

De stemaccumulator, een nieuw meetinstrument voor de stembelasting

R. Buekers, E. Bierens, L. Kool en L. van Heist

Academisch Ziekenhuis Maastricht

Er is weinig bekend over de stembelasting. Kwantificering van stemgebruik is belangrijk wanneer de beroepsuitoefening afhankelijk is van de stem. Om een objectief beeld te krijgen van het stemgebruik is een instrument ontwikkeld dat de stembelasting kan registreren.

De stemaccumulator is een draagbaar apparaat dat de totale spreektijd (duur) en luidheid (intensiteit) kan vastleggen gedurende een hele dag. De individuele resultaten kunnen worden afgelezen door de stemaccumulator te koppelen aan een personal computer.

In dit artikel worden de eerste resultaten beschreven van metingen bij 20 proefpersonen. (6 onderwijzers, 6 zweminstructeurs, 4 logopedisten en 4 informatrices). Bij alle proefpersonen werd gedurende 4 uren werktijd het stemgebruik gemeten. Informatrices en logopedisten belasten de stem minder dan onderwijzers en zweminstructeurs. De aard van de belasting is ook verschillend: onderwijzers praten gedurende langere tijd met verheven stem terwijl de stem van de zweminstructeurs grotere luidheidspieken vertoont. Het wordt nog onvoldoende onderkend bij deze beroepen dat het stemapparaat de nodige luidheid moet (kunnen) maken. Door het objectiveren en documenteren van de stembelasting zal men in arbeidsgeneeskundige kringen het spreken de rol toekennen die het verdient.

Inleiding

Algemeen wordt aangenomen dat stem- en keelklachten eerder voorkomen bij mensen die dagelijks meerdere uren een luide stem (moeten) gebruiken (Pahn, 1975; Aronson, 1985; Novak, 1991). Bij de anamnese geven tal van patiënten met stemklachten ook aan dat ze hun stem veel gebruiken. Echter, de hoeveelheid stemgebruik valt pas op wanneer er stemklachten ontstaan, zodat vrijwel elke persoon vindt dat zijn stembelasting groot is. Er is slechts weinig bekend over

stembelasting, en nog minder over stembelasting in kwantitatieve zin. De hoeveelheid stembelasting is nochtans zeer belangrijk bij de beoordeling van de minimum eisen die aan een bepaald beroep gesteld worden (preventief, Schutte 1991) of bij arbeidsongeschiktheid wegens een stemaandoening (curatief).

Voor een succesvolle hulpverlening is het noodzakelijk dat men naast het meten van de individuele belastbaarheid ook de gestelde eisen kent. Omdat deze stembelasting onvoldoende bekend is, ontwikkelden wij een stemaccumulator die in staat is gedurende een aantal uren de tijd en intensiteit van het stemgebruik te registreren. Om te komen tot betrouwbare normen zullen vele en langdurige metingen noodzakelijk zijn. In dit artikel kunnen wij de eerste en voorlopige resultaten bespreken van de gemeten stembelasting. Na uitbreiding van de meetresultaten hopen wij het aspect spreken en stemgebruik van een aantal beroepen gedocumenteerd te hebben, zodat deze gegevens gebruikt kunnen worden bij de advisering van arbeids(on)geschiktheid.

Materiaal

Om het onderzoek uit te kunnen voeren, moest een apparaat ontwikkeld worden dat aan de volgende eisen zou voldoen:

1. Gedurende meerdere uren de intensiteit en de tijd van de stemgeving registreren.
2. Omdat de proefpersoon op de werkplek wordt gemeten, moet het draagbaar zijn en onafhankelijk van het lichtnet.
3. Het moet voldoende nauwkeurig meten, d.w.z.:
 - a. de microfoon moet zo lineair mogelijk zijn over het gewenste meetbereik
 - b. de microfoon moet ongevoelig zijn voor omgevingslawaai
 - c. de frequentieweging (A filter) van het signaal moet zo nauwkeurig mogelijk zijn in vergelijking met de theoretische wegingskarakteristiek.

De door ons toegepaste stemaccumulator is gebaseerd op de werking van een geluidsniveaumeter zoals die in de handel verkrijgbaar is.

Het apparaat bestaat uit een microfoon, waarvan het signaal eerst wordt versterkt en gefilterd (A weging, zie Fig. 1). Daarna wordt van het signaal de RMS waarde bepaald, dit is een maat voor de energie-inhoud van het signaal.

Voor de geluidsmetingen van de stem is een bereik nodig van ongeveer 60 dB(A) tot 110 dB(A) (Baken,1987). Dit bereik betekent dat de RMS waarden kunnen variëren tussen 0.1 mVolt (60 dB)(A) en 32 mVolt (110 dB)(A). Deze overspannen dus een bereik van drie decades:

- decade 1: 0.1 mVolt tot 1 mVolt
- decade 2: 1 mVolt tot 10 mVolt
- decade 3: 10 mVolt tot 100 mVolt.

Om een even grote nauwkeurigheid te bereiken in iedere decade zou er met een

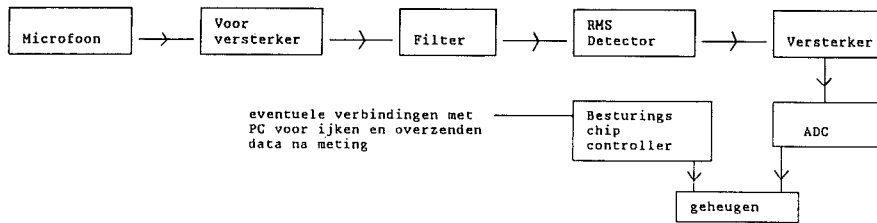


Fig. 1. Stemaccumulator.

logaritmische versterker gewerkt moeten worden. Omdat de bestaande logversterkers echter te veel stroom verbruiken moeten we zo'n versterker simuleren. Dit gebeurt door te bepalen in welke decade het gemeten geluid valt en aan de hand daarvan de versterking te kiezen. Het versterkte signaal wordt tenslotte aan een AD converter aangeboden die het signaal iedere seconde omzet in een digitale code. Deze digitale code wordt opgeslagen in een geheugen. De gegevens worden tijdens de meting opgeslagen in een PC die de gemeten waarden verder kan bewerken.

Bij de keuze van de microfoon spelen de eisen van lineariteit en ongevoeligheid voor omgevingslawaai een grote rol. In eerste instantie werd een keelmicrofoon geprobeerd, maar deze werd beïnvloed door de spieractiviteiten in het keelgebied tijdens het spreken. De drukveranderingen die hierdoor ontstaan kunnen de meting beïnvloeden. In tweede instantie werd gedacht aan een reversmicrofoon. Deze heeft echter als nadeel dat het omgevingslawaai wordt geregistreerd en de afstand tussen microfoon en bron niet vastgelegd kon worden. Uiteindelijk werd de voorkeur gegeven aan een pilotenmicrofoon (Sennheiser MKE 48 PU). Deze microfoon wordt op het hoofd bevestigd en men kan de afstand tot de bron vastleggen. Omdat de gekozen microfoon een niervormige karakteristiek heeft (d.i. de gevoeligheid naar de bron is het grootst) is ook de invloed van het omgevingslawaai gereduceerd. Verder is deze microfoon voldoende lineair over het gehele meetbereik.

Meetparameters als maat voor de stembelasting

Om de arbeidsbelasting van de (spreek)stem in getal uit te drukken beperken wij ons tot twee parameters, namelijk luidheid en tijdsduur. Voldoende *luidheid* (geluidssterkte van de klinkers) is een belangrijke parameter in het kader van de verstaanbaarheid en is dus ook van belang voor de kwantificering van het "spreken". Voor een normale conversatie is een geluidsvolume van 60-65 dB(A) vereist. Bij vele stembelastende beroepen moet men echter kunnen beschikken over een grotere variabiliteit en een gemiddeld hoger geluidsvolume. Naarmate een persoon zijn stem langere tijd achter elkaar gebruikt, zullen de stemspieren

eerder vermoeid raken. Dit is uiteraard afhankelijk van het individuele maximale stemvermogen (de stembelastbaarheid) en de aangehouden intensiteit tijdens een bepaalde *tijdsduur*.

Uit onderzoek naar de bijdrage van luidheid en tijdsduur op stemvermoeidheid (Holbrook, 1977) bleek de *luidheid* een betere relatie te vertonen met stemmoeheid dan de spreekduur. Het meten van de toonhoogte is in het kader van ons onderzoek minder relevant, omdat men tijdens het spreken slechts een zeer beperkt gebied van het totale frequentiebereik van de stem benut (Baken 1987; Buekers 1991). Indien men geïnteresseerd is in de mate van de arbeidsbelasting van een zangstem, dient deze parameter wel meegenomen te worden. Dit heeft tot gevolg dat de technische realisatie van een dergelijke accumulator ook ingewikkelder is.

Meetprocedure

De proefpersoon wordt op de werkplek bezocht. Na een korte instructie, wordt de stemaccumulator geïjkt en de afstand van de microfoon tot de mond gefixeerd, zodat de afstand tussen mond en microfoon behouden blijft gedurende de meting. De bevestiging van de microfoon op het hoofd gebeurt door de (met kussentjes bedekte) uiteinden van de hoofdbeugel beiderzijds op de slaapstreek te plaatsen. De mobiele microfoonarm, die aan de beugel bevestigd is, kan nu voor de mond geschoven worden. De hoek tussen de microfoonarm en de beugel wordt in de maximale stand gefixeerd.

Vervolgens kan de microfoonarm door middel van een schroefje in voor-achterwaartse en/of boven- benedenwaartse richting verschoven worden, totdat de positie bereikt is waar de stemaccumulator via de PC dezelfde dB(A)-waarde aangeeft als de Brüel & Kjaer geluidsniveaumeter type 2231. De microfoon is verbonden met een voedingskastje, dat samen met de stemaccumulator in een heuptasje wordt gedragen.

De stemaccumulator en de geluidsniveaumeter worden voor en na iedere meting geïjkt. Daarbij maken wij gebruik van de stemaccumulator met microfoon, in combinatie met een draagbare PC en een B&K geluidsniveaumeter. Na enkele initiële handelingen, die op commando van het computerprogramma uitgevoerd worden, kan gecalibreerd worden. De proefpersoon neemt een goede zithouding aan en de dB-meter wordt vervolgens op mondhoogte en op 20 cm afstand van de mond geplaatst. De proefpersoon wordt gevraagd een toon van 70 dB(A) SPL te produceren en aan te houden. De op dat moment aangegeven luidheidswaarde op de dB-meter en de PC dienen overeen te stemmen, waarbij een standaardafwijking van 2 dB(A) nog geaccepteerd wordt.

Diverse problemen kunnen zich voordoen met betrekking tot het gebruik van de stemaccumulator:

– Elektro-technische problemen:

In ons geval is een energiezuinige schakeling nodig om met een draagbaar apparaat (gevoed door een batterij) een hele dag te kunnen meten.

- De afstand tot de mond moet in verband met het omgevingslawaai nauwkeurig afgesteld worden.
- De akoestiek van de meetruimte kan de meetresultaten nadelig beïnvloeden.

Wij geven de voorkeur aan een meetduur van ten minste drie uur, aangezien veel stemklachten zich pas voordoen na langdurig en/of intensief stemgebruik. Het vaststellen van deze minimale meettijd is overigens gebaseerd op ervaringen met de UEP stembelastingstest (Siegert 1987) en de Maastrichtse Luide Uithoudingsproef (Buekers 1991). Blaauw (1991) nam de Nijmeegse stembelastingstest af bij een groep stempatiënten en bij een gezonde controlegroep. Voor en na de test werd de functie en de kwaliteit van de stem bepaald. Er bleken geen significante verschillen te bestaan tussen de twee groepen. Onze verklaring voor het ontbreken van de discriminerende waarde van deze test is de te korte duur en/of de te zachte intensiteit van de spreekopdracht.

Als argument voor de minimaal drie uur durende meting hebben wij ook een methodologisch argument nl. de invloed van het dragen van de apparatuur op de hoeveelheid/luidheid van de stem (tijdens de beroepsuitoefening). Aanvankelijk kan het dragen van deze apparatuur het stemgedrag beïnvloeden maar na enige tijd heeft dit geen invloed meer; met de duur van de meting neemt de validiteit toe.

Meetresultaten

Alle meetresultaten werden opgeslagen in het geheugen van de bij de meetregistratie gebruikte computer. Het uitlezen van de gegevens werd eveneens via de computer gedaan. De gegevens worden hierbij gepresenteerd in een XY-coördinatenstelsel met op de horizontale as het aantal meeturen en op de verticale as een dB(A)-schaal. De dB(A)-schaal is verdeeld in intervallen van 2 dB(A), beginnend bij 60 en eindigend bij 112 dB(A). Het interval 59-60 dB(A) is apart weergegeven en bevat alle gegevens van het gebied onder 60 dB(A).

Om een kwantitatieve weergave van de voorlopige meetgegevens mogelijk te maken, hebben wij een analyse bij intervallen van 6 dB(A) toegepast (drie intervallen van 2 dB(A)). Aldus resteerden volgende tien intervallen:

< 60	dB(A)
60 – 66	dB(A)
66 – 72	dB(A)
72 – 78	dB(A)
78 – 84	dB(A)
84 – 90	dB(A)
90 – 96	dB(A)
96 – 102	dB(A)
102- 108	dB(A)
> 108	dB(A)

Per persoon werden voor alle intervallen van 6 dB de registratietijden per uur omgezet in seconden en vervolgens gesommeerd. Pauzes en werkonderbrekingen werden niet meegenomen in de analyses. Voor elk interval van 6 dB(A) werden de individuele spreektijden van de personen binnen dezelfde beroepsgroep opgeteld en vervolgens genormeerd voor het totaal aantal uren dat binnen deze beroepsgroep geregistreerd werd.

Dit levert een *relatief* percentage op, dat uitdrukt welk aandeel een bepaald intensiteitsinterval uitdrukt ten opzichte van het totaal aantal gemeten uren bij de beroepsgroep. Ook werd het aandeel van een intensiteitsinterval voor elke beroepsgroep *absoluut* uitgedrukt in uren ten opzichte van het totaal aantal gemeten uren.

De Tabellen 1-2 laten het relatieve en absolute aandeel van elk interval voor respectievelijk de zweminstructeurs, onderwijzers, de logopedisten en de informaticus zien. Figuur 2 geeft de resultaten grafisch weer voor elke beroepsgroep.

Tabel 1.

dB(A)	Onderwijzers (n=6)		Zweminstructeurs (n=6)	
	uur/totaal	% dag	uur/totaal	% dag
<60	3.80	16.5	3.33	15.9
60-66	11.71	50.9	7.65	36.4
66-72	2.85	12.4	2.65	12.6
72-78	1.86	8.1	1.39	6.6
78-84	1.60	6.9	1.62	7.7
84-90	0.88	3.8	1.85	8.8
90-96	0.25	1.1	1.46	6.9
96-102	0.03	0.1	0.81	3.9
102-108	0	0	0.23	1.1
108-112	0.01	0	0.05	0.3

Tabel 2.

dB(A)	Logopedisten (n=4)		Informaticus (n=4)	
	uur/totaal	% dag	uur/totaal	% dag
<60	10.04	52.8	9.49	59.3
60-66	3.83	20.2	2.50	15.7
66-72	2.85	15.0	1.76	11.0
72-78	1.57	8.3	1.62	10.1
78-84	0.57	3.0	0.58	3.6
84-90	0.13	0.7	0.07	0.4
90-96	0.04	0.2	0.01	0.1

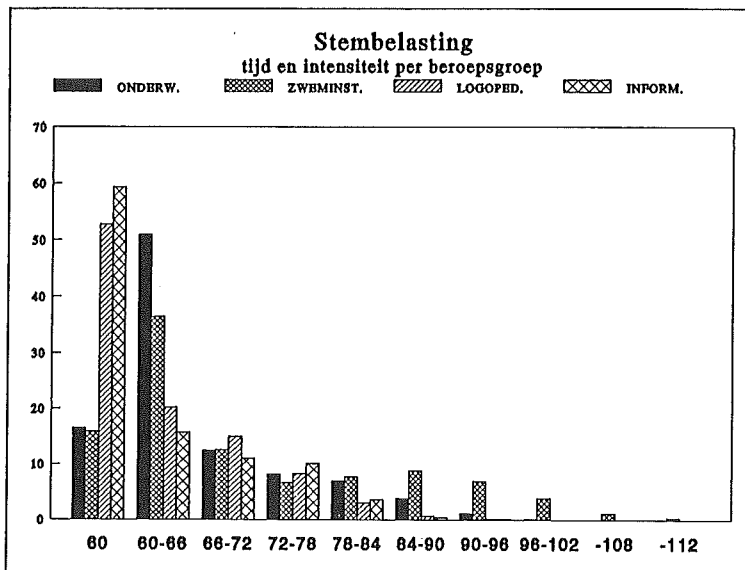


Fig. 2. Grafische weergave van de stembelasting in duur (% per dag) en intensiteit dB(A) per beroepsgroep.

Conclusie en discussie

Wanneer we de resultaten uit de tabel qua *spreekduur* met elkaar vergelijken, valt allereerst op dat de logopedisten en informatrices langere tijd scoren onder de 60 dB(A) dan de onderwijzers en de zweminstructeurs. Hierbij moet aangetekend worden dat beneden de 60 dB(A) zowel zwijgen als 55 dB(A) kan betekenen. Voor logopedisten en informatrices betekent dit dat meer dan de halve arbeidstijd onder de 60 dB(A) gesproken wordt; onderwijzers en zweminstructeurs spreken minder dan 17% beneden deze drempel. Ervan uitgaande dat intensiteit de belangrijkste belastingsparameter is kunnen we stellen dat het beroep van logopedist en informatrice in elk geval minder stembelastend is dan dit van onderwijzer of zweminstructeur.

De stembelasting qua *intensiteit* is het grootst bij de zweminstructeurs, gevolgd door de onderwijzers: het grootste deel van hun arbeidstijd spreken zij tussen 60 en 66 dB(A). Ongeveer 10% van de spreektijd wordt een luidheid van 66 à 72 dB(A) en van 72 à 78 dB(A) gepresteerd. Boven de 78 dB(A) ontstaan weer verschillen tussen enerzijds de onderwijzers – zweminstructeurs en anderzijds de logopedisten – informatrices. Intensiteitspieken in de buurt van de 100 dB(A) komen alleen voor bij de zweminstructeurs.

Wanneer we bovengenoemde gegevens samenvatten kunnen we de volgende uitspraken doen (zie Figuur 2): Van zweminstructeurs wordt het meeste geëist

ten aanzien van de arbeidsbelasting van de stem. Onderwijzers moeten niet veel onderdoen : zij praten meer tussen de 60-66dB maar moeten daarentegen minder roepen. Beide groepen gebruiken 70% van hun beroepsuitoefening een spreekintensiteit tussen 60 en 78 dB. Logopedisten en informatrices daarentegen spreken gedurende 70% van hun beroepsuitoefening op een intensiteit onder de 66 dB. Van hen wordt duidelijk een lagere arbeidsbelasting van de stem gevraagd. De confrontatie van deze gegevens met de selectie en training van vaardigheden tijdens de opleiding van deze beroepen leidt tot de merkwaardige vaststelling dat leerkrachten minder stemtraining in hun (beroeps)opleiding krijgen dan logopedisten. Uitgaande van de gemeten stembelasting moet meer aandacht besteed worden aan de stemcapaciteit van leerkrachten dan aan die van logopedisten.

In de vraagstelling hebben wij een verwachting uitgesproken met betrekking tot de arbeidsbelasting van de stem bij bepaalde beroepen. Bovenstaande gegevens zijn de resultaten van de eerste metingen bij een kleine groep proefpersonen. Deze resultaten zullen in de toekomst aan waarde moeten toenemen naarmate meer metingen per beroepsgroep en meer beroepsgroepen worden gemeten. Op deze manier hopen wij arbeidsdocumentatie aan te leggen, die bruikbaar is bij de revalidatie van arbeidsongeschikten met een stemstoornis. In dergelijke omstandigheden zijn we geïnteresseerd in wat een persoon nog kan met zijn stem, maar moet men ook weten welke eisen er in dat beroep gesteld worden. Deze eisen kwantificeren in minuten en decibels zal zeker bijdragen aan een betere advisering omdat we het individuele stemvermogen dan kunnen toetsen aan de gevraagde stembelasting in dat beroep.

Summary

Very little is known about the amount of vocal load. Quantification of vocal use in some professions is very important, as well for prevention as advising. For an objective estimation of vocal use an instrument for recording vocal load has been developed.

The voice accumulator is a portable instrument recording total speaking time (duration) and sound level (intensity) during the day. Individual results could be obtained by connecting the voice accumulator to a personal computer. Measurements of 4 hours in different persons, will give an objective result of voice demands in a specific profession. This article describes the first results of vocal load measurements in 20 persons (6 teachers, 6 swimming instructors, 6 speech therapists, 4 receptionists). The teachers and swimming instructors have a greater vocal load than the speech therapists and receptionists. There is also a different vocal load: teachers speak continuously with more decibels. On the other hand swimming instructors have more silent times, but produce greater intensity peaks. It deserves to be better known that having a good larynx, that produces a loud voice during 3 to 4 hours, is a prerequisite in educational professions. More precise documentation of vocal load will be noticed and appreciated in occupational health.

Literatuur

- Aronson, A.E. (1985). *Clinical Voice Disorders*, Thieme Inc. New York.
 Baken, R.J. (1987). *Clinical Measurement of Speech and Voice*, Taylor and Francis Ltd, Londen.

- Blaauw, C. (1991). *Het meten van de stembelastbaarheid*. Doctoraalscriptie Spraak & Taal Pathologie, Nijmegen.
- Buekers, R., & Kolen J.W. (1991). De verzekeringsgeneeskundige beoordeling van stemstoornissen. *Tijdschrift Verzekerings Geneeskunde*, 29, (74-78).
- Buekers, R. (1991). Revalidatie van overbelastingsziekten van de stem, *Omtrent Logopedie* 8, 255-279 VVL, Herentals.
- Novak, A., Dlouha, O., Capkova, B., & Vohradnik, M. (1991). Vocal fatigue after theater performances in actors. *Folia Phoniatr*, 43, (74-78).
- Pahn, J., Pahn, E., & Reissemann, B. (1975). Beziehungen zwischen Häufigkeit, Aetiopathogenese, Beschwerdendauer, Therapieaufwand und Therapieerfolg bei Stimmerkrankungen in Pädagogischen Berufsgruppen, *Deutsch Ges. wesen* 30, 2342-2347.
- Schutte, H.K. Preventie van stemstoornissen: uitgangspunten. In: H. Peters & W. Starkweather (eds). *Preventie van vroege interventie bij spraak-, taal- en hoorstoornissen* (245-263).
- Siegert, C. (1987). *Empfehlung der Union der Europäischen Phoniater Arbeitsgruppe für einen Standard Belastungstest*. UEP Bulletin, Jena.