

UNIVERSITY OF TWENTE.

BACHELOR THESE

**Analyse van slikgeluiden bij volwassenen voor
verschillende bolusvolumes**

Auteur

Marieke Wesselink

Begeleiders Universiteit Twente

Dr.ir. B.J.F. van Beijnum

Dr. K.P. Truong

Dr.ir. J.A.M. Haarman

J.H.W. van den Boer

S.J. Mevissen

Biomedische Technologie

Juli 10, 2022

Voorwoord

Voor u ligt mijn bachelor these ter afronding van mijn bachelor Biomedische Technologie aan de Universiteit Twente. Met plezier heb ik de afgelopen maanden onderzoek gedaan naar de slikgeluiden van volwassenen bij het drinken van verschillende bolusvolumes. Gedurende het onderzoek heb ik mijn vragen kunnen stellen aan mijn dagelijkse begeleiders, Sigert Mevissen en Juliet Haarman, waarvoor ik hun erg dankbaar ben. Daarnaast wil ik Khiet Truong bedanken voor het lenen van haar apparatuur voor het onderzoek. Ook wil ik Khiet Truong en Bert-Jan van Beijnum bedanken voor het meedenken over mijn bachelor onderwerp. Janet van de Boer wil ik bedanken voor het zijn van een commissie lid. Als laatste wil ik de deelnemers bedanken die vrijwillig hebben meegewerkt aan het onderzoek, zonder hun had ik mijn onderzoek niet kunnen voltooien.

Marieke Wesselink,

Juli 2022

Samenvatting

Het doel van het onderzoek is om karakteristieken van slikgeluiden van volwassenen te analyseren bij het innemen van verschillende inhouden om een basis te leggen voor een vervolgonderzoek naar slikgeluiden van baby's. Er namen 5 vrouwen en 3 mannen deel aan het onderzoek en moesten tweemaal de volgende volumes slikken: 0 ml, 1 ml, 2ml, 4 ml, 6ml, 10 ml, 14 ml en 18 ml. Een microfoon was op de huid lateraal van de trachea geplaatst. De opgenomen slikgeluiden werden geanalyseerd aan de hand van meerdere variabelen: de tijdsduur van een slok (DAS), de tijdsduur van het begin van een slok tot aan de piekintensiteit (DPI), de frequentie van de piekintensiteit (FPI), de frequentie van de slok (PF) en de piekintensiteit van de slok (PI). De correlaties werden bepaald tussen de variabelen en de bolusvolumes, waarbij de DAS variabele en de PI variabele als enigste correlatie vertoonden met de bolusvolumes. Daarnaast werden er significante en niet-significante correlaties gevonden voor de variabelen bij bolusvolumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml, waarbij de PI variabele de meest positieve en significante correlaties vertoonde met de bolusvolume. De PI variabele vertoonde significantie bij een bolusvolumeverschil van 4 ml, waardoor de PI variabele een belangrijke variabele kan zijn voor een vervolgonderzoek op baby's.

The aim of the research is to analyze characteristics of swallowing sounds of adults when taking different volumes of milk to lay a foundation for follow-up research on babies. Five women and three men participated in the research and had to swallow the following volumes twice: 0 ml, 1 ml, 2 ml, 4 ml, 6 ml, 10 ml, 14 ml and 18 ml. A microphone was placed on the skin lateral of the trachea. The recorded swallowing sounds were analyzed using several variables: the duration of a swallow (DAS), the time from the start of the swallow to the peak intensity(DPI), the frequency of the peak intensity (FPI), the frequency of the swallow(PF) and the peak intensity of the swallow(PI). Correlations were determined between the variables and the bolus volumes, where only the DAS and the PI variable had correlations with the bolus volumes. Besides that, significant and not significant correlations were found for the variables for the bolus volumes of 0 ml, 1 ml, 2 ml and 4 ml, with the PI variable showing the most positive and significant correlations with the volume of a swallow. The PI variable showed significant correlations with a volume difference of 4 ml, that is why the PI variable could be an important variable for a follow-up research on babies.

Inhoudsopgave

VOORWOORD	1
SAMENVATTING	2
AFKORTINGENLIJST	4
1. INLEIDING	5
2. ACHTERGRONDINFORMATIE	7
2.1 SLIKPROCES VAN BABY'S EN VOLWASSENEN	7
2.2 SLIKGELUIDEN	8
2.3 KARAKTERISTIEKEN VAN SLIKGELUIDEN	8
3. METHODE.....	11
3.1 DEELNEMERS	11
3.2 MATERIALEN.....	11
3.3 PROCEDURE	11
3.4 DATA-ANALYSE	12
3.5 STATISTISCHE ANALYSE.....	12
4. RESULTATEN.....	13
5. DISCUSSIE	21
6. CONCLUSIE.....	24
REFERENTIES	25
BIJLAGE	26
PROTOCOL	26
<i>Protocol - Onderzoek</i>	<i>26</i>
<i>Protocol – Analyse</i>	<i>28</i>

Afkortingenlijst

DAS = tijdsduur van het akoestische signaal

DPI = tijdsduur tot aan piekintensiteit

FPI = frequentie van piekintensiteit

I1 = interval van eerste golf

I2 = interval van tweede golf

PF = piekfrequentie

PI = piekintensiteit

SC1 = slikcomponent van eerste golf

SC2 = slikcomponent van tweede golf

SSW = swallowing sound wave

SSW1 = eerste golf van slikgeluid

SSW2 = tweede golf van slikgeluid

SSW3 = derde golf van slikgeluid

1. Inleiding

Volgens de 'World Health Organization' (WHO) waren in 2020 wereldwijd, 149 miljoen kinderen onder de 5 jaar met een te korte lengte, 45 miljoen waren te dun en 38.9 miljoen hadden overgewicht of obesitas[1]. Met optimale voeding in de eerste 2 jaar van een kinderleven, worden risico's op ondervoeding en overgewicht tegen gegaan. Met borstvoeding kunnen 820 000 kinderlevens onder de 5 jaar worden gered[1]. Borstvoeding is een belangrijke manier om optimale voeding te geven in de eerste levensmaanden van een kind. Echter, bij het geven van borstvoeding[2] weet de moeder niet altijd of de baby voldoende moedermelk heeft binnengekregen. De hoeveelheid ingenomen moedermelk is erg belangrijk voor de ontwikkeling van de baby. In de eerste 6 maanden van het leven van een pasgeboren baby is het belangrijk dat er voedingsstoffen van de moedermelk worden opgenomen door de baby. De opname van moedermelk is onder andere afhankelijk van de moedermelk productie en van het slikproces van een baby. Het slikproces[3] is afhankelijk van slikken, ademen en zuigen. Wanneer een baby moeite heeft met het slikproces, dan is het mogelijk dat een baby niet voldoende voedingsstoffen binnenkrijgt. Om inzichten te krijgen in de melkinname van een baby, wordt er in dit huidige onderzoek eerst gekeken naar de slikgeluiden van volwassenen. Bij baby's is het namelijk moeilijk om een baby verschillende bolusvolumes te laten slikken, maar bij volwassenen kan wel een gecontroleerd experiment worden uitgevoerd met verschillende bolusvolumes. Daarnaast is nog weinig bekend van slikgeluiden van baby's, daarom wordt er eerst verdiept in de slikgeluiden van volwassenen.

De slikgeluiden van volwassenen zijn met het gehoor te onderscheiden van onder andere ademgeluiden, doordat het slikgeluid te herkennen is aan twee of drie 'klik' geluiden. Daarnaast is het akoestisch signaal van slikgeluiden te herkennen aan een korte tijdsduur en een hoog frequentie signaal met abrupte veranderingen[4]. In een eerder onderzoek [5] zijn de karakteristieken van slikgeluiden onderzocht door middel van variabelen: de tijdsduur van een slok (DAS), de tijdsduur tot aan de piekintensiteit (DPI), de frequentie van de piekintensiteit (FPI), de piekfrequentie (PF) en de piekintensiteit (PI). Die afhankelijk zijn van factoren zoals de leeftijd, gender, viscositeit van de inname en de bolusvolume[6]. De bolusvolume zal per slok en per persoon verschillen, waardoor het een belangrijke factor is om te analyseren en om te bepalen hoeveel een persoon daadwerkelijk binnenkrijgt. Door de variabelen te analyseren bij verschillende bolusvolumes, kan er worden gekeken of er verbanden kunnen worden gelegd. In eerdere onderzoeken zijn de variabelen geanalyseerd bij verschillende bolusvolumes, maar hierbij worden niet dezelfde conclusies getrokken. Honda et al. [7] stelt namelijk dat de DAS en de PI van de tweede golf zal toenemen, wanneer de bolusvolume ook zal toenemen. Daarentegen beweerde Cichero et al. [8] dat de DAS juist zal afnemen en dat de PI gelijk blijft, als de bolusvolume toe zal nemen. De onduidelijkheden zorgen ervoor dat er meer onderzoek is vereist naar de variabelen tijdens verschillende bolusvolumes.

In dit onderzoek is het doel om karakteristieken van slikgeluiden van volwassenen te analyseren bij het innemen van verschillende bolusvolumes om een basis te leggen voor een vervolgonderzoek met slikgeluiden van baby's. De bolusvolumes van baby's zijn kleiner dan de bolusvolumes van volwassenen[3], daarom wordt in het huidige onderzoek gekozen voor verschillende bolusvolumes. De onderzoeksvraag luidt dan als volgt: welke variabelen van de slikgeluiden kunnen verschillende bolusvolumes van volle melk onderscheiden? Om dit te onderzoeken moeten volwassen deelnemers verschillende volumes van volle melk drinken. De deelnemers moeten volle melk drinken aangezien de viscositeit van volle melk het meest overeenkomt met de viscositeit van moedermelk. De deelnemers moeten de volgende volumes van volle melk drinken: 0 ml (droge slok), 1 ml, 2ml, 4 ml, 6 ml, 10 ml, 14 ml en 18 ml. Tijdens het drinken wordt er een microfoon lateraal op de trachea geplaatst van de

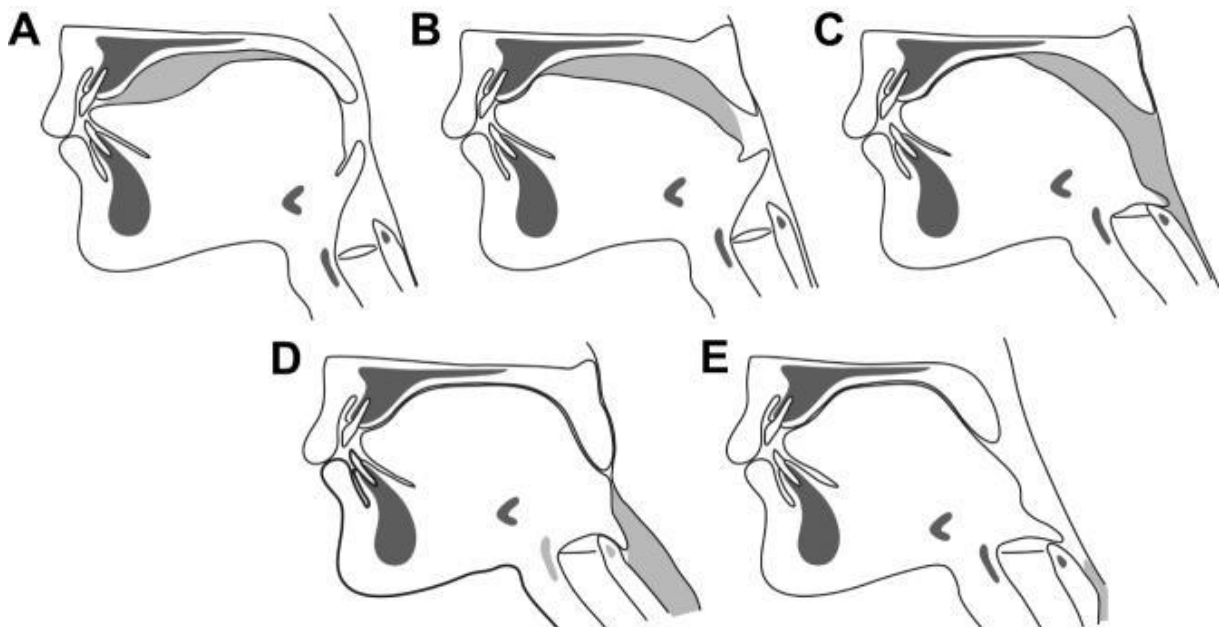
deelnemer. De microfoon neemt dan de slikgeluiden op tijdens het drinken. Daarnaast wordt het onderzoek gefilmd, waardoor er zowel aan de hand van de video data als de audio data slikgeluiden kunnen worden waargenomen. De audio data en video data worden geanalyseerd met behulp van Python. Tijdens het analyseren van de data wordt er gekeken naar de variabelen van het slikgeluid.

2. Achtergrondinformatie

2.1 Slikproces van baby's en volwassenen

Tijdens de zwangerschap van de moeder begint de baby in de baarmoeder het slikken te ontwikkelen voor het reguleren van het vruchtwatervolume. De ontwikkeling van de slikbewegingen[3] verandert naarmate de baby meer kennis maakt met andere voedingsmiddelen. Wanneer de ontwikkeling van slikken ver genoeg is, zullen er drie fasen kunnen worden onderscheiden: orale, keel en slokdarm fasen. Bij volwassenen zijn de drie fasen te onderscheiden, maar voor baby's nog niet.

De drie fasen, zie figuur 1, bij volwassenen worden vooraf gegaan door een voorbereidende orale fase. De voorbereidende fase voor de orale fase is het drinken binnenbrengen in de mond. De tong en het zachte gehemelte sluiten de keelholte af, zodat de vloeibare bolus niet in de keelholte lekt voor er geslikt is. In de orale fase[9] beweegt het voorste deel van de tong omhoog en het achterste gedeelte omlaag, zodat de vloeibare bolus in de keelholte kan stromen. Door de tong en het zachte gehemelte wordt de keelholte afgesloten, zodat de vloeibare bolus niet in de keelholte lekt voordat er geslikt is. Tijdens de keel fase[9] worden de neusfarynx afgesloten op het moment dat de vloeibare bolus de keel binnenkomt. Vervolgens zal het strottenhoofd de luchtpijp afsluiten. De tong maakt een beweging naar achteren, waardoor de bolus naar de keelholte kan stromen. Vervolgens opent de bovenste slokdarmsfincter, waardoor de bolus naar de slokdarm kan stromen. Als laatste, gaat in de slokdarm fase[9] de bolus van de slokdarm naar de maag door middel van peristaltische bewegingen. Wanneer de bolus is gepasseerd, zal de bovenste slokdarmsfincter direct sluiten om te voorkomen dat eventuele omhoog komende maagsappen bij de luchtpijp kunnen komen. Daarnaast gaan het zachte gehemelte, het strottenhoofd en de neusfarynx weer terug naar hun rustpositie.



Figuur 1 Een normale slikbeweging van een liquid bolus: In A is de voorbereiding van de orale fase te zien, waarbij de liquid bolus in de mondholte zit. In B is de orale fase te zien, waarbij de tong de liquid bolus naar achteren verplaatst. In C en D is de keelfase te zien, waarbij het strottenhoofd de luchtpijp afsluit en de liquid bolus zich kan verplaatsen richting de slokdarm. In E is de slokdarm fase te zien, waarbij het zachte gehemelte, de neusfarynx en het strottenhoofd terug zullen gaan naar hun rustpositie. Daarnaast zal de bovenste slokdarmsfincter sluiten om terugkomende maagsappen tegen te houden. (9)

De tijdsduur van een slikproces voor zowel baby's als volwassenen is afhankelijk van de viscositeit en volume van de bolus. Als de bolus een hogere viscositeit en een groter volume heeft, dan zal het slikproces langer duren. In het begin van de levensfase van een baby zal er alleen nog maar moedermelk

worden gedronken. De viscositeit van moedermelk kan variëren in de tijd. Echter stelde Almeida et al [10] dat de viscositeit niet met grote waardes zal veranderen. Almeida et al. [10] bepaalde een gemiddelde viscositeit van 2.84 centipoise. Bij volwassenen varieert de inname van voeding en vloeistof, waardoor de viscositeit en volume van de bolus ook varieert. De meest overeenkomende vloeistof voor volwassenen in vergelijking met moedermelk is volle melk. Bakshi et al. [11] bepaalde dat de viscositeit van melk afhankelijk is van de temperatuur van de melk. Bij hoge temperaturen zal de viscositeit van volle melk doen dalen. Een temperatuur van 10 graden geeft een viscositeit van 2.67 centipoise.

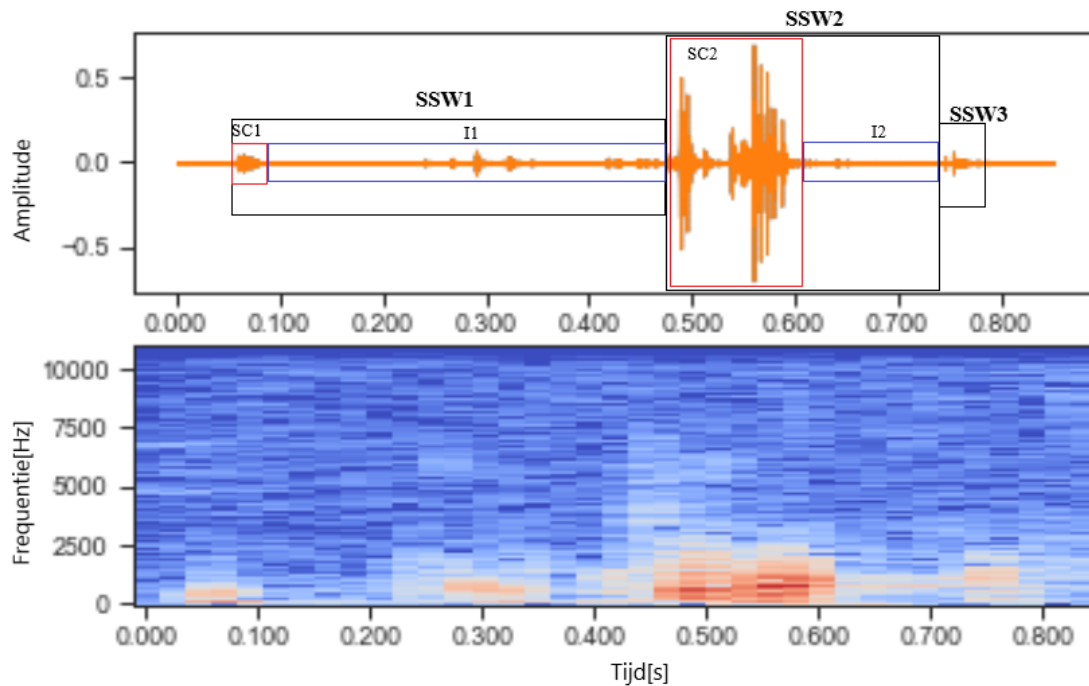
De standaard volume van een bolus varieert bij zowel baby's als volwassenen. Het gemiddelde bolusvolume van één slok bij baby's tussen de 24 maanden en 42 maanden is 3.8 ± 2.4 ml[3]. Bij volwassenen is de gemiddelde bolusvolume groter. De standaard bolusvolume van een slok varieert bij volwassenen. Voor vrouwen ligt het bolusvolume rond de 20 ml en voor mannen ligt het bolusvolume rond de 25 ml[3].

2.2 Slikgeluiden

Voor zowel baby's als volwassenen treden er slikgeluiden op tijdens het slikken. De kenmerken van een slikgeluid van volwassenen zijn een hoogfrequent signaal[4], met een frequentiebereik tussen de 0 en 8 kHz[8], en een korte tijdsduur van ongeveer 500 ms[4]. Een slikgeluid is met het gehoor te onderscheiden van de andere geluiden, doordat een slikgeluid te herkennen is aan twee of drie 'klik' geluiden[4]. De eerste en de tweede klik komen qua amplitude met elkaar overeen. De derde klik heeft een kleine amplitude en een korte tijdsduur. Daarnaast is een slikgeluid te herkennen aan de abrupte veranderingen in frequenties over de tijdsduur van een slikgeluid. In het spectrogram is een slikgeluid te herkennen aan een breder spectrum tijdens de 'klik' geluiden en een smaller spectrum tussen de 'klik' geluiden.

2.3 Karakteristieken van slikgeluiden

Een slikgeluid van volwassenen kan worden verdeeld in drie slikfasen[7,12], zichtbaar in figuur 2. De drie slikfasen zijn respectievelijk: de orale, de keel en de slokdarm fase. De orale, de keel en slokdarm fase zijn beschreven in Hoofdstuk 2.1. De eerste slikgeluidsgolf (SSW1), swallowing sound wave (SSW), wordt gedefinieerd als het begin van de eerste piek tot het begin van de grootste piek. Aan het begin van SSW1 maakt de tong contact met het zachte gehemelte en bij de piekintensiteit van SSW1 beweegt de tong posterior. De tweede slikgeluidsgolf, SSW2, is de periode van het begin van de grootste piek tot aan het begin van de opnieuw verhoogde kleine laatste piek. De piekintensiteit van SSW2 ontstaat door de keelreflex, hierbij sluit het strottenhoofd de luchtpijp. Tijdens de stille periode van de SSW2, stroomt de bolus van de keelholte naar de slokdarm. Als laatste is de derde slikgeluidsgolf, SSW3, te onderscheiden als de periode van het begin van de opnieuw verhoogde kleine laatste piek tot aan het einde van het slikgeluid. In SSW3 is de bolus bij de slokdarm, waardoor het tongbeen en de strottenhoofd hun rusthouding weer aannemen. Daarnaast zal de bovenste darmsfincter sluiten.



Figuur 2 De drie slikfasen van een slikgeluid in het tijdsdomein en in het frequentiedomein.

Elke slikfase kan worden geanalyseerd door middel van meerdere kenmerken, zichtbaar in figuur 2. De lengte van SSW1 bestaat uit de tijdsduur van het eerste slik component, SC1, en de tijdsduur van het interval, I1. Daarnaast is de lengte van SSW2 afhankelijk van de tijdsduur van het tweede slik component, SC2, en de tijdsduur van het interval, I2. Als laatste is de tijdsduur van SSW3 afhankelijk van het derde slik component, SC3, en de tijdsduur van interval, I3. Daarnaast kunnen de slik componenten worden onderscheiden door meerdere variabelen[5], zichtbaar in figuur 3. De variabelen zijn verdeeld in het tijdsdomein (DAS, DPI), intensiteit(PI) en in het frequentiedomein (FPI, PF).

De DAS variabele[5] is de totale tijdsduur van één slikgeluid. Bij gezonde volwassenen is de tijdsduur van één slikgeluid ongeveer tussen de 250 en 800 ms. Bovendien varieert de DAS bij verschillende consistenties, leeftijden en bolusvolumes. Voor een liquid met een lage viscositeit is de DAS het kortst en voor een liquid met een hoge viscositeit is de DAS het langst. Op jongere leeftijd is de tijdsduur korter dan op oudere leeftijd. De oorzaak is dat op oudere leeftijd er een afname is van de amplitude en de snelheid van de peristaltiek. Daarnaast stellen Honda et al. [7] en Youmans et al. [6] dat de tijdsduur van de keelfase zal toenemen bij groter wordende bolusvolumes. Hierdoor wordt er in het huidige onderzoek ook een lineair verband verwacht tussen de DAS variabele en de bolusvolumes.

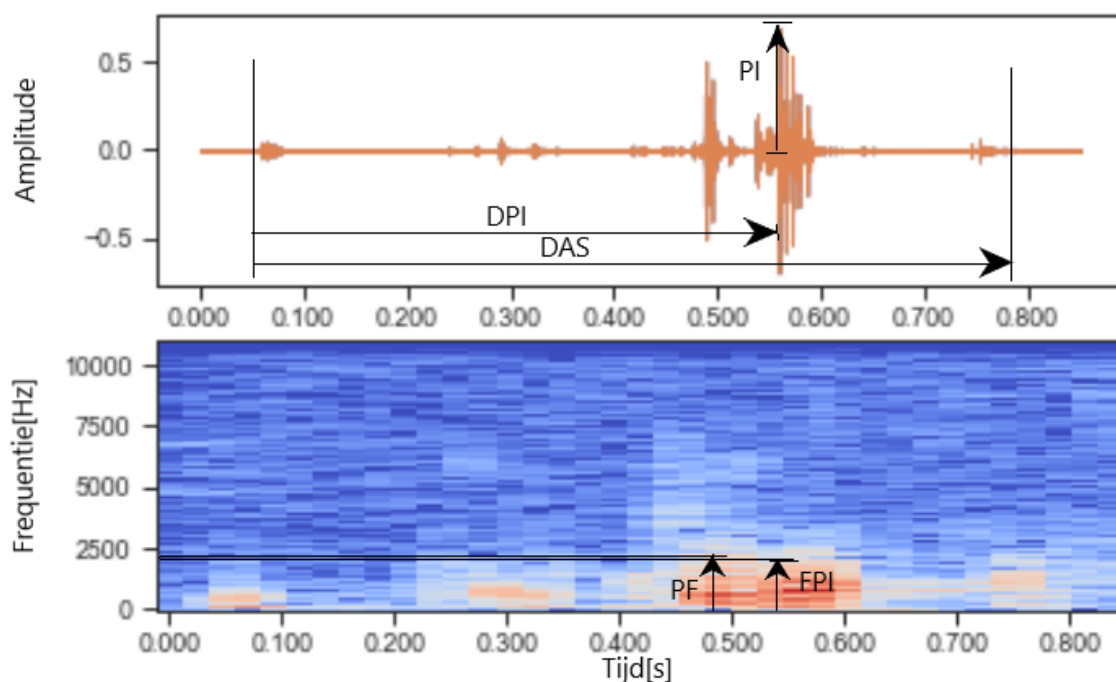
De DPI variabele[5] is de tijdsduur van het begin van de slikgeluid tot de hoogste intensiteit van het slikgeluid. In een vorige onderzoek is de gemiddelde tijdsduur van het begin van het slikgeluid naar de PI van SSW2 ongeveer 190 ms bij een liquid met een lage viscositeit. Op een oudere leeftijd is de gemiddelde tijdsduur hoger dan op jongere leeftijd. Cichero et al.[8] en Youmans et al.[6] stelt dat de DPI variabele niet verandert bij verschillende bolusvolumes. De verwachting is dat de DPI variabele in het huidige onderzoek ook niet zal veranderen bij groter wordende bolusvolumes.

De FPI variabele is de sterkste frequentie op het tijdstip van de piekintensiteit van het slikgeluid. De FPI variabele wordt bepaald uit het spectrogram. In voorgaande onderzoeken is de FPI[5] voor een liquid met lage viscositeit ongeveer 550.96 Hz. Cichero et al.[8] stelt dat de FPI variabele stabiel blijft bij verschillende bolusvolumes. In het huidige onderzoek wordt dan ook verwacht dat de FPI variabele geen verband zal tonen met groter wordende bolusvolumes.

De PF variabele[6] is de hoogste frequentie van het akoestische signaal uit het spectrogram. Slikgeluiden met inhoud beginnen met een lagere frequentie, maar op het eind van het slikgeluid is de frequentie gelijk aan die van slikgeluiden zonder inhoud. Uit een onderzoek blijkt dat de PF hoger wordt op oudere leeftijd en hoger wordt bij vloeistoffen met een lagere viscositeit. Cichero et al. [8] stelt dat de effect grootte van de toenemende PF variabele bij groter wordende bolusvolumes verwaarloosbaar is. Daarom wordt er in het huidige onderzoek verwacht dat er geen lineair verband zichtbaar zal zijn tussen de PF variabele en de bolusvolumes.

De PI variabele is de hoogste intensiteit van het slikgeluid. Youmans et al. [6] stelt dat de PI variabele hoger is bij oudere personen en bij vloeistoffen met een lagere viscositeit. In onderzoeken wordt er gesteld dat de PI afhankelijk is van de akoestische detectoren die wordt gebruikt. Voor een microfoon zal de PI dan een intensiteit van 43 dB[5] zijn. Echter stelt Honda et al. [7] dat de piekintensiteit van de keelfase toeneemt bij groter wordende bolusvolumes. In het huidige onderzoek wordt verwacht dat de PI variabele een lineair verband zal vertonen bij het toenemen van de bolusvolumes, omdat er bij grotere bolusvolumes meer spierkracht moet worden gebruikt om de bolus door te slikken.

Er zijn ook nog onderzoeken gedaan naar de invloed van gender op de variabelen van een slikgeluid. Echter stellen meerdere onderzoeken[5,6] dat gender geen invloed heeft op de variabelen van een slikgeluid.



Figuur 3 De variabelen van een slikgeluid.

3. Methode

3.1 Deelnemers

Om deel te mogen nemen aan het onderzoek moesten de deelnemers minstens 18 jaar of ouder zijn, geen moeite hebben met slikken en geen verleden hebben met dysfagie. Het aantal deelnemers aan het onderzoek waren 8 gezonde volwassen personen, waarvan 3 mannen en 5 vrouwen. De gezonde deelnemers waren tussen de 18 en 23 jaar oud. De exclusiecriteria voor het onderzoek zijn melkallergieën en het niet lusten van melk.

Het onderzoek heeft de goedkeuring van de ethische commissie aan de Universiteit van Twente. Na een duidelijke beschrijving van het onderzoek, moesten de volwassenen een verklaring ondertekenen om met de risico's van het onderzoek in te stemmen.

3.2 Materialen

In het onderzoek wordt er gebruik gemaakt van een microfoon (Sennheiser ew 100 G2, bodypack transmitter). De microfoon wordt met tape vast geplakt op de huid bij de laterale zijde van de trachea van de deelnemer. De draadloze microfoon is indirect verbonden met de handheld audiorecorder (H6, ZOOM) , waarbij een versterking van het signaal van 4 is ingesteld. Door middel van een USB-draad wordt de handheld verbonden met de computer. Daarna wordt het akoestische signaal doorgestuurd naar de computer met het programma 'Audacity'.

3.3 Procedure

De deelnemers moeten het gehele onderzoek rechtop op een stoel zitten en de deelnemers mogen geen abrupte bewegingen maken. De microfoon wordt op de laterale zijde van de trachea van de deelnemer geplaatst. Daarna wordt de camera in de goede positie geplaatst, zodat de nek en de keel van de deelnemer zichtbaar is. De audio en video worden gestart en er wordt in de handen geklapt. Door direct na de start van de audio en video data te klappen, kan de audio data en video data uiteindelijk makkelijker worden samengevoegd. Bij het samenvoegen van de audio en video data moeten de klapgeluiden met elkaar overeenkomen. Na het klappen worden de slokken genomen volgens het tijdsschema, zichtbaar in tabel 6 in de Bijlage. De deelnemers moeten tweemaal een slok nemen van 0, 1, 2, 4, 6, 10, 14 en 18 ml volle melk. De totale hoeveelheid volle melk dat een deelnemer moet drinken is 110 ml door in totaal 16 slokken te nemen. Er is gebruik gemaakt van volle melk, omdat de viscositeit van volle melk het meest overeenkomt met moedermelk. Een andere viscositeit kan namelijk invloed hebben op de variabelen. Wanneer de deelnemer tussen de slokken door een droge slok maakt, dan kan de deelnemer een vinger opsteken en dan kan de onderzoeker dit noteren. Wanneer het tijdsschema tot het einde is gevolgd, wordt er tweemaal in de handen geklapt. Door middel van het tijdsschema is er bekend wanneer de deelnemer welke volume slikt, hierdoor worden droge slokken en volume slokken niet door elkaar gehaald. Het is daarom ook niet erg als de deelnemer een vinger vergeet op te steken voor een droge slok. Na het klappen worden de audio en video stop gezet en het onderzoek voor de deelnemer is afgelopen. De keuze voor slokken van 0, 1, 2, 4 en 6 ml wordt beredeneerd, doordat bolusvolumes van een baby veel kleiner zijn dan de bolusvolumes van volwassenen. Bij slikgeluiden van baby's moeten namelijk kleinere bolusvolumes kunnen worden onderscheiden van elkaar.

3.4 Data-analyse

In de procedure wordt elke slok direct opgenomen in Audacity, waardoor het audio bestand direct kan worden gebruikt voor analyse. Echter moeten eerst de audio en video data worden samengevoegd om de slikmomenten duidelijk te herkennen. Bij het samenvoegen van de audio en video data moeten de klapgeluiden met elkaar overeenkomen.

Als de audio en video data zijn samengevoegd, wordt het bestand in Elan geladen. Elan is een programma, waarin video's kunnen worden geannoteerd. In het programma wordt het akoestische signaal en het video fragment weergegeven. Hierdoor kan het videofragment gebruikt worden om de positie van de annotatie te bepalen. In Elan worden er 'tiers' gebruikt om de annotaties van de volumes: 0, 1, 2, 4, 6, 10, 14 en 18 ml te onderscheiden. Het document met de annotaties wordt in Python geladen voor verdere signaal verwerking.

Het akoestische geluid van een slikbeweging wordt voor elke bolusvolume geanalyseerd aan de hand van 5 variabelen: de DAS, de DPI, de PI, de FPI en de PF. Het begin en het einde van een slikgeluid wordt bepaald door te luisteren naar de audio en te kijken naar de video. De variabelen van het slikgeluid worden geanalyseerd in het tijddomein en frequentiedomein. Daarnaast moet voor het bepalen van de PF variabele een drempelwaarde worden bepaald. In het spectrogram worden de rijen van elke kolom geanalyseerd. Wanneer er drie rijen achter elkaar in één kolom een intensiteit tonen onder de 0 dB, dan zal de laatste rij met een intensiteit boven de 0 dB worden beschreven als de maximale frequentie bin van de kolom. De kolom met de hoogste maximale frequentie bin zal worden omgerekend naar frequenties, zodat de maximale frequentie van het signaal is bepaald.

3.5 Statistische analyse

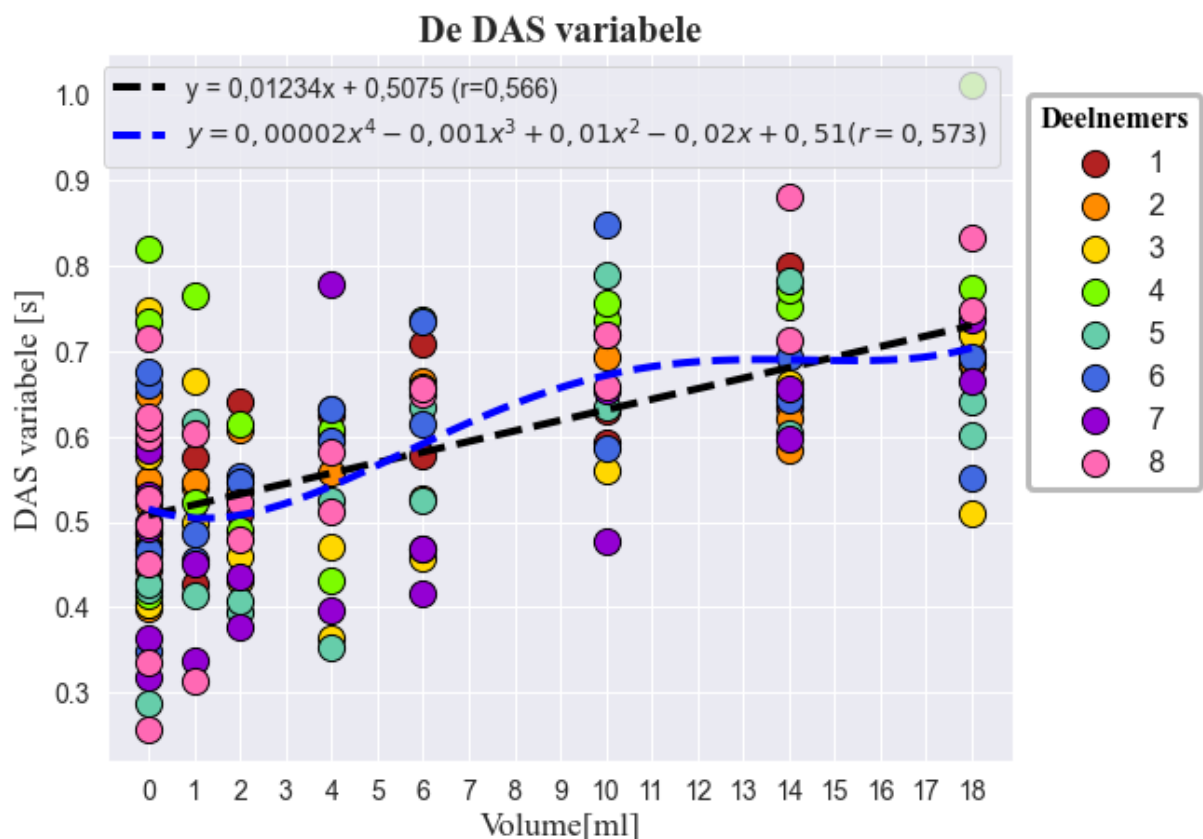
De statistische analyse wordt gedaan met behulp van het Python script en SPSS. Als eerst wordt voor elke annotatie de waarden voor de variabelen bepaald per bolusvolume en per deelnemer. Daarna zal het verband tussen de datapunten van de variabelen en de bolusvolumes worden bepaald. Aangezien er bij de DAS en PI variabele een lineair verband wordt verwacht, zal deze lijn ook zichtbaar zijn in de resultaten. Naast een lineair verband, wordt er ook gekeken naar een exponentieel, logaritmisch of polynoom verband. Het beste verband wordt bepaald door te kijken bij welke lijn de correlatiecoëfficiënt, r , het hoogst is. De waarde van r bepaald de mate van correlatie: geen of nauwelijks correlatie (0-0,30), lichte correlatie (0,30-0,50), middelmatige correlatie (0,50-0,70), hoge correlatie (0,70-0,90) en zeer hoge correlatie (0,90-1,00). Daarnaast kan de correlatiecoëfficiënt negatief, positief of gelijk zijn aan 0. Als r positief is, dan betekent dat beide variabelen toe zullen nemen of af zullen nemen. Bij een negatieve r neemt één variabele toe, terwijl de andere variabele juist afneemt.

Om de significantie te bepalen van de kleinere bolusvolumes, wordt de Kruskal-Wallis ANOVA methode in SPSS gebruikt. Aangezien baby's kleinere bolusvolumes hebben, wordt er gekeken naar de significantie tussen de bolusvolumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml. De waarde tussen de variabele en de bolusvolumes is significant, wanneer de waarde kleiner is dan 0,05. Dan is er een lineair verband zichtbaar tussen de bolusvolumes en de variabele.

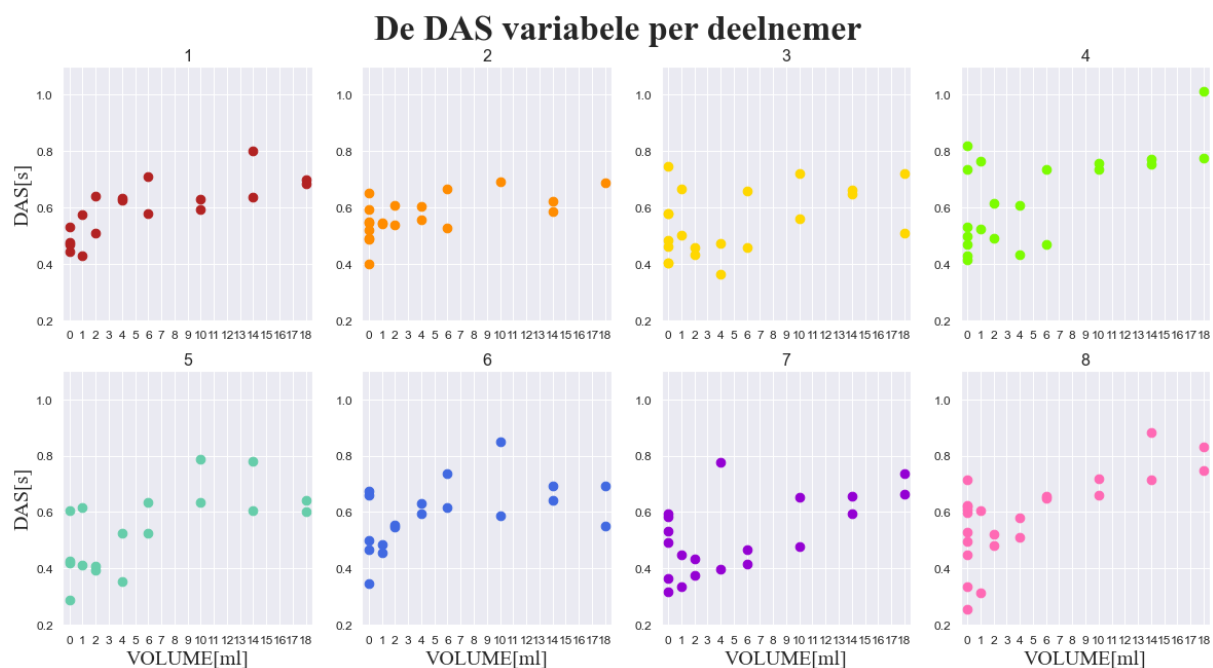
4. Resultaten

Het onderzoek heeft 8 audio opnames opgeleverd met slikgeluiden bij volumes van 0, 1, 2, 4, 6, 10, 14 en 18 ml. In de audio opnames zijn in totaal 161 annotaties gemaakt. Door meerdere droge slokken van de deelnemers zijn er 51 annotaties gemaakt bij een volume van 0 ml. Daarnaast zijn 16 annotaties per volume gemaakt voor zowel volumes van 1, 2, 4, 6 en 14 ml. Bij de volumes van 10 en 18 ml zijn er 15 annotaties gemaakt, omdat twee annotaties niet konden worden meegenomen. De deelnemer had twee slokken genomen om één volume door te slikken, waardoor het niet bekend is hoeveel volume iedere slok bevatte.

DAS variabele. De DAS variabele is bepaald door het begin van het slikgeluid en het eind van het slikgeluid te annoteren. De resultaten van de DAS variabele van verschillende deelnemers bij verschillende bolusvolumes zijn weergegeven in figuur 4. De DAS variabele bevindt zich visueel bekeken tussen de 0.1 en 0.8 seconden bij een bolusvolume van 0 ml. Bij een bolusvolume van 18 ml bevindt de DAS variabele zich visueel bekeken tussen de 0.5 en 1.1 seconden. Daarnaast varieert de DAS variabele per deelnemer over verschillende bolusvolumes, zichtbaar in figuur 5. Alleen voor deelnemer 1 is er een verschil te zien tussen de bolusvolumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml. Bij de andere deelnemers kunnen de bolusvolumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml visueel bekeken niet van elkaar worden onderscheiden. Daarnaast kan er visueel bekeken bij deelnemers 3, 4, 5 en 6 geen onderscheid worden gemaakt tussen bolusvolumes van 0 ml en 18 ml.



Figuur 4 De DAS variabele van verschillende deelnemers uitgezet tegen verschillende bolusvolumes. De formule van de lijn en correlatiecoëfficiënt, r , zijn boven in de grafiek weergegeven.



Figuur 5 In elke subplot is de DAS variabele per deelnemer weergegeven. De nummers boven de subplots geven respectievelijk de deelnemers 1 tot en met 8 weer.

Het verband tussen de DAS variabele en bolusvolumes is weergegeven met twee lijnen, zichtbaar in figuur 4. De zwarte lijn geeft een lineair verband weer met een correlatiecoëfficiënt van 0,566. De blauwe lijn geeft een vierdegraads polynoom weer met een correlatiecoëfficiënt van 0,573. Daarnaast is gekeken naar de significantie van de DAS variabele tussen de kleinere bolusvolumes, zichtbaar in tabel 1.

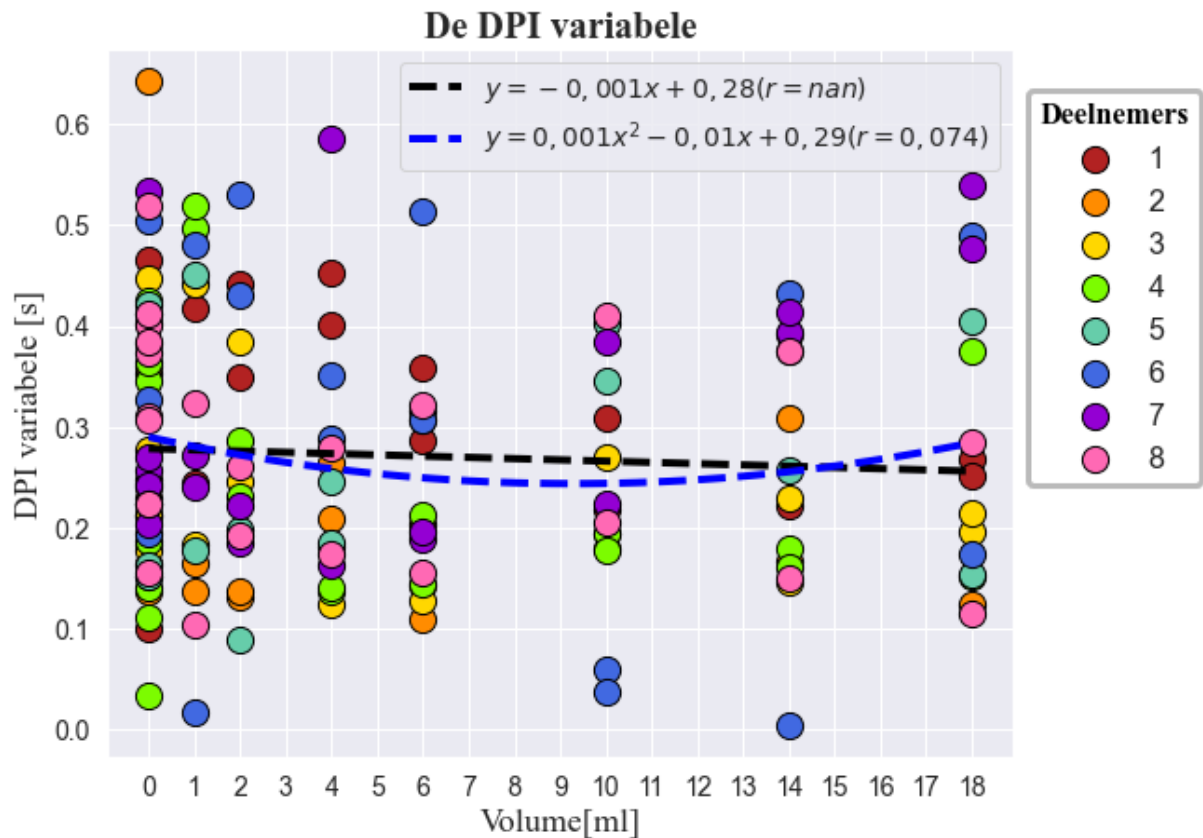
Tabel 1 De significantie tussen de volumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml bij de DAS variabele.

De significantie van de DAS variabele

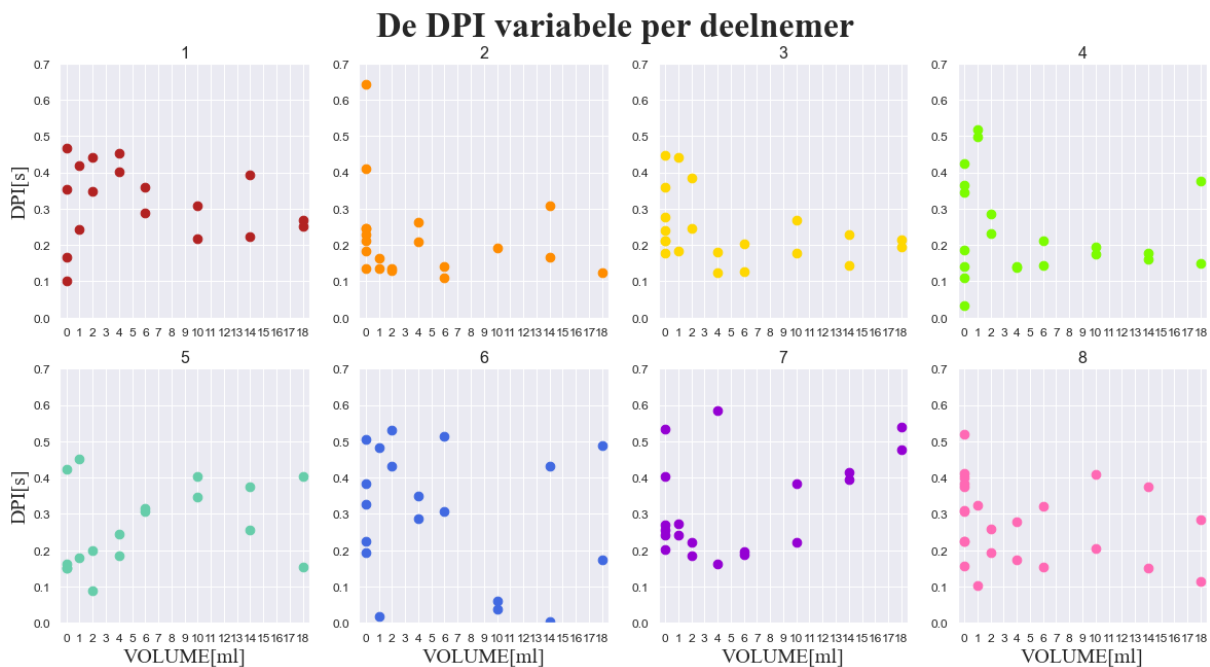
Volumes	Test statistiek	Std. Error	Std. Test Statistiek	Sig.
0-1	0,169	13,359	0,013	0,990
0-2	6,794	13,359	0,509	0,611
0-4	-10,206	13,359	-0,764	0,445
1-2	6,625	16,483	0,402	0,688
1-4	-10,375	16,483	-0,629	0,529
2-4	-17,000	16,483	-1,031	0,302

Elke rij test de nul hypothese dat de distributies tussen de volumes hetzelfde zijn. Asymptotische significanties zijn weergegeven. Het significantieniveau is 0,050.

DPI variabele. De DPI variabele is bepaald als de tijdsduur tot aan de piekintensiteit. De resultaten van de DPI variabele van verschillende deelnemers bij verschillende bolusvolumes zijn weergegeven in figuur 6. De DPI variabele bevindt zich visueel bekeken voor elke bolusvolume tussen de 0 en 0,65 seconden. De gemiddelde waarde van de DPI variabele bevindt zich rond de 0,27 seconden. In figuur 7 is zichtbaar dat de DPI variabele per slok van een deelnemer varieert. Bij deelnemer 8 is zichtbaar dat de DPI variabele van een slok bij een bolusvolume van 10 ml verschilt met een andere slok bij een bolusvolume van 10 ml. Daarnaast valt het op dat bij alle deelnemers, behalve deelnemer 6, de meeste slokken een DPI variabele hebben tussen de 0,1 en 0,4 seconden.



Figuur 6 De DPI variabele van verschillende deelnemers uitgezet tegen verschillende bolusvolumes. De formule van de lijn en de correlatiecoëfficiënt, r , zijn boven in de grafiek weergegeven.



Figuur 7 In elke subplot is de DPI variabele per deelnemer weergegeven. De nummers boven de subplots geven respectievelijk de deelnemers 1 tot en met 8 weer.

Het verband tussen de DPI variabele en de bolusvolumes is weergegeven met twee lijnen, zichtbaar in figuur 6. De zwarte lijn geeft een lineair verband weer met een niet gedefinieerde correlatiecoëfficiënt. De blauwe lijn geeft een tweedegraads polynoom weer met een correlatiecoëfficiënt van 0,074.

Daarnaast is de significantie van de DPI variabele tussen de kleinere bolusvolumes bepaald, zichtbaar in tabel 2.

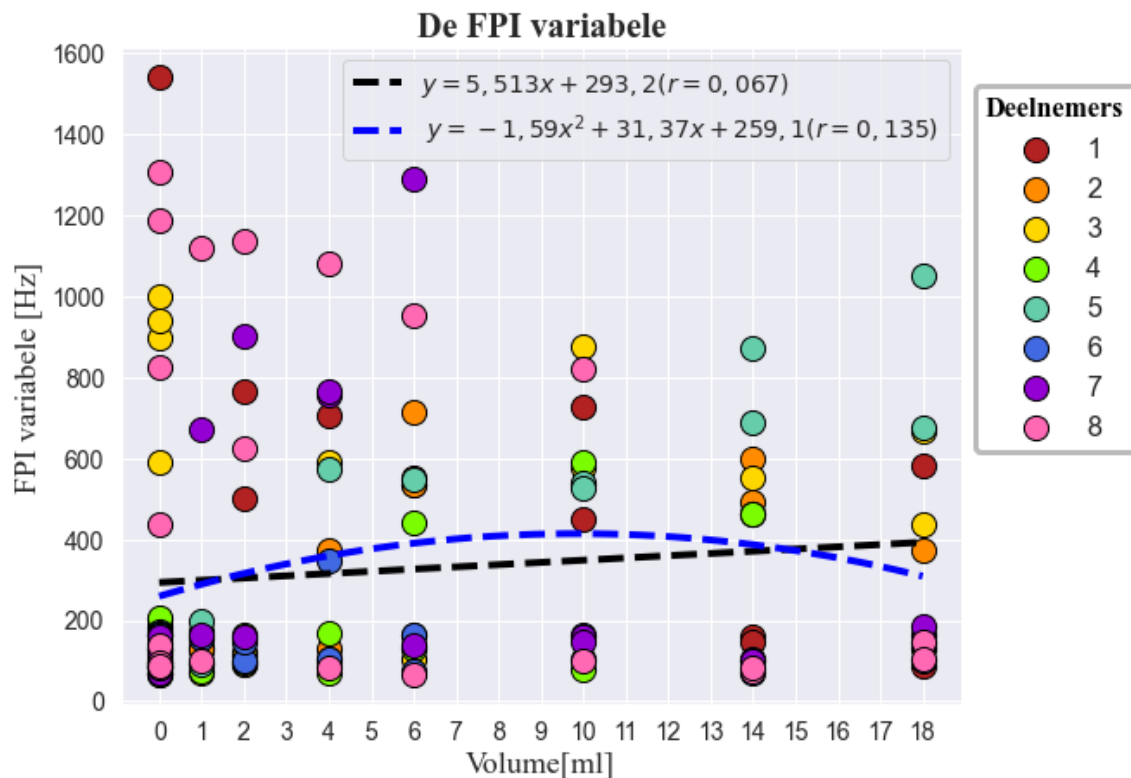
Tabel 2 De significantie tussen de volumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml bij de DPI variabele.

De significantie van de DPI variabele

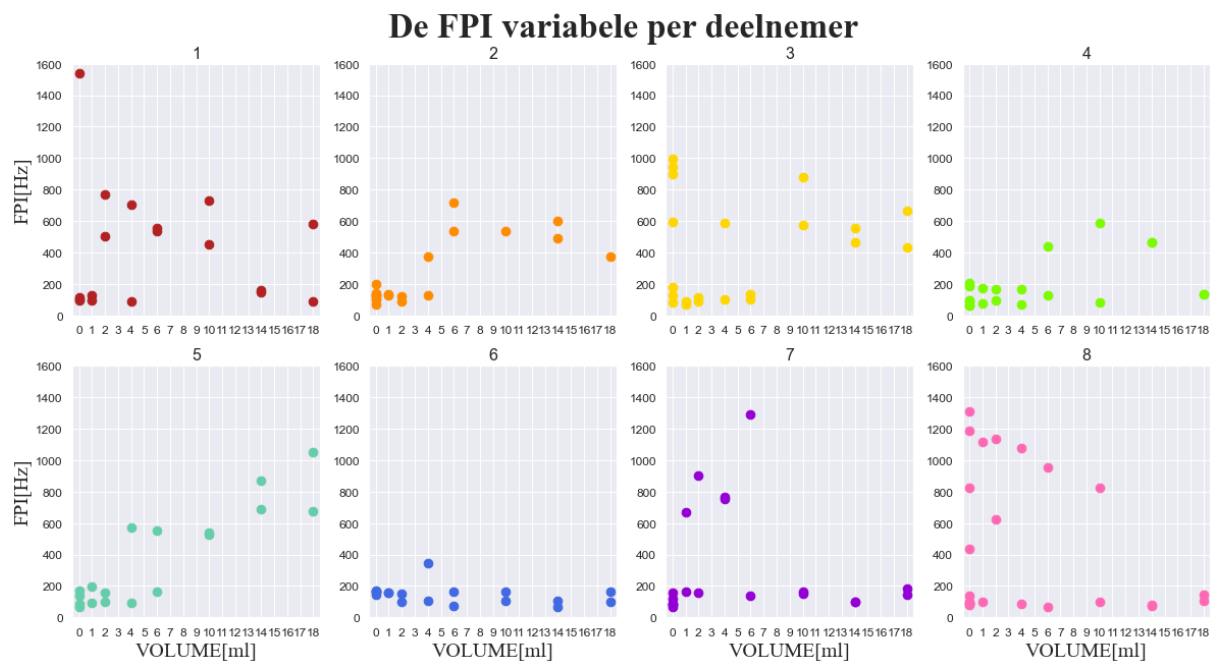
Volumes	Test Statistiek	Std. Error	Std. Test Statistiek	Sig.
0-1	-0,504	13,359	-0,038	0,970
0-2	6,027	13,359	0,451	0,652
0-4	12,027	13,359	0,900	0,368
1-2	6,531	16,483	0,396	0,692
1-4	12,531	16,483	0,760	0,447
2-4	6,000	16,483	0,364	0,716

Elke rij test de nul hypothese dat de distributies tussen de volumes hetzelfde zijn. Asymptotische significanties zijn weergegeven. Het significantieniveau is 0,050.

FPI variabele. De FPI variabele is de frequentie van de piekintensiteit. De resultaten van de FPI variabelen van verschillende deelnemers bij verschillende bolusvolumes zijn zichtbaar in figuur 8. In figuur 8 is te zien dat de meeste slokken een FPI variabele hebben rond de 0 en 200 Hz. Daarnaast is zichtbaar dat elke bolusvolume enkele slokken heeft met een hogere FPI variabele. De gemiddelde FPI variabele van alle deelnemers en bolusvolumes is 322 Hz. De FPI variabele vertoont voor elke deelnemer andere verbanden, zichtbaar in figuur 9. Bij deelnemers 1 en 2 is de FPI variabele hoger bij een bolusvolume van 18 ml ten opzichte van een bolusvolume van 0 ml. Daarnaast is bij deelnemers 4, 6 en 7 zichtbaar dat de meeste slokken een FPI variabele hebben rond de 0 en 200 Hz.



Figuur 8 De FPI variabele van verschillende deelnemers uitgezet tegen verschillende bolusvolumes. De formule van de lijn en de correlatiecoëfficiënt, r , zijn boven in de grafiek weergegeven.



Figuur 9 In elke subplot is de FPI variabele per deelnemer weergegeven. De nummers boven de subplots geven respectievelijk de deelnemers 1 tot en met 8 weer.

Het verband tussen de FPI variabele en bolusvolumes is weergegeven met twee lijnen, zichtbaar in figuur 8. De zwarte lijn geeft een lineair verband weer met een correlatiecoëfficiënt van 0,067. De blauwe lijn geeft een tweedegraads polynoom weer met een correlatiecoëfficiënt van 0,135. Daarnaast is de significantie van de FPI variabele tussen de kleinere bolusvolumes bepaald, zichtbaar in tabel 3.

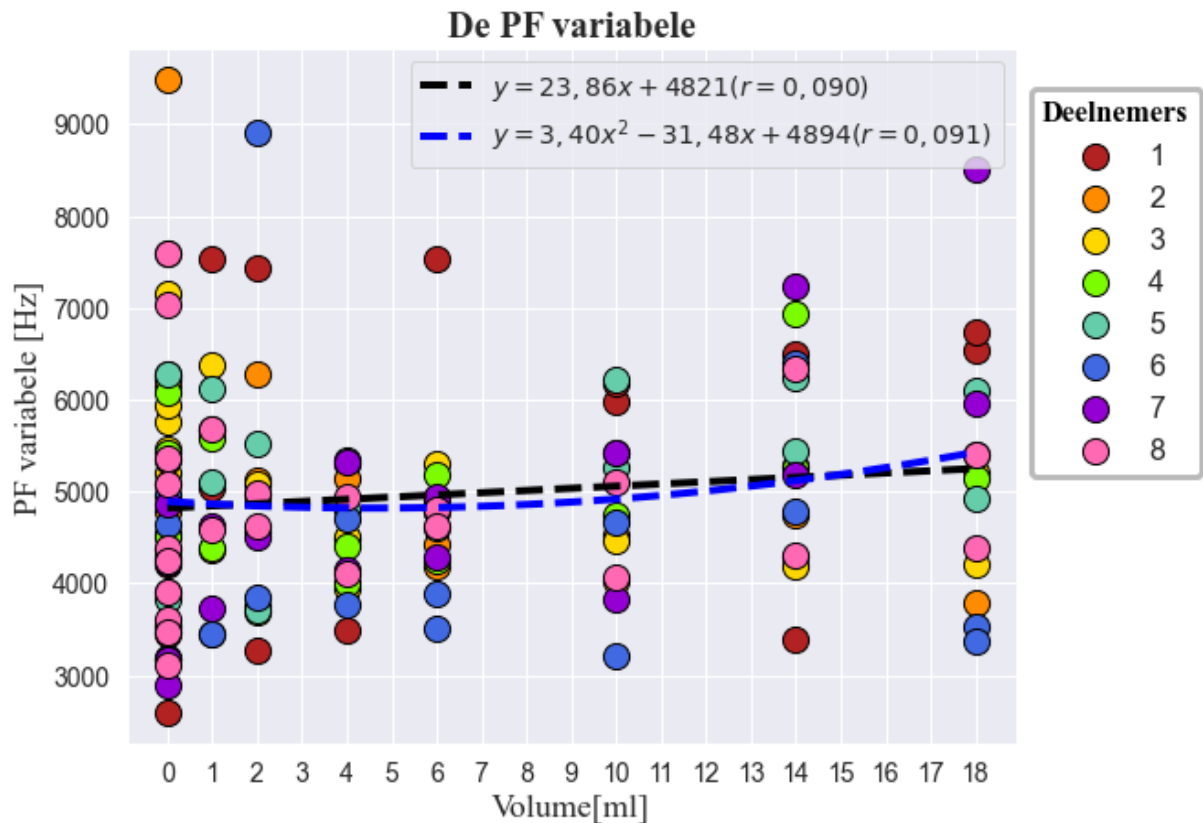
Tabel 3 De significantie tussen de volumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml bij de FPI variabele.

De significantie van de FPI variabele

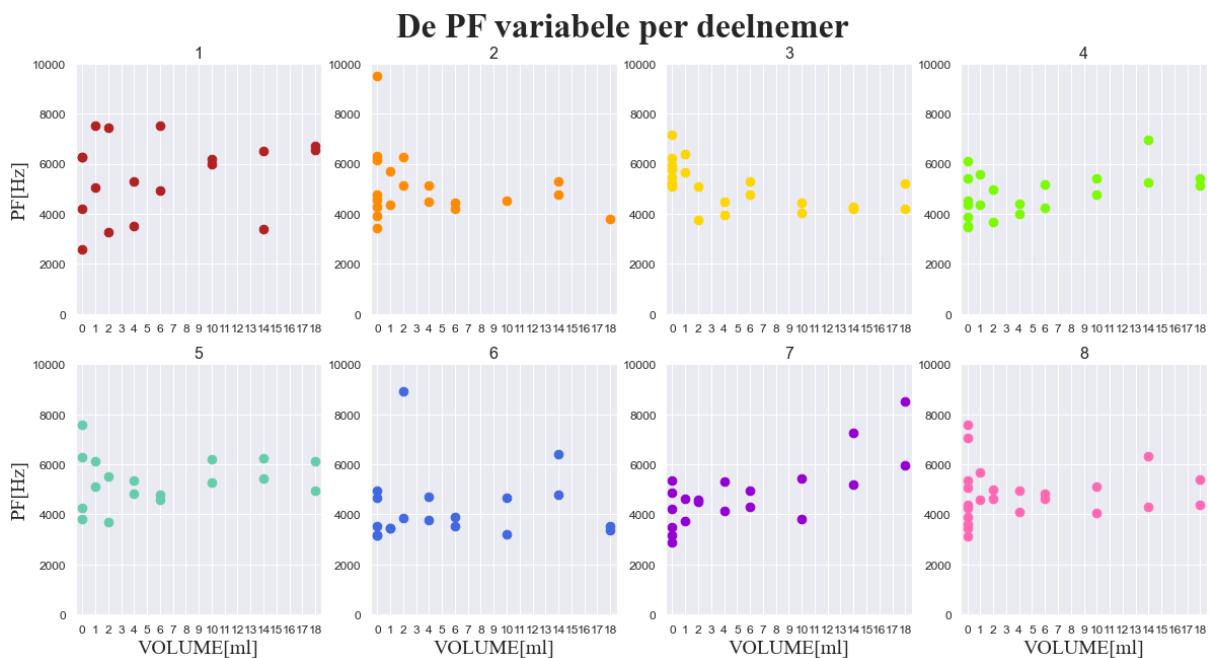
Volumes	Test Statistiek	Std. Error	Std. Test Statistiek	Sig.
0-1	-1,145	13,359	-0,086	0,932
0-2	-15,082	13,359	-1,129	0,259
0-4	-19,020	13,359	-1,424	0,155
1-2	-13,938	16,483	-0,846	0,398
1-4	-17,875	16,483	-1,084	0,278
2-4	-3,938	16,483	-0,239	0,811

Elke rij test de nul hypothese dat de distributies tussen de volumes hetzelfde zijn. Asymptotische significanties zijn weergegeven. Het significantieniveau is 0,050.

PF variabele. De PF variabele is piekfrequentie van het akoestische signaal en is bepaald aan de hand van een drempelwaarde in het spectrogram. De resultaten van de PF variabele van verschillende deelnemers bij verschillende bolusvolumes zijn zichtbaar in figuur 10. In figuur 10 is zichtbaar dat de meeste slokken een PF variabele hebben tussen de 3000 en 6000 Hz. De PF variabele verschilt per deelnemer, zichtbaar in figuur 11. Het is opvallend dat deelnemers 1 en 7 een hogere PF variabele hebben bij een bolusvolume van 18 ml ten opzichte van een bolusvolume van 0 ml. Bij de andere deelnemers is de PF variabele bij een bolusvolume van 18 ml niet gestegen ten opzichte van een bolusvolume van 0 ml. Daarnaast bevindt de PF variabele bij deze deelnemers tussen de 3000 en 6000 Hz.



Figuur 10 De PF variabele van verschillende deelnemers uitgezet tegen verschillende bolusvolumes. De formule van de lijn en de correlatiecoëfficiënt, r , zijn boven in de grafiek weergegeven.



Figuur 11 In elke subplot is de PF variabele per deelnemer weergegeven. De nummers boven de subplots geven respectievelijk de deelnemers 1 tot en met 8 weer.

Het verband tussen de PF variabele en bolusvolumes is weergegeven met twee lijnen, zichtbaar in figuur 10. De zwarte lijn geeft een lineair verband weer met een correlatiecoëfficiënt van 0,090. De blauwe lijn geeft een tweedegraads polynoom weer met een correlatiecoëfficiënt van 0,091. Daarnaast is de significantie van de PF variabele tussen de kleinere bolusvolumes bepaald, zichtbaar in tabel 4.

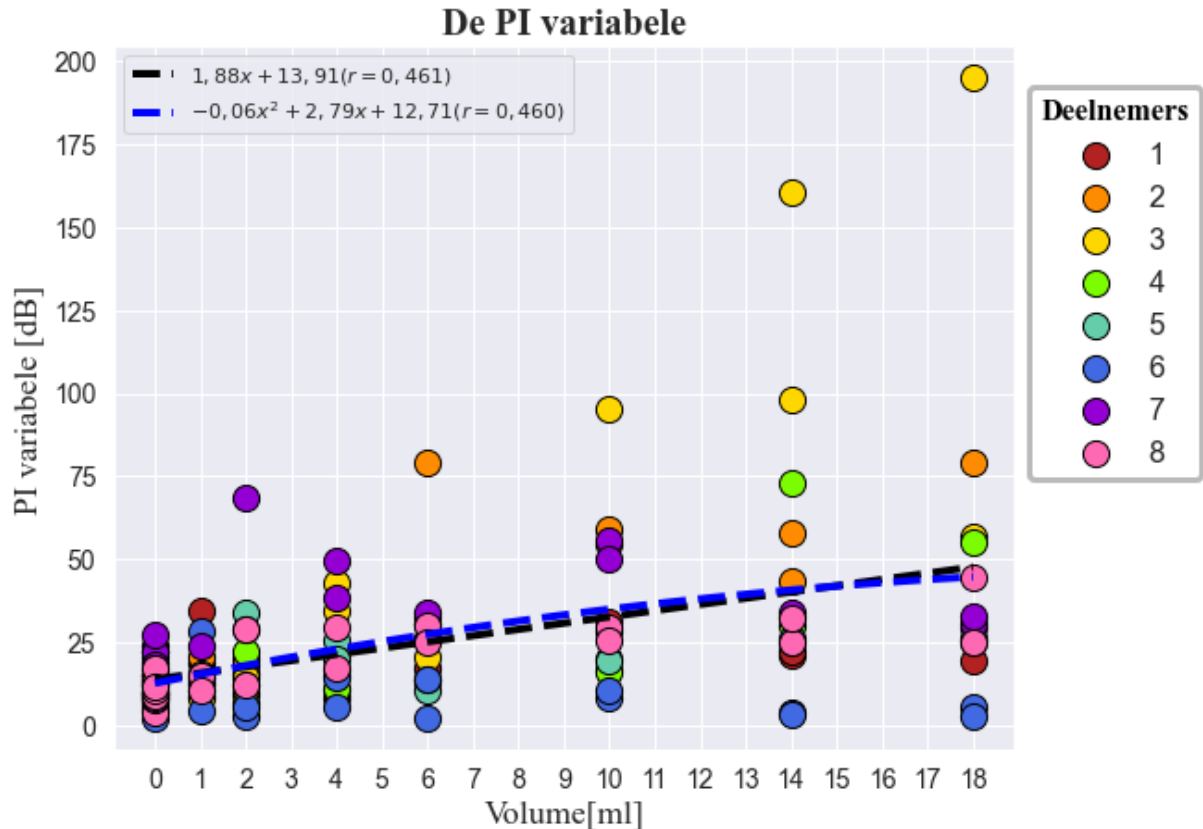
Tabel 4 De significantie tussen de volumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml bij de PF variabele.

De significantie van de PF variabele

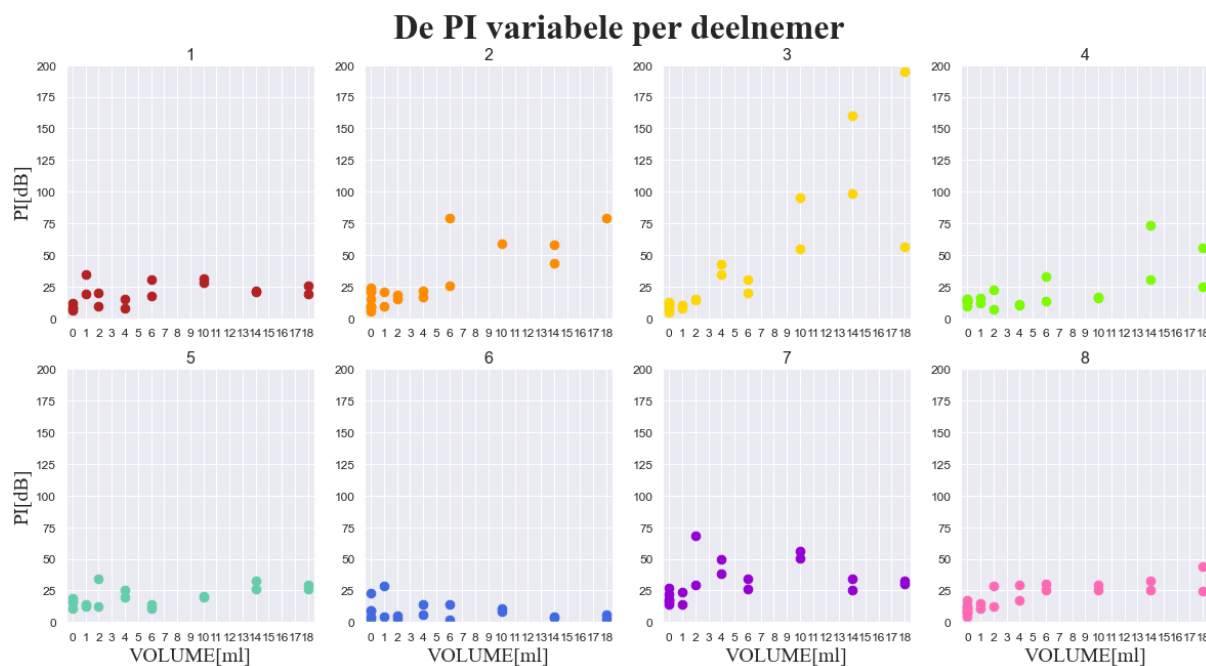
Volumes	Test Statistiek	Std. Error	Std. Test Statistiek	Sig.
0-1	-13,534	13,359	-1,013	0,311
0-2	-4,002	13,359	-0,300	0,764
0-4	8,873	13,359	0,664	0,507
1-2	9,531	16,483	0,578	0,563
1-4	22,406	16,483	1,359	0,174
2-4	12,875	16,483	0,781	0,435

Elke rij test de nul hypothese dat de distributies tussen de volumes hetzelfde zijn. Asymptotische significanties zijn weergegeven. Het significantieniveau is 0,050.

PI variabele. De PI variabele is bepaald als de hoogste amplitude van het akoestische signaal. De resultaten van de PI variabele van verschillende deelnemers bij verschillende bolusvolumes zijn zichtbaar in figuur 12. Bij bolusvolumes van 0 ml, 1 ml en 4 ml is zichtbaar dat de slokken van alle deelnemers erg met elkaar overeenkomen. De meeste slokken met een bolusvolume van 0 ml, 1 ml en 2 ml hebben een PI variabele tussen de 0 en 25 dB. Echter verschillen de slokken per deelnemer, zichtbaar in figuur 13. In figuur 13 is te zien dat de PI variabele van deelnemer 3 erg varieert met de PI variabele van andere deelnemers. Bij deelnemer 3 is een stijging zichtbaar bij de kleine bolusvolumes, alleen niet voor een bolusvolume van 6 ml. Daarnaast is visueel bekeken bij deelnemers 2 en 8 de PI variabele van bolusvolumes groter dan 6 ml te onderscheiden van de bolusvolumes kleiner dan 6 ml.



Figuur 12 De PI variabele van verschillende deelnemers uitgezet tegen verschillende bolusvolumes. De formule van de lijn en de correlatiecoëfficiënt, r , zijn boven in de grafiek weergegeven.



Figuur 13 In elke subplot is de PI variabele per deelnemer weergegeven. De nummers boven de subplots geven respectievelijk de deelnemers 1 tot en met 8 weer.

Het verband tussen de PI variabele en bolusvolumes is weergegeven met twee lijnen, zichtbaar in figuur 12. De zwarte lijn geeft een lineair verband weer met een correlatiecoëfficiënt van 0,461. De blauwe lijn geeft een tweedegraads polynoom weer met een correlatiecoëfficiënt van 0,460. Daarnaast is de significantie van de PI variabele tussen de kleinere bolusvolumes bepaald, zichtbaar in tabel 5.

Tabel 5 De significantie tussen de volumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml bij de PI variabele.

De significantie van de PI variabele

Volumes	Test Statistiek	Std. Error	Std. Test Statistiek	Sig.
0-1	-16,110	13,359	-1,206	0,228
0-2	-23,798	13,359	-1,781	0,075
0-4	-38,298	13,359	-2,867	0,004
1-2	-7,688	16,483	-0,466	0,641
1-4	-22,188	16,483	-1,346	0,178
2-4	-14,500	16,483	-0,880	0,379

Elke rij test de nul hypothese dat de distributies tussen de volumes hetzelfde zijn. Asymptotische significanties zijn weergegeven. Het significantieniveau is 0,050.

5. Discussie

Door gebruik te maken van een microfoon was het mogelijk om slikgeluiden bij gezonde volwassenen te detecteren bij het innemen van volle melk met volumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml, 4 ml, 6 ml, 10 ml, 14 ml en 18 ml. De variabelen (DAS, DPI, FPI, PF en PI) zijn geanalyseerd in het tijdsdomein en frequentiedomein.

DAS variabele. De DAS variabele is gedefinieerd als de tijdsduur van het slikgeluid en is een belangrijke variabele voor een slikgeluid. De resultaten in figuur 4 tonen een lineair verband met middelmatige correlatie. Echter geeft het vierdegraads polynoom een hogere correlatiecoëfficiënt. Zoals verwacht geeft het verband tussen de DAS variabele en de bolusvolumes een middelmatige correlatie weer. Door een toename van de bolusvolumes zal de fase van de keel naar de slokdarm langer duren. Echter zal de DAS variabele de bolusvolumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml niet kunnen onderscheiden. Daarnaast verschilt de DAS variabele per deelnemer, maar er is bij elke deelnemer wel een toename te zien tussen een bolusvolume van 0 ml en een bolusvolume van 18 ml.

De resultaten van het huidige onderzoek voor de DAS variabele spreken de conclusie van Cichero et al.[8] tegen. Cichero et al. [8] beweert dat de DAS variabele afneemt bij een toenemende bolusvolume. Echter komt het resultaat van het onderzoek van Youmans et al. [6] wel overeen met het resultaat van het huidige onderzoek. Daarnaast heeft Honda et al. [7] de tijdsduur van de drie delen van een slikgeluid bekeken en stelde dat het tweede deel toenam bij een toenemende bolusvolume. Aangezien de fasen bij baby's nog niet volledig ontwikkeld zijn, is het mogelijk dat de drie delen van een slikgeluid van een baby ook nauwelijks te onderscheiden zijn. Daarom is in het huidige onderzoek alleen gekeken naar het gehele slikgeluid. Uit het huidige onderzoek blijkt dat de DAS variabele niet significant is bij kleine verschillen in bolusvolume, waardoor de DAS variabele waarschijnlijk ook geen significantie zou kunnen vertonen bij slikgeluiden van baby's.

DPI variabele. De DPI variabele is gedefinieerd als de tijdsduur van het begin van de slok tot aan de piekintensiteit. Het lineaire verband, zichtbaar in figuur 6, tussen de DPI variabele en de bolusvolumes geeft geen correlatie weer. Een tweedegraads polynoom, met de hoogste correlatiecoëfficiënt tussen de DPI variabele en de bolusvolumes, geeft ook geen correlatie weer. Daarnaast is de DPI variabele niet significant bij kleinere bolusvolumes. De DPI variabele is, zoals verwacht, geen belangrijke variabele voor het analyseren van een slikgeluid bij verschillende volumes. De DPI variabele verandert nauwelijks, doordat de orale fase geen invloed heeft op de tijdsduur. De piekintensiteit representeert de amplitude van het keelreflex, maar pas na de keelreflex zal de tijdsduur toenemen bij grotere bolusvolumes.

Eerdere onderzoeken [5,8] delen dezelfde conclusie over de DPI variabele en bepaalden een gemiddelde DPI variabele van respectievelijk 0.21 en 0.19 seconden over verschillende bolusvolumes. Echter verschilt de gemiddelde waarde van DPI met de gemiddelde waarde van de DPI variabele van het huidige onderzoek. Het huidige onderzoek heeft een gemiddelde DPI variabele over verschillende bolusvolumes van 0.27 seconden. Eerdere onderzoeken bepaalden op dezelfde wijze de tijdsduur van een slok, waarbij de DPI waarde erg afhankelijk kan worden van menselijke fouten. Echter gebruikten eerdere onderzoeken geen volle melk, hierdoor zou de gemiddelde waarde van DPI kunnen variëren tussen het huidige onderzoek en eerdere onderzoeken. Aangezien uit meerdere onderzoeken en het huidige onderzoek blijkt dat de DPI variabele geen duidelijk verband heeft bij verschillende bolusvolumes, zal de DPI variabele minder relevant zijn voor een vervolgonderzoek naar de slikgeluiden van baby's.

FPI variabele. De FPI variabele is gedefinieerd als de frequentie van de piekintensiteit. Het verband tussen de FPI variabele en de bolusvolumes, zichtbaar in figuur 8, geeft de hoogste correlatiecoëfficiënt bij een tweedegraads polynoom. Echter bevindt de correlatiecoëfficiënt zich tussen de 0 en 0,30, waardoor er zoals verwacht geen correlatie is tussen de FPI variabele en de bolusvolumes. Kortom, de frequentie van de keelreflex geeft geen verband weer met de bolusvolumes. Daarnaast treedt er geen significantie op tussen bolusvolumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml. Ook varieert de FPI variabele per deelnemer, waardoor er visueel bekeken geen duidelijk verband kan worden getrokken. De totale gemiddelde waarde van de FPI variabele over alle bolusvolumes en alle deelnemers is 322 Hz. Cichero et al.[8] stelt dat de FPI stabiel blijft bij verschillende bolusvolumes. Daarnaast heeft Cichero et al.[8] een gemiddelde waarde van 550.96 Hz voor FPI bepaald. Het verschil in de gemiddelde waarden van de FPI variabelen kan worden veroorzaakt door het gebruik van andere instrumenten en de plaatsing van het instrument. Als de gemiddelde waarden van de FPI variabele geen verband vertonen met een toename in bolusvolumes, dan zal de FPI variabele ook niet relevant zijn voor een vervolgonderzoek bij baby's.

PF variabele. De PF variabele is gedefinieerd als de piekfrequentie van de slok en is bepaald door middel van een zelfgekozen drempelwaarde. Het tweedegraads polynoom, zichtbaar in figuur 10, geeft het verband weer met de hoogste correlatiecoëfficiënt, maar de correlatiecoëfficiënt is zoals verwacht te laag om daadwerkelijk van correlatie te kunnen spreken. Daarnaast is de PF variabele niet-significant bij bolusvolumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4 ml. De PF variabele schommelt tussen de 3000 en 6000 Hz voor bijna alle deelnemers en alle bolusvolumes.

Aangezien de drempelwaarde van eerdere onderzoeken niet bekend is, kunnen de waarden van de PF variabelen erg verschillen. Daarnaast hebben eerdere onderzoeken niet eerder gekeken naar een kleiner verschil in bolusvolumes dan 5 ml voor de PF variabele. In het onderzoek van Youmans et al. [6] is gekeken naar een verschil in bolusvolumes van 5 ml. Echter stelde het onderzoek van Youmans et al. [6] dat het effect op de PF variabele misschien wel zichtbaar zou zijn bij een groter verschil in bolusvolumes dan 5 ml. Het huidige onderzoek laat zien dat de PF variabele bij groter wordende bolusvolumes niet zal toenemen of afnemen. Aangezien de PF variabele geen verband toont met de bolusvolumes, is de PF variabele niet relevant voor een vervolgonderzoek naar slikgeluiden van baby's.

PI variabele. De PI variabele is gedefinieerd als de piekintensiteit van de slok. De hoogste correlatiecoëfficiënt wordt zoals verwacht weergegeven bij een lineair verband, zichtbaar in figuur 12. De correlatiecoëfficiënt bevindt zich tussen de 0,30 en 0,50, waardoor er lichte correlatie plaatsvindt tussen de PI variabele en de bolusvolumes. De significantie van de PI variabele van alle deelnemers maken zichtbaar dat het mogelijk is om bolusvolumes van 0 ml en 4 ml van elkaar te kunnen onderscheiden, waardoor de PI variabele relevant kan zijn voor een vervolgonderzoek naar baby's. De fysiologische benadering hiervoor is dat bij een grotere bolusvolume de keelreflex meer kracht nodig heeft om de bolus door te slikken, waardoor de piekintensiteit van een slok zal toenemen. Echter zal niet elke deelnemer dezelfde kracht hoeven te leveren voor een keelreflex, waardoor de piekintensiteit varieert over de deelnemers.

Het onderzoek van Cichero et al. [8] spreekt de bewering van het huidige onderzoek tegen. Cichero et al. [8] beweert dat de PI constant blijft bij verschillende bolusvolumes. Andere onderzoeken [7,12] delen de bewering van het huidige onderzoek en stellen dat de piekintensiteit toeneemt bij een toenemende bolusvolume.

Enkele beperkingen van het onderzoek moeten worden overwogen. Er was te weinig tijd beschikbaar om het onderzoek uit te voeren op een groter aantal deelnemers, hierdoor is het aantal deelnemers van het onderzoek relatief klein. Daarnaast is er niet gekeken naar het gender van de deelnemers. Echter

beweert Youmans et al. [5] dat de variabelen niet variëren bij een ander gender. Verder zijn er droge slokken genomen, nadat er al bolusvolumes slokken waren genomen. Hierdoor zijn er in het onderzoek natte droge slokken genomen, wat invloed zou kunnen hebben op de resultaten. De slokken zijn handmatig geannoteerd, waardoor er makkelijkere menselijke fouten kunnen zijn gemaakt. Daarnaast is er nog weinig onderzoek gedaan naar de invloed van kleine bolusvolumes op de variabelen, waardoor er weinig resultaten konden worden vergeleken.

Het doel van het huidige onderzoek was om een basis te leggen voor een vervolgonderzoek naar de slikgeluiden van baby's. Echter zou het huidige onderzoek ook van belang kunnen zijn om de bolusvolume van volwassenen te bepalen om bijvoorbeeld uitdroging te kunnen voorkomen. Om de bolusvolumes van volwassenen nauwkeuriger te kunnen bepalen, kunnen de DAS en de PI variabelen samen worden genomen. De DAS en de PI variabelen nemen toe bij een volumeverschil van 18 ml. Aangezien de gemiddelde bolusvolume van volwassenen tussen de 20 en 25 ml ligt, zijn de DAS en de PI variabelen de geschikte variabelen om de bolusvolume van volwassenen nauwkeurig te kunnen bepalen.

Voor een vervolgonderzoek naar de slikgeluiden van baby's is het vooral belangrijk om te kijken naar de PI variabele. De PI variabele is significant bij een bolusvolume verschil van 4 ml. De gemiddelde bolusvolume van baby's is 3.8 ml. Om te bepalen of de PI variabele ook significant is bij baby's, moet er een vervolgonderzoek worden uitgevoerd. Aangezien er nog niet veel over de slikgeluiden van baby's bekend is, zal er eerst meer onderzoek moeten worden gedaan naar de slikgeluiden van baby's. De methode van het huidige onderzoek kan niet worden gebruikt voor baby's. De methode zal eerst moeten worden aangepast door de droge slokken op het begin uit te voeren. Daarnaast is het moeilijk om baby's verschillende bolusvolumes te laten slikken en er moet worden onderzocht of de microfoon ook slikgeluiden bij baby's kan detecteren. Aangezien leeftijd ook een rol speelt op de variabelen en er in dit huidige onderzoek alleen deelnemers hebben deelgenomen tussen de 19 en 23 jaar oud, kan er eerst worden gekeken naar deelnemers van 5 jaar oud die wel verschillende bolusvolumes kunnen slikken. Door de huidige methode eerst uit te voeren op deelnemers van 5 jaar oud, kan er worden gekeken of op jongere leeftijd hetzelfde verband bij de variabelen zichtbaar is ten opzichte van de variabelen van het huidige onderzoek. Daarnaast is het belangrijk om een betrouwbare methode te vinden om slikgeluiden te kunnen annoteren, waardoor menselijke fouten kunnen worden tegengegaan.

6. Conclusie

Het onderzoek toont aan dat een microfoon kan worden gebruikt om de karakteristieken van slikgeluiden in volwassenen te analyseren bij het slikken van verschillende volumes. De karakteristieken van de slikgeluiden variëren niet allemaal bij verschillende bolusvolumes van volle melk. De DAS en de PI variabele tonen als enigste variabelen een correlatie. Echter toont de DAS variabele geen significantie bij bolusvolumes van 0 ml, 1 ml, 2 ml en 4ml, waardoor de DAS variabele minder relevant kan zijn voor een vervolgonderzoek van slikgeluiden bij baby's. Daarentegen, kan de PI variabele wel relevant zijn voor het vervolgonderzoek van slikgeluiden bij baby's. De PI variabele toont bij een bolusvolume verschil van 4 ml namelijk wel significantie. Om vast te kunnen stellen of de PI variabele daadwerkelijk invloed heeft op de slikgeluiden van baby's zal er een vervolgonderzoek moeten plaatsvinden.

Referenties

- [1] World Health Organization. Infant and young child feeding. [Internet]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/infant-and-young-child-feeding>. [Accessed May 24, 2022]
- [2] Lau C. Development of suck and swallow mechanisms in infants. *Ann Nutr Metab* 2015;66:7-14. doi:10.1159/000381361.
- [3] Shahmoon R, Tamir Y, Beiderman Y, Agdarov S, Beiderman Y, Zalevsky Z. Analysis of swallowing in infants and adults using speckle pattern analysis. *Sci Reports* 2022;12:1–11. doi:10.1038/s41598-022-07895-w.
- [4] Moussavi ZK, Leopando IMT, Pasterkamp H, Rempel G. Computerised acoustical respiratory phase detection without airflow measurement. *Med Biol Eng Comput* 2000;38:198–203. doi:10.1007/BF02344776
- [5] Youmans SR, Stierwalt JAG. An Acoustic Profile of Normal Swallowing. *Dysphagia* 2005;20(3), 195–209. doi:10.1007/s00455-005-0013-1.
- [6] Youmans SR, Stierwalt JAG. Normal Swallowing Acoustics Across Age, Gender, Bolus Viscosity, and Bolus Volume. *Dysphagia* 2011;26:374–84. doi:10.1007/s00455-010-9323-z.
- [7] Honda T, Baba T, Fujimoto K, Goto T, Nagao K, Harada M, Honda E, Ichikawa T. Characterization of Swallowing Sound: Preliminary Investigation of Normal Subjects. *PLoS One* 2016;11:168187. doi:10.1371/journal.pone.0168187.
- [8] Cichero JAY, Murdoch BE. Acoustic signature of the normal swallow: Characterization by age, gender, and bolus volume. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002;111:623–32. doi:10.1177/000348940211100710.
- [9] Matsuo K, Palmer JB. Anatomy and Physiology of Feeding and Swallowing – Normal and Abnormal. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2008;19:691. doi:10.1016/J.PMR.2008.06.001.
- [10] de Almeida MB de M, de Almeida JAG, Moreira MEL, Novak FR. Adequacy of human milk viscosity to respond to infants with dysphagia: Experimental study. *J Appl Oral Sci* 2011;19:554–9. doi:10.1590/S1678-77572011000600003.
- [11] Bakshi AS, Smith DE. Effect of Fat Content and Temperature on Viscosity in Relation to Pumping Requirements of Fluid Milk Products 1. *J Dairy Sci* 1984;67:1157–60. doi:10.3168/jds.S0022-0302(84)81417-4.
- [12] Giridhar D, Rao AM, Suresh Hegde P, Kumar Ghosh P. Analysis of swallow sounds of healthy controls for different volumes of water. *International Conference on Engineering in Medicine and Life Sciences*. 2019

Bijlage

Protocol

Protocol - Onderzoek

1. De deelnemer leest de information brochure door.
2. De onderzoeker vertelt de deelnemer wat er gedaan gaat worden, zodat de deelnemer goed is ingelicht.
3. De onderzoeker vraagt of er nog verdere vragen zijn.
4. Zowel de onderzoeker als de participant ondertekent de informed consent in tweevoud.
5. De onderzoeker schrijft de leeftijd, naam, gender en deelnemer nummer netjes op.
6. De onderzoeker vult 2x spuiten van 1 mL, 2 mL, 4 mL, 6 mL, 10 mL, 14 mL, 18 mL met volle melk. (Totaal = 110 ml volle melk)
7. De deelnemer krijgt de instructie dat er tijdens het drinken ook geen geluid moet komen van het inspuiten van de melk.
8. De deelnemer moet rechtop op een stoel gaan zitten en moet zo min mogelijk bewegen en geluid maken. Tenzij anders staat aangegeven in het schema hieronder.
9. De deelnemer krijgt lateraal op de trachea een microfoon geplaatst met tape.
10. De onderzoeker zorgt ervoor dat de camera op de juiste positie staat, zodat de keel van de deelnemer goed zichtbaar is, om slikgeluiden waar te kunnen nemen.
11. De onderzoeker zorgt ervoor dat de deelnemer de tijd kan zien, zodat de deelnemer weet wanneer welke beweging moet worden gemaakt.
12. Wanneer de onderzoeker 2x in de handen klapt, dan begint het onderzoek. In het schema, zichtbaar in tabel 3, staat weergegeven wat de deelnemer moet doen. De deelnemer moet bij de slikvolumes eerst de gehele volume in de mond nemen en daarna pas doorslikken. Wanneer de deelnemer tussendoor droog slikt, zonder dat het in het schema staat, moet de deelnemer een vinger opsteken. Wanneer de deelnemer dit vergeet, dan is het niet erg. Door de video opname kan de onderzoeker dit nog nachecken. Hierdoor weet de onderzoeker dat er een droge slok op dat tijdstip heeft plaatsgevonden. Tijdens het onderzoek zal de onderzoeker de spuiten aangeven aan de deelnemer, zodat de deelnemer geen verkeerde slikvolumes kan pakken.

Tabel 6 Het tijdsschema voor het onderzoek

Tijd(in minuut)	Slikvolume
0.10	Droog
0.25	1 ml
0.40	2 ml
0.55	4 ml
1.10	6 ml
1.25	10 ml
1.40	14 ml
1.55	18 ml
2.20	2x Hoesten
2.40	Voorlezen
3.50	Zuchten
4.10	Droog
4.25	1 ml
4.40	2 ml
4.55	4 ml
5.10	6 ml
5.25	10 ml
5.40	14 ml
5.55	18 ml
6.20	2x Hoesten
6.40	Voorlezen
7.50	Zuchten

13. Wanneer de laatste zucht is genomen op 7.50, wordt op 8.00 2x in de handen geklapt. Hierna wordt de audio en de video data uitgezet en opgeslagen. De audio en video data krijgen de zelfde naam: bv. deelnemer1. Het nummer van de deelnemer is een ander nummer dan op het informed consent.
14. De onderzoeker haalt de microfoon met de tape rustig van de huid af bij de deelnemer.
15. De deelnemer wordt bedankt en kan naar huis. De onderzoeker gaat zich focussen op de analyse.

Protocol – Analyse

1. De onderzoeker voegt de audio en video data samen door middel van Videopad.
2. De audio en video data worden in Elan geladen. In Elan worden er annotaties met meerdere tiers(0ml, 1 ml, 2ml, 4ml, 6ml, 10ml, 14ml, 18ml) gemaakt door te luisteren naar het slikgeluid en door te kijken naar de video.
3. Wanneer de annotaties klaar zijn, wordt het bestand in Python geladen. Het Python-script moet de tijdsduur van het slikgeluid(DAS), de tijdsduur van het begin van het slikgeluid tot aan de piekintensiteit(DPI), de piekintensiteit (PI), de piekfrequentie(PF) en de frequentie bij de piekintensiteit(FPI) kunnen bepalen.
4. De onderzoeker moet vervolgens een statistische analyse toepassen.
5. De resultaten worden verwerkt in het verslag.