

Automatische Impedantie Manometrie (AIM): objectieve diagnostiek van oro-faryngale dysfagie

Auteurs: Nathalie Rommel, Sam Denys, Claudia Liesenborghs, Charlotte Scheerens, Margot Selleslagh, Ann Goeleven, Dirk Vanbeckevoort, Taher Omari, Jan Tack, Eddy Dejaeger

Samenvatting

This review article aims to demonstrate the clinical potential of Automated Impedance Manometry (AIM) as a new, non-radiological technique for screening and diagnosis of oro-pharyngeal dysphagia. An integrated – rather than separate – analysis of pressure and impedance patterns generated in the pharynx when swallowing a food bolus, can be a useful complement to the radiological investigations considered as gold standard today. Major advantages are the objective nature of this technique and the fully automated calculation of various swallow parameters. A global measure of swallowing function can be derived (a Swallow Risk Index, SRI) and is related to (the severity of) the risk of aspiration and the presence of pharyngeal post-swallow residue. It was shown that aspiration on videofluoroscopy was accurately detected by using AIM with a sensitivity of 0.88 and a specificity of 0.96. AIM analysis can be performed quickly and is reliable in the hands of different end users. Various parameters are sufficiently sensitive to detect changes in bolus consistency and – as was recently found – are influenced by swallowing manoeuvres. Furthermore, different patterns of deviant swallow parameters can be found in different patient populations. Whether this observation can provide specific diagnoses and – as a consequence – more targeted treatments is currently under investigation.

Automated Impedance Manometry (AIM): objective diagnosis of oropharyngeal dysphagia

Abstract

Dit overzichtartikel wil het klinisch potentieel aantonen van Automatische Impedantie Manometrie (AIM) als nieuwe, niet-radiologische techniek voor screening en diagnostiek van faryngale dysfagie, zijnde slikstoornissen in de mond, keelholte en bovenste slokdarm. Deze AIM-techniek maakt gebruik van een katheter met druksensoren en impedantie-elektroden om slikken kwantitatief te beschrijven. Een geïntegreerde – eerder dan afzonderlijke – analyse van de gemeten druk- en impedantiepatronen die ontstaan bij het doorslikken van een voedselbolus, kan een zinvolle aanvulling zijn op de dynamische beeldvormingsonderzoeken die vandaag de dag als gouden standaard worden gezien. Belangrijke voordelen zijn het objectieve karakter van de techniek en de geautomatiseerde berekening van diverse slikparameters. Een globale maat voor de slikfunctie kan worden bekomen (Slik Risico Index, SRI) en houdt verband met (de ernst van) het aspiratierisico van de patiënt en de aanwezigheid van bolusresidu. Zo kan een accurate detectie van aspiratie met een sensitiviteit van 0,88 en specificiteit van 0,96 niet via radiologisch onderzoek bereikt worden. Verschillende slikparameters zijn ook voldoende gevoelig om veranderingen in voedselconsistentie te detecteren en om de effecten van slikmanoeuvres objectief te beschrijven. Recent werd ook aangetoond dat deze AIM-analyse snel en betrouwbaar kan worden uitgevoerd door klinici met variërende ervaring en opleiding. Bovendien worden in verschillende patiëntengroepen andere patronen van afwijkende slikparameters aangetroffen. Of deze observatie aanleiding kan geven tot specifieke slikdiagnoses en dus meer gerichte behandelingen is momenteel onderwerp van onderzoek.

Kernwoorden: aspiratie, hoge resolutie manometrie, intraluminale impedantiemetingen, slikevaluatie, slikstoornissen

Keywords: Aspiration, High resolution manometry, Intraluminal impedance measurements, Swallow function assessment, Swallowing disorders

Inleiding

De evaluatie van de slikfunctie omvat naast een klinisch onderzoek vaak een technisch onderzoek. Twee belangrijke aspecten moeten bij het onderzoeken van de persoon met een slikstoornis of dysfagie worden nagegaan: de veiligheid van de slikbeweging (afwezigheid van aspiratie) en de doeltreffendheid van de slikbeweging (afwezigheid van bolusresidu na het slikken).

De techniek die vandaag de dag wordt gezien als de gouden standaard voor het onderzoeken van de slikfunctie is videofluoroscopie (VFS).¹ Dit onderzoek voorziet de clinicus van een direct zicht op de anatomische structuren vanaf de mondholte tot het bovenste deel van de slokdarm en laat toe de veiligheid en doeltreffendheid van de slikbeweging te beoordelen. Anatomische abnormaliteiten alsook aspireren en de aanwezigheid van bolusresidu kunnen worden gedetecteerd. Bovendien kunnen therapeutische interventies worden geëvalueerd en richtlijnen voor de behandeling van de patiënt worden afgeleid. VFS als beeldvormingsonderzoek vereist dat de clinicus de verkregen beelden interpreteert. Dit maakt dat deze techniek voor een groot deel berust op kwalitatieve interpretatie en op specifieke expertise van de onderzoeker. Bovendien kan men het herhaaldelijk screenen van patiënten met deze techniek maar moeilijk rechtvaardigen omwille van de blootstelling aan ioniserende stralen. Tot slot is het uitvoeren van VFS bij patiënten met mobiele- en/of cognitieve belemmeringen geen geringe opgave. Omwille van deze beperkingen krijgt een belangrijk aandeel van de patiënten in de huidige klinische praktijk geen aangepast videofluoroscopisch onderzoek, hoewel zij wel voordeel zouden kunnen ondervinden van een objectief slikonderzoek.

Een niet-radiologische, objectieve en minimaal invasieve techniek die screening en follow-up toelaat in een brede patiëntenpopulatie en bovendien makkelijk doch betrouwbaar kan worden uitgevoerd door verschillende clinici, zou een relevante en nuttige aanvulling kunnen zijn op de huidige gouden standaard. Recente technologische vooruitgang en daarmee geassocieerd wetenschappelijk onderzoek leveren veelbelovende nieuwe technieken aan voor de evaluatie van het faryngale slikken.

Het gebruik van manometrie (drukmetingen) werd in dit kader uitvoerig bestudeerd. Drukmetingen geven informatie over de faryngale samentrekkingskracht (boluspropulsie) en de relaxatie van de bovenste slokdarmsfincter (bolusklaring). Het verkrijgen van betrouwbare drukmetingen in het faryngo-oesofagale segment is een uitdaging, gelet op de hoge snelheid van faryngale contractie.

De overgang van lage resolutie naar hoge resolutie manometrie (HRM) betekende een technologische sprong vooruit. Waar conventionele katheters één tot twee sensoren bevatten ter hoogte van de farynx en nog eens één tot twee in de bovenste slokdarmsfincter, bestaan katheters voor HRM uit meerdere druksensoren die dicht bij elkaar gepositioneerd zijn (per 1 cm) over de volledige lengte van het faryngo-oesofagale segment.^{2,3,4,5} Ondanks deze technologische vooruitgang, bleef men toch genoodzaakt HRM met VFS te combineren (videomanometrie).⁶ De voornaamste reden hiervoor is dat HRM als alleenstaande techniek geen directe informatie geeft over het optreden van aspiratie en de aanwezigheid van bolusresidu.

Intraluminale impedantiemetingen zijn de laatste jaren in opmars als techniek voor het beoordelen van gastro-oesofagale reflux^{7,8,9,10,11} en slokdarmmotiliteit.^{12,13,14} Deze techniek wil tegemoet komen aan de beperkingen van HRM.

Impedantiemetingen laten toe om de beweging of stroom van verschillende bolustypes doorheen een lumen te meten. Als een hooggeleidend medium (bijvoorbeeld een vloeibare bolus) door de slokdarm stroomt, daalt de impedantie. Omgekeerd is er een stijging van de impedantie als een laaggeleidend medium (bijvoorbeeld lucht) door de slokdarm stroomt. Impedantiemetingen geven aldus informatie over de aanwezigheid van een bolus binnen een lumen. Men veronderstelde dat dit soort onderzoek ook zou kunnen worden ingezet om de effectiviteit van bolusvloed en – klaring in de farynx te objectiveren.¹⁵ Om er achter te komen of impedantiemetingen hiertoe inderdaad potentieel hadden, werd een vergelijking gemaakt tussen verschillende impedantieparameters en informatie over bolusvloed verkregen via VFS. De resultaten van deze

studies tonen aan dat de normale en afwijkende bolusvloed inderdaad accuraat kan worden gemeten als optimale impedantiecriteria worden toegepast.^{16,17} Mucosaal contact, residu en secreties maken dat de impedantiemetingen echter nogal variëren over de volledige lengte van het faryngo-esofagale segment en dat bevordert de betrouwbaarheid van deze metingen in de farynx niet.¹⁸ Bovendien kunnen impedantiemetingen aspiratie ook niet rechtstreeks detecteren. Bijgevolg kunnen ze niet worden beschouwd als een volwaardig equivalent van VFS.

Samengevat kunnen noch manometrie noch impedantiemetingen individueel voldoende informatie verschaffen over de veiligheid en doeltreffendheid van de slikbeweging om dienst te doen als niet-radiologisch alternatief voor de huidige gouden standaard. Toch hebben beide technieken belangrijke voordelen en kan het zinvol zijn om na te gaan of hun combinatie een toegevoegde waarde heeft in de diagnostiek van dysfagie. Druk- en impedantiemetingen kunnen nu gecombineerd worden uitgevoerd met eenzelfde katheter en leveren dus simultaan opgenomen, kwantificeerbare data op. Een lange tijd gebeurde de analyse van de impedantie en manometrie afzonderlijk, zelfs wanneer simultane metingen beschikbaar waren.

Recent kan, via de ontwikkeling van Automatische Impedantie Manometrie (AIM), de analyse van een gecombineerde meting geïntegreerd gebeuren. Op die manier laat AIM een objectieve evaluatie van de faryngale slikfunctie toe. Dit artikel beschrijft het concept, de technologie, de tot dusver behaalde resultaten en de klinische toepasbaarheid van deze nieuwe diagnostische techniek.

Geautomatiseerde impedantie manometrie

Via AIM-analyse kunnen verschillende variabelen worden verkregen die bolusvloed, bolusweerstand en faryngale contractiekracht kwantificeren en zodoende de onderliggende processen van het slikken vertalen in een objectieve, numerieke waarde. Door het combineren van de verschillende slikvariabelen kan een algemene index van de slikfunctie (Swallow Risk Index, SRI) worden berekend. Deze index kan voorspellen of aspiratie vermoedelijk zal optreden en houdt ook verband met de aanwezigheid van bolusresidu na het slikken.

Deze paragraaf beschrijft de opname van de druk- en impedantiemeting, de geautomatiseerde analyse van deze meting en de berekening van de verschillende slikparameters.

Opname van de gecombineerde druk- en impedantiemeting

Hoge Resolutie impedantie Manometrie (HRiM) wordt uitgevoerd met een smalle katheter die zowel druksensoren als impedantiesegmenten bevat (Fig. 1). Een hoge resolutie betekent dat deze sensoren gepositioneerd worden met nauwe tussenruimtes. De katheter die gebruikt wordt voor AIM is een solid state katheter (electrische metingen). De AIM- technologie laat ook toe om metingen te analyseren die met een waterperfusie-katheter opgenomen zijn voor bijvoorbeeld oesofagale metingen, maar voor studies in de orofarynx and bovenste slokdarm functie wordt waterperfusie-manometrie vermeden en werd de AIM-technologie niet gevalideerd. De tot nu toe gebruikte katheters hebben een diameter van 3–3,2 mm en bevatten, naast 25 of 36 druksensoren die op één cm van elkaar gepositioneerd zijn, ook nog 12 tot 16 aangrenzende impedantiesegmenten met telkens twee cm tussenruimte (Unisensor USA Inc, Portsmouth, NH).^{19,20,21,22,23}

Voorlopig werden ook nog geen andere commercieel verkrijgbare solid state katheters uitgetest naar validiteit, maar dit is deel van het lopende onderzoek.

De katheter wordt via de neus geplaatst. Om deze plaatsing te vergemakkelijken wordt op de tip wat glijmiddel (endoscopie gel) aangebracht. Vooraf aan de intubatie wordt de neus lokaal verdoofd met lignocainegel. De katheter wordt zo geplaatst dat de druk- en impedantiemeetpunten het hele faryngo-esofagale segment omvatten. Of de plaatsing correct is, kan in real-time bekeken worden op een met de katheter verbonden meetcomputer.

Druk- en impedantiedata worden door de software opgenomen aan 20 Hz (Solar GI Acquisition System, MMS, The Netherlands).^{19,20,21,22,23} Voedselbolussen van verschillende volumes en consistenties kunnen worden toegediend. Om de bolusgeleiding te verhogen wordt 1% zoutoplossing (NaCl) toegevoegd.

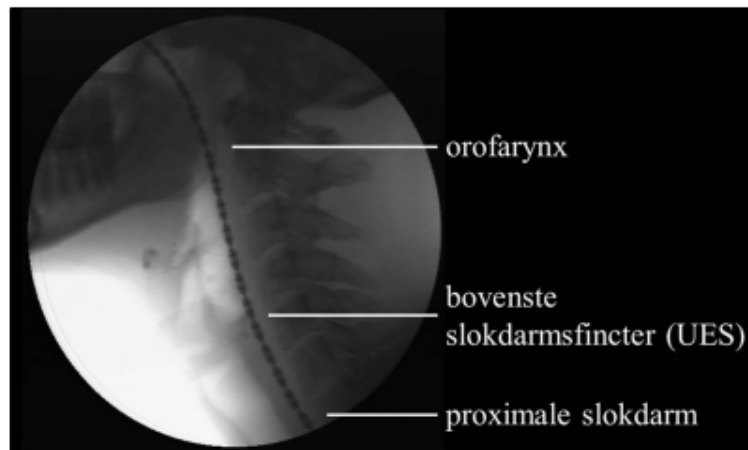


Fig. 1 Gecombineerde manometrie-impedantiekatheter in-situ op lateraal videofluoroscopisch beeld van de orofarynx, bovenste slokdarmsfincter (UES) en proximale slokdarm

Analyse van de gecombineerde druk- en impedantiemeting

Druk- en impedantieopnames worden grafisch voorgesteld op een topografische kleurenplot. Deze plot toont de peristaltische drukgolf in de farynx, de relaxatie en beweging van de bovenste slokdarmsfincter en de bolusbeweging. Druk- en impedantiedata worden geautomatiseerd geanalyseerd met behulp van AIMplot,^{21,22,23,24,25} een softwareprogramma dat in MATLAB werd ontworpen. Om de AIM-analyse te starten, dient de onderzoeker drie spatio-temporele herkenningspunten aan te duiden op de plot (Fig. 2). Deze punten zijn:

1. Het begin van de faryngale slik: dit is wanneer de bovenste slokdarmsfincter begint te relaxeren;
2. de positie van de velofarynx: dit is de drukzone onmiddellijk boven de faryngale peristaltische golf en
3. de positie van het proximale segment van de bovenste slokdarmsfincter onmiddellijk na de faryngale slik.

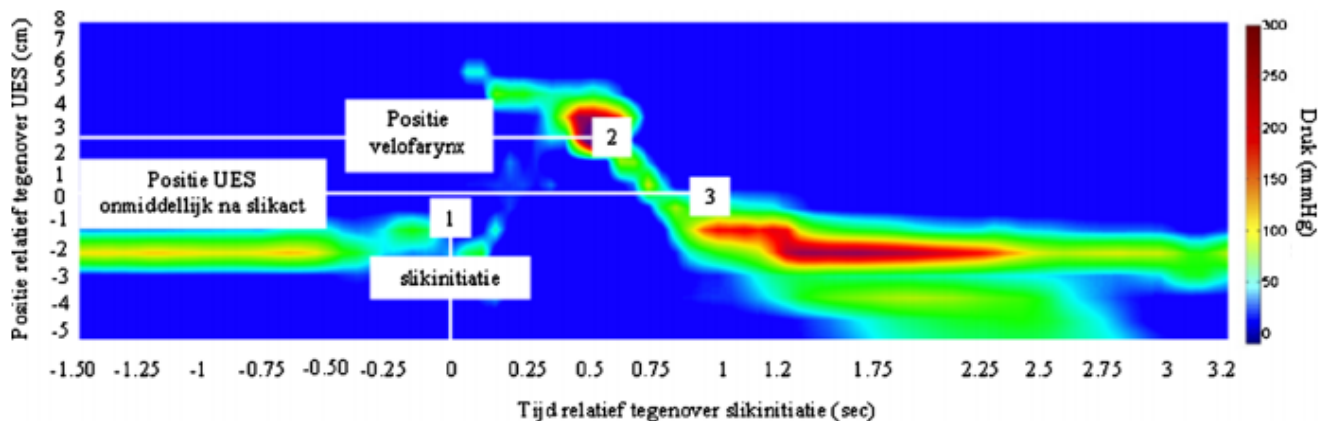


Fig. 2 Spatio-temporele herkenningspunten op topografische kleurplot (UES, Bovenste slokdarmsfincter)

Vervolgens worden vier regio's gedefinieerd voor de geautomatiseerde berekening van unieke slikvariabelen. Deze regio's bakenen het gebied af van de farynx, de distale farynx en de bovenste slokdarmsfincter (Fig. 3). Meer in detail bevatten deze regio's:

1. het volledige faryngo-esofagale segment (van velofarynx tot proximaal deel van de bovenste slokdarmsfincter) voor analyse van drukpatronen van 0,5 s voor tot 1,0 s na de slikbeweging (regio I);
2. de distale farynx (van tongbasis tot proximaal deel van de bovenste slokdarmsfincter) voor analyse van impedantiepatronen van 0,25 s voor tot 2,5 s na de slikbeweging (regio II);
3. de bovenste slokdarmsfincter (regio III) en

4. de distale helft van het faryngo-oesofagale segment van 0,25 s na de piek van faryngale contractie over een tijdsinterval van 1 s (regio IV).

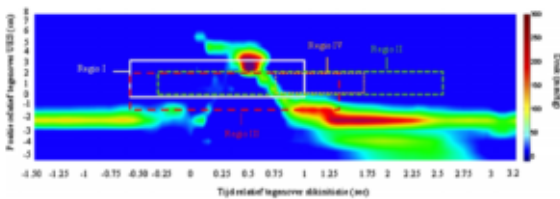


Fig. 3 Regio's voor berekening van slikparameters op kleurplot (UES, Bovenste slokdarmsfincter)

Berekening van slikparameters

Het AIM-algoritme berekent een set van zes parameters gebaseerd op de druk- en impedantiepatronen in de verschillende regio's, gemiddeld over alle meetpunten. Voor definities verwijzen we naar Tabel 1 (illustratie: Fig. 4).

Slikbewegingen met aspiratie hebben een lagere PP (minder sterke farynxcontractie), een hogere PNI (verhoogde intrabolusdruk), een langer FI (langere aanwezigheid van de bolus in de farynx) en een kortere TNI-PP (minder optimale boluspropulsie). Op basis van deze observaties werd een formule afgeleid om het slikrisico in te schatten; de Swallow Risk Index (SRI). Deze index voorziet een globale maat voor de slikfunctie (Fig. 5). Een hoge SRI-index indiceert dysfuncties in het slikken met risico op aspiratie. Om een betrouwbare index te bekomen, moet men de berekening ervan baseren op minimaal vier slikbewegingen.²³

Betrouwbaarheid en validiteit

Wil een instrument toepasbaar zijn in de klinische praktijk, moet dit door verschillende personen gehanteerd kunnen worden. Dit is zeker het geval voor een screeninginstrument; een dergelijk instrument moet betrouwbare informatie opleveren als het wordt gebruikt door ervaringsdeskundigen, maar ook als het door niet-ervaren gebruikers wordt aangewend. Bovendien moet men ongeveer dezelfde resultaten verkrijgen als metingen herhaaldelijk uitgevoerd worden door één persoon. De overeenstemming tussen analyses uitgevoerd door verschillende onderzoekers wordt beoordeeld door de interbeoordelaarsreproduceerbaarheid. De overeenstemming tussen herhaaldelijke analyses uitgevoerd door dezelfde onderzoeker, beoordeelt men met de intrabeoordelaarsreproduceerbaarheid. Beide maten liggen hoog voor AIM-analyse. De intra-klasse correlatiecoëfficiënt ligt tussen 0,85 en 0,91 voor intrabeoordelaarsreproduceerbaarheid en tussen 0,94 en 0,97 voor interbeoordelaarsreproduceerbaarheid.^{20,25} Een coëfficiënt van nul duidt hierbij geen overeenstemming aan, een coëfficiënt van één wijst op een perfecte overeenstemming. De interbeoordelaarsreproduceerbaarheid van AIM werd bepaald binnen een groep van tien onderzoekers met verschillende ervaring betreffende impedantie manometrie metingen.

Samengevat kan AIM dus beschouwd worden als een betrouwbare analysemethode die kan gebruikt worden door clinici met verschillende ervaring en opleiding.

Tabel 1 Definities, normwaarden en interpretatie van de verschillende slikparameters		
Parameter (eenheid)	Normwaarde	Betekenis
Regio I		
PP (mmHg)	>92 ^a	Faryngale piekdruk: maximale contractiekracht van de farynxperistaltiek laag = minder sterke farynxcontractie (slechte bolusklaring) ¹⁹⁻²⁵
PNI (mmHg)	<27 ^a	Druk op de nadirimpedantie: faryngale druk op het moment van maximale bolusvloed (intra-bolusdruk) hoog = verhinderde boluspassage, obstructie ¹⁹⁻²⁵
TNI-PP (ms)	>370 ^a	Tijdsinterval van nadirimpedantie tot piekdruk: capaciteit om de bolus voort te stuwen vóór aanvang van de peristaltische drukgolf kort = inefficiënte boluspropulsie ¹⁹⁻²⁵
Regio II		
FI (ms)	<1250 ^a	Flow interval: aanwezigheidsduur van de bolus in de farynx Lang = vertraagde initiatie van de slikbeweging of slechte klaring van bolusresidu ¹⁹⁻²⁵
Regio III		
UES NI (Ohm)	140-160 ^{a, 22}	Nadirimpedantie in de bovenste slokdarmsfincter: boluspassage ter hoogte van de bovenste slokdarmsfincter hoog = smalle diameter van de bovenste slokdarmsfincter, indicatief voor dysfunctie ²¹
Regio IV		
iZn/Z (Ohm)	500 ^a	Verhouding nadirimpedantie tot nadirimpedantie onmiddellijk na de slikbeweging hoog = faryngaal bolusresidu na de slikbeweging ²⁴

^aCut-off waarden²⁵

Om valide te zijn, moet het instrument meten wat het beweert te meten. Validiteit vertaalt zich rechtstreeks in diagnostische accuraatheid. De validiteit van AIM werd nagegaan door een vergelijking te maken met VFS. Zowel de veiligheid als doeltreffendheid van het slikken werden geëvalueerd met de gouden standaard. Hiertoe werd gebruik gemaakt van de Penetratie Aspiratie Schaal (PAS)²⁶ en een zes-punten schaal om bolusresidu in te schalen (Bolus Residue Scale, BRS).¹⁸ De verkregen data werden gecorreleerd met de verschillende AIM-variabelen. De SRI bleek sterk samen te hangen met aspiratie zoals beoordeeld met VFS. Correlatiecoëfficiënten van 0,846 (voor initiële slikken), 0,622 (voor alle slikken) en 0,776 (voor doorslikken van vloeibare bolussen) werden gevonden.^{20,25} Een coëfficiënt van nul duidt hierbij opnieuw geen overeenstemming aan, een coëfficiënt van één wijst op een perfecte overeenstemming.

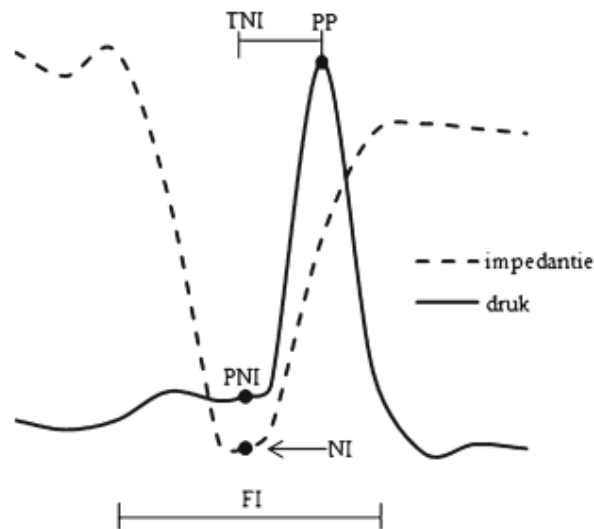


Fig. 4 Grafische voorstelling van de slikparameters op een impedantie- en druk-lijnplot. De stippellijn stelt de impedantie-lijnplot voor over 1 impedantie segment van 2 cm in de farynx. De volle lijn stelt de druk-lijnplot voor in hetzelfde segment in de farynx

Het bepalen van de sensitiviteit en specificiteit van een screeningsinstrument geeft informatie over de accuraatheid van dat instrument om de aan- of afwezigheid van een conditie (dit is bijvoorbeeld aspiratie) correct in te schatten. Toegepast op de diagnostiek voor slikstoornissen, heeft een techniek een hoge sensitiviteit als deze de aanwezigheid van aspiratie detecteert als aspiratie ook daadwerkelijk aanwezig is. Een techniek heeft een hoge specificiteit als deze de afwezigheid van aspiratie correct detecteert als aspiratie ook daadwerkelijk niet aanwezig is. Waarden voor sensitiviteit en specificiteit kunnen tussen nul en één liggen (één staat hierbij voor accurate detectie). Een SRI van 915 lijkt optimaal te zijn voor een accurate detectie van de aan- of afwezigheid van aspiratie in termen van sensitiviteit (0,88–1) en specificiteit (0,96–1) als over minstens vier slikbewegingen wordt gemiddeld.^{20,23,25} Voor een enkele slik kan een afsnijwaarde van 920 worden gehanteerd met een sensitiviteit en specificiteit van 0,95 en 0,96 respectievelijk.^{20,25}

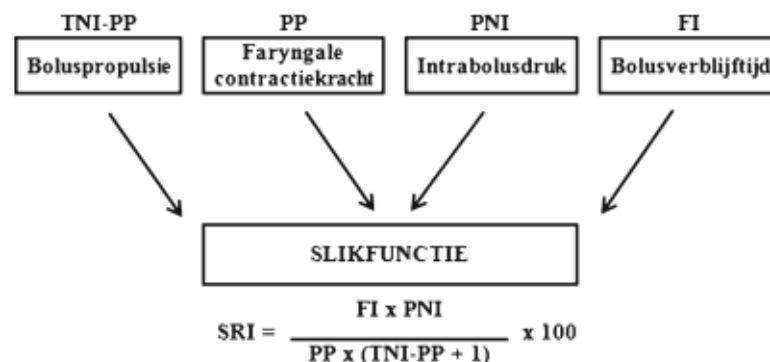


Fig. 5 Berekening van de swallow risk index (SRI)

Het effect van bolusvolume en –consistentie op de AIM-variabelen

Geïsoleerde drukvariabelen van de bovenste slokdarmsfincter schijnen beïnvloed te worden door een toename van het bolusvolume.⁴ AIMvariabelen ervaren deze volumeafhankelijkheid echter niet en lijken robuust tegen het effect van bolusvolume.^{20,21} De resultaten van verschillende bolusvolumes kunnen aldus worden ggeneraliseerd.

AIM-parameters detecteren daarentegen wel een effect van bolusconsistentie. Variabelen van de bovenste slokdarmsfincter variëren met toenemende viscositeit en zijn toe te schrijven aan een veranderende intrabolusdruk.^{21,23} Een belangrijke observatie is dat de SRI-index afneemt met toenemende viscositeit. Dit stemt overeen met de klinische ervaring dat slikken

van halfvaste voeding in vergelijking met slikken van een dun vloeibare voeding veiliger is. Adviesverlening onder de vorm van het indikken van vloeistoffen is een algemeen verspreide therapeutische interventie als aspiratie optreedt voor vloeibaar voedsel. De daling van het slikrisico met toenemende bolusviscositeit bevestigt het nut van consistentieaanpassingen om de veiligheid van het slikken te maximaliseren.

AIM en pathologisch slikken

De tot dusver gepubliceerde studies over AIM rapporteren voornamelijk resultaten van patiënten met een neurologische problematiek. Momenteel loopt een grootschalig, internationaal multicenteronderzoek met als doel de slikbeweging van een heterogene populatie van patiënten met dysfagie door middel van AIM in kaart te brengen. We verwachten dat de AIM-waarden anders liggen voor verschillende specifieke patiëntengroepen.²³ Pathologie-specifieke resultaten werden nog maar zeer recent gepubliceerd.

Een studie van patiënten met een medische voorgeschiedenis van longontsteking toont hogere iZn/Z-waarden en kortere TNI-PP intervallen, respectievelijk indicatief voor de aanwezigheid van bolusresidu na het slikken en een zwakke boluspropulsie.²⁷

In een andere studie werd een vergelijking gemaakt tussen gezonde controlepersonen en twee patiëntengroepen met neurodegeneratieve aandoeningen. In deze laatste groep werden een korter TNI-PP interval, hogere PNI en UES NI en een langer FI-interval aangetroffen. Dit wijst respectievelijk op een slechte boluspropulsie, meer weerstand op de bolus, een verminderde diameter van de bovenste slokdarmsfincter en de bolus blijft langer aanwezig in de farynx.²⁸

Een andere AIM-studie die naging wat de invloed was van het normale verouderingsproces op de slikfunctie laat bij oudere personen een toegenomen FI-interval, alsook een hogere UES NI, PNI en iZn/Z-verhouding zien. De bolus doet langer over het faryngaal traject, de opening van de bovenste slokdarmsfincter is beperkter, er is meer weerstand ter hoogte van de UES en er is meer residu na de slikbeweging. In de oudere groep komen hogere SRI-waarden ook meer frequent voor.²⁹ Opmerkelijk is dat deze parameters onafhankelijk van aanwezige aandoeningen en toegenomen leeftijd beïnvloed worden.³⁰ Dit wil zeggen dat de slikfunctie bij oudere mensen met dysfagie uitgedaagd wordt door meer factoren.

Klinische toepasbaarheid van AIM

Patiënten met een slikstoornis lopen risico op aspiratie. Vanwege de belangrijke impact hiervan, is het van cruciaal belang dat dit risico zo vroeg mogelijk in kaart wordt gebracht, zodat interventies kunnen worden opgestart vooraleer ernstige symptomen zich voordoen of complicaties optreden. VFS wordt momenteel beschouwd als de gouden standaard om aspiratie te beoordelen. Deze dynamische beeldvormingstechniek is echter niet aanwezig op elke radiologische afdeling en vereist bovendien expertise en ervaring in de interpretatie. Het onderzoek kan niet aan bed worden gedaan, wat de uitvoering ervan bij patiënten met cognitieve en/of mobiele beperkingen bemoeilijkt. Patiënten worden bijgevolg vaak niet videofluoroscopisch onderzocht of worden pas onderzocht als ze reeds klinische tekenen en symptomen van aspiratie vertonen.

Een klinische slikscreening kan wel aan bed worden uitgevoerd. Via dit onderzoek tracht men signalen op te sporen die duiden op de aanwezigheid van aspiratie (bijvoorbeeld hoesten en veranderingen in de stemgeving). Deze screeningstechniek is echter niet adequaat genoeg om de ernstgraad van de slikstoornis in te schatten en bovendien kan silentieuze aspiratie niet worden gedetecteerd. Hierdoor worden patiënten die toch aspireren mogelijk gemist met alle gevolgen van dien.

Er is een screeningsinstrument nodig met een hogere sensitiviteit en – klinisch nog belangrijker – specificiteit dat zelfs weinig ervaren klinici toelaat de slikfunctie betrouwbaar te evalueren aan bed en de ernst van aspiratie objectief te bepalen. Automatische Impedantie Manometrie (AIM) kan hiervoor worden ingezet.^{19,20,21,22,23,24,25} Een geïntegreerde analyse van druk en impedantiepatronen kan patiënten met aspiratie en bolusresidu identificeren. AIM-analyse vertaalt de verschillende onderliggende fysiologische slikprocessen in numerieke variabelen en maakt ook anatomische elementen die verband houden met pathofysiologisch slikken inzichtelijk. Een mathematische combinatie van verschillende slikvariabelen resulteert in de berekening van een zeer robuuste globale maat voor de slikfunctie; een Swallow Risk Index (SRI). Deze index kan het aspiratierisico zeer betrouwbaar inschatten omdat hij rekening houdt met verschillende biomechanische factoren. De rationale is dat de pathofysiologie van aspiratie multifactorieel is. Bovendien correleert de SRI met de ernst van aspiratie en is

deze index voldoende sensitief om patiënten met aspiratiepneumonie te detecteren. Het combineren van de verschillende slikvariabelen in een formule voor de berekening van een SRI maakt dat de invloed van bolusgerelateerde factoren zoals bolusvolume gereduceerd wordt. Concreet betekent dit dat het volume van de bolussen niet rigoreus moet worden afgemeten voor screeningswijze toediening aan de patiënt. AIM-analyse kan ook makkelijk en snel worden uitgevoerd: de clinicus dient een aantal herkenbare punten te markeren op een kleurenplot en de software berekent verschillende parameters. Doordat deze analyse volledig geautomatiseerd verloopt en de herkenningpunten makkelijk kunnen worden geïdentificeerd is de reproduceerbaarheid van AIM hoog en kan de techniek gemakkelijk worden toegepast in de klinische praktijk. Bovendien leert onze klinische ervaring dat de procedure goed wordt verdragen door de patiënt.

Dysfagie treft een ontzettend brede patiëntenpopulatie, van pasgeboren baby's tot oudere mensen. Wil men richtlijnen kunnen opstellen over de behandeling van deze patiënten op basis van de bevindingen van AIM, moet met deze technologie de pathologische slikfunctie binnen de verschillende patiëntengroepen met dysfagie in kaart worden gebracht. AIM werd reeds ingezet om de slikfunctie te beoordelen in een brede waaier van patiënten.^{27,28,29,30} Momenteel wordt nagegaan of specifieke patronen van afwijkende slikvariabelen toelaten om specifieke slikdiagnoses te bepalen. Het correleren van specifieke slikvariabelen aan verschillende medische pathologieën kan potentieel leiden tot een differentiaaldiagnostiek die de slikfunctie van patiënten kan verbeteren doordat therapeutische interventies meer gericht kunnen gebeuren (bijvoorbeeld chirurgisch, endoscopisch, logopedisch). Het is niet ondenkbaar dat deze interventies geleid kunnen worden door de bevindingen van AIM. De invloed van verschillende gangbare slikmanoeuvres op slikken werd reeds onderzocht met AIM in gezonde vrijwilligers.^{31,32,33,34} De resultaten van deze pilootstudies tonen aan dat deze manoeuvres wel degelijk een effect hebben op de verschillende slikprocessen, uitgedrukt in objectieve AIMparameters. Onze bevindingen tonen evenzeer aan dat de slikfunctie niet altijd op die manier wordt beïnvloed zoals oorspronkelijk gedacht. Hoewel het moeilijk is de impact van manoeuvres op de slikfysiologie te objectiveren, blijkt AIM voldoende sensitief om hierin inzicht te verschaffen. Bevindingen als deze kunnen bijdragen tot een beter begrip van inconsistenties in de effectiviteit en het succes van verschillende medische en logopedische interventies.

Langetermijnstudies zijn nodig om na te gaan of de SRI kan voorspellen welke patiënten klinisch de minst gunstige vooruitzichten hebben om opnieuw een veilige slikbeweging te ontwikkelen en welke interventies het best zijn voor een gegeven patiënt. Ten slotte, omdat dit minimaal invasief onderzoek ook aan het bed van de patiënt kan worden uitgevoerd, en dus ook toelaat om een objectief slikonderzoek uit te voeren in de eerste, acute fase van het ziektebeeld (bijvoorbeeld, bij een hersenbloeding) kan vroege en nauwkeurige besluitvorming plaatsvinden. In die zin kan implementatie van de AIM-technologie mogelijk leiden tot meer gerichte behandeling met betere zorg voor de patiënt, gereduceerde hospitalisatie en aanzienlijke besparingen voor het ziekenhuis als gevolg. Deze economische oefening maakt deel uit van het lopende onderzoek aan de KU Leuven, in samenwerking met het UZ Leuven. Samengevat kan AIM de normale en afwijkende slikfunctie objectief in kaart brengen met een solide link naar het aspiratierisico van de patiënt. VFS en AIM zijn vandaag de dag complementaire onderzoeken, maar AIM heeft het potentieel om op termijn een nietradiologisch alternatief te worden voor de huidige gouden standaard.

Met speciale dank aan

De verpleegkundige staf van de dienst Endoscopie en dienst Radiologie UZ Gasthuisberg Leuven voor de zeer fijne samenwerking. Methusalemfinanciering van de Katholieke Universiteit Leuven aan prof. dr Jan Tack.

Auteurs

N. Rommel

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde, Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van Gastro-enterologische Aandoeningen (TARGID), Universitair Ziekenhuis Leuven, Gastroenterologie, Neurogastroenterologie & Motiliteit

Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van Gastro-enterologische Aandoeningen (TARGID),

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Leuven

Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde, Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Leuven

Email: nathalie.rommel@med.kuleuven.be

S. Denys

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde, Leuven

C. Liesenborghs

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde, Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van Gastro-enterologische Aandoeningen (TARGID)

Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van Gastro-enterologische Aandoeningen (TARGID), Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Leuven

Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde, Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Leuven

C. Scheerens

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde, Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van Gastro-enterologische Aandoeningen (TARGID)

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde, Leuven

M. Selleslagh

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde, Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van Gastro-enterologische Aandoeningen (TARGID)

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Neurowetenschappen, Experimentele Oto-Rino-Laryngologie (ExpORL), Faculteit Geneeskunde, Leuven

A. Goeleven

Universitair Ziekenhuis Leuven, Multidisciplinair Universitair Centrum Logopedie & Audiologie (MUCLA)

Universitair Ziekenhuis Leuven, Multidisciplinair Universitair Centrum Logopedie & Audiologie (MUCLA), Leuven, Belgium

D. Vanbeckevoort

Universitair Ziekenhuis Leuven, Radiologie

Universitair Ziekenhuis Leuven, Radiologie, Leuven

T. Omari

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van Gastro-enterologische Aandoeningen (TARGID), Flinders University, Faculty of Medicine, Human Physiology

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van

Gastroenterologische Aandoeningen (TARGID), Leuven, Belgium

J. Tack

Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van Gastroenterologische Aandoeningen (TARGID), Universitair Ziekenhuis Leuven, Gastroenterologie, Neurogastroenterologie & Motiliteit

Universitaire Ziekenhuizen Leuven, Gastro-enterologie, Neurogastro-enterologie & Motiliteit, Leuven

Klinische en Experimentele Geneeskunde, Translationeel Onderzoek van Gastro-enterologische Aandoeningen (TARGID), Katholieke Universiteit (KU) Leuven, Leuven

E. Dejaeger

Universitair Ziekenhuis Leuven

Dienst Geriatrie, UZ Leuven, Leuven

Expertisecentrum Val- en fractuurpreventie Vlaanderen, Leuven

Literatuurlijst

1. Logemann JA, Rademaker AW, Pauloski BR, Ohmae Y, Kahrilas PJ. Normal swallowing physiology as viewed by videofluoroscopy and videoendoscopy. *Folia Phoniatr Logop.* 1998;50(6):311-9. 10.1159/000021473
2. Williams RB, Pal A, Brasseur JG, Cook IJ. Space-time pressure structure of pharyngo-esophageal segment during swallowing. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2001;281(5):G1290-300.
3. Pal A, Williams RB, Cook IJ, Brasseur JG. Intrabolus pressure gradient identifies pathological constriction in the upper esophageal sphincter during flow. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2003;285(5):G1037-48.
4. Ghosh SK, Pandolfino JE, Zhang Q, Jarosz A, Kahrilas PJ. Deglutitive upper esophageal sphincter relaxation: a study of 75 volunteer subjects using solid-state high-resolution manometry. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2006;291(3):G525-31. 10.1152/ajpgi.00081.2006
5. Takasaki K, Umeki H, Enatsu K. Investigation of pharyngeal swallowing function using high-resolution manometry. *Laryngoscope.* 2008;118(10):1729-32. 10.1097/MLG.0b013e31817dfd02
6. Nativ-Zeltzer N, Kahrilas PJ, Logemann JA. Manofluorography in the evaluation of oropharyngeal dysphagia. *Dysphagia.* 2012;27(2):151-61. 10.1007/s00455-012-9405-1
7. Sifrim D, Holloway R, Silny J, Tack J, Lerut A, Janssens J. Composition of the postprandial refluxate in patients with gastroesophageal reflux disease. *Am J Gastroenterol.* 2001;96(3):647-55. 10.1111/j.1572-0241.2001.03598.x
8. Wenzl TG, Moroder C, Trachterna M. Esophageal pH monitoring and impedance measurement: a comparison of two diagnostic tests for gastroesophageal reflux. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2002;34(5):519-23. 10.1097/00005176-200205000-00009
9. Sifrim D, Silny J, Holloway RH, Janssens JJ. Patterns of gas and liquid reflux during transient lower oesophageal sphincter relaxation: a study using intraluminal electrical impedance. *Gut.* 1999;44(1):47-54. 10.1136/gut.44.1.47
10. Trachterna M, Wenzl TG, Silny J, Rau G, Heimann G. Procedure for the semi-automatic detection of gastro-oesophageal reflux patterns in intraluminal impedance measurements in infants. *Med Eng Phys.* 1999;21(3):195-201. 10.1016/S1350-4533(99)00043-0
11. Bredenoord AJ, Weusten BL, Timmer R, Smout AJ. Reproducibility of multichannel intraluminal electrical impedance monitoring of gastroesophageal reflux. *Am J Gastroenterol.* 2005;100(2):265-9. 10.1111/j.1572-0241.2005.41084.x
12. Simrón M, Silny J, Holloway R, Tack J, Janssens J, Sifrim D. Relevance of ineffective oesophageal motility during oesophageal acid clearance. *Gut.* 2003;52(6):784-90. 10.1136/gut.52.6.784

13. Tutuian R, Castell DO. Combined multichannel intraluminal impedance and manometry clarifies esophageal function abnormalities: study in 350 patients. *Am J Gastroenterol.* 2004;99(6):1011-9. 10.1111/j.1572-0241.2004.30035.x
14. Nguyen HN, Domingues GR, Winograd R, Lammert F, Silny J, Matern S. Impedance characteristics of esophageal motor function in achalasia. *Dis Esophagus.* 2004;17(1):44-50. 10.1111/j.1442-2050.2004.00372.x
15. Omari TI, Rommel N, Szczesniak MM. Assessment of intraluminal impedance for the detection of pharyngeal bolus flow during swallowing in healthy adults. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2006;290(1):G183-8. 10.1152/ajpgi.00011.2005
16. Szczesniak MM, Rommel N, Dinning PG, Fuentealba SE, Cook IJ, Omari TI. Optimal criteria for detecting bolus passage across the pharyngo-oesophageal segment during the normal swallow using intraluminal impedance recording. *Neurogastroenterol Motil.* 2008;20(5):440-7. 10.1111/j.1365-2982.2007.01053.x
17. Szczesniak MM, Rommel N, Dinning PG, Fuentealba SE, Cook IJ, Omari TI. Intraluminal impedance detects failure of pharyngeal bolus clearance during swallowing: a validation study in adults with dysphagia. *Neurogastroenterol Motil.* 2009;21(3):244-52. 10.1111/j.1365-2982.2008.01180.x
18. Noll L, Rommel N, Davidson GP, Omari TI. Pharyngeal flow interval: a novel impedance-based parameter correlating with aspiration. *Neurogastroenterol Motil.* 2011;23(6):551-e206. 10.1111/j.1365-2982.2010.01634.x
19. Omari TI, Dejaeger E, van Beckevoort D. A method to objectively assess swallow function in adults with suspected aspiration. *Gastroenterology.* 2011;140(5):1454-63. 10.1053/j.gastro.2011.02.051
20. Omari TI, Dejaeger E, Van Beckevoort D. A novel method for the nonradiological assessment of ineffective swallowing. *Am J Gastroenterol.* 2011;106(10):1796-802. 10.1038/ajg.2011.143
21. Omari TI, Ferris L, Dejaeger E, Tack J, Vanbeckevoort D, Rommel N. Upper esophageal sphincter impedance as a marker of sphincter opening diameter. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2012;302(9):G909-13. 10.1152/ajpgi.00473.2011
22. Omari TI, Kritas S, Cock C, Besanko L, Burgstad C, Thompson A, Rommel N, Heddle R, Fraser RJ. Swallowing dysfunction in healthy older people using pharyngeal pressure-flow analysis. *Neurogastroenterol Motil*;26(1):59-68. doi:10.1111/nmo.12224.
23. Omari TI, Dejaeger E, Tack J, Van Beckevoort D, Rommel N. Effect of bolus volume and viscosity on pharyngeal automated impedance manometry variables derived for broad Dysphagia patients. *Dysphagia.* 2013;28(2):146-52. 10.1007/s00455-012-9423-z
24. Omari TI, Dejaeger E, Tack J, Vanbeckevoort D, Rommel N. An impedance-manometry based method for non-radiological detection of pharyngeal postswallow residue. *Neurogastroenterol Motil.* 2012;24(7):e277-84. 10.1111/j.1365-2982.2012.01931.x
25. Omari TI, Papathanasopoulos A, Dejaeger E. Reproducibility and agreement of pharyngeal automated impedance manometry with videofluoroscopy. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2011;9(10):862-7. 10.1016/j.cgh.2011.05.026
26. Rosenbek JC, Robbins JA, Roecker EB, Coyle JL, Wood JL. A penetration-aspiration scale. *Dysphagia.* 1996;11(2):93-8. 10.1007/BF00417897
27. Rommel N, Selleslagh M, Scheerens C. Swallow Function and Post-Swallow Residue in Dysphagic Patients With and Without a History of Pneumonia. *Gastroenterology.* 2013;144S-789-10.1053/j.gastro.2012.12.025
28. Rommel N, Selleslagh M, Dejaeger EW, Vanbeckevoort D, Tack JF, Omari T. Assessment of Swallowing Function in Patients With Multiple Sclerosis and Parkinson's Disease Using Automated Impedance Manometry (AIM). *Gastroenterology.* 2012;142S-289-
29. Omari TI, Kritas S, Cock C. Swallowing dysfunction in healthy older people using pharyngeal pressure-flow analysis. *Neurogastroenterol Motil.* 2014;26(1):59-68. 10.1111/nmo.12224
30. Liesenborghs C, Omari T, Scheerens C. Pharyngeal pressure flow metrics are independently influenced by age and presence of dysphagia. *Dysphagia.* 2014;29:140-141.
31. Scheerens C, Selleslagh M, Dejaeger E. Effortful Swallowing does not affect strength of pharyngeal contraction, rather its timing with bolus flow: an automated impedance manometry (AIM) analysis. *Dysphagia.* 2014;29:148-
32. Scheerens C, Vermeyen B, Van Oudenhove, et al. (2013). Does bolus volume and consistency influence swallow physiology during left and right head rotation? An automated impedance manometry (AIM) analysis. *Dysphagia.* 2014;29:150-

33. Rommel, N., Scheerens, C., Vermeyen, B., et al. (2012). The effect of supraglottic swallowing on pressure-flow parameters during normal deglutition : influenced by bolus consistency and volume? *Gastroenterology* 2010;142(5): S-289-S-290.
34. Rommel N, Dejaeger E, Scheerens C. Automated impedance manometry (AIM) allows detection of changes in pharyngeal and upper esophageal sphincter physiology during left versus right head rotation. *Dysphagia*. 2012;27:611-