, er zal alleen gekeken worden naar reactietijd en niet naar de relatie tussen reactietijd en responsduur.

Bilodeau-Mercure, Kirouac, Langlois, Ouellet, Gasse en Tremblay (2015) onderzochten of de invloed van veroudering op motoriek specifiek is voor bepaalde bewegingen of voor meerdere motorische domeinen. Ze onderzochten de mogelijkheid om opeenvolgingen van fijne motorische acties uit te voeren, zoals spreken, oro-faciale bewegingen en bewegingen met de hand. De motorische acties varieerden in complexiteit. Voor de spreektaak moesten participanten drie complexe non-woorden uitspreken (CCVC). Tijdens de simpele taak waren minimaal twee van deze woorden achtereenvolgend identiek en tijdens de complexe taak waren alle drie de non-woorden verschillend. De oro-faciale taken bestonden uit bewegingen van de tong of lippen en de handtaken bestonden uit bewegingen van verschillende vingers. Ook voor de laatste twee taken gold dat de complexe variant uit driemaal een verschillende bewegingen bestond. De auteurs onderzochten de accuraatheid en de responsduur. Uit de resultaten bleek dat de spraak en oro-faciale taken minder accuraat werden uitgevoerd naarmate de leeftijd van de participanten toenam. Voor beide taken gold dat de accuraatheid verminderde naarmate de taken complexer werden. De auteurs concluderen dat de invloed van leeftijd op motoriek niet gelimiteerd is naar spraak-motorische bewegingen, maar mogelijk komen spraak- en oro-faciale bewegingen voort uit dezelfde mechanismen. Hoewel er geen verschil werd gevonden tussen de verschillende leeftijdsgroepen in accuraatheid bij de handbewegingen, is wel gezien dat de oudere participanten een langere responsduur hadden. De auteurs stellen dat dit verschil in accuraatheid tussen de drie taken mogelijk afhankelijk is van de moeilijkheidsgraad per taak. Wel is er een globaal effect van leeftijd zichtbaar op de responsduur van de drie taken. Er kan gesteld worden dat de invloed van leeftijd niet specifiek is voor één motorische domein.

Nog een voorbeeld van een studie die keek naar het effect van veroudering op de motorische voorbereidingsmechanismen voor spraak en de beweging van ledematen, is die van Johari, Den Ouden en Behroozmand (2019). Ze onderzochten de reactietijden in een experiment waarbij jonge en oudere participanten een visuele cue kregen, die betekende dat ze een lange tijd de klinker /a/ moesten aanhouden of betekende dat ze een knop moesten gaan drukken. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen een voorspelbare en een onvoorspelbare conditie die te maken had met de hoeveelheid milliseconden (interval-tijd) tussen het moment van het zien van de cue, en het moment dat ze mochten gaan spreken of op de knop mochten drukken. Tijdens de voorspelbare conditie had de interval-tijd een vaste lengte, namelijk 1500 ms, en tijdens de onvoorspelbare conditie varieerde de lengte tussen de 1000 en de 2000 ms. Uit de resultaten bleek alleen een leeftijdsverschil bij het spreken, en wel alleen in de onvoorspelbare conditie. Deze resultaten laten zien dat deze motorische vertraging specifiek is voor een modaliteit (spreken). Dit is mogelijk een gevolg van de verschillen tussen de onderliggende mechanismen die nodig zijn voor het spreken of het drukken op een knop. De auteurs verklaren dit verschil in modaliteit door het feit dat men tijdens het spreken meerdere onafhankelijke spier-systemen moet coördineren en aansturen, zoals het respiratoire systeem, de laryngeale spieren en de articulatorische spieren. Bovendien moet de fonologische representatie van de klinker nog opgehaald worden tijdens het plannen van de spraakklank, wat mogelijk meer vraagt van de cognitieve systemen dan tijdens het plannen van een beweging van een ledemaat. Het feit dat dit meer vraagt van de cognitieve en sensomotorische systemen, kan verklaren waarom ouderen hier meer moeite hebben wanneer het signaal om te mogen gaan spreken op een onvoorspelbaar moment zichtbaar wordt. Met behulp van Event-related-potentials (ERP) kon ook de elektrische activiteit van specifieke gebieden in het brein gemeten worden tijdens de voorbereidende fase van het spreken of het drukken op een knop. Hieruit bleek dat de ouderen alleen tijdens het spreken en alleen binnen

de onvoorspelbare conditie een significant hogere activiteit laten zien van de frontale en pariëtale kwab in vergelijking met de jongeren. Deze verhoogde activiteit tijdens deze specifieke taak is mogelijk het gevolg van de activatie van andere neurale systemen die ingezet worden ter compensatie van de vertraagde cognitieve en/of sensomotorische mechanismen, aldus de auteurs.

In de studie van Johari en collega's (2019) werd onderscheid gemaakt tussen een voorspelbare en onvoorspelbare conditie. Dit betekent dat de participanten zich konden voorbereiden op wat ze moesten gaan doen; de klinker /a/ aanhouden of op een knop gaan drukken. Alleen als de voorbereidingstijd onvoorspelbaar was, lieten de ouderen een lagere reactietijd zien. Wel een leeftijdsverschil binnen de onvoorspelbare conditie en niet binnen de voorspelbare conditie lijkt toch eerder zijn oorzaak te vinden binnen de planning van de spraakmotoriek en niet binnen de uitvoering (articulatie). In het laatste geval zou je namelijk een vertraging binnen beide condities verwachten. Het antwoord op de onderzoeksvraag van de huidige studie, namelijk of veroudering invloed heeft op de voorbereidende of de uitvoerende fase binnen de planning van spraak, zou dit vermoeden kunnen bevestigen en meer duidelijkheid kunnen geven over de invloed van veroudering op de planning van spraak.

1.4.3 Functie en structuur van het brein

Verschillende experimentele onderzoeken laten zien dat leeftijd invloed heeft op de spraakmotoriek. Het is echter nog steeds niet duidelijk of die veranderingen een gevolg zijn van het motorische spraaksysteem, bijvoorbeeld een gevolg van verminderde of meer variabele kracht van de articulatiespieren, of een gevolg is van functionele en structurele veranderingen in het brein. Tremblay, Dick en Small (2013) onderzochten of en op welke manier spraakproductie en spraakperceptie een verband hebben met de verandering van de structuur van het brein als gevolg van veroudering. Tijdens spraakperceptie- en spraakproductietaken (herhaling van woorden) werd de Blood Oxygenation Level Dependent (BOLD) gemeten, gebruik makend van functional magnetic resonance imaging (fMRI) bij een jongeren- en een ouderengroep. Uit de resultaten bleek dat structurele verandering in bepaalde gebieden van de cortex correleerden met de spreekvaardigheid. Zo was er bij de ouderen in vergelijking met de jongeren minder activatie zichtbaar in de rechter Planum Temporale (PT) tijdens zowel de perceptuele als de productietaken. Dit suggereert dat dit gebied een rol speelt in beide processen. Een ander corticaal gebied, namelijk de Ventral Premotor Cortex (PMv) liet bilateraal minder activatie bij de ouderen zien tijdens beide taken, maar dit verschil in activatie tussen de leeftijdsgroepen was het grootst tijdens de productietaak. Een derde gebied, de Supplementary Motor Area (SMA), betrokken bij de voorbereiding en controle van bewegingen waaronder spraak, liet hetzelfde patroon zien van verminderde activatie bij de ouderen tijdens de productietaak in vergelijking met de perceptietaak.

Mogelijk heeft deze verminderde activatie binnen verschillende gebieden in het brein die te maken hebben met het spreken gevolgen voor de planning van spraakmotoriek bij gezonde ouderen. Met het oog op het onderzoek in de huidige studie zou dat een leeftijdsverschil betekenen binnen één van de twee onderzochte fases (de voorbereidende VS de uitvoerende fase) binnen de planning van spraakmotoriek, of binnen beide fases.

In 2017 onderzochten Tremblay, Sato en Deschamps activatiepatronen in het brein tijdens spraakproductietaken bij jongeren en bij ouderen. Ook werd de duur van de spraakproductie (responsduur) vergeleken binnen minder en meer complexe spraakproductietaken. Uit de resultaten bleek dat de oudere participanten langere en meer gevarieerde responsduren hadden in vergelijking met de jongeren, vooral tijdens de complexe productietaken. Dit uitte zich vooral in langere pauzes tussen de syllaben, wat een

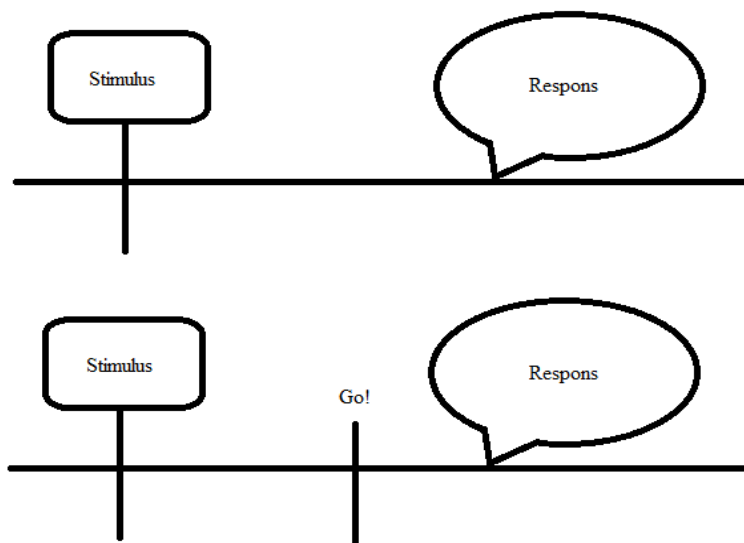
verminderde controle over de timing van bewegingen bij ouderen indiceert, aldus de auteurs. Net als in de studie van Tremblay, Dick en Small (2013) werden de activatiepatronen in het brein gemeten door middel van de BOLD techniek. De auteurs zagen verschillende patronen, waaronder duidelijke voorbeelden van de-differentiatie; activatie van weinig gespecialiseerde neurale gebieden tijdens cognitieve taken. Voorbeelden hiervan zijn al eerder gezien, echter is de-differentiatie eerder een poging tot compensatie die weinig toevoegt aan de prestatie tijdens het uitvoeren van een taak, en zelfs tegenwerkt (Li & Lindenberger, 1999) Tremblay, Sato en Deschamps (2017) vonden een duidelijk voorbeeld van de-differentiatie bij de ouderen tijdens de complexe productietaken in het rechter primaire motorische gebied (M1). Ze zagen een sterkere activatie in dit gebied bij langere responsduren. Dit suggereert dat het M1 gebied minder effectief wordt naarmate men ouder wordt. Ook zagen de auteurs in de rechter posterieure cingulate cortex (PCC) een patroon dat efficiënte compensatie bij ouderen doet suggereren; meer activatie bij een betere prestatie (kortere responsduren). De PCC is mogelijk betrokken bij het reguleren van aandacht. De auteurs kwamen erachter dat ook andere gebieden, betrokken bij de regulatie en het verdelen van aandacht actief waren tijdens deze taak. De auteurs suggereren dat compensatie van neurale gebieden betrokken bij cognitieve functies zoals aandacht, ouderen dus ook kan helpen bij motorische taken. Deze resultaten laten blijken dat men door veroudering bij dit soort spraakproductietaken steeds meer afhankelijk is van neurale gebieden die bij jong volwassen sprekers niet betrokken zijn bij het spreken. Mogelijk maken ouderen tijdens spraakproductietaken gericht op de planning van spraak, zoals de taken die in het huidige onderzoek gebruikt zullen worden, gebruik van dit soort gebieden waardoor ze weinig tot geen verschil laten zien in vergelijking met jongeren. Aangezien de hersenactiviteit in de huidige studie niet onderzocht zal worden, zal uit de resultaten niet blijken welke hersengebieden tijdens de taken actief worden. Ook kan er geen directe link gelegd worden tussen de resultaten uit de huidige studie en de studies die hierboven zijn beschreven, gericht op het verschil in neurale activiteit tussen leeftijdsgroepen. Immers, de taken die in de huidige studie gebruikt zullen worden zijn niet vergelijkbaar met de taken die in bovenstaande studies zijn gebruikt. Wel zal duidelijk worden of ouderen een verschil laten zien binnen de planning van spraak in vergelijking met jongeren.

Samenvattend zijn er dus wel degelijk veranderingen in gebieden van het brein betrokken bij de spraakproductie, ten gevolge van veroudering. Waarschijnlijk worden de gedragsmatige veranderingen die ouderen laten zien ten opzichte van jongeren, zoals een langzamer of een meer variabel spreektempo, ten dele veroorzaakt door deze veranderingen in het brein. Een duidelijke oorzaak van deze veranderingen in het spreken is nog niet gevonden. In de volgende paragraaf worden de taken beschreven die gebruikt worden in het huidige onderzoek waarmee de invloed van veroudering op twee fases binnen de planning van spraak kan worden onderzocht.

1.5 Simple en Choice RT

Een manier om in een experiment onderscheid te kunnen maken tussen de planning van spraak en de uitvoering hiervan, zijn de Simple en Choice reactietijdtaken, gebaseerd op een model van Klapp (1995, 2003). Bij een taak met een reactietijd (RT) meting (de tijd tussen de presentatie van een stimulus en het begin van een respons) worden alle tussenliggende processen gemeten als visuele processen, lexicale retrieval, fonologische planning en motorisch planning (Maas & Mailend, 2012). Echter, bij de Simple RT conditie krijgt de participant tijd om de respons voor te bereiden voordat de participant het signaal te horen krijgt om te gaan spreken (zie figuur 1). De RT bestaat vervolgens niet uit visuele en lexicale processen, maar alleen uit later voorkomende processen als de motorische uitvoering. De Choice RT conditie is de 'gewone' RT meting, waarbij de participant geen voorbereidingstijd

krijgt. Deze RT bestaat dus uit de tijd die nodig is voor alle bovenstaande processen als de visuele processen, etc. en is dus altijd langer dan Simple RT. Door de reactietijden van beide metingen met elkaar te vergelijken kan de onderzoeker voorzichtig een uitspraak doen over de benodigde tijd voor het plannen van een respons. Voorzichtigheid is hierbij op zijn plaats aangezien de manier van plannen mogelijk verschilt bij de twee condities. Bij Simple RT kan de uiting alleen van tevoren worden gepland, bij Choice RT gebeurt het plannen mogelijk ook tijdens het spreken (Klapp, 2003). Of het verschil in reactietijd tussen Simple RT en Choice RT dus puur de tijd voor het plannen van de uiting betreft is moeilijk te zeggen. Het is om deze reden des te interessanter, of misschien wel interessanter om het verschil tussen deze condities tussen twee groepen te vergelijken. In dat geval kan er een duidelijkere uitspraak gedaan worden over de oorzaak van een eventueel verschil.



Figuur 1. Weergave van Simple (onder) en Choice (boven) RT metingen

Klapp (1995, 2003) kwam met een model om de processen die in de Simple en Choice RT condities gemeten worden te verduidelijken. Dit model verdeelt de motorische planning in twee stadia. Het eerste stadium wordt INT genoemd, waarbij de *interne* ruimtelijke en temporele kenmerken van een motorisch programma worden voorbereid. De ander wordt SEQ genoemd, dit stadium is verantwoordelijk voor het ontvangen en in de juiste volgorde uitpakken van de motorische programma's vanuit een buffer. Hoe lang elk stadium duurt is afhankelijk van de uiting; uit de Simple en Choice RT experimenten van Klapp (1995, 2003) blijkt dat INT gevoelig is voor de complexiteit van een motorisch programma en SEQ gevoelig is voor de lengte van een motorisch programma. Er wordt van uitgegaan dat INT voorbereid kan worden en SEQ niet. Bij een Simple RT meting kan de respons voorbereid worden en geplaatst worden in een motorische buffer tot het go-signaal (het signaal om te mogen gaan spreken dat auditief aangeboden wordt aan de participant) klinkt. De motorische programma's moeten nu nog uit de buffer worden geselecteerd en gehaald. Hoe lang dit duurt is dus afhankelijk van het aantal motorische programma's in de buffer. Aangezien de inhoud van buffer nog moet worden uitgepakt in de goede volgorde, wordt er van uitgegaan dat Simple RT de uitvoerende fase (SEQ) reflecteert. Om deze reden is Simple RT gevoelig voor een lengte-effect (Klapp, 2003). Andersom is voor Choice RT zowel INT als SEQ nodig, de uiting kan namelijk niet worden voorbereid. Het verschil tussen Simple en Choice RT geeft

een indicatie van de tijd die minimaal nodig is voor het INT stadium.

Om een duidelijker beeld te geven van de relatie tussen Simple en Choice RT en de INT en SEQ stadia, zal de studie van Klapp (1995) worden besproken. In zijn studie heeft Klapp het over elementen (chunks); een kort woord of een deel van een woord. Elk element heeft een bepaalde interne structuur (syllaben per woord of de duur ervan). Hij verwacht dat de interne complexiteit van één element de Choice RT beïnvloedt (meer dan Simple RT) en het aantal elementen Simple RT beïnvloedt (meer dan Choice RT). De participanten kregen de taak om non-woorden (elementen) te produceren. Die elementen varieerden in lengte (1 element VS 4 elementen) en in complexiteit (duur van het element; dit VS dah). Het aantal elementen had inderdaad meer invloed op Simple RT in vergelijking met Choice RT. De duur van het element had meer invloed op Choice RT in vergelijking met Simple RT. Ook werden de resultaten voor en na een training van acht dagen vergeleken. Na de training verdween het effect van het aantal elementen op Simple RT. Mogelijk zijn de vier elementen door het vele trainen gelijk geworden aan één element, stelt de auteur.

Terugkomend op de invloed van veroudering op spraakmotoriek, is tot nog toe niet duidelijk of dit een gevolg is van een verminderde planning van spraak, een verminderde uitvoering hiervan, of een combinatie van beide. Door middel van Simple en Choice RT wordt in de huidige studie geprobeerd meer inzicht te krijgen in de aard van de veranderingen in spraakmotoriek die veroudering met zich meebrengt. Door Simple en Choice RT metingen tussen een groep jonge en oude participanten te vergelijken wordt getracht een uitspraak te doen over de voorbereidende en uitvoerende fase van de planning van spraakmotoriek. De volgende onderzoeksvragen zijn opgesteld:

- a. Is het verschil in RT tussen een ouderen- en een jongerengroep groter bij de Simple RT conditie in vergelijking met de Choice RT conditie, wat een indicatie is voor een vertraging in de uitvoerende fase (SEQ) binnen de planning van spraak bij ouderen van 65 jaar?
- b. Is het verschil in RT tussen een ouderen- en een jongerengroep groter bij de Choice RT conditie in vergelijking met de Simple RT conditie, wat een indicatie is voor een vertraging in de voorbereidende fase (INT) binnen de planning van spraak bij ouderen van 65 jaar?

Om een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen worden de reactietijden van beide condities vergeleken tussen een jongeren- en een ouderengroep. De verwachting is dat er verschillende hoofd- en interactie-effecten gevonden zullen worden. Het hoofdeffect van leeftijd is er hier bijvoorbeeld één van. Verwacht wordt dat de groep ouderen gemiddeld langere reactietijden zullen laten zien dan de jongeren. Uit verschillende onderzoeken is namelijk gebleken dat sensorische, met name perceptuele informatie langzamer verwerkt wordt naarmate men ouder wordt (Dully, McGovern & O'Connell, 2018). De verwachting is dat deze tragere verwerking van informatie zal leiden tot langzamere reactietijden op beide condities. Aangezien Simple RT gevoelig is voor woordlengte, zullen de non-woorden variëren in lengte (één VS twee syllaben). De verwachting is dat er een hoofdeffect van woordlengte gevonden wordt en dat beide groepen gemiddeld langere reactietijden laten zien bij de tweesyllabige woorden in vergelijking met de éénsyllabige woorden. Aangezien de participanten bij de Simple RT conditie al voorbereid zijn op wat ze gaan zeggen, wordt verwacht dat de RT tijdens deze conditie korter is dan tijdens de Choice conditie. Ook worden er interacties tussen effecten verwacht, bijvoorbeeld die van woordlengte en Simple of Choice RT (conditie). Aangezien Simple RT gevoelig is voor woordlengte, wordt verwacht dat het verschil tussen één- en tweesyllabige woorden groter is in de Simple conditie dan in de

Choice conditie.

Door de reactietijden van de ouderengroep en de jongerengroep van beide condities met elkaar te vergelijken, en de reactietijden tussen de condities te vergelijken, kan een beter beeld gevormd worden van de oorzaak van een eventuele vertraging bij de ouderengroep. De vraag is dus of er een interactie-effect bestaat van leeftijd en conditie. Is het leeftijdsverschil groter binnen de Simple conditie of binnen de Choice conditie? Wanneer de ouderen bij Simple RT een grotere vertraging laten zien dan bij Choice RT, dan is dat een indicatie voor een vertraging in de uitvoerende fase. Deze uitkomst zou het antwoord 'ja' geven op onderzoeksvraag a. Wanneer ze een grotere vertraging laten zien bij Choice RT dan bij Simple RT, dan is mogelijk de voorbereidende fase vertraagd. Deze uitslag beantwoordt onderzoeksvraag b met 'ja'. Aangezien uit onderzoek blijkt dat zowel de planning als de uitvoering van motorische handelingen achteruitgaat als gevolg van veroudering (Wunsch, Weigelt & Stöckel, 2017) is het aannemelijk om te verwachten dat dit ook geldt voor spraakmotoriek en dat zowel de voorbereidende als de uitvoerende fase vertraagd is. In dat geval zou het leeftijdsverschil aanwezig zijn binnen beide condities en gelijk over de condities heen. Echter, Tremblay en collega's (2018) zagen geen invloed van leeftijd op de reactietijd. De reactietijdtaken die gebruikt worden in het huidige onderzoek en die gebruikt worden in het onderzoek van Tremblay en collega's (2018) zijn niet helemaal vergelijkbaar. Zo worden er in het onderzoek van Tremblay en collega's (2018) volledige non-woorden gebruikt en moeten de participanten in de huidige studie de non-woorden aanvullen bij het zien van de eerste letter. In de huidige studie is namelijk getracht de 'leestijd' uit te sluiten van de reactietijd. Choice RT zou het meest vergelijkbaar zijn met de taken die gebruikt zijn in de studie van Tremblay en collega's (2018), aangezien de participanten in beide gevallen het non-woord gelijk mogen zeggen na het zien van de stimulus. Zoals eerder gezegd, Choice RT kan gezien worden als een 'gewone' RT meting. Met de resultaten van Tremblay en collega's in het achterhoofd, zou voorspeld kunnen worden dat veroudering geen invloed zal hebben op Choice RT. In dat geval zou dat duiden op geen vertraging binnen de voorbereidende fase van de planning van spraak.

Aangezien er verder weinig tot geen onderzoek is gedaan naar verschillende fases binnen de planning van spraak bij veroudering, of onderzoek waarbij gebruik is gemaakt van Simple en Choice RT bij ouderen, is het onmogelijk om een specifieke hypothese te kunnen stellen over de invloed van veroudering op de Simple RT conditie. Aangezien verschillende auteurs speculeren over de invloed van veroudering op de planning van spraakmotoriek als oorzaak van, bijvoorbeeld, een trager spreektempo (Bilodeau-Mercure & Tremblay, 2016) of een meer variabel spreektempo (Tremblay et al., 2019), wordt in het huidige onderzoek verwacht dat ouderen in ieder geval op één van de twee condities een vertraging zullen laten zien. Aangezien de resultaten van Tremblay en collega's (2018) een vertraging binnen Choice RT onwaarschijnlijk maken, is het eerder aannemelijk dat de vertraging zich bevindt binnen Simple RT, wat zou duiden op een vertraging in de uitvoerende fase van de planning van spraak.

2. Methode

2.1 Sprekers

Om een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen werden twee reactietijdexperimenten afgenomen bij twee groepen participanten. De eerste groep bestond uit 27 studenten, geworven via het participantenbestand van het laboratorium van de Radboud

Universiteit (SONA), met een gemiddelde leeftijd van 23 jaar (SD: 3). Van deze groep studenten was 78% van het vrouwelijke geslacht. De participanten moesten het Nederlands spreken als moedertaal en mochten geen spraak, gehoor of leesproblemen hebben. Ook mocht er in het verleden geen sprake zijn van een spraakstoornis, of letsel in het brein. De visuele vaardigheden waren normaal tot gecorrigeerd. Deze groep participanten zal voortaan aangeduid worden als de jongerengroep.

De tweede groep bestond uit 25 Participanten met een gemiddelde leeftijd van 69 (SD: 3.7), geworven via de database van het Max Planck te Nijmegen en via het participantenbestand van het laboratorium van de Radboud Universiteit (SONA). Van deze groep participanten was 56 % van het vrouwelijke geslacht. De participanten van de tweede groep, deze zal voortaan worden aangeduid als de ouderengroep, moesten ook aan een aantal inclusiecriteria voldoen. Zo mochten ze alleen participeren in dit onderzoek als ze 65 jaar of ouder waren. Wat betreft de exclusiecriteria mocht er bij de participanten geen sprake zijn van neurologische problematiek in de medische geschiedenis. Zo mocht er geen sprake zijn van een (neuro)degeneratieve ziekte of niet-aangeboren hersenletsel (NAH) ten gevolge van een cerebrovasculair accident (CVA). Een overzicht van de gegevens van de ouderengroep is zichtbaar in bijlage 1. De ouderengroep diende relatief gezond te zijn om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen. Hierom werden cognitieve problemen uitgesloten door middel van de Montreal Cognitive Assessment (MOCA). Dit is een instrument voor het snel screenen van lichte cognitieve stoornissen op verschillende domeinen, namelijk aandacht en concentratie, executieve functies, geheugen, taal, visuo-constructieve vaardigheden, conceptueel redeneren, rekenen en oriëntatie. Als exclusiecriteria werd de afkapscore van de MOCA gehanteerd; wanneer er een score onder de 26 werd behaald, werd de participant niet meegenomen in dit onderzoek. Verder werd door middel van een gehoorscreening eventuele matige tot ernstige gehoorverliezen uitgesloten. De gehoordrempels bij 500, 1000 en 2000 Hz werden door middel van een audiometer, de Oscilla type USB 330, gemeten. Het gemiddelde van deze gehoordrempels (de Fletcher index) mocht niet hoger zijn dan 30 decibel (dB HL) gehoorverlies aan beide oren. Dit duidt namelijk op een licht tot matig gehoorverlies, wat de spraakperceptie kan beïnvloeden (Wingfield, McCoy, Pelle, Tun & Cox, 2006). Het gehoor van participanten met een gehoortoestel werd niet gemeten aangezien het tijdens het dragen van een gehoortoestel niet mogelijk is om met een koptelefoon het gehoor te meten.

2.2 Simple & Choice RT

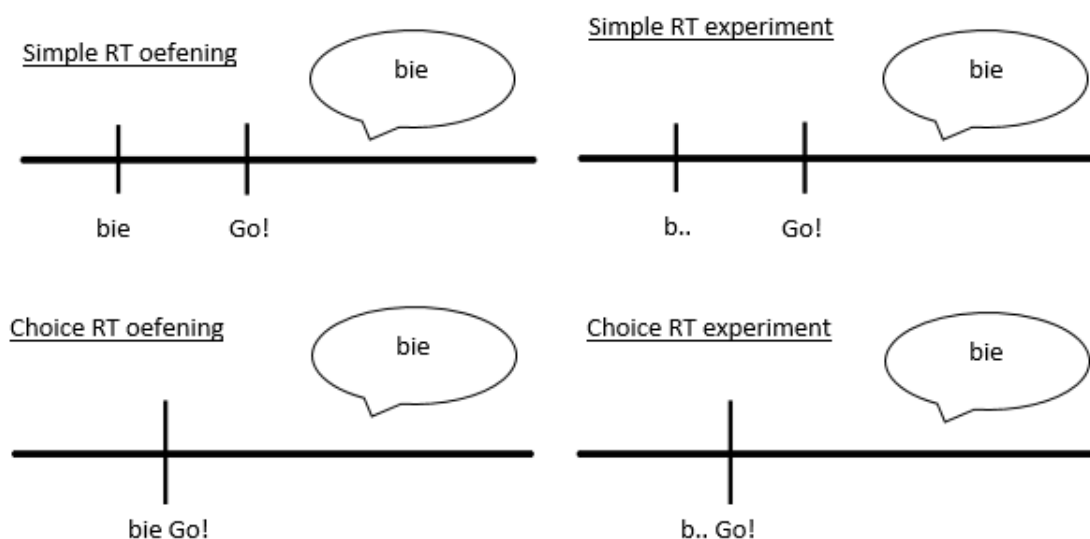
Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen werd een Simple & Choice RT experiment uitgevoerd. Deze werd afgenomen bij beide onderzoeksgroepen en bestond uit twee delen, een Simple en een Choice RT conditie. De reactietijd van het uitspreken van non-woorden werd bij beide condities gemeten.

2.3 Procedure

Simple en Choice RT bestonden beide uit een oefenfase en een experimentele fase. De participanten kregen tijdens de oefenfase de instructie om drie non-woorden, zichtbaar op een beeldscherm, te herhalen en te onthouden. In figuur 1 is een schematische weergave zichtbaar van de Simple RT conditie. Tijdens de oefenfase en de experimentele fase van Simple RT kregen de participanten te zien welk non-woord er gezegd moest worden, waarna er gewacht moest worden tot het signaal klonk om te gaan spreken. Het signaal om te mogen gaan spreken, het go-signaal, bestond uit een hoge toon van rond de 4000 Hz. Voordat het experiment begon werd gecontroleerd of de participant deze toon goed kon horen, eventueel

werd de intensiteit van deze toon bijgesteld. De tijd tussen het woord op het scherm en het go-signaal wordt het interval genoemd. Deze tijd konden de participanten gebruiken om de uiting voor te bereiden, en duurde altijd 1000 ms. Om leeseffecten te voorkomen werd tijdens de experimentele fase alleen de eerste letter van het doelwoord laten zien. Wanneer het hele woord op het scherm te zien zou zijn, heeft de participant immers tijd nodig om dat woord te lezen, wat de reactietijd zou beïnvloeden. De participanten kregen tijdens de oefenfase de gelegenheid om de non-woorden te onthouden en aan te kunnen vullen bij alleen de eerste letter. De oefenfase bestond afwisselend uit blokken van drie volledige non-woorden en uit blokken met alleen de eerste letter van drie non-woorden. De oefenfase bestond in totaal uit 12 items, verdeeld over vier blokken, waarvan zes volledige non-woorden en zes maal alleen de eerste letter van een non-woord. De participanten kregen voor de oefenfase de volgende instructie te zien: ‘U krijgt straks een hint over wat u moet gaan zeggen. Uw taak is om u voor te bereiden op wat u moet gaan zeggen. Dit wordt één van de onzinwoorden ‘Toe, Kaa of Bie’. U mag dit na de toon zo snel mogelijk uitspreken. Onthoudt deze onzinwoorden goed, want soms gaat u alleen de eerste letter van de onzinwoorden te zien krijgen’. Na de oefenfase begon de experimentele fase. De participanten kregen in deze fase alleen de eerste letter te zien van 18 non-woorden als cue, waarna ze zich konden voorbereiden op het spreken. De reactietijd was de tijd vanaf het go-signaal tot het moment dat de participant begon met spreken.

De Choice RT conditie volgde altijd na de Simple RT conditie en bestond uit het herhalen van dezelfde non-woorden. Ook deze conditie bestond uit een oefenfase en een experimentele fase. Het verschil tussen deze condities is het feit dat tijdens de Choice RT conditie de participanten van tevoren geen informatie kregen over wat er gezegd moest worden. De participanten kregen voor de oefenfase de volgende instructie te zien: ‘U krijgt straks GEEN informatie over wat u moet gaan zeggen. Zodra u een onzinwoord te zien krijgt (Toe, Kaa, of Bie) mag u deze zo snel mogelijk uitspreken. Onthoudt deze onzinwoorden goed, want soms krijgt u alleen de eerste letter van het woord te zien’. De oefenfase bestond, net als tijdens de Simple RT conditie, afwisselend uit blokken van drie hele non-woorden en uit blokken van drie maal alleen de eerste letter van het non-woord. In totaal bestond de oefenfase, net als de oefenfase van de Simple RT conditie, uit 12 items. In de experimentele fase kregen de participanten altijd alleen de eerste letter van het te herhalen non-woord te zien. Ook nu bestond de experimentele fase uit 18 items. In figuur 2 is de Choice RT conditie op schematische wijze weergegeven.



Figuur 2: Weergave van de Simple en Choice RT condities. In de bovenste twee figuren is de simple RT conditie afgebeeld. Hier is te zien dat de participant van te voren informatie krijgt over wat er gezegd moet gaan worden. In de onderste twee figuren is de Choice RT conditie afgebeeld. Zichtbaar is dat de participant niet van te voren wordt geïnformeerd maar het woord gelijk na de cue moet uitspreken.

Elk testblok (bestaande uit een oefenfase en een experimentele fase) van een Simple en een Choice conditie bestond uit drie non-woorden. Om een eventueel woordlengte-effect op de reactietijd te kunnen vinden varieerden de non-woorden in lengte. Elke participant begon met een Simple en Choice RT blok bestaande uit non-woorden van één syllabe, vervolgd door een blok van non-woorden van twee syllaben. De oefenfase bestond uit meer oefenitems naarmate de woordenlengte toenam. In tabel 1 is een overzicht zichtbaar van de gebruikte non-woorden en de aantallen hiervan. Om volgorde-effecten uit te sluiten zijn er per woordlengte steeds vier versies van de Simple en Choice RT blokken met verschillende volgordes verdeeld over de participanten. In bijlage 2 is een voorbeeld van een volledig testblok zichtbaar.

2.4 Materiaal

Het experiment werd uitgevoerd in een geluidsdichte ruimte. De participant zat achter een beeldscherm waarop het experiment werd uitgevoerd. De spraak werd opgenomen doormiddel van een microfoon. De onderzoeker kon door een koptelefoon meeluisteren tijdens het experiment. Ook kon er door de onderzoeker met toestemming van de participant meegekeken worden in de ruimte doormiddel van een babyfoon. Tussen de Simple en de Choice RT conditie bevond zich een korte pauze. Wanneer de participant tijdens de experimentele fase te veel fouten maakte, namelijk bij meer dan 1/3^e van het totale aantal experimentele items, werd het hele blok herstart, inclusief de oefenitems. Wanneer dezelfde participant vervolgens weer 1/3^e van de experimentele items incorrect aanvulde werd dit blok niet nogmaals herstart om frustratie bij de participanten te voorkomen. Dit blok werd dan niet meegenomen in de resultaten.

2.3 Design

Aangezien het experiment wordt afgenomen in twee leeftijdsgroepen is er sprake van een between-subject factor (leeftijd). Binnen dit experiment zijn er drie within-subject factoren die variëren, namelijk conditie, woordlengte en non-woord. Om deze reden is er sprake van een mixed design met zowel within- als between-subject factoren.

Tabel 1: Overzicht gebruikte non-woorden.

Woordlengte	Non-woorden	Aantal oefentrials	Aantal experimentele trials
Één syllabe	Bie, Toe, Kaa	12	18
Twee syllabes	Bietoe, Toekaa, Kaabie	18	18

2.4 Dataverwerking en statistische toetsing

De reactietijden werden handmatig berekend door middel van het analyseprogramma Praat (Boersma, 2004). De opgenomen spraak van de participanten werden geconvergeerd in een door Praat te analyseren WAV-bestand. Vervolgens werd het go-signaal, de hoge toon, gedetecteerd. De tijd tussen het go-signaal en het begin van de akoestische uiting werd

genoteerd als de reactietijd. Om een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen werd een repeated measures ANOVA uitgevoerd met als between-subject factor leeftijd en met als within-subject factoren woordlengte, conditie en non-woord. De statistische toetsing werd uitgevoerd door het statistische softwareprogramma IBM SPSS (versie 25). Zowel de eventuele hoofdeffecten van deze factoren als de interacties hiertussen konden een beeld geven van de planning van spraak bij ouderen ten opzichte van jongeren.

3. Resultaten

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen werd een repeated measures ANOVA uitgevoerd met als afhankelijke variabele reactietijd (RT). Aangezien er zowel within- als between-subject factoren aanwezig waren was er sprake van een mixed ANOVA. De within-subject factoren betroffen woordlengte (één of twee syllaben), conditie (Simple of Choice RT) en non-woord. Binnen deze laatste factor werd onderscheid gemaakt tussen de drie verschillende beginklanken van de non-woorden; tussen de /B/ (Bie en Bietoe), tussen de /K/ (Kaa en Kaabie) en de /T/ (Toe en Toekaa). De factor non-woord werd niet meegenomen als factor om een onderzoeksvraag te beantwoorden, maar om te controleren of de beginklank geen effect had op de RT. De between-subject factor betrof de leeftijdsgroep. De data van participanten die niet voldeden aan de inclusiecriteria werd niet meegenomen in de analyse. Dit gold voor vier participanten uit de ouderengroep. Twee van deze participanten hadden een Fletcher-index van hoger dan 30 db aan één of beide oren. Eén van deze participanten behaalde een score onder de cut-off van 26 op de Moca en bij één van de participanten bleek achteraf toch sprake te zijn van een (neuro)degeneratieve ziekte. Verder werd een blok van Simple of Choice RT niet meegenomen in de analyse wanneer er zes of meer fouten werden gemaakt ($1/3^e$ van een blok, zie paragraaf 2.3). In totaal werd de data van zes blokken niet meegenomen in de analyse. Echter, wanneer een blok niet meegenomen werd in de analyse, konden de overige blokken van die participant niet meer met elkaar vergeleken worden. Wanneer er bijvoorbeeld een blok van Choice RT met tweesyllabige non-woorden miste, was het onmogelijk om het blok Simple RT met tweesyllabige non-woorden van diezelfde participant hiermee te vergelijken. Zonder de blokken Simple en Choice RT tweesyllabige non-woorden konden de éénsyllabige blokken ook niet meer met de tweesyllabige non-woorden vergeleken worden. Om deze reden was het noodzakelijk om alle blokken van een participant uit te sluiten van de analyse wanneer er te veel fouten gemaakt werden in één blok. In totaal gold dit voor drie participanten uit de jongerengroep en één participant uit de ouderengroep. Uiteindelijk werd de data van 25 ouderen en 27 jongeren meegenomen in de statistische analyse.

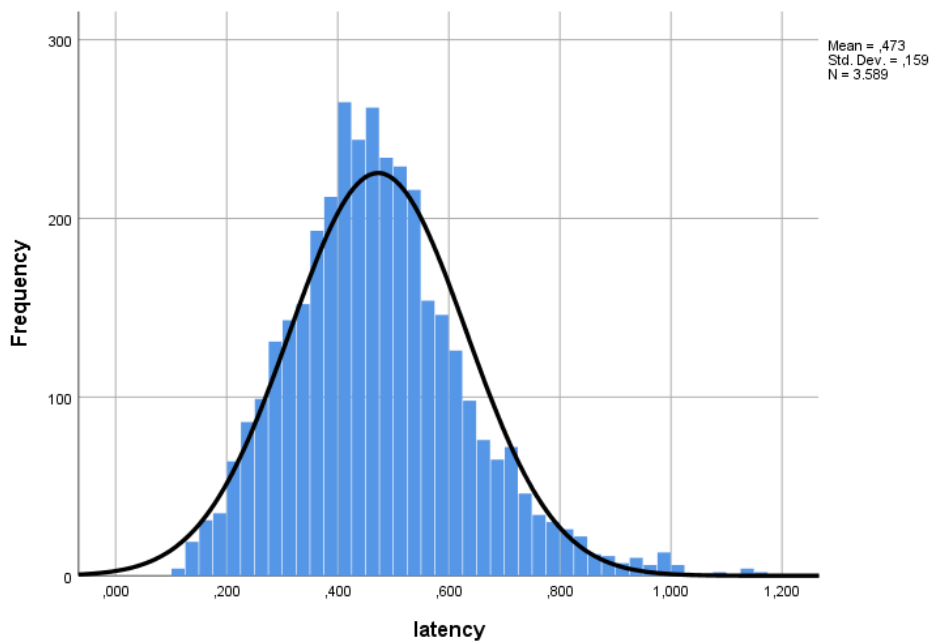
Om aan de assumptie van normaal verdeelde data te voldoen, werden uitschieters in de database niet meegenomen in de analyse. De grens van een uitschieter werd berekend op basis van de gemiddelde RT per leeftijdsgroep plus driemaal de standaarddeviatie (SD) van die groep. Zo werd er dus per leeftijdsgroep een grens voor de uitschieters berekend. Op deze manier werd er geen groep benadeeld wanneer de gemiddelde RT van één groep erg verschilde van het andere gemiddelde. In tabel 2 is de berekening voor de uitschietergrens per groep weergegeven. Echter bleek de variabele RT na verwijdering van deze uitschieters volgens de Kolmogorov-Smirnov toets nog steeds niet normaal verdeeld te zijn ($p < .05$). Om deze reden is geprobeerd de skew (.643) te corrigeren door middel van log-transformatie (de log van $RT \cdot 1000$) van de data. De getransformeerde variabele RT bleef echter niet normaal verdeeld ($p < .05$). Aangezien er geen non-parametrische versie van de repeated measures ANOVA bestaat en aangezien aan het histogram (figuur 2) te zien is dat de verdeling van de

data niet ver afwijkt van een normale verdeling, is besloten toch verder te gaan met het toetsen van de huidige data door middel van een repeated measures ANOVA.

Tabel 2:
Berekening voor de uitschietergrens per leeftijdsgroep

	Gemiddelde ^a + (3*SD ^b)	Uitschietergrens ^a
Jongeren	.451 + (3*.187)	1.011
Ouderen	.526 + (3*.214)	1.168

Noot. ^a Gemiddelden en uitschietergrens worden weergegeven in seconden. ^b Standaarddeviatie wordt weergegeven in seconden.



Figuur 2: Weergave van de verdeling van de data van beide leeftijdsgroepen na verwijdering van de uitschieters. De zwarte lijn vertegenwoordigt een normale verdeling.

3.1 Foutenanalyse

Wanneer er zes of meer fouten per blok gemaakt werden (1/3^e van het totaal aantal samples per blok), dan werd de participant verzocht dit blok opnieuw af te nemen. Wanneer er tijdens deze her-afname van dit blok nogmaals zes of meer fouten gemaakt werden, werd het gehele blok niet meegenomen in de analyse. Een blok met minder dan zes fouten werd echter wel meegenomen. Alle fouten die gemaakt werden door de participanten werden vervolgens verwijderd en dus niet meegenomen in de analyse. Hieronder worden de fouten in percentages beschreven.

In tabel 3 is een overzicht zichtbaar van het percentage datapunten dat mee werd meegenomen in de analyse van het totaal per leeftijdsgroep, per conditie en per woordlengte. Dit percentage omvat het totaal aantal datapunten min de fouten en de uitschieters. Om er zeker van te zijn dat dit percentage niet verschilde per leeftijdsgroep is er nogmaals een repeated measures ANOVA uitgevoerd, ditmaal voor het aantal datapunten per leeftijdsgroep. Ook de factoren woordlengte en conditie werden meegenomen in de analyse. Hieruit bleek dat het totaal aantal datapunten min de uitschieters en min de fouten tussen de groepen niet significant van elkaar verschilden ($F(1,50)=2.474, p=.122$). Het aantal samples tussen de

twee condities bleek ook niet significant van elkaar te verschillen ($F(1,50)=.138, p=.712$). Het verschil in aantallen tussen de korte woorden (97.9%) en de lange woorden (93.6) was wel significant ($F(1,50)=18.705, p<.05$). Er werden significant meer fouten gemaakt bij de lange woorden in vergelijking met de korte woorden. In tabel 4 is zichtbaar welke soort fouten er werden gemaakt per woordlengte.

Tabel 3:

Percentage meegenomen datapunten per leeftijdsgroep.

	Simple RT Één-syllabe	Choice RT Één-syllabe	Simple RT Twee-syllaben	Choice RT Twee-syllaben
Jongeren	98.8%	97.7%	96.3%	93.4%
Ouderen	96%	98.4%	92.9%	93.1%

Tabel 4:

Fouten in percentages van het totaal aantal datapunten per woordlengte.

	Incorrect ^a	Overlap ^b	Uitschieters	Totaal
Één-syllabige woorden	0.8%	0.7%	0.6%	2.1%
Twee-syllabige woorden	2.9%	0.8%	2.8%	6.4%

Noot. ^a Incorrect wanneer het verkeerde woord werd uitgesproken, bij zelfcorrectie en bij geen respons. ^b Wanneer de participant begon met spreken al tijdens het go-signaal. Overlap kon dus alleen voorkomen tijdens de Simple RT conditie.

Een sample werd gezien als incorrect wanneer het verkeerde non-woord werd uitgesproken, ook in het geval van zelfcorrectie, bij geen respons, of wanneer de participant al begon met spreken tijdens het go-signaal tijdens de Simple conditie (overlap). In totaal werd 2.6% van het totaal aantal samples gemarkeerd als incorrect. In tabel 5 is per leeftijdsgroep zichtbaar welke soort fouten er werden gemaakt, uitgedrukt in percentages.

Tabel 5:

Fouten in percentages van het totaal aantal samples per leeftijdsgroep.

	Incorrect ^a	Overlap ^b	Uitschieters	Totaal
Jongeren	1.8%	0.2%	2.7%	3.7%
Ouderen	1.8%	1.4%	1.7%	5%

Noot. ^a Incorrect wanneer het verkeerde woord werd uitgesproken, bij zelfcorrectie en bij geen respons. ^b Wanneer de participant begon met spreken al tijdens het go-signaal. Overlap kon dus alleen voorkomen tijdens de Simple RT conditie.

3.2 Hoofdeffecten

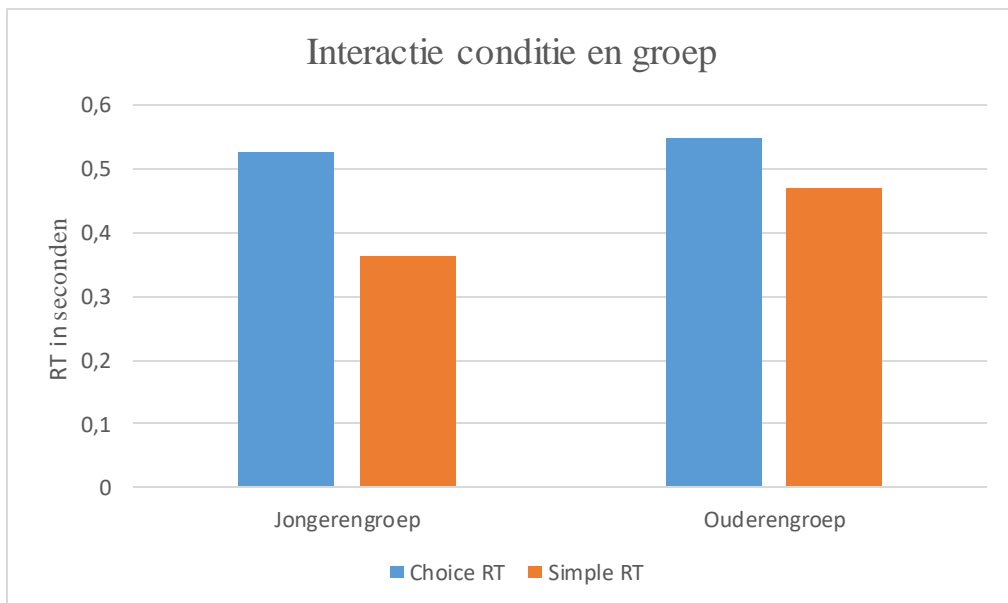
De verwachting was dat de ouderen gemiddeld een langere reactietijd lieten zien dan de jongeren. Het verschil tussen de reactietijden van de jongerengroep (.442 s.) en de ouderengroep (.511 s.) bleek significant ($F(1,50)=9.554, p=0.003$). Daarmee had de ouderengroep naar verwachting een significant langere reactietijd dan de jongerengroep. Verder werd er verwacht dat alle participanten gemiddeld een langere reactietijd lieten zien bij de tweesyllabige non-woorden in vergelijking met de éénsyllabige non-woorden. Het verschil in reactietijd tussen de éénsyllabige (0.45 s.) en tweesyllabige (0.5 s.) non-woorden bleek significant te zijn ($F(1,50)=30.032, p<.05$). Zo was de reactietijd naar verwachting

significant langer bij de tweesyllabige woorden dan bij de éénsyllabige woorden. Wat betreft de variabele conditie werd verwacht dat de reactietijden binnen de Choice conditie langer waren dan binnen de Simple conditie. Het verschil in reactietijd tussen de Simple conditie (.415 s.) en de Choice conditie (.537 s.) bleek significant ($F(1,50)=175,412, p<.05$). De reactietijd was zoals verwacht significant langer tijdens de Choice conditie dan tijdens de Simple conditie.

Aangezien de variabele non-woord drie niveaus betrof, bestond er een kans dat de assumptie van sfericiteit werd geschonden voor deze variabele. Uit Mauchly's test bleek dat aan deze assumptie werd voldaan $\chi^2(2) = 1.781, p = .410$. De verwachting was dat de variabele non-woord geen effect zou hebben op de reactietijd. Toch bleek er wel een hoofdeffect te zijn van non-woord. Het verschil in reactietijd verschilde significant wanneer een woord begon met de /B/ (.442 s.), de /T/ (.508 s.) of de /K/ (.478 s.) ($F(2,100)=80.348, P<.05$).

3.3 Interactie-effecten met leeftijdsgroep

De hypothese was dat de ouderengroep binnen beide condities een langere reactietijd lieten zien dan de jongeren. De vraag was of het verschil tussen de jongeren- en ouderengroep binnen één conditie groter zou dan binnen de andere conditie, aangezien dit zou duiden op een vertraging in één van de twee fasen; INT of SEQ. De richting van dit verschil tussen condities was echter moeilijk te voorspellen. Er bleek inderdaad een significant interactie-effect te bestaan van de twee condities en de twee leeftijdsgroepen ($F(1,50)=19.428, p<.05, \eta^2_p = .280$). Figuur 3 en tabel 6 verduidelijken dit effect. Het verschil tussen beide condities bij de jongeren was groter dan het verschil tussen beide condities bij de ouderen. Het verschil in RT binnen de Simple conditie tussen de twee leeftijdsgroepen was groter dan het verschil binnen de Choice conditie.



Figuur 3: Weergave van het interactie-effect van conditie en groep.

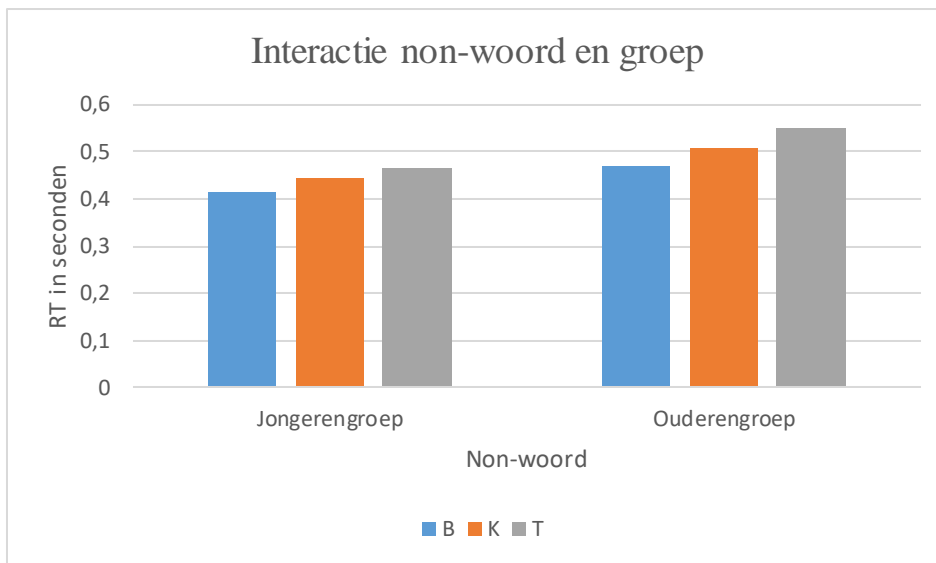
Tabel 6:

Gemiddelde RT's per leeftijdsgroep voor de Simple en Choice RT condities.

	Choice RT ^a	Simple RT ^a
Jongereengroep	.526	.362
Oudereengroep	.548	.469

Noot. ^a Reactietijden in seconden.

Er werd verwacht dat het verschil in reactietijd tussen de drie non-woorden niet zou verschillen tussen de twee leeftijdsgroepen. Dit interactie-effect was echter wel aanwezig ($F(2,100)=3.789, p=.026, \eta^2_p=.07$). In figuur 4 is zichtbaar dat het verschil in RT tussen de T en de andere beginklanken bij de oudereengroep groter is dan bij de jongereengroep.



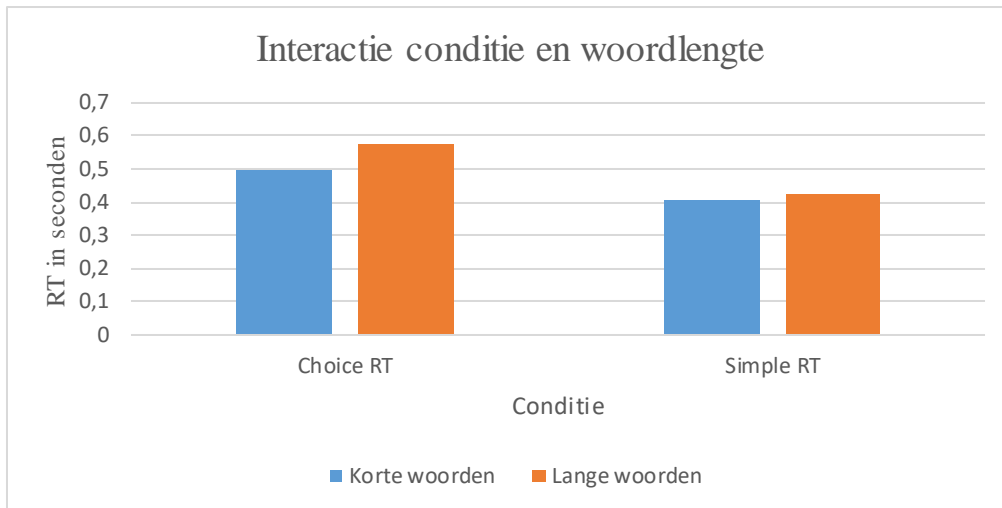
Figuur 4: Weergave van het interactie-effect van non-woord en groep.

Er was geen interactie-effect gevonden van leeftijd en woordlengte ($F(1,50)=.029, p=.865$). De verschillen in RT tussen de korte en langere non-woorden verschilden dus niet binnen de twee groepen.

Tot slot was er geen drieweg interactie gevonden van leeftijd, woordlengte en conditie ($F(1,50)=.694, p=.409$).

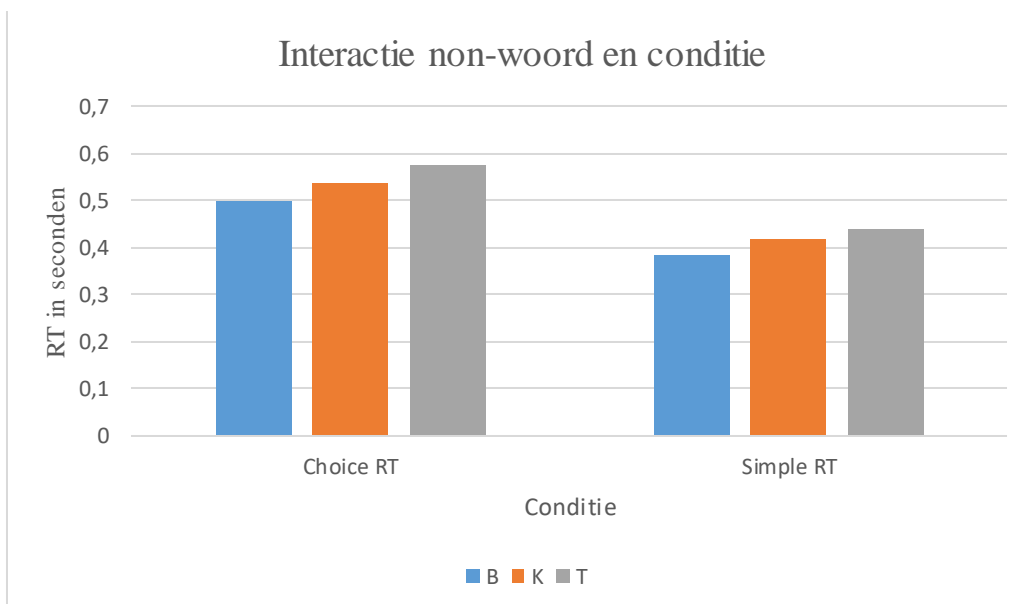
3.4 Interactie-effecten met de andere factoren

Wat betreft de interactie van woordlengte en conditie werd verwacht dat de verschillen tussen korte en lange woorden groter waren binnen de Simple conditie dan binnen de Choice conditie. Er was een significant interactie-effect zichtbaar van woordlengte en conditie ($F(1,50)=29.113, p<.05, \eta^2_p=.368$). Figuur 5 verduidelijkt dit effect. Het verschil in reactietijd tussen éénsyllabige en tweesyllabige non-woorden in de Simple conditie was significant kleiner dan het verschil tussen éénsyllabige en tweesyllabige non-woorden in de Choice conditie. De hypothese was echter dat het verschil binnen de Simple conditie groter zou zijn dan binnen de Choice conditie.



Figuur 5: Weergave van het interactie-effect van conditie en woordlengte.

Voor de interactie-effecten met de variabele non-woord werd gecontroleerd of aan de assumptie van sfericiteit werd voldaan. Mauchley's test liet zien dat de sfericiteit niet geschonden werd voor de interactie van non-woord en conditie ($\chi^2(2) = 2.385, p = .303$). Het interactie-effect van non-woord en conditie bleek significant ($F(2,100) = 3.791, p = .026, \eta^2_p = .07$). Net als bij de interactie van non-woord en leeftijd was dit effect onverwachts. Zie figuur 6 voor een duidelijker beeld. Het verschil tussen de woorden die begonnen met een /T/ en de twee woorden met andere beginklanken was groter in de Choice conditie dan in de Simple conditie.



Figuur 6: Weergave van het interactie-effect van non-woord en conditie.

Er was geen interactie-effect van non-woord en woordlengte ($F(2,100) = 2.98, p = .055$). Dit betekent dat er geen significant verschil in RT tussen de twee woordlengtes bestond, wat betreft de drie beginklanken van de woorden. Net als bij de andere interactie-effecten met

non-woord bleek er geen sprake te zijn van schending van de assumptie van sfericiteit ($\chi^2(2) = 1.789, p = .409$).

4. Discussie

In deze studie is getracht een beter beeld te krijgen van de invloed van veroudering op de planning van de spraak. De reactietijden (RT's) van een jongeren- en ouderengroep werden met elkaar vergeleken binnen twee condities; een Simple en een Choice RT conditie. Door de verschillen binnen deze twee condities met elkaar te vergelijken kan een uitspraak gedaan worden over de fase waar een eventuele vertraging plaatsvindt. De resultaten van deze studie worden hieronder per variabele besproken.

4.1 Leeftijd

In deze studie had de leeftijd van de participanten invloed op de gemiddelde RT's; de participanten uit de ouderengroep hadden gemiddeld een langere RT dan de participanten uit de jongerengroep. Dit is in tegenstelling met de resultaten van Tremblay en collega's (2018) waaruit bleek dat leeftijd geen invloed had op de RT's. Echter, in de studie van Tremblay en collega's kregen de participanten steeds het hele non-woord te zien, waarna ze een go-signaal auditief aangeboden kregen. Ze kregen dus de mogelijkheid om het non-woord op te lezen na dit signaal. Aangezien de RT in het geval van de studie van Tremblay en collega's (2018) niet alleen de planning van de spraak betrof, maar ook de tijd die nodig is van het lezen van een woord, zijn deze RT's minder goed vergelijkbaar met die in de huidige studie. In de huidige studie moesten de participanten de non-woorden namelijk aanvullen bij de eerste letter, om leestijd uit te sluiten. Er kan gesteld worden dat ouderen er voordeel uithalen wanneer ze een woord kunnen oplezen in vergelijking met wanneer ze het woord moeten aanvullen bij een eerste letter. Mogelijk speelt het fonologisch encoderen hierbij een rol. In de huidige studie moesten de participanten de non-woorden onthouden om ze vervolgens aan te kunnen vullen bij de eerste letter in de experimentele fase. Hoewel de non-woorden geen semantische betekenis hebben, worden ze mogelijk (tijdelijk) opgeslagen in het fonologisch lexicon. Uit eerdere studies is gebleken dat ouderen een vertraging laten zien in het ophalen van fonologische informatie (Diaz, Johnson, Burke & Madden, 2014; James & Burke, 2000). Zo lieten de ouderen in de studie van Diaz en collega's (2014) een langere RT zien bij het maken van een beslissing op basis van een fonologische cue (welk woord begint met een P?) en bleek uit de studie van James en Burke (2000) dat er bij ouderen vaker sprake is van het 'tip of the tongue' (TOT) fenomeen. Deze resultaten uit beide studies zijn te verklaren door middel van het 'tekort aan transmissie' model, dat veronderstelt dat het TOT fenomeen een gevolg is van een zwakke connectie tussen de fonologische knooppunten. Dit model verklaart waarom de ouderen in deze studie over het algemeen een langere RT laten zien, en waarom dit niet gebeurt in de studie van Tremblay en collega's (2018). De participanten in de laatst genoemde studie konden het non-woord immers oplezen, waardoor het fonologisch lexicon gepasseerd wordt. Echter, uit de resultaten van de huidige studie bleek dat de ouderen alleen een langere RT lieten zien binnen de Simple conditie en niet binnen de Choice conditie. Hierover zal verder worden gespeculeerd in paragraaf 4.3 (conditie).

4.2 Woordlengte

Alle participanten lieten gemiddeld een langere RT zien bij de tweesyllabige non-woorden in vergelijking met de éénsyllabige non-woorden, onafhankelijk van de leeftijdsgroep en

conditie. Dit komt overeen met de resultaten van Klapp (1995) waaruit blijkt dat na één dag trainen de RT's tussen de non-woorden van één element significant verschilden van de non-woorden met vier elementen. Aangezien de participanten in de huidige studie ook binnen één dag getraind werden zijn de resultaten vergelijkbaar. Echter, het verschil tussen woorden met één of vier elementen (vergelijkbaar met syllaben) is groter dan het verschil tussen één-of tweesyllabige non-woorden. Er kan geconcludeerd worden dat alle participanten in deze studie een langere planningstijd nodig hadden voor de tweesyllabige woorden in vergelijking met de éénsyllabige.

Opvallend was de richting van het interactie-effect van woordlengte en conditie. Klapp (1995) stelt dat de Simple RT conditie gevoelig is voor woordlengte aangezien de RT alleen de uitvoerende fase (SEQ) betreft. In deze fase moet men de motorische programma's uit de buffer selecteren en in de goede volgorde uitpakken. Hoe meer motorische programma's, des te langer deze fase duurt. Dit zou volgens Klapp resulteren in een langere RT bij lange woorden in vergelijking met kortere woorden. In de huidige studie is de lengte van de non-woorden ook gemanipuleerd. Tweesyllabige non-woorden werden vergeleken met éénsyllabige non-woorden. Het verschil in RT tussen deze twee woordlengten bleek groter te zijn binnen de Choice RT conditie dan binnen de Simple RT conditie. Het verschil tussen het effect van woordlengte op de twee condities kan mogelijk verklaard worden door de manier van aanbieden van de stimuli. Om te voorkomen dat leestijd effect zou hebben op de RT, moesten de participanten het non-woord aanvullen bij een eerste letter. Om die reden was het nodig om de non-woorden tijdens de oefenfase vaak te herhalen zodat de participanten ze zo snel mogelijk aan konden vullen in de experimentele fase. Uit de praktijk bleek dat de participanten weinig moeite hadden met het onthouden en aanvullen van de éénlettergrepige klanken, maar meer moeite hadden met het onthouden en aanvullen van tweelettergrepige non-woorden. Het percentage gemaakte fouten bij de tweesyllabige non-woorden was dan ook hoger dan bij de éénsyllabige non-woorden (zie par. 3.1). Mogelijk moesten de participanten bij de tweelettergrepige woorden in de experimentele fase ook langer nadenken bij het aanvullen van de eerste letter. Tijdens de Simple RT conditie kregen de participanten de tijd om de uiting voor te bereiden. Echter, die tijd kon ook gebruikt worden voor het ophalen van het goede non-woord uit het geheugen/fonologisch lexicon. Tijdens de Choice RT conditie had de participant geen voorbereidingstijd. Mogelijk is de gemiddeld langere RT bij de tweelettergrepige woorden binnen de Choice RT conditie wel een gevolg van een langere nadenktijd. Aangezien er geen interactie-effect van leeftijd, conditie en woordlengte gevonden werd, kan er gesteld worden dat in het geval van bovenstaande verklaring, deze 'nadenktijd' niet varieerde binnen de twee leeftijdsgroepen. Het feit dat de RT tussen deze twee woordlengten weinig van elkaar verschilden binnen de Simple RT conditie, is moeilijk te verklaren. Mogelijk was het verschil in lengte tussen de twee woordlengtes niet groot genoeg om een woordlengte-effect zichtbaar te maken. Het is van belang te vermelden dat de onderzoekers in eerste instantie van plan waren de non-woorden binnen drie woordlengten (één syllabe, twee syllaben en drie syllaben) te laten variëren. Echter, tijdens afname van het experiment bij de jongerengroep (afname van het experiment bij de ouderengroep kwam pas later) werd duidelijk dat het kunnen onthouden en aanvullen van een drielettergrepig non-woord te moeilijk was. Door de hoge moeilijkheidsgraad leverde dit soms frustraties op bij de participanten. Om deze reden werden de drielettergrepige non-woorden niet gebruikt bij de ouderengroep. Mogelijk was een woordlengte-effect meer zichtbaar geweest wanneer éénsyllabige non-woorden met driesyllabige non-woorden werden vergeleken binnen de Simple RT conditie. Het kleine verschil tussen de twee woordlengtes was mogelijk ook de oorzaak van het feit dat er geen interactie-effect bestond tussen leeftijd en woordlengte. Om deze reden, maar ook om te zien of meer variatie tussen de woordlengtes invloed heeft op Simple RT, is het interessant om in vervolgonderzoek meer te variëren in woordlengte. Een

eventueel leeftijdsverschil in dit woordlengte-effect kan namelijk meer inzicht geven in de oorzaak van de vertraging bij de ouderen binnen de Simple RT conditie. In paragraaf 4.5 (conclusies en aanbevelingen) wordt hier verder over gespeculeerd.

4.3 Conditie

Zoals verwacht was de gemiddelde RT binnen de Choice conditie langer dan binnen de Simple conditie. Dit is onvermijdelijk gezien het feit dat men bij Simple RT tijd krijgt om de uiting voor te bereiden en bij Choice RT niet. Interessanter is het om de leeftijdsverschillen binnen de condities te vergelijken; is het verschil tussen de leeftijdsgroepen groter binnen de Choice RT conditie, of binnen de Simple RT conditie? Dit resultaat geeft antwoord op de onderzoeksvragen. Uit de resultaten bleek dat het verschil tussen de twee groepen het grootst was binnen de Simple RT conditie en niet of nauwelijks aanwezig was binnen de Choice RT conditie. Dit betekent dat de ouderen gemiddeld even snel waren als de jongeren bij de Choice RT conditie, maar gemiddeld een langere RT lieten zien bij de Simple RT conditie. Aangezien bij deze conditie alleen de SEQ fase nog moet worden uitgevoerd, is dit een indicatie voor een vertraging in de uitvoerende fase bij de planning van spraak bij ouderen in vergelijking met jongeren. Terugkomend op de onderzoeksvragen betekent dit dat er 'ja, wel een indicatie voor een vertraging in de uitvoerende fase' geantwoord kan worden op onderzoeksvraag a en 'nee, geen indicatie voor een vertraging in de voorbereidende fase' op onderzoeksvraag b.

Wat er precies gebeurt tijdens de SEQ fase binnen de planning van spraak is niet volledig duidelijk. Klapp (2003) bespreekt een aantal theorieën en verwerpt deze dan weer. Uiteindelijk bespreekt hij een interpretatie van de SEQ fase die berust op een buffer in het geheugen. Tijdens het voorbereiden van de uiting is deze buffer gevuld met motorische programma's. Wanneer het go-signaal klinkt moet deze buffer worden gescand, om het startpunt van de uiting te vinden. Hoe langer deze buffer, hoe langer het duurt voordat deze volledig gescand is. Dit geldt ook voor de volgende motorische programma's die gevonden moeten worden. De tijd benodigd voor SEQ bevat dus het scannen van de buffer en vervolgens in de goede volgorde plaatsen van de motorische programma's. Om deze reden is Choice RT ook minder gevoelig voor woordlengte; in het geval van Choice RT is er geen buffer die gescand moet worden, aldus Klapp (2003). Uit de huidige resultaten is gebleken dat er bij ouderen een vertraging optreedt in de SEQ fase. De oorzaak van deze vertraging is echter onduidelijk. Mogelijk is het scannen van de buffer vertraagd, of het in de juiste volgorde plaatsen van de motorische programma's. Hoewel de precieze oorzaak van de vertraging onbekend is, schetsten de resultaten een duidelijker beeld van de fase waarin de vertraging plaatsvindt.

In paragraaf 4.1 werd het 'tekort aan transmissie' model besproken als eventuele verklaring voor het verschil in RT tussen de leeftijdsgroepen. Dit model suggereert dat leeftijd invloed heeft op de connecties tussen fonologische knooppunten. Deze verminderde/vertraagde connecties zorgen ervoor dat fonologische informatie moeizamer wordt opgehaald, wat 'tip of the tongue' (TOT) momenten oplevert. Hoewel inderdaad blijkt dat het TOT fenomeen vaker voorkomt bij ouderen (James & Burke, 2000) kan dit model het verschil in RT tussen de twee condities in de huidige studie niet verklaren. Binnen de Simple RT conditie had de participant immers juist voorbereidingstijd en dus meer tijd voor het ophalen van fonologische informatie in vergelijking met de Choice RT conditie. De ouderen lieten echter een vertraging zien binnen de Simple RT conditie en niet binnen de Choice conditie. Het 'tekort aan transmissie model' kan de huidige resultaten dus niet verklaren.

Johari, den Ouden en Behroozmand (2019) vonden een domein-specifiek effect van veroudering op een spreektaak, in vergelijking met een taak voor een ledemaat, waarbij de

voorbereidingstijd onvoorspelbaar was. Wanneer de participant zich moest voorbereiden op het aanhouden van een /a/, en de voorbereidingstijd varieerde tussen de 1000 en de 2000 ms, lieten de ouderen een tragere RT zien in vergelijking met wanneer de voorbereidingstijd vast stond. Hoewel de voorbereidingstijd binnen Simple RT in de huidige studie niet varieerde (standaard 1000 ms), kreeg de participant geen informatie over de lengte van de voorbereidingstijd; dit werd niet visueel afgebeeld. Hoewel de participanten na de oefenfase mogelijk redelijk in konden schatten wanneer de voorbereidingstijd afliep, bleef dit een kleine gok. Motorische timing speelde in beide onderzoeken dus wel degelijk een rol. In de studie van Johari en collega's (2019) werd met behulp van Event-related-potentials (ERP) de elektrische activiteit van specifieke gebieden in het brein gemeten. Tijdens de voorbereiding op de onvoorspelbare spreektaak lieten de ouderen vooral in frontale gebieden meer activatie zien dan de jongeren. Mogelijk worden deze gebieden gebruikt ter compensatie van verminderde cognitieve en sensomotorische mechanismen. Deze resultaten zijn vergelijkbaar met die van Tremblay, Sato en Deschamps (2017), die activatie in het brein maten door middel van de Blood Oxygenation Level Dependent (BOLD) techniek. Zij zagen een sterkere activatie in het rechter primaire motorische gebied (M1) bij langere responsduren tijdens een complexe taalproductietaak. Johari en collega's (2019) hebben mogelijk een verklaring voor het moeten inschakelen van deze gebieden. Zij stellen dat uit verschillende onderzoeken blijkt dat er bij gezonde ouderen sprake is van atrofie van dopaminergische neuronen in de netwerken van de (frontale) basale ganglia (Merchant, Harrington & Meck, 2013). Deze veranderingen doen denken aan de ziekte van Parkinson, waarbij in veel grotere mate sprake is van atrofie van deze neuronen. Patiënten met de ziekte van Parkinson laten in soortgelijke gebieden in het brein ((pre)motorische cortex, de supplementarische motorische schors) overactivatie zien tijdens spraakproductietaken, mogelijk ter compensatie van dopamine-afhankelijke mechanismen. Het zou kunnen dat er bij gezonde veroudering ook sprake van compensatie door, in het geval van de studie van Johari en collega's (2019), frontale gebieden ten gevolge van een verminderde functie van de (frontale) basale ganglia. Uit onderzoek blijkt inderdaad dat de basale ganglia betrokken is bij het initiëren van, onder andere, spraakmotoriek (Ortiz, Brabo & Minett, 2016; Chrabaszcz et al., 2019). De basale ganglia is onderdeel van de cortico-basale ganglia-thalamocorticale lus (Chang & Guenther, 2020), die verantwoordelijk is voor het initiëren van motorische spraakprogramma's. Er zijn verschillende gebieden in het brein die een rol spelen bij de planning van motoriek, zoals de motorische cortex, de premotorische cortex en de somatosensorische cortex. De basale ganglia staat in verbinding met deze gebieden en kiest de juiste motorische programma's tussen andere, concurrerende motorische programma's. Ook is de basale ganglia betrokken bij het geven van feedback, vanwege de verbinding met de somatosensorische cortex. De basale ganglia kiest dus de juiste motorische programma's en controleert of deze goed zijn geproduceerd (voor meer gedetailleerde informatie wordt verwezen naar de review van Chang en Guenther (2020)). Terugkomend op de invloed van veroudering, is het denkbaar dat de verminderde werking van de basale ganglia door atrofie van dopaminergische neuronen een oorzakelijke factor kan zijn voor de vertraging binnen de uitvoerende fase van de planning van spraak. De basale ganglia lijkt een belangrijke functie te hebben in de planning van spraakmotoriek, waarbij veel signalen binnenkomen en uitgaan. Atofie van dopaminergische neuronen zorgt mogelijk voor een vertraagde werking binnen dit systeem. Bovendien leidt compensatie van andere hersengebieden niet altijd tot betere prestaties op spreektaken (Johari et al., 2019; Tremblay et al., 2017). Vervolgonderzoek zal deze hypothese moeten testen en nuanceren door met behulp van de BOLD techniek of ERP neurale activatie bij jongeren en ouderen te meten, tijdens het afnemen van de Simple en Choice reactietijdtaken. In paragraaf 4.5 (conclusies en aanbevelingen) wordt hier verder over gespeculeerd.

Een verklaring voor het feit dat de vertraging bij ouderen niet zichtbaar is bij Choice

RT, is de mogelijkheid dat ouderen een langere responsduur lieten zien ten opzichte van jongeren. De responsduur is in de huidige studie echter niet gemeten, dus dit is niet met zekerheid te zeggen. Tremblay en collega's (2018) hebben wel gekeken naar de relatie tussen responsduur en reactietijd bij jongeren en ouderen, waaruit bleek dat de jongere participanten kortere responsduren hadden bij langere reactietijden. De ouderen lieten deze relatie niet zien. Uit deze resultaten blijkt dat jongeren beter in staat zijn om een uiting efficiënt voor te bereiden zodat deze sneller uitgesproken kan worden. De auteurs zagen namelijk ook dat de ouderen gemiddeld een langere responsduur lieten zien in vergelijking met de jongeren. Hierdoor is het aanneembaar dat de ouderen in de huidige studie, in ieder geval tijdens Choice RT, een langere responsduur zouden laten zien dan de jongeren. In dat geval zou het zo zijn dat de ouderen tijdens Choice RT geen vertraging lieten zien wat betreft reactietijd, maar vervolgens wel een vertraging tijdens het spreken lieten zien, zichtbaar als een langere responsduur. Mogelijk is deze vertraging ook het gevolg van een vertraging binnen de uitvoerende fase van de planning van spraak, maar is deze vertraging alleen zichtbaar tijdens het spreken. In dat geval zou het kunnen dat ouderen deze vertraging niet laten zien tijdens het spreken binnen Simple RT, aangezien ze een al langere reactietijd lieten zien. Het zou om die reden interessant zijn om de relatie tussen responsduur en reactietijd bij jongeren en ouderen te onderzoeken tijdens de Simple en Choice RT taken. Wanneer daar, bijvoorbeeld, uit zou komen dat de ouderen wel een langere responsduur laten zien bij Choice RT, maar niet tijdens Simple RT dan zou met meer zekerheid gesteld kunnen worden dat deze vertraging zich echt bevindt op het niveau van de uitvoerende fase binnen de planning van spraak. Tijdens Choice RT zou die vertraging zichtbaar worden tijdens het spreken, wat resulteert in een langere responsduur. Tijdens Simple RT zou die vertraging resulteren in een langere reactietijd.

4.4 Design & materiaal

Zoals in paragraaf 4.2 ook is beschreven, had het design en materiaal van deze studie mogelijk invloed op de reactietijd. De participanten moesten de non-woorden na een oefenfase namelijk kunnen aanvullen bij de eerste letter om leeseffecten op de RT te voorkomen. Uiteindelijk bleek het onthouden van een non-woord van één syllabe niet moeilijk te zijn. De participanten kregen tijdens de oefenfase voldoende tijd om de non-woorden 'uit het hoofd' te leren. Wel bleek dat de tweesyllabige non-woorden moeilijker te onthouden waren. Het feit dat de non-woorden werden verlengd met weer één van dezelfde drie non-woorden (Bietoe, Kaabie & Toekaa) was verwarrend, gaven sommige participanten aan. Hierdoor werden er meer fouten gemaakt, wat betekende dat er meer data-punten verwijderd moesten worden. Ook is er een mogelijkheid dat deze verwarring invloed heeft gehad op de RT. De drie non-woorden werden ook als factor meegenomen in de statistische analyse. Dit werd gedaan om het vermoeden te bevestigen dat de drie non-woorden geen invloed had op de RT. Echter, er bleek dat de non-woorden die begonnen met de /T/ een langere RT hadden dan de andere twee non-woorden en dat het verschil in RT tussen de drie non-woorden groter was bij de ouderengroep dan bij de jongerengroep. Het is onduidelijk of deze verschillen (voornamelijk) veroorzaakt worden door de éénsyllabige non-woorden of de tweesyllabige non-woorden.

Tot slot heeft het feit dat de volgorde van de afname van de Simple en Choice RT condities vast lag, mogelijk invloed gehad op de resultaten. De Choice RT conditie werd gezien als 'moeilijker', aangezien de participanten in deze conditie geen voorbereidingstijd kregen. Om deze reden werd altijd eerste Simple RT afgenomen, waarna Choice RT volgde. Dit betekende dat de participanten tijdens de Choice RT conditie altijd vaker geoefend hadden; ze hadden al twee oefenfasen doorgebracht, die van Simple en die van Choice RT.

Mogelijk heeft dit er toe geleid dat beide leeftijdsgroepen sneller waren binnen de Choice RT, en langzamer binnen de Simple RT conditie, dan wanneer de volgorde tussen de condities afgewisseld werd. In het laatste geval, wanneer de condities wel afgewisseld zouden worden, zouden de RT verschillen tussen Simple en Choice RT in beide groepen groter moeten worden, namelijk een langere Choice RT en een kortere Simple RT. Echter, de interactie tussen groep en conditie zou hetzelfde blijven, aangezien ervan uitgegaan wordt dat het afwisselen tussen de condities hetzelfde effect zal hebben op beide leeftijdsgroepen.

4.5 Conclusie & aanbevelingen

In deze studie werd getracht een beter beeld te vormen van een eventuele vertraging in de planning van spraak bij ouderen. Tot nog toe is er weinig onderzoek gedaan naar de invloed van veroudering op de planning van spraak, vooral in vergelijking met onderzoek naar de invloed van veroudering op andere motorische of cognitieve functies. Door middel van Simple en Choice RT is het mogelijk om twee fases binnen de planning van spraak met elkaar te vergelijken. Uit de resultaten van deze studie blijkt dat ouderen een vertraging laten zien in de uitvoerende (SEQ) fase bij de planning van spraak. Dit betekent dat er ergens tijdens het scannen van de buffer met motorische programma's of het selecteren van die programma's in de goede volgorde een vertraging optreedt. Deze kennis is van belang bij onderzoek naar of signaleren van ouderdom-gerelateerde neurologische aandoeningen die invloed hebben op de (planning van) spraakmotoriek. Hoewel deze studie meer licht schijnt op een gevolg van de invloed van veroudering op de planning en uitvoering van spraak, is de oorzaak hiervan nog niet duidelijk. Vanwege het feit dat er alleen een vertraging optreedt binnen Simple RT en niet binnen Choice RT, kunnen mogelijke oorzaken als een vertraging in het fonologisch encoderen, echter, worden uitgesloten. In de volgende alinea's worden mogelijke oorzaken besproken in combinatie met aanbevelingen tot nader onderzoek.

Zoals in paragraaf 4.3 is besproken zou het interessant zijn om de relatie tussen responsduur en reactietijd te onderzoeken bij ouderen en jongeren tijdens Simple en Choice RT. Een leeftijdsverschil in de relatie tussen reactietijd en responstijd bij Simple en Choice RT zou meer duidelijkheid geven over de oorzaak van de vertraging, zichtbaar in de huidige studie. Zo zou een groter leeftijdsverschil in responsduur bij ouderen tijdens Choice RT in vergelijking met Simple RT in combinatie met de reactietijden die gezien zijn in de huidige studie, kunnen duiden op een vertraging binnen de uitvoerende fase van de planning van spraak. Immers, de vertraging bij ouderen is dan bij Simple RT zichtbaar als een langere reactietijd, en tijdens Choice RT zichtbaar als een langere responsduur. De verwachting dat ouderen een langere responsduur zouden laten zien tijdens Choice RT, is gebaseerd op de resultaten van Tremblay en collega's (2018), die ook vonden dat ouderen gemiddeld een langere responsduur hadden. De taak die de participanten moesten uitvoeren in het onderzoek van Tremblay en collega's (2018) is vergelijkbaar met Choice RT. Ook is uit verschillende onderzoeken gebleken dat het spreektempo bij ouderen lager ligt in vergelijking met jongeren (Pierce, Cotton & Perry, 2013; Bilodeau-Mercure & Tremblay 2016), wat zou resulteren in een langere responsduur. Het is minder goed te voorspellen of ouderen tijdens Simple RT ook een langere responsduur in vergelijking met jongeren zullen laten zien. Mogelijk uit de vertraging binnen de planning van spraak zich alleen in de reactietijd tijdens Simple RT. Vervolgonderzoek moet laten blijken of deze hypothese kan worden bevestigd.

Er kan een beter beeld gevormd worden van de invloed van veroudering op de voorbereidende fase (INT) door non-woorden te laten variëren in complexiteit. Volgens Klapp (1995, 2003) is Choice RT gevoelig voor de complexiteit van een woord. Mogelijk blijkt uit een experiment met meer en minder complexe woorden dat veroudering wel invloed heeft op de voorbereidende fase, wanneer de woorden op deze manier gemanipuleerd worden.

Ook wordt aanbevolen om de invloed van veroudering op de uitvoerende fase (SEQ) verder te onderzoeken door de non-woorden beter te laten variëren wat betreft woordlengte. In de huidige studie had de woordlengte geen invloed op Simple RT, mogelijk door het feit dat de woorden met enkel één syllabe van elkaar verschilden. Het effect van woordlengte op Simple RT zou groter kunnen zijn wanneer de woorden met meer dan één syllabe van elkaar verschillen. Een eventueel leeftijdsverschil in dit woordlengte-effect kan meer inzicht geven in de oorzaak van de vertraging bij de ouderen binnen de Simple RT conditie, en dus de uitvoerende fase. Wanneer ouderen in vergelijking met jongeren binnen de Simple RT conditie een groter verschil in RT laten zien bij lange woorden in vergelijking met korte woorden, zou dat kunnen duiden op een vertraging tijdens het scannen van de buffer, of het uitpakken van de motorische programma's uit de buffer tijdens de uitvoerende fase binnen de planning van spraak. Immers, het verschil tussen lange en korte woorden is dan groter binnen de ouderengroep dan binnen de jongerengroep.

Tot slot wordt aanbevolen door met behulp van de BOLD techniek of ERP neurale activatie in het brein bij jongeren en ouderen te meten tijdens afname van de Simple en Choice reactietijdtaken. Een verschil in neurale activatie tijdens één van de twee, of beide taken kan de hypothese bevestigen dat de oorzaak van de vertraging zich bevindt op neuraal niveau en kan deze oorzaak mogelijk meer nuanceren. Wanneer zou blijken dat de ouderen tijdens beide reactietijdtaken meer activatie laten zien in verschillende gebieden van het brein in vergelijking met jongeren, dan zou dat duiden op een minder efficiënte planning van spraak in het algemeen (ervan uitgaand dat dezelfde reactietijden worden gevonden als die in de huidige studie). Als zou blijken dat ouderen alleen tijdens Simple RT meer activatie laten zien in verschillende gebieden van het brein, zou dat de hypothese van een vertraging binnen de uitvoerende fase van de planning van de spraak bevestigen. In beide bovenstaande beschreven scenario's zou de oorzaak van de vertraging zich (deels) bevinden op neuraal niveau. Ook zou het interessant zien om te zien welke gebieden in het brein meer en welke gebieden minder actief zijn. In andere woorden; welke functies in het brein werken minder efficiënt en welke gebieden compenseren daarvoor? Zoals in paragraaf 4.3 ook is beschreven, is een verminderd functioneren van de basale ganglia, ten gevolge van atrofie van dopaminergische neuronen mogelijk een oorzakelijke factor van de vertraging binnen de uitvoerende fase van de planning van spraak bij ouderen. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat ouderen in vergelijking met jongeren meer activatie in verschillende gebieden van het brein laten zien tijdens spraakproductietaken (Johari et al., 2019; Tremblay et al., 2017), mogelijk ter compensatie van een verminderd functioneren van de basale ganglia. Onderzoek met behulp van de BOLD techniek of ERP zou kunnen laten blijken of hier sprake van is tijdens Simple en Choice RT bij ouderen.

Referenties

- Boersma, P. (2004). Stemmen meten met Praat. *Stem-, Spraak-en Taalpathologie*, 12(4), 237-251.
- Bilodeau-Mercure, M., Kirouac, V., Langlois, N., Ouellet, C., Gasse, I., & Tremblay, P. (2015). Movement sequencing in normal aging: speech, oro-facial, and finger movements. *Age*, 37(4), 78.
- Bilodeau-Mercure, M., & Tremblay, P. (2016). Age differences in sequential speech production: Articulatory and physiological factors. *Journal of the American Geriatrics Society*, 64(11), e177-e182.
- Chang, S. E., & Guenther, F. H. (2019). Involvement of the Cortico-Basal Ganglia-Thalamocortical Loop in Developmental Stuttering. *Frontiers in Psychology*, 10:3088.
- Chrabaszcz, A., Neumann, W. J., Stretcu, O., Lipski, W. J., Bush, A., Dastolfo-Hromack, C. A., ... & Holt, L. L. (2019). Subthalamic nucleus and sensorimotor cortex activity during speech production. *Journal of Neuroscience*, 39(14), 2698-2708.
- Diaz, M. T., Johnson, M. A., Burke, D. M., & Madden, D. J. (2014). Age-related differences in the neural bases of phonological and semantic processes. *Journal of cognitive neuroscience*, 26(12), 2798-2811.
- Dully, J., McGovern, D. P., & O'Connell, R. G. (2018). The impact of natural aging on computational and neural indices of perceptual decision making: A review. *Behavioural brain research*, 355(1), 48-55.
- Hunter, S. K., Pereira, H. M., & Keenan, K. G. (2016). The aging neuromuscular system and motor performance. *Journal of applied physiology*, 121(4), 982-995.
- IBM SPSS statistics (25) [software]. Geraadpleegd van <https://www.ibm.com/nl-en/products/spss-statistics>.
- James, L. E. & Burke, D. M. (2000). Phonological Priming Effects on Word Retrieval and Tip-of-the-Tongue Experiences in Young and Older Adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(6), 1378-1391.
- Johari, K., den Ouden, D. B., & Behroozmand, R. (2019). Behavioral and neural correlates of normal aging effects on motor preparatory mechanisms of speech production and limb movement. *Experimental brain research*, 237(7), 1759-1772.
- LaGrone, S., & Spieler, D. H. (2006). Lexical competition and phonological encoding in young and older speakers. *Psychology and Aging*, 21(4), 804-809.
- Li, S. C., & Lindenberger, U. (1999). Cross-level unification: A computational exploration of the link between deterioration of neurotransmitter systems and dedifferentiation of cognitive abilities in old age. In L.-G. Nilsson & H.J. Markowitsch (Eds) *Cognitive neuroscience of memory* (pp. 103-146). Seattle: Hogrefe & Huber.
- Maas, E., & Mailend, M. (2012). Speech Planning Happens Before Speech Execution: Online Reaction Time Methods in the Study of Apraxia of Speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55, 523-534.

- Mefferd, A., Corder, E.E. (2014). Assessing Articulatory Speed Performance as a Potential Factor of Slowed Speech in Older Adults. *Journal of speech, Language and Hearing research, 57*(2), 347-360.
- Merchant, H., Harrington, D. L., & Meck, W. H. (2013). Neural basis of the perception and estimation of time. *Annual review of neuroscience, 36*, 313-336.
- Moustafa, A. A., Chakravarthy, S., Phillips, J. R., Gupta, A., Keri, S., Polner, B., Frank, M.J., & Jahanshahi, M. (2016). Motor symptoms in Parkinson's disease: A unified framework. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 68*, 727-740.
- Niermeyer, M. A., Suchy, Y., & Ziemnik, R. E. (2017). Motor sequencing in older adulthood: relationships with executive functioning and effects of complexity. *The Clinical Neuropsychologist, 31*(3), 598-618.
- Ortiz, K. Z., Brabo, N. C., & Minett, T. S. C. (2016). Sensorimotor speech disorders in Parkinson's disease: Programming and execution deficits. *Dementia & neuropsychologia, 10*(3), 210-216.
- Pierce, J. E., Cotton, S., & Perry, A. (2013). Alternating and sequential motion rates in older adults. *International journal of language & communication disorders, 48*(3), 257-264.
- Raz, N., Gunning-Dixon, F., Head, D., Rodrigue, K. M., Williamson, A., & Acker, J. D. (2004). Aging, sexual dimorphism, and hemispheric asymmetry of the cerebral cortex: replicability of regional differences in volume. *Neurobiology of aging, 25*(3), 377-396.
- Salthouse, T. A. (2009). Decomposing age correlations on neuropsychological and cognitive variables. *Journal of the International Neuropsychological Society, 15*(5), 650-661.
- Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., Gwin, J. T., Kwak, Y., & Lipps, D. B. (2010). Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 34*(5), 721-733.
- Shafto, M. A., & Tyler, L. K. (2014). Language in the aging brain: the network dynamics of cognitive decline and preservation. *Science, 346*(6209), 583-587.
- Shuster, L. I., Moore, D. R., Chen, G., Ruscello, D. M., & Wonderlin, W. F. (2014). Does experience in talking facilitate speech repetition? *Neuroimage, 87*, 80-88.
- Stöckel, T., Wunsch, K., & Hughes, C. M. (2017). Age-related decline in anticipatory motor planning and its relation to cognitive and motor skill proficiency. *Frontiers in Aging Neuroscience, 9*, 283.
- Tremblay, P., Deschamps, I., Bédard, P., Tessier, M. H., Carrier, M., & Thibeault, M. (2018). Aging of speech production, from articulatory accuracy to motor timing. *Psychology and aging, 33*(7), 1022-1034.
- Tremblay, P., Dick, A. S., & Small, S. L. (2013). Functional and structural aging of the speech sensorimotor neural system: functional magnetic resonance imaging evidence. *Neurobiology of aging, 34*(8), 1935-1951.
- Tremblay, P., Poulin, J., Martel-Sauvageau, V., Denis, C. (2019). Age-related deficits in speech production : From phonological planning to motor implementation. *Experimental Gerontology, 126*, 110695.

- Tremblay, P., Sato, M., & Deschamps, I. (2017). Age differences in the motor control of speech: an fMRI study of healthy aging. *Human brain mapping, 38*(5), 2751-2771.
- Tun, P. A., & Wingfield, A. (1999). One voice too many: Adult age differences in language processing with different types of distracting sounds. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 54*(5), 317-327.
- Wingfield, A., McCoy, S. L., Peelle, J. E., Tun, P. A., & Cox, C. L. (2006). Effects of adult aging and hearing loss on comprehension of rapid speech varying in syntactic complexity. *Journal of the American Academy of Audiology, 17*(7), 487-497.
- Wunsch, K., Weigelt, M., & Stöckel, T. (2017). Anticipatory motor planning in older adults. *The Journals of Gerontology: Series B, 72*(3), 373-382.
- Klapp, S. T. (1995). Motor response programming during simple choice reaction time: The role of practice. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance, 21*(5), 1015-1027.
- Klapp, S. T. (2003). Reaction time analysis of two types of motor preparation for speech articulation: Action as a sequence of chunks. *Journal of Motor Behavior, 35*(2), 135-150.

Bijlage 1. Gegevens ouderengroep

Tabel 1.

Gegevens ouderengroep

	Min-max^a	Gemiddelde	SD^b
Leeftijd	65-77	69.9	3.7
FI^c links	3-30	14.3	7.2
FI rechts	3-30	14.4	6.4
Moca score	26-30	28.2	1.3

Noot. ^a Minimale en maximale gegevens. ^b Standaard deviatie. ^c Fletcher Index.

Bijlage 2. Voorbeeld testblok Simple RT

Stimuli	
Oefenfase	Toe
	Kaa
	Bie
	K
	T
	B
	Bie
	Kaa
	Toe
	B
	T
	K
	Experimentele fase
T	
T	
B	
T	
B	
T	
K	
K	
B	
K	
B	
K	
B	
T	
K	
T	
B	