

Stembelasting en de larynx

F. Debruyne

Afdeling Logopedie en Audiologie, Katholieke Universiteit Leuven

Dit artikel schetst een synthetisch beeld van de fysiopathologie van de stemvermoeidheid. Stembelastende factoren werken in op de musculaire functie (de besturing) en op de mucosale functie (de trillingsbron). Het is ook door het verstoren van deze functies (en de negatieve interactie tussen de twee) dat tijdelijke, persisterende of permanente beperkingen van het stemapparaat de stembelastbaarheid verminderen.

Inleiding

We weten dat vermoeidheid na langdurig spreken op de eerste plaats tot uiting komt in de stem, en dat bijvoorbeeld de tong of het verhemelte niet moe worden, ofschoon die even lang, snel en gecoördineerd werken. Zo hebben beroepssprekers, artiesten, leerkrachten en anderen nogal eens last van stemproblemen door overbelasting, maar formuleren zij geen klachten omtrent hun articulatie. Het is duidelijk dat de fonatie de zwakste schakel is wanneer het spreekmechanisme extra belast wordt.

Dat wil geenszins zeggen dat stemoverbelasting louter en alleen een kwestie zou zijn van de stembanden. Integendeel, niet alleen zijn de oorzakelijke of uitlokkende factoren van stembelasting zeer verscheiden, maar ook de gevolgen kunnen uitdijen over andere functies, zoals de ademhaling, de resonantie, en in feite over geheel het stem- en spreekgedrag. Wel kunnen we de larynx beschouwen als het knooppunt waar de verschillende oorzaken en gevolgen samenkomen. Waarom is de fonatie het zwakste punt?

Kenmerkend voor de larynx en de fonatie is de dualiteit van enerzijds de vibrerende mucosa en anderzijds de besturende spierwerking. Dat blijkt reeds uit de structuur van de stemband. Van Hirano (1974) is de ondertussen klassiek geworden beschrijving van de bouw van de stemband in drie functionele lagen. De grootste massa wordt gevormd door de 'body', dit is de musculus vocalis of thyroarytenoideus. Samen met de overige in- en uitwendige larynxspieren (en de

ademspieren) is dat het actief *besturingsmechanisme* voor de fonatie dat instaat voor de regeling van de toonhoogte, de intensiteit en de kwaliteit van de stem.

De oppervlakkige laag is de 'cover', dit is het epitheel samen met de buitenste, losmazige laag van de lamina propria. Dat is eigenlijke *trillingsbron*. Die trilling bestaat niet alleen uit een ritmisch openen en sluiten van de glottis, maar dat moet gepaard gaan met de typische mucosagolf waardoor telkens een voldoende lange en soepele gesloten fase bekomen wordt. De termen mucosa en 'cover' kunnen vanuit functioneel standpunt dooreen gebruikt worden. Tussen de mucosa en de body ligt het ligamentum vocale. Stem(over)belasting heeft te maken met de mucosa en met de spieractiviteit.

Fysiopathologie van de stembelasting

Centraal staat de interactie tussen het besturingsmechanisme (musculair) en de trillingsbron (mucosaal).

Onevenwichtige spierwerking

Als we voorbijgaan aan het aanzienlijk aantal aparte spieren en spiertjes, dan zijn er drie componenten te herkennen in de globale spieractiviteit voor de fonatie: de sluitingskracht van de glottis, de lengtespanning van de stembanden en de uitademingskracht.

Fysiologisch zijn de larynxspieren goed uitgerust voor zowel langdurige arbeid, als voor kortstondige, wisselende en juist gedoseerde contracties, nodig voor de snel variërende spraak. Aanwijzingen daarvoor zijn bijvoorbeeld de aanwezigheid van tragere type I spiervezels én snellere maar vlugger vermoeibare type II vezels, de mogelijkheid van aëroob én anaëroob metabolisme (dit is met en zonder zuurstof), de dense bezenuwing (denser dan bijvoorbeeld in skeletspieren). Voor de weerstand tegen vermoeidheid is het aëroob (zuurstofgebonden) metabolisme vooral nuttig; ten voordele daarvan vindt vindt in de larynxspieren een intense bloedvoorziening, met veel capillairen rond relatief kleine spiervezels, en een groot aantal mitochondrien. Mitochondriën zijn celorganellen voor de zuurstofverwerking en de energieomzetting; ze zijn in de musculus vocalis relatief even talrijk als in een beenspier van een sterk getrainde atleet (Cooper & Rice, 1990; Cooper & Partridge, 1993).

Desondanks kan op de duur vermoeidheid optreden: door spiercontractie loopt de intramusculaire druk op wat de bloed- en dus zuurstoftoevoer deels afsnoert, afvalstoffen (melkzuur) stapelen op, er is uitputting van de neuromusculaire junctie.

De functionele gevolgen zijn verscheiden. Vooreerst neemt bij spiervermoeidheid de maximale kracht af. Dit is evenwel niet het voornaamste nadeel, bij het foneren is de maximale spierkracht niet zo vaak nodig (minder dan bij een reflex als slikken). Wat telt voor het foneren is dat ook de *fijnregeling en dosering* minder goed gaan verlopen. Aldus kan ook de *coördinatie* tussen spieren en

spiergroepen afnemen, dit wil zeggen dat de ademkracht, sluitingskracht en lengtespanning niet meer optimaal op elkaar zijn ingespeeld. Het gevolg kan een ongewenst opdrijven van de sluitingskracht van de glottis zijn. Of men krijgt hyperkinetische reacties (compensaties) die zich uitspreiden van de larynx naar de overige halsspieren en de ademhaling, suboptimale ademhalingspatronen, een hoge larynxpositie in de hals (Shipp, 1987), en dergelijke. Met andere woorden de eunomie in het stemapparaat gaat verloren (Koufman, 1988).

Uitlokkende factoren

De vermoeidheid kan uitgelokt zijn door een te grote *stemintensiteit* en een te lange *duur* van het stemgebruik. (Buekers, 1995).

Maar ook een onaangepast *toonhoogte* speelt een rol (Sander & Ripich, 1983). Op de gewone spreektoonhoogte is de musculaire inspanning het geringst, zelfs de jitter is dan het kleinst (Verstraete et al., 1993). *Te hoge toonhoogte* wordt algemeen als het meest nadelig beschouwd. Dit werd ook experimenteel geobserveerd door Stone & Sharf (1973). Een hogere toonhoogte vereist méér lengtespanning en méér subglottisdruk. In dat verband is het bekend dat grotere luidheid op zichzelf de neiging heeft een stijging van de toonhoogte mee te brengen, doordat luidheid en toonhoogte deels van dezelfde spierwerking afhankelijk zijn. Ze gaan beide gepaard met een toegenomen subglottisdruk en weerstand van de glottis (onder meer door toedoen van de musculus vocalis). Een beperkte stijging is dus normaal (Wilson, 1987; Gramming et al., 1988), maar als de toonhoogte teveel omhoog gaat met de intensiteit, is dat een additioneel element van vermoeidheid. Er wordt als het ware teveel kracht verspild aan laryngeale spierspanning die niet efficiënt is voor de intensiteitstoename.

Ook een *te lage toonhoogte* kan ongunstig zijn. Vooral als terzelfdertijd luid gesproken wordt, vraagt dat een ongewone combinatie van krachten. Op lage toonhoogte is bijvoorbeeld de subglottisdruk en de stembandspanning laag (ontspannen musculus vocalis), terwijl voor een luidere stem de subglottisdruk en de sluitingskracht (de musculus vocalis opnieuw) hoger moeten (Ladefoged, 1963; Zemlin, 1990). Dat vereist een aanpassing zoals bijvoorbeeld het lateraal deel van de m. thyroarytenoideus dat meer actief wordt en het mediaal deel meer ontspannen (Titze et al., 1989). Dat is evenwel een veeleisender situatie, die vlugger tot vermoeidheid zal leiden, zeker zonder oefening.

In nogal wat gevallen gaat het niet gaat om de abnormale luidheid of toonhoogte – er wordt in feite een “normale” stem nagestreefd – maar er dient (te)veel kracht ingeschakeld te worden omdat men moet *compenseren voor een intrinsieke insufficiëntie* van het fonatiemechanisme.

Morfologische afwijkingen van de trillingsbron

Hoewel ook de body enigzins deelneemt aan de vibratie, levert de cover de voornaamste bijdrage tot de stembandtrilling, en is die ook het meest kritisch met het oog op het akoestisch resultaat. Een goede mucosagolf is daarvoor een noodzakelijke voorwaarde.

De cover is tevens het kwetsbaarste deel van de stemband: het is een dun epitheel (0,05 mm of 8–12 cellagen dik) op een weke, losmazige onderlaag. De ligamenten ondergaan absoluut gezien veel grotere krachten, maar die zijn er ook stevig voor gebouwd (Titze, 1994).

De vormafwijkingen van de cover ontstaan op de eerste plaats door de *inwerking van te forse krachten*. De morfologische veranderingen zijn in feite een verdedigingreactie van de weefsels, maar met negatieve gevolgen voor de vibratoire functie en het akoestisch resultaat (Soninen et al., 1972). Die krachten zijn schematisch in twee types in te delen (Titze, 1992, 1994).

De eerste groep heeft te maken met het contact tussen de rechter en linker stemband in de sluitings- en gesloten fase van de trillingscyclus, en de druk die dan uitgeoefend wordt op de weefsels. Bij een grotere stemintensiteit gebeurt de sluiting bruusker en is de gesloten fase langer (Sundberg, 1987, 1995; Holmberg, 1988). Hetzelfde observeert men in geval van gespannen of geknepen stemgeving, de “pressed phonation” volgens Sundberg (1995). Er is aangetoond dat de overgang tussen het voorste en middenste derde van de stemband (het midden van het membraneus deel) meestal de grootste ‘impact stress’ te verwerken heeft (Jiang & Titze, 1994). Soms is er meest druk ter hoogte van het contact tussen de beide processus vocales.

Andere krachten hebben te maken met de uitrekking en de acceleratie en deceleratie van de mucosa. Dat is evenredig aan de amplitudo van de trilling (die eveneens stijgt met de luidheid) en wordt in de hand gewerkt door een inefficiënte sluiting, waardoor het Bernouilli effect geaccentueerd wordt.

Bij dat alles speelt ook mee welk deel van de stemband mee vibreert: alleen het meest oppervlakkig deel op de hoge frequenties, of ook een dieper gedeelte op de lage frequenties.

Verschillende weefselreacties kunnen dus optreden, op verschillende plaatsen, afhankelijk van de fonatiewijze en van de structurele kenmerken van de larynx (Linville, 1995).

Naast de krachtinwerking, is er nog het fenomeen van de *uitdroging* van de mucosa (Hiroyuki et al., 1988). De mucosa droogt uit door de snellere luchtstroom door de stemspleet heen bij langdurig foneren, en door een te droge omgevingslucht, rook, stof, en dergelijke. Misschien speelt de verminderde bloedstroom en de warmteontwikkeling in de musculus vocalis ook een rol.

De uitgedroogde cover is minder soepel en visceuzer, waardoor de normale mucosagolf moeilijker tot stand komt. Men heeft in experimentele omstandigheden aangetoond dat er dan meer energie nodig om eenzelfde akoestisch resultaat te verkrijgen (Finkelhor et al., 1988; Verdolini et al., 1990).

Men vermoedt dat het omgekeerde gebeurt bij het zogenaamd opwarmen van de stem. Dit progressief in gebruik nemen van de stem zou zorgen voor een betere bevochtiging en een verminderde viscositeit (Elliott, Sundberg & Gramming, 1995).

De morfologische gevolgen die we in de larynx vaststellen, kunnen aldus verschillende vormen aannemen (Aronson, 1985; Gray, Titze & Lusk, 1987; Lancer et al., 1988; Colton & Casper, 1990):

- acute zwelling en roodheid, door een korte intense overbelasting,
- hematoom: een kleine bloeding eveneens door acute overbelasting,
- oedeem en onregelmatig oppervlak (chronische laryngitis): teken van chronische, diffuse irritatie,
- klassieke stembandnoduli: oppervlakkige weefselverdikking in het midden van het membraneus deel; vooral bij kinderen en vrouwen, met een larynxbeeld van dorsale sluitingsinsufficiëntie,
- contact ulcus of granuloom ter hoogte van de processus vocalis: bij mannen met abusief met zeer lage stem, met vaak een factor van gastroesofagale reflux (zuurinwerking op posterieure glottis).

Wisselwerking tussen spieronevenwicht en vormafwijkingen in de cover

De musculaire effecten alleen zouden niet verklaren waarom stem meer vermoeidheidsproblemen kent dan articulatie. Dat gebeurt wel omdat er tevens afwijkingen in de trillingsbron ontstaan, die op hun beurt nieuwe onevenwichtige spieractiviteit uitlokken, ter compensatie van de gedaalde stemkwaliteit. Die vicieuze cirkel leidt tot het klinisch beeld van stemvermoeidheid (Aronson, 1985; Kitch & Oates, 1994).

Ontstaan en voorkomen van stemoverbelasting

De belangrijkste vraag is in feite niet wat er kan gebeuren in geval van stemoverbelasting, zoals we dat beschreven hebben, maar waarom in het ene geval wel en in het andere geval geen last ontstaat. Veel stemmen zijn immers tot grote en bijzondere prestaties in staat, zonder noemenswaardige problemen.

Er komen moeilijkheden als de 'externe' belasting te groot wordt in verhouding tot de 'intrinsieke' mogelijkheden, d.i. tot de belastbaarheid. In de praktijk blijkt die belastbaarheid in feite de doorslaggevende factor te zijn die bepaalt of er al dan niet problemen zijn.

De belastende elementen zijn duidelijk uit de bovenstaande bespreking: te luid en te lang spreken of zingen, te hoog of te laag, stemakrobatien, te droge lucht, enz. Daaraan kan vaak iets gedaan worden, zij het mits enige inspanning (Benninger, Jacobson & Johnson, 1994).

De onvoldoende belastbaarheid daarentegen, de intrinsieke zwakke punten van het stemapparaat, zijn niet altijd beïnvloedbaar. Ze kunnen van tijdelijke, langduriger, of permanente aard zijn.

Tijdelijke negatieve elementen zijn bijvoorbeeld een verkoudheid, een laryngitis of een allergieaanval. Daardoor is de mucosa min of meer congestief en dus kwetsbaarder, en wordt een soepele mucosagolf bemoeilijkt. Stress, emoties, plankenkoorts, vermoeidheid in het algemeen maken de spiercontrole en de coördinatie reeds minder goed vanaf het begin (Novak, 1991; Benninger, Jacobson & Johnson, 1994).

Er zijn ook factoren die niet zo voorbijgaand zijn. Wanneer men geen goede stemtechniek heeft, vertrekt men al met een suboptimaal spierevenwicht: hyper-

kinetisme, of luider foneren door alleen de larynxspanning op te drijven in plaats van de ademhaling efficiënt in te schakelen (McHenry & Reich, 1985). In die situaties zal vlugger vermoeidheid optreden. Dit is ook het geval als er organische afwijkingen van de stembanden zijn, die extra compenserende spierarbeid uitlokken. Met medische of logopedische behandeling kan men verbetering bekomen, maar vaak blijft de belastbaarheid toch minder.

Uiteindelijk moet men ook rekening houden met de aanleg of constitutie die een blijvend gegeven is. Een zwakke aanleg van het stemapparaat kan zowel te maken hebben met de bouw van larynx (de bouw van spieren of het kraakbeen-skelet) of met het (stem)gedrag in het algemeen (persoonlijkheidskenmerken) (Schutte, 1986, 1991; Gotaas & Starr, 1993). Dit is niet fundamenteel te verhelpen, maar wel belangrijk voor bijvoorbeeld de beroepsoriëntering, de keuze van een hobby.

Verhelpen en voorkomen van stemoverbelasting is dus werken aan het verminderen van de belasting én aan het verbeteren van de intrinsieke stemmogelijkheden, rekening houdend met de inherente beperkingen ervan.

Summary

The paper gives an overview of the pathophysiology of vocal fatigue. Various forms of vocal misuse disturb the balanced functioning of the phonatory muscles (i.e., the steering mechanism) as well as the mucosal function (i.e., the vibratory source). The cumulative effect of both makes phonation more prone to fatigue than the rest of the speech system. Temporary or persisting organic or behavioral deficiencies that interfere with these laryngeal functions restrict the voice efficiency and endurance for shorter or longer times.

Literatuur

- Aronson, A.E. (1985). *Clinical Voice Disorders. An Interdisciplinary Approach*. New York: Thieme.
- Benninger, M.S., Jacobson, B.H., & Johnson, A.F. (1994). *Vocal Arts Medicine. The Care and Prevention of Professional Voice Disorders*. New York: Thieme.
- Buekers, R., Bierens, E., Kingma, H., & Marres, E.H.M.A. (1995). Vocal load as measured by the voice accumulator. *Folia Phoniatrica*, 47, 252-261.
- Colton, R.H., & Casper, J.K. (1990). *Understanding Voice Problems: A Physiological Perspective for Diagnosis and Treatment*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Cooper, D.S., & Rice, D.H. (1990). Fatigue resistance of canine vocal fold muscle. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*, 99, 228-233.
- Cooper, D.S., Partridge L.D., & Alipour-Haghighi, F. (1993). Muscle energetics, vocal efficiency, and laryngeal biomechanics. In R. Titze (Ed.), *Vocal Fold Physiology. Frontiers in Basic Science* (pp. 37-51). San Diego: Singular Publishing.
- Elliot, N., Sundberg, J., & Gramming, P. (1995). What happens during vocal warm-up? *Journal of Voice*, 9, 37-44.
- Finkelhor, B.K., Titze, I., & Durham, P.L. (1988). The effect of viscosity changes in the vocal folds on the range of oscillation. *Journal of Voice*, 2, 320-325.
- Gotaas, C., & Starr, C. (1993). Vocal fatigue among teachers. *Folia Phoniatrica*, 45, 120-129.

- Gramming, P., Sundberg, J., Ternström, S., Leanderson, R., & Perkins, W.H. (1988). Relationship between changes in voice pitch and loudness. *Journal of Voice*, 2, 118-126.
- Gray, S.D., Titze, I.R., & Lusk, R.P. (1987). Electron microscopy of hyperphonated canine vocal folds. *Journal of Voice*, 1, 109-115.
- Hirano, M. (1974). Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variations. *Folia Phoniatica*, 26, 89-94.
- Hirano, M., Vennard, W., & Ohala, J. (1970). Regulation of register, pitch and intensity of voice. *Folia Phoniatica*, 22, 1-20.
- Hiroyuki, F., Kawaida, M., Tatehara, T., Ling, E., & Kita, K. (1988). A new concept of lubricating mechanisms of the larynx. In O. Fujimura (Ed.), *Vocal Physiology: Voice Production, Mechanisms, and Functions* (pp. 83-92). New York: Raven Press.
- Holmberg, E.B., Hillman, R.E., & Perkell, J.S. (1988). Glottal airflow and transglottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal and loud voice. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84, 511-529.
- Jiang, J.J., & Titze, I.R. (1994). Measurement of vocal fold intraglottal pressure and impact stress. *Journal of Voice*, 8, 132-144.
- Kitch, J.A., & Oates, J. (1994). The perceptual features of vocal fatigue as self-reported by a group of actors and singers. *Journal of Voice*, 8, 207-214.
- Koufman, J.A., & Blalock, P.D. (1988). Vocal fatigue and dysphonia in the professional voice user: Bogart-Bacall syndrome. *Laryngoscope*, 98, 493-499.
- Linville, S.E. (1995). Changes in glottal configuration in women after loud talking. *Journal of Voice*, 9, 57-65.
- Ladefoged, P., & McKinney, N.P. (1963). Loudness, sound pressure and subglottal pressure in speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 35, 454-460.
- Lancer, J.M., Syder, D., Jones, A.S., & Boutiller, A.L. (1988). Vocal fold nodules, a review. *Clinical Otolaryngology*, 13, 43-51.
- McHenry, M.A., & Reich, A.R. (1985). Effective airway resistance and vocal sound pressure level in cheerleaders with a history of dysphonic episodes. *Folia Phoniatica*, 37, 223-231.
- Novak, A., Dlouha, O., Capkova, B., & Vohradnik, M. (1991). Voice fatigue after theater performance in actors. *Folia Phoniatica*, 43, 74-78.
- Sander, E.K., & Ripich, D.E. (1983). Vocal fatigue. *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*, 92, 141-145.
- Schutte, H.K. (1986). Belastbaarheid van de stem en het fonetogram. *Tijdschrift voor Logopedie en Foniatrie*, 58, 140-143.
- Schutte, H.K. (1991). Preventie van stemstoornissen bij kinderen. In H.F.M. Peters, & C.W. Starkweather (Eds.), *Preventie en Vroege Interventie bij Spraak-, Taal- en Hoorstoornissen* (pp. 246-260). Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Shipp, T. (1987). Vertical laryngeal position: research findings and application for singers. *Journal of Voice*, 1, 217-219.
- Sonninen, A., Damsté, P.H., Jol, J., & Fokkens, J. (1972). On vocal strain. *Folia Phoniatica*, 24, 321-336.
- Stone, R.E., & Sharf, D.J. (1973). Vocal change associated with the use of atypical pitch and intensity level. *Folia Phoniatica*, 25, 91-103.
- Sundberg, J. (1987). *The Science of the Singing Voice*. DeKalb: Northern Illinois University Press.
- Sundberg, J. (1995). Vocal fold vibration and modes of phonation. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 47, 218-228.
- Titze, I.R. (1992). Vocal efficiency. *Journal of Voice*, 6, 135-138.
- Titze, I.R. (1994). Mechanical stress in phonation. *Journal of Voice*, 8, 99-105.

- Titze, I.R., Luschei E.S., & Hirano, M. (1989). Role of thyroarytenoid muscle in regulation of fundamental frequency. *Journal of Voice*, 3, 213-224.
- Verdolini-Marston, K., Titze, I.R., & Druker, D. (1990). Change in phonation threshold pressure with induced conditions of hydration. *Journal of Voice*, 4, 142-151.
- Verstraete, J., Forrez, G., Mertens, P., & Debruyne, F. (1993). The effect of sustained phonation at high and low pitch on vocal jitter and shimmer. *Folia Phoniatica*, 45, 223-228.
- Wilson, D.K. (1987). *Voice Problems in Children*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Zemlin, W.R. (1990). *Speech and Hearing Science: Anatomy and Physiology*. New Jersey: Prentice Hall.