
Stemstoornissen en vocale performantie na logopedische behandeling met biofeedback

Y. Maryn¹, M. De Bodt², P. Van Cauwenberge³

¹ *Dienst voor Neus-, Keel- & Oorzakten en Gelaat- & Halschirurgie, Dienst voor Logopedie en Audiologie, AZ Sint-Jan AV, Brugge, België*

² *Dienst voor Neus-, Keel- & Oorzakten en Hoofd- & Halschirurgie, Centrum voor Communicatiestoornissen, Universitair Ziekenhuis, UA, Antwerpen, België*

³ *Dienst voor Neus-, Keel- & Oorzakten en Gelaat- & Halschirurgie, Universitair Ziekenhuis, Gent, België*

Met dit artikel pogen de auteurs de literatuur – in de vorm van studies gepubliceerd in peer-tijdschriften – over de effecten van biofeedback (BF) in de behandeling van stemstoornissen en het verbeteren van vocale performantie op een systematische wijze na te zien en te analyseren. Er wordt in eerste instantie ingegaan op een uitgebreide en eerder universele definitie van BF. De literatuurstudie omvat 18 groeps- of gevalsstudies of –rapporten over de invloed van electromyografische, laryngoscopische en akoestische BF bij patiënten met een stemstoornis (meer bepaald met hyperfunctionele dysfonie, hypofunctionele dysfonie, psychogene dysfonie, laryngaaltrauma, totale laryngectomie of autonome stemplooidysfunctie) en bij proefpersonen met een normale stem. De gehanteerde BF-procedures, de aangewende onderzoeksmodellen (designs) en de verschillende onderzoeksresultaten worden voorgesteld. Samengevat kan besloten worden dat de bruikbaarheid van BF in de behandeling van stemstoornissen en in het optimaliseren van stemgedrag slechts bevestigd kan worden op basis van tendensen in plaats van bewijzen. Dit is het gevolg van het nijpend tekort aan kwalitatieve effectiviteitsstudies. In slechts 3 van de 18 rapporten (16.7 %) faalde BF-therapie in het verbeteren van stemkwaliteit of in het bekomen van betere resultaten in vergelijking met andere therapievormen. Tenslotte worden adviezen inzake methodologie en toekomstige wetenschappelijke uitdagingen geponeerd. Dit artikel is verschenen: Maryn, Y., De Bodt, M.S., & Van Cauwenberge, P. (2006). Effects of biofeedback in phonatory disorders and phonatory performance: A systematic literature review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 31, 65-83.

Key words: Biofeedback, stemstoornissen, vocale performantie, stemtherapie, effecten

Correspondentieadres: Youri Maryn, AZ Sint-Jan AV, Dienst voor Logopedie en Audiologie, Ruddershove 10, 8000 Brugge. Telefoon: +32 50 452448. Fax: +32 50 452290. E-mail: youri.maryn@azbrugge.be

Inleiding

Door de toename van de commerciële en praktisch-technische toegankelijkheid van hardware en software in het laatste decennium, is ook het gebruik van biofeedback (BF) in de behandeling van stemstoornissen in belangrijke mate toegenomen. Real-time spectra, spectrogrammen en toonhoogtecontouren, om er maar enkele te noemen, kunnen thans gratis opgehaald worden via het internet (Huckvale, 2003; Huckvale, 2004). Dit op zijn beurt echter zorgt voor vragen naar klinische effectiviteit en onderliggende factoren.

Volgens Mathieson (2001) kan de gedragsmatige behandeling van stemstoornissen onderverdeeld worden in 7 categorieën: (1) uitleg en opvoeding, (2) zorg voor keel en stem, (3) stemhygiëne, (4) verbeterde stemtechniek, (5) faciliterende technieken, (6) indirecte behandeling en (7) pedagogische strategieën. BF-therapie behoort tot de laatste categorie. BF heeft al een lange geschiedenis. Reeds vanaf de late jaren '50 is het beginnen groeien vanuit verscheidene klinische en wetenschappelijke disciplines en is sedert ook blijven evolueren (Schwartz & Olson, 2003). *Leertheoretici* hebben gezorgd voor de theorieën en voor het bewijs dat, bijvoorbeeld, het autonome zenuwstelsel instrumenteel of operant geconditioneerd kan worden. *Gedragstherapeuten* hebben de principes van operante en klassieke conditioneringsmodellen, observationeel leren en cognitieve informatieverwerkingsmodellen samengebracht. In de *gedragsgeneeskunde* is BF een volwaardige specialiteit geworden en in deze context heeft men de waarde van de toepassing ervan in stressmanagement, relaxatietherapie en pijnbeleid bewezen. Het dient bovendien vermeld te worden dat, zoals vermeld in Schwartz & Olson (2003, pp. 8), er geen BF zou zijn zonder de kwalitatieve instrumenten die de respectievelijke fysiologische activiteiten accuraat en betrouwbaar meten. Dit is de verdienste van *biomedische ingenieurs*, die real-time monitoren van fysiologische gebeurtenissen mogelijk hebben gemaakt. Moderne computers zijn in staat om extreem snel signalen te verwerken en te analyseren, via meerdere kanalen opnames te maken en gebruiksvriendelijke grafische interfaces te voorzien. Blijkbaar maakt technologische vooruitgang, zowel in logopedie als in andere toegepaste wetenschapsdomeinen, vele opties mogelijk, waaronder BF.

Er zijn veel definities en beschrijvingen van BF te vinden. Schwartz & Schwartz (2003, pp. 34-35) echter, hebben recent een zeer grondige definitie opgemaakt waarin zowel het proces als het doel aan bod komen: 'As a *process*, BF is a group of therapeutic procedures that uses electronic and electromechanical instruments to accurately measure, process and feed back, to persons and their therapists, information with educational and reinforcing properties, about their neuromuscular and autonomic activity, both normal and abnormal, in the form of analog or binary, auditory, and/or visual feedback signals. Best achieved with a competent BF professional, the *objectives* are to help persons develop greater awareness of, confidence in, and an increase in voluntary control over physiological processes that are otherwise outside awareness and/or under less voluntary control, by first controlling the external signal, and then by using cognitions, sensations, or other cues to prevent, stop, or reduce symptoms.' Een goede

samenvatting hiervan vinden we bij Basmajian (1981): 'When humans are given real-time (instant and continuous) electronic displays of their internal physiologic events (using meters, lightbars, etc.), they can be taught to manipulate otherwise unsensed events voluntarily'. Synoniemen voor BF zijn: artificiële proprioceptie, elektromyografische feedback, audiovisuele neuromusculaire reëducatie, neuromyometrie en sensorische integratie (Fernando & Basmajian, 1978; Basmajian, 1981).

BF kent toepassingen in veel medische condities. Zo werd elektromyografische BF gebruikt in de behandeling van letsels van het bovenste motorische neuron (bijvoorbeeld hemiplegie door beroerte of spastische spierwerking door encefalopathie), letsels van het lager motorische neuron (bijvoorbeeld aangezichtsverlamming van Bell), hysterische paralyse en dyskinesie (bijvoorbeeld spasmodische torticollis en de ziekte van Parkinson) (Basmajian, 1978). Elektroencefalografie is toegepast voor de bewuste manipulatie van hersengolven bij epileptische patiënten. Omdat huidtemperatuur gerelateerd is aan bloedstroom, is het aangewend in de behandeling van vasculaire hoofdpijn (Basmajian, 1981). Veel andere voorbeelden kunnen aangehaald worden, maar de volgende idee is telkens vertegenwoordigd: door accuraat welbepaalde fysiologische activiteiten te meten en ze via elektronische signalen auditief, visueel, tactiel of kinesthetisch terug te koppelen, kan de patiënt onmiddellijk (met een minimale latentie) en continu bewust worden gemaakt van de grootte van deze activiteit.

In tegentelling tot het BF-onderzoek in medische disciplines [urinaire incontinentie (Tries & Eisman, 2003), essentiële hypertensie (McGrady & Linden, 2003), diabetes mellitus (McGrady & Bailey, 2003), etc.] en het feit dat (het concept van) BF vaak vernoemd wordt in handboeken over stemstoornissen (zoals Aronson, 1990; Boone & McFarlane, 1988, 1994; Mathieson, 2001; Rammage, Morrison & Nichol, 2001), zijn er klaarblijkelijk relatief weinig data en studies voorhanden omtrent BF in logopedie en stemstoornissen in het bijzonder. Op vlak van logopedie is BF gebruikt in de behandeling van: gehoorstoornissen en doofheid (Stark, 1971), resonantiestoornissen (Fletcher, 1972; Moller et al., 1973; Shelton et al., 1975; Künzel, 1982; Brunner et al., 1994; Goldstein et al., 1994; Whitehill, Stokes & Man, 1996), neurologische spraakstoornissen inclusief facialis paralyse (Netsell & Cleeland, 1973; Finley et al., 1977; Daniel & Guitar, 1978; Jankel, 1978; Hand et al., 1979; Netsell & Daniel, 1979; Nemeč & Cohen, 1984; Rubow et al., 1984; Schram & Burres, 1984; Rubow & Swift, 1985; Hammerschlag et al., 1987; Gentil et al., 1994; Goldstein et al., 1994), vloeiendheidsstoornissen (Guitar, 1975; Hanna, Wilfling & McNeill, 1975; Craig & Cleary, 1982), articulatiestoornissen (Brooks et al., 1981; Michi, 1993), slikstoornissen (Denk & Kaider, 1997; Huckabee & Pelletier, 1999) en ademhalingsstoornissen (Murdoch et al., 1999). De studies op vlak van stemstoornissen worden besproken in de volgende paragrafen.

In dit artikel pogen de auteurs een antwoord te geven op de volgende twee vragen. Ten eerste, is BF een efficiënt middel in de behandeling van stemstoornissen en vocale performantie? Ten tweede, welke uitdagingen zijn er in de toekomstige BF-therapie bij mensen met een stemstoornis?

Literatuurnazicht

De zoektocht naar informatie begon in Medline/Pubmed met een combinatie van de volgende trefwoorden 'biofeedback', 'feedback', 'voice' and 'therapy' en werd vervolgd via referenties in de gevonden teksten. Op basis van de titel en het abstract werden de artikels beoordeeld op hun bruikbaarheid en bijgevolg of ze al dan niet geïncludeerd kunnen worden in de literatuurstudie. De volgende inclusiecriteria werden gehandhaafd: het gaat om (1) zogenaamde 'peer-reviewed' artikels die (2) (de resultaten van) het gebruik van real-time BF als bijkomend sensorische bron ter continue opvolging van een of meerdere vocale of vocaal-gerelateerde (bijvoorbeeld algemene laryngale spanning) functies (exclusief auditieve maskering, vertraagde auditieve feedback, etc.) (3) bij patiënten met een organische of non-organische stemstoornis (exclusief BF-studies op vlak van stoornissen in ademhaling, slikken, articulatie, resonantie en buccofaciale expressie) of (4) bij normale vocaal-getrainde proefpersonen (bijvoorbeeld studenten logopedie, zangers, etc.). Er waren geen beperkingen qua type onderzoeksdesign (zowel groepdesigns als gevalsstudies) of gebruikte meeteenheid (bijvoorbeeld microvolt, Hertz, decibel, percentage, etc.). Al de teksten werden grondig geanalyseerd en de data verzameld in een spreadsheet. Daar systematische review van gecontroleerde gerandomiseerde studies de gouden standaard zijn voor het beoordelen van de effectiviteit van een bepaalde therapie (Sackett et al., 1996), hoopten de auteurs dergelijke studies te vinden. Op basis van Frey et al. (1991), Portney & Watkins (2000) and Van Borsel (2004), werden de graad van evidentie (true, pre-, quasi- or non-experimental) en aard van studie-design geïdentificeerd. In het *ware experimentele onderzoek* (true-experimental) wordt de afhankelijk variabelen gemanipuleerd, worden de participanten/subjecten ad random toegewezen aan equivalente experimentele groepen en is er een grote controle over buiten-experimentele variabelen. In het *quasi-experimentele onderzoek* wordt de afhankelijke variabelen wel gemanipuleerd, maar er zijn geen equivalente groepen waarin de participanten (misschien wel systematisch maar niet) ad random werden toegewezen. Bovendien is er slechts een matige controle over de extra-experimentele variabelen. Bij *pre-experimenteel onderzoek* is er wel manipulatie van de onafhankelijke variabelen met vergelijking tussen groepen. Maar door het ontbreken van een gerandomiseerde of systematische allocatie van proefpersonen, is er absoluut geen controle over de buitenexperimentele factoren (Frey et al., 1991). Tenslotte is er nog *niet-experimenteel onderzoek*. Hier is er geen manipulatie van variabelen. Er is bijgevolg geen experiment (Van Borsel, 2004).

Naast enkele louter beschrijvende artikels (waarin een of meerdere BF-applicaties en/of -toestellen worden voorgesteld) (Davis & Drichta, 1980; Horii, 1983; Volin, 1991), heeft de zoektocht 18 studies naar de outcome van BF in de behandeling van stemstoornissen en het verhogen van de vocale performantie opgeleverd. In tabel 1 worden de procedurele aspecten van deze 18 studies samengevat. Tabel 2 condenseert de studie-designs en de resultaten van de 18 studies. In hetgeen volgt worden deze studies gegroepeerd en besproken volgens de toegepaste input-modaliteit (akoestische BF door middel van een microfoon, fysiologische BF door middel van oppervlakte-electromyografie en anatomico-fysiologische BF door middel van laryngoscopie).

Table 1. Gebruikte procedures in biofeedbacktherapie voor stemstoornissen en vocale performantie.

	Biofeedback Doel	Biofeedback Instrument		Baseline	Instructies	Aangepaste Drempel	Extrinsieke Beloning/ Bestraffing
		Input (Sensor)	Output				
<i>Holbrook, Robnick & Bailey (1974)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname abusieve intensiteit 	Laryngale microfoon (VIC)	A – toon in koptelefoon (bij te luide stem)	J	J	J	N
<i>Brody, Nelson & Brody (1975)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toename hypofunctionele intensiteit 	Microfoon	V – lamp wanneer intensiteit boven 60 dB SPL (ter beloning)	N	Y	N	N
<i>Henschen & Barton (1978)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname frontale en laryngale spanning Verbetering stemkwaliteit 	oEMG (musculus frontalis en spieren t.h.v. larynx)	A – toon met variabele frequentie V – oEMG grafiek	J	J	N	N
<i>Prosek et al. (1978)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Verbetering stemkwaliteit 	oEMG (spieren t.h.v. larynx)	A – toon met variabele frequentie en ruis vanaf een bepaalde drempel V – oEMG grafiek	J	J	J	N
<i>Stemple et al. (1980)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname laryngale spanning Verbetering stemkwaliteit 	oEMG (spieren t.h.v. larynx)	V – oEMG grafiek	J	J	N	N
<i>Watanabe et al. (1982)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname laryngale spanning Verbetering stemkwaliteit 	oEMG (extrinsieke laryngaanxspieren)	A – oEMG tonen V – sterkte van oEMG tonen	J	N	N	N
<i>Andrews, Warner & Stewart (1986)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname laryngale spanning Verbetering stemkwaliteit 	oEMG	A – O V – voorstelling spieractiviteit	J	J	N	N
<i>D'Antonio et al. (1987)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toename intensiteit Verbetering ademcontrole 	Flexibele laryngoscoop Subglottische druk	V – laryngale bewegingen en subglottische druk grafieken	J	J	N	N

<i>Bastian & Nagorsky (1987)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aanleren ongewone laryngale activiteiten 	Rigiede laryngoscopy	V – laryngale bewegingen	N	J	N	N
<i>Till, England & Law-Till (1987)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname stomarus 	Microfoon rond stoma	A – stomarus in mono-auraal koptelefoon	J	O	N	N
<i>Howard & Welch (1989)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Verbetering toontreffen 	Microfoon (SINGAD)	V – toonhoogtecontour	J	N	J	N
<i>Sime & Healey (1993)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname EMG tijdens vocalisatie 	oEMG (infrahyoidale spieren) CAFET	A – O V – CAFET	J	J	N	N
<i>McGillivray, Proctor-Wiliams & McLister (1994)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname abusieve intensiteit 	Microfoon	A – luide toon wanneer intensiteit boven 65 dBA (ter bestraffing)	N	N	N	J*
<i>Rossiter, Howard & DeCosta (1996)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Verbetering vocale performantie 	Microfoon	V – ALBERT fonatorische parameters (gesloten quotiënt en Ratio %)	J	N	N	N
<i>Pettersen & Westgaard (2002)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname spieractiviteit 	oEMG (musculus sterno-cleidomastoideus en musculus trapezius)	V – oEMG grafische contour	J	J	N	N
<i>Earles, Kerr & Kellar (2003)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname arousal van sympathisch zenuwstelsel 	oEMG (plaatsing ?) Perifere huidtemperatuur Elektrodermale reactiviteit	V – O	J	J	N	N
<i>Van Lierde et al. (2004)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Verbetering stemkwantiteit 	Flexibele laryngoscoop	V – laryngale bewegingen	J	J	N	N
<i>Laukkanen et al. (2004)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Toename harmonischen tussen 3-5 kHz 	Microfoon	V – FFT en LPC spectrum	J	J	N	N

VIC: Voice Intensity Controller – oEMG: oppervlakte elektromyografie – A: auditief – V: visueel – J: ja / aanwezig – N: nee / afwezig – SINGAD: Singing Assessment and Development – CAFET: Computer-Aided Fluency Establishment Training – *: bestraffing via verbale opmerkingen (bijvoorbeeld: 'Je sprak te luid!') – ALBERT: Acoustic and Laryngeal Biofeedback Enhancement Real-Time – FFT: Fast Fourier Transform – LPC: Linear Predictive Coding – O: ongedefinieerd

Tabel 2. Onderzoekdesigns en resultaten van biofeedbacktherapie voor stemstoornissen en vocale performantie.

	DOEL	ONDERZOEKSDSIGN						RESULTATEN			
		TYPE	W	Q	P	N	EXP. GROEP	CONTR. GROEP	+/-	LT	
<i>Holbrook, Rolnick & Bailey (1974)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname abusieve intensiteit 	1 groep pretest-posttest			*		27	0	+	In 89 % was er totale of gedeeltelijk opheffing van SP pathologie of dysfonie	O
<i>Brody, Nelson & Brody (1975)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toename hypofunctionele intensiteit 	2 gevalsstudies (met meerdere metingen)					2	0	+	Consistente toename van intensiteit in beide gevallen	-
<i>Henschen & Burton (1978)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname frontale en laryngale spanning Verbetering stemkwaliteit 	2 gevalsstudies				*	2	0	-	Afname van oEMG-waarden zonder verbetering van stemkwaliteit in beide gevallen	O
<i>Prosek et al. (1978)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Verbetering stemkwaliteit 	Niet-equivalent pretest-posttest met controle-groep		*			6	8	-	Slechts 2 van 6 participanten (33 %) hadden verbetering van stemkwaliteit	O
<i>Stemple et al. (1980)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname laryngale spanning Verbetering stemkwaliteit 	Niet-equivalent pretest-posttest met controle-groep		*			7	21	+	Statistisch significante afname van laryngale spanning in exp. groep en verbetering van stemkwaliteit	O
<i>Watanabe et al. (1982)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname laryngale spanning Verbetering stemkwaliteit 	2 gevalsstudies				*	2	0	+	Normale stem in subject 1, betere controle over spanning in subject 2	O
<i>Andrews, Warner & Stewart (1986)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afname laryngale spanning Verbetering stemkwaliteit 	Niet-equivalent pretest-posttest met twee groepen		*			5	5	+	Statistisch significante afname van laryngale spanning en verbetering van stemkwaliteit	+
<i>D'Antonio et al. (1987)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toename intensiteit Verbetering ademcontrole 	1 gevalstudie				*	1	0	+	Vrijwel normale stemkwaliteit	+

<i>Bastian & Nagorsky (1987)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aanleren ongewone laryngale activiteiten 	Niet-equivalent posttest		*	20	0	+	92 % kon de ongewone laryngale bewegingen aanleren	O
<i>Till, England & Law-Till (1987)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname stomarus 	Niet-equivalent pretest-posttest		*	7	0	+	Statistisch significante afname van stomarus (zonder transfer)	-
<i>Howard & Welch (1989)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Verbetering toontref-fen 	Pretest-posttest met gematchte controle-groep	*		U	U	+	Statistisch significante verbetering bij exp. groep, niet bij contr. groep.	O
<i>Sime & Healey (1993)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname EMG tijdens vocalisatie 	1 gevalstudie (met meerdere metingen)		*	1	0	+	Afname oEMG-waarden en verbetering stemkwaliteit	+
<i>McGillivray, Proctor-Williams & McLister (1994)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname abusieve intensiteit 	1 gevalstudie (met meerdere metingen)		*	1	0	+	Belangrijke afname van aantal momenten met abusieve intensiteit	O
<i>Rossiter, Howard & DeCosta (1996)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Verbetering vocale performantie 	Herhaalde metingen		*	1	1	+	Consistente afname in de metingen	O
<i>Pettersen & Westgaard (2002)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname spieractiviteit 	Niet-equivalent pretest-posttest met controle-groep		*	8	8	+	Statistisch significante afname van spanning bij exp. groep, niet bij contr. groep.	O
<i>Earles, Kerr & Kellar (2003)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afname arousal van sympathisch zenuwstelsel 	2 gevalstudies		*	2	0	+	Afwezigheid van symptomen en klinische verbetering	O
<i>Van Lierde et al. (2004)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Verbetering stemkwaliteit 	2 gevalstudies		*	2	0	+	Verbetering SP-adductie en GRBAS en DSI scores	O
<i>Laukkanen et al. (2004)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Toename harmonischen tussen 3-5 kHz 	Pretest-posttest met gerandomiseerde controlegroep		*	6	6	-	Statistisch niet-significante verschillen voor stemkwaliteit en spectrale helling	O

W: waar experimenteel – Q: quasi-experimenteel – P: pre-experimenteel – N: niet-experimenteel [Frey et al. (1991), Portney & Watkins (2000) en Van Borsel (2004)] – SP: stemplooi(en) – +: succesvol – -: niet succesvol of niet beter dan de controletherapie – LT: lange termijn-effecten – O: ongedefinieerd

Akoestische biofeedback

Zeven studies gebruikten een akoestische modaliteit om de zogenaamd onbewuste fysiologische activiteit te meten en terug te koppelen. Holbrook, Rolnick & Bailey (1974) gebruikten de Vocal Intensity Controller¹ in 27 patiënten met een hyperfunctionele stemstoornis en al dan niet secundaire stemplooietsel (waarvan de aard niet vermeld wordt). In 88.9 % was er een (bijna) volledige reductie van de laesie of de dysfonie. De resterende 11.1 % had geen baat bij de BF-therapie en onderging fonochirurgie.

Brody, Nelson & Brody (1975) beschreven 2 mentaal geretardeerde volwassenen met hypofunctionele dysfonie. De eerste participant had na anderhalf jaar met traditionele stemtherapie slechts een inconsistente controle over de toegenomen intensiteit en slaagde er niet in dit te consolideren in extra-therapeutische situaties. Vervolgens werd er 2 maanden met BF gewerkt (het ging om 23 sessies van een half uur). Telkens deze patiënt luider sprak dan 60 dB_{SPL}, volgde er een beloning in de vorm van een wit licht op een controlepaneel. Na de BF-therapie werd 74 % van de uitingen boven 60 dB_{SPL} geproduceerd en ook buiten de therapeutische setting werd de aanwezigheid van een luidere stem bevestigd. Na 5 maanden was er nog steeds (doch niet altijd) transfer van de luidere stem. De tweede patiënt heeft een gelijkaardige BF-therapie gekregen, hetgeen er na 25 sessies voor zorgde dat er in 85 % van de uitingen boven 65 dB_{SPL} werd gefoneerd. Er was echter geen transfer naar spontane conversatie. Kortom, BF had succes in het verhogen van de vocal intensiteit maar niet in het generaliseren ervan.

Till, England & Law-Till (1987) hebben de resultaten van akoestische BF bij 7 gelaryngectomeerde patiënten nagegaan. Het ruisgeluid dat tijdens het spreken via het halsstoma ontsnapt en waarvan geweten is dat het de verstaanbaarheid van de spraak sterk benadeeld (Shipp, 1967), werd bij deze patiënten versterkt en monoraal teruggekoppeld in 1 sessie. Daar waar traditionele therapie faalde om de intensiteit van deze ruis te verlagen, slaagde deze BF-therapie er in 1 sessie in om de intensiteit te reduceren met gemiddeld 5 tot 10 dB. Ook nu was er geen transfer, maar dit kan te wijten zijn aan het feit dat het hier om een solitaire behandelingssessie ging.

Niet alleen patiënten met een stemstoornis, maar bijvoorbeeld ook zangers kunnen profiteren van BF-therapie. Zo poogden Howard & Welch (1989) de zangvaardigheden met het SINGAD-systeem (Singing Assessment and Development; Howard et al., 1987) te trainen bij lagere school kinderen. SINGAD meet de fundamentele frequentie, geeft deze visueel weer en meet in hoeverre iemand kan toontreffen. Deze vaardigheid wordt bijgevolg continu en real-time voorgesteld. In functie van hun studie, hebben Howard & Welch (1989) 32 kinderen in 3 groepen met een verschillende aanpak verdeeld: (a) traditionele zangtraining, (b) SINGAD met interactie (alvorens verder te gaan in het programma werd het resultaat besproken) en (c) SINGAD zon-

¹ De Vocal Intensity Controller (VIC – Holbrook, Rolnick & Bailey, 1974) is een draagbaar toestel dat de vocale intensiteit onmiddellijk terugkoppelt en via een toon in een koptelefoon de spreker stimuleert om schadelijke intensiteiten te vermijden.

der interactie. Twee belangrijke bevindingen kunnen weerhouden worden. Ten eerste, daar waar de traditionele groep geen significante vooruitgang boekte, deden de twee SINGAD groepen dat wel. Ten tweede, tussen de twee SINGAD groepen was er geen significant verschil, maar de kinderen die via interactie feedback kregen over hun resultaten deden het beter.

McGillivray, Proctor-Williams & McLister (1994) beschreven BF-therapie bij een vierjarig kind dat habitudeel te luid sprak en stemplooinoduli had. Het BF-toestel gaf een luide toon telkens wanneer het kind luider dan 65 dB_{SPL} sprak. Bovendien beëindigden op dat moment alle aanwezigen de conversatie en werd het kind gewezen op de excessieve luidheid. In het begin werden er 109 uitingen geteld waarop luider werd geproken dan 65 dB_{SPL}. Na slechts zes wekelijkse sessies van ongeveer een half uur wasdit aantal teruggedrongen tot 5.

Naast SINGAD en de andere reeds beschreven BF-systemen, is er het ALBERT-systeem (Acoustic and Laryngeal Biofeedback Enhancement Real Time; Rossiter & Howard, 1995). ALBERT geeft visuele en gecomputeriseerde BF over: de fundamentele frequentie, het gesloten quotiënt, de spectrale distributie, geluidsintensiteit, amplitudeperturbatie (shimmer) en frequentieperturbatie (jitter). Door al dan niet verschillende parameters te combineren, kan er gewerkt worden met één-, twee- of driedimensionele grafieken of balken. Rossiter, Howard & DeCosta (1996) hebben het effect van ALBERT onderzocht. In hun studie werd er gewerkt met 2 participanten, waarvan één conventioneel getraind werd en de ander met ALBERT. Zonder significante verschillen tussen de beide participanten, werd er een verbetering voor verschillende parameters opgemeten.

Tot slot hebben Laukkanen et al. in een recente studie (2004) real-time spectra gebruikt om bij studerende acteurs meer boventonen te krijgen ter hoogte van 3-5 kHz en bijgevolg een meer draagkrachtige stem te creëren. Er waren 2 groepen met telkens 6 participanten die weliswaar allemaal dezelfde traditionele training ondergingen, doch waarvan de experimentele groep de bijkomende spectrale BF kreeg. Ook in deze studie werden er geen significante verschillen gevonden tussen de 2 groepen op vlak van spectrale contour en stemkwaliteit. Op basis van de commentaren van de participanten echter, besloten Laukkanen et al. (2004) dat visuele BF motiveert en bijgevolg effectiviteit kan toevoegen aan de therapie.

Blijkbaar kan een microfoon niet alleen diagnostisch maar ook therapeutisch gebruikt worden, meerbepaald voor het veranderen van akoestische eigenschappen zoals bijvoorbeeld vocale intensiteit en frequentie. Real-time terugkoppeling van akoestische eigenschappen lijken effectief in het verminderen van abusieve vocale intensiteiten (Holbrook, Rolnick & Bailey, 1974; McGillivray, Proctor-Williams & McLister 1994), het vermeerderen van hypofunctionele intensiteiten (Brody, Nelson & Brody, 1975), het verbeteren van vocale performantie (Howard & Welch, 1989; Rossiter, Howard & DeCosta 1996) en het verminderen van stomaruis (Till, England & Law-Till, 1987). Akoestische BF slaagt er daarentegen niet in om het aantal boventonen ter hoogte van 3-5 kHz te doen toenemen (Laukkanen et al., 2004).

Electromyografische biofeedback

In 9 studies werd oppervlakte-electromyografie (oEMG) gehanteerd om aan vocale BF-therapie te doen. In 1978 reeds rapporteerden Henschen & Burton reeds over de resultaten van oEMG-BF bij 2 patiënten met zogenaamde spastische dysfonie². Na gewerkt te hebben met progressieve relaxatie, werd aangevangen met visuele en auditieve oEMG-BF van de musculus frontalis en de laryngale spieren. Hoewel de resultaten een duidelijke afname van EMG-waarden in beide spiergroepen aantonen, was er geen betere laryngale controle of positieve verandering van de stemkwaliteit. Volgens Henschen & Burton (1978) was dit te wijten aan persoonlijkheidskenmerken die typisch gepaard gaan met psychogene dysfonie, met name mentale rigiditeit, pessimisme, etc.

Prosek et al. (1978) hebben oEMG-BF gebruikt bij patiënten met een organische stemstoornis (nodule, contactulcus, na resectie van kleine tumor, chronische laryngitis, spastische dysfonie en littekenweefsel). Ze hadden allemaal excessieve laryngale spanning. De controlegroep bestond uit 8 personen. Alle deelnemers ondergingen 14 sessies met auditieve oEMG-BF. Ze kregen ruis of een toon te horen wanneer ze respectievelijk boven of onder een bepaalde drempel klinkers, woorden, zinnen produceerden. De resultaten tonen aan dat slechts 2 van de 6 stempatiënten een verbeterde stemkwaliteit hadden na de therapie. De anderen hadden weinig tot geen verbetering. Dit werd toegeschreven aan een slechte algemene prognose. In dit verband is de studie van Schliesser (1987) interessant. Het opvolgen van therapeutische vooruitgang is belangrijk en om te weten of dit kan gebeuren door middel van EMG, heeft Schliesser de relatie tussen EMG en stemkwaliteit onderzocht. en de rol die hier mogelijk weggelegd is voor EMG werd onderzocht. Vier participanten moesten met een normale en een ruwe stem /a/ en /i/ aanhouden, tellen van 1 tot 10 en lezen. In slechts 56 % van de producties was er een correlatie tussen de EMG-waarden en de perceptuele stemkwaliteitsbeoordelingen. Dit wijst erop dat (o)EMG niet voor BF van stemkwaliteit in aanmerking komt en verklaart de bevindingen van Prosek et al. (1978).

Ook Stemple et al. (1980) hebben visuele en auditieve EMG-BF toegepast bij 7 patiënten met een hyperfunctionele stemstoornis en stemplooinoduli en in een controlegroep van 21 personen met een normale stem. Het ging om 8 BF-sessies. Eerst en vooral werden er hogere EMG-waarden gemeten in de experimentele groep, hetgeen aantoont dat er bij personen met stemplooinoduli meer spierspanning is. Training met EMG-BF zorgde voor een statistisch significante afname van laryngale spierspanning, zowel in rust als tijdens spraak en tenslotte werden de post-therapeutische stemopnames als kwalitatief beter beoordeeld. Deze bevindingen bevestigen dat EMG-BF met succes kan toegepast worden bij patiënten met een hyperfunctionele dysfonie.

Watanabe et al. (1982) beschreven 2 patiënten met psychogene 'spastische' dysfonie en waarbij auditieve EMG-BF-therapie werd aangewend om laryngale relaxatie te bekomen. Hun hyperfunctionele stem werd gekenmerkt door: te hoge en te lage

² Hoewel de term 'spastisch' normaliter verwijst naar een laesie van het bovenste motorische neuron met een pseudobulbaire dysartrie/dysfonie tot gevolg, is het ook reeds gebruikt om psychogene dysfonie en spasmodische adductie dysfonie aan te wijzen (Mathieson, 2001). Op basis van de informatie in het artikel van Henschen & Burton (1978), ging het om twee patiënten met psychogene spastische dysfonie.

(respectievelijk bij de mannelijke en de vrouwelijke participant) fundamentele frequentie, verminderde transglottale luchtstroom en maximale fonatietijd en supraglottische hyperactiviteit. Zonder te verwijzen naar post-therapeutische metingen, werd geconcludeerd dat de beide patiënten een normale stem hadden na 2-3 maanden en een normale fundamentele frequentie na 6 maanden. Deze bevindingen contrasteren fel met de resultaten beschreven in Henschen & Burton (1978), waar een dergelijke positieve outcome is uitgebleven.

Andrews, Warner & Stewart (1986) hebben het effect van EMG-BF-therapie enerzijds en relaxatie-therapie anderzijds op de ernst van dysfonie geëvalueerd in 2 gemachte groepen van 5 patiënten. De belangrijkste resultaten uit deze studie kunnen als volgt opgesomd worden. (1) EMG-BF verlaagt significant de laryngale spanning. (2) De significantie van het therapeutische effect op stemplooi controle was na EMG-BF-therapie hoger dan na relaxatie-therapie. (3) Beide behandelingsmethodes hebben gezorgd voor een significant beter stemprofiel en een positievere zelfperceptie van stemmoeilijkheden, doch zijn er niet in geslaagd om de maximale fonatietijd significant te doen stijgen. (4) Er was geen significante invloed op de post-therapeutische psychologie. Samengevat kan gesteld worden dat zowel EMG-BF als relaxatie zorgden voor gedaalde laryngale spanning, verbeterde stemkwaliteit, verhoogde stemcontrole en een gunstiger zelfperceptie van de stem.

Sime & Healey (1993) hebben visuele BF van ademhaling en fonatie toegepast bij een patiënt met hyperfunctionele dysfonie. Voor deze BF-therapie werd gebruik gemaakt van het zogenaamde Computer-Aided Fluency Establishment Training computersysteem (CAFET; Goebel, 1986). Vervolgens werd er verder gewerkt met EMG-BF. Tenslotte werd er nog aan cognitieve gedragstherapie gedaan. De resultaten van deze behandelingscocktail zijn positief en blijvend op lange termijn. Tot 15 maanden na de behandeling werden lage EMG-waarden gemeten en was er sprake van een goede subjectieve stemkwaliteit.

Recent hebben Pettersen & Westgaard (2002) het effect van EMG-BF op de activiteit van de musculus trapezius en de musculus sternocleidomastoideus tijdens zingen bestudeerd bij 8 studenten in een zangopleiding (experimentele groep). De bedoeling om de activiteit in deze spieren tijdens de zangoefeningen zo laag mogelijk te houden. Acht andere studenten kregen dezelfde oefeningen, maar zonder EMG-BF (controlegroep). Deze resultaten in de experimentele groep wijzen op een significant verminderde en minder variabele EMG-activiteit tijdens alle zangopdrachten voor beide spieren en tijdens aangehouden vocalen op verschillende frequenties voor de musculus trapezius. Dergelijke resultaten werden niet gevonden in de controlegroep.

Earles, Kerr & Kellar (2003) hebben het gebruik perifere huidtemperatuur, elektrodermale reactiviteit en EMG als BF-modaliteiten beschreven bij twee militairen met paradoxale inspiratoire stemplooi-adductie³. In 8 tot 9 BF-sessies probeerde men

³ Deze stemplooidysfunctie is een obstructief bovenste luchtwegsyndroom dat vaak astma simuleert en dat gepaard gaat met stridor, dyspnoe, hoesten en een drukkend gevoel ter hoogte van de borst. Het treedt frequent op bij lichamelijke inspanning en de behandeling betaamt in hoofdzaak uit logopedische ademhalingsoefeningen (Newman & Dubester, 1994).

de autonome arousal van en de negatieve cognities over deze dysfunctie af te nemen. Beide participanten rapporteerden een volledige afwezigheid van de symptomen van deze dysfunctie en een klinisch duidelijke verbetering respectievelijk na de 6^{de} en de 3^{de} sessie.

Afhankelijk van waarvoor het gebruikt wordt, kan oEMG een nuttig BF-instrument zijn in de behandeling van stemstoornissen. Als er overeenkomst is tussen meting (spierspanning) en doelstelling (reductie van spierspanning), lijkt oEMG zeer efficiënt in het doen afnemen van (peri-)laryngale spanningen (Stemple et al., 1980; Watanabe et al., 1982; Andrews, Warner & Stewart, 1986; Sime & Healey, 1993; Petersen & Westgaard, 2002). Wordt oEMG echter aangewend voor iets waar het initieel niet voor werd ontworpen en bestaat er dus hoogstens een indirect verband tussen meting en doelstelling – bijvoorbeeld voor het verbeteren van stemkwaliteit – lijkt oEMG minder efficiënt te zijn (Henschen & Burton, 1978; Prosek et al., 1978). Een mogelijke verklaring voor dit laatste kan gevonden worden bij Schliesser (1987), die erop wijst dat er geen concordantie is tussen EMG-activiteit en stemkwaliteit.

Laryngoscopische biofeedback

D'Antonio et al. presenteerden in 1987 een patiënt met een aanhoudende dysfonie 4 maanden na een laryngaal trauma. Multidimensioneel stemonderzoek wees op matige heesheid en gespannen fonatie, verkleind fonetogram, fel verhoogde subglottale druk en ventriculaire hyperactiviteit. In functie van de evaluatie en de training van de ware stemplooiën, werd inspiratoire fonatie aangeleerd met visuele fiberoptische en subglottale druk-BF. Na 4 BF-sessies gaven de perceptuele, de aerodynamische en de fiberoptic evaluaties een bijna normale stem aan. Resultaten op lange termijn werden niet besproken.

Bastian & Nagorsky (1987) hebben deze laryngoscopische BF bestudeerd bij 20 normale proefpersonen. In 10 gevallen ging het om getrainde zangers. De 10 andere gevallen hadden nog nooit stemtherapie ondergaan. Na een video over laryngale anatomie en fysiologie gezien te hebben zonder geluid (ze kregen dus geen auditieve informatie), werden ze laryngoscopisch onderzocht en moesten ze zelf hun larynx evalueren. Vervolgens kregen ze een video te zien waarin 3 eerder ongewone laryngale instellingen – met name epiglottische tilt, glottale squeeze en pseudobowing – werden getoond. Ze werden gevraagd deze instellingen zo goed mogelijk te imiteren door middel van laryngoscopische BF; zonder fonatie- of ander geluid (om het leren via auditieve feedback tegen te gaan) en onder locale anesthesie (om de somatosensorische feedback uit te schakelen). Het al dan niet slagen in deze opdracht en de graad waarmee dit gebeurt, werd gescoord en de tijd waarin dit gebeurt werd gemeten. De resultaten tonen aan dat 92 % van alle participanten er zeer goed tot matig in slagen om deze ongewone laryngale bewegingen aan te leren via visuele laryngoscopische BF.

Van Lierde et al. (2004) hebben het gebruik van flexibel laryngoscopische BF onderzocht bij 2 kinderen met een persisterende hyperfunctionele stemstoornis. Beide kinderen hadden reeds traditionele stemtherapie gevolgd, doch zonder transfer van verbetering in het spontane spreken. Perceptuele stembeoordeling met de GRBAS-schaal (Hirano, 1981) en objectief stemonderzoek via de metingen van de Dysphonia

Severity Index (DSI; Wuyts et al., 2000) werden voor en na de BF-behandeling afgenomen. De posttherapeutische resultaten tonen een duidelijk verbeterde adductie van de stemplooiën en scores op zowel GRBAS als DSI. Dit alles wijst op een positief effect van endoscopisch fiberoptische BF of laryngale functie en stemkwaliteit. Lange termijn effecten werden niet beschreven.

Kortom, de 3 studies waarin laryngoscopisch BF aangewend werd, zijn er in geslaagd om de stemkwaliteit en/of de stemfunctie te verbeteren.

Samenvatting van de tabellen

Tabel 1 geeft de verschillende procedurele aspecten van de besproken studies weer. Tabel 2 presenteren het design en de resultaten van deze studies. In de tweede tabel vallen meteen 2 bevindingen op. Ten eerste, slechts 3 van de 18 studies zijn er niet in geslaagd een gunstig resultaat ten gevolge van BF-therapie te bewerkstelligen. De 2 patiënten van Henschen & Burton (1978) hadden geen betere stemkwaliteit, slechts 2 van de 6 participanten die in de studie van Prosek et al. (1978) met BF getraind werden vertoonden een verbeterde stemkwaliteit, en in de studie van Laukkanen et al. (2004) was er geen stemkwaliteitsverschil tussen proef- en controlegroep. Alle andere studies resulteerden in een positieve verandering in stemproductie en/of stemkwaliteit na vocale BF-therapie. Deze bevinding onderlijnt de bruikbaarheid van deze methode in de behandeling van stemstoornissen, doch wijst ook op het feit dat verder onderzoek nodig is. Ten tweede wordt slechts in 5 studies gesproken over resultaten op lange termijn. Bij de 2 patiënten van Brody, Nelson & Brody (1975) waren de therapeutische effecten uitgedoofd na 5 maanden en in de studie van Till, England & Law-Till (1987) verdween het effect vanaf de BF werd stopgezet (er was dus nauwelijks therapeutische transfer). Andrews, Warner & Stewart (1986) daarentegen rapporteren wel een positief effect tot 36 weken na de therapie. Bij de patiënt van D'Antonio et al. (1987) bleef het effect bestaan tot 1 maand na de visuele BF-therapie. De invloed van laryngale EMG-BF bij de participant van Sime & Healey (1993) bleven behouden tot 15 weken na de therapie. Echter, omdat het telkens ging om studies met een klein aantal participanten en een minimale controle over extra-experimentele factoren, kunnen er geen strenge conclusies geformuleerd worden over het lange termijneffect.

Beschrijving van biofeedbacksystemen

Verscheidene artikels zijn verschenen over BF-toestellen en -technologie zonder in te gaan op effectiviteit. Zo presenteerden Holbrook, Rolnick & Bailey (1974) de zogenaamde Voice Intensity Controller. In 1983 beschreef Horii een draagbaar Visi-Pitch toestel voor real-time voorstelling van frequentie en intensiteit. Volin somde in 1991 enkele gecomputeriseerde BF-systemen en op vlak van stemtherapie werden de volgende systemen besproken: Visi-Pitch, Ani-Vox en Speech Viewer voor toonhoogte; Ani-Vox en speech Viewer voor luidheid; Speech Viewer en CAFET voor spreek snelheid en intonatie en Laryngograph voor stemkwaliteit. Tenslotte beschreven Rossiter & Howard in 1995 ALBERT, een gecomputeriseerd BF-systeem voor verschillende relevante akoestische parameters.

Discussie en conclusies

Enkele beperkingen binnen de context van dit literatuurnazicht dienen vermeld te worden. Ten eerste werd er enkel berust op een zoektocht via Medline/Pubmed en referenties uit de daar gevonden artikels. Andere gezondheids- en communicatie-gerelateerde databanken werden niet geconsulteerd. Ten tweede is deze review beperkt tot artikels uit peer-tijdschriften, en bijgevolg niet compleet. Tenslotte, in een poging om een realistisch beeld te schetsen van de huidige literatuurstatus, werden ook oudere studies met een verre van optimale methodologie opgenomen.

De bedoeling van dit artikel was het evalueren van de effectiviteit van BF in de behandeling van stemstoornissen en de optimalisatie van vocale performantie. Een krachtig middel om hierover uitspraken te doen is meta-analyse. Om aan meta-analyse te doen, is er statistische groepering van de individuele studies vereist (Portney & Watkins, 2000). Maar door heterogeniteit inzake meeteenheid, methodologie en klinische aspecten (etiologie, leeftijd, aantal behandelingssessies, duur van follow-up, etc.) was statistische pooling en dus ook meta-analyse onmogelijk en hebben we ons beperkt tot een descriptief doch systematisch literatuurnazicht.

De afwezigheid van echt experimentele onderzoeksresultaten belemmerde de analyse van de studies. In het algemeen kan gesteld worden dat dergelijke gecontroleerde en gerandomiseerde onderzoeken en bijgevolg ook analytische literatuurstudies naar het effect van een of andere techniek/aanpak/strategie in stemtherapie en -pedagogiek eerder zeldzaam. De uitgebreide literatuurstudie van Ramig & Verdolini (1998) over de effectiviteit van stembehandeling en van Pannbacker (1999) over de behandeling van stemplooinoduli zijn uitzonderingen. Het belang van ware experimentele studies ligt in de mogelijkheid om een causaal verband tussen 2 fenomenen – bijvoorbeeld tussen BF en verbeterde stemkwaliteit – te bevestigen. Slechts in 2 van de 18 hier aangehaalde studies ging het om echt experimenteel onderzoek, maar in de beschrijving van deze 2 studies zijn er tekortkomingen waardoor ze niet in aanmerking komen voor meta-analyse. Zo geven Howard & Welch (1989) niet het aantal participanten in de controle- en experimentele groep op en is er in Laukkanen et al. (2004) geen statistische evaluatie van bepaalde resultaten gedaan en heeft men zich beperkt tot de beschrijving sommige bevindingen.

Vijf studies waren quasi-experimenteel, 3 studies waren pre-experimenteel en in 8 studies ging het om niet-experimenteel onderzoek. Ondanks het feit dat 15 studies (83.3 %) wijzen op een gunstig effect (met verminderde laryngale spanning, verbeterde stemkwaliteit en/of opheffing van dysfonie), blijft het moeilijk om dit toe te schrijven aan het gebruik van BF. In plaats van harde evidentie is er slechts een tendens in het voordeel van BF. Kortom, het antwoord op de vraag of BF al dan niet leidt tot betere stemmen dient voorzichtig geformuleerd en de resultaten uit de verschillende studies kritisch geïnterpreteerd te worden. Andrews, Warner & Stewart (1986) bijvoorbeeld rapporteren een significante daling van de laryngale spanning en verbetering van de stemkwaliteit. Maar deze resultaten verschilden niet significant tussen de BF- en de relaxatiegroep. Hoe dan ook, in 10 studies waren er betere resultaten

na de BF-therapie en in 5 ging het zelfs om een statistisch significante verbetering (Andrews, Warner & Stewart, 1986; Howard & Welch, 1989; Pettersen & Westgaard, 2002; Stemple et al., 1980; Till, England & Law-Till, 1987).

In de context van evidence-based practice is klinische relevantie zeker even belangrijk als statistische significantie. Idealiter beschikt met hiervoor over gerandomiseerde gecontroleerde studies. Maar het zijn net dergelijke studies die we missen in dit literatuuronderzoek en bijgevolg is het onmogelijk om uitspraak te doen over de grootte en dus de klinische relevantie van het therapeutisch effect van BF. Echter, op basis van het aantal studies waarin een positieve impact op een aan stem gerelateerd aspect werd bevonden, stellen de auteurs dat BF een waardevol werkmiddel kan zijn in de behandeling van stemstoornissen.

Er zijn al heel wat BF-applicaties beschreven (Davis & Drichta, 1980; Volin, 1991). Oppervlakte-EMG is vaak met succes toegepast om laryngale spanning te reduceren (Stemple et al., 1980; Watanabe et al., 1982; Andrews, Warner & Stewart, 1986; Sime & Healey, 1993; Pettersen & Westgaard, 2002). Omtrent het effect van EMG op stemkwaliteit zijn er echter tegenstrijdige resultaten gevonden. Biofeedback van akoestische items zoals intensiteit, toonhoogte en stomaruis en zoals aangeboden in CAFET, SINGAD en ALBERT, resulteert in een betere vocale prestatie en/of stemkwaliteit. In tegenstelling tot het feit dat heel wat applicaties ontwikkeld werden voor het trainen van kwantitatieve aspecten van de stem (intensiteit, toonhoogte, toontreffen, etc.), zijn applicaties die werken met een stemkwaliteitsparameter eerder zeldzaam. Er kan in dit verband gedacht worden aan: periodiciteitsmetingen voor het kwantificeren van stemmen met ruis van wilde lucht (Hillenbrand, Cleveland & Erickson, 1994), harmonics-to-noise ratio voor stemkwaliteit (Eskenazi, Childers & Hicks, 1990), frequentieperturbatie voor ruwheid en amplitudeperturbatie voor ruis van wilde lucht (Dejonckere et al., 1996), frequentieperturbatie voor de mate van dysfonie (Wuyts et al., 1996), etc. Al deze parameters kunnen op een of andere manier gerelateerd worden aan stemkwaliteit. Bijgevolg lijkt het nuttig om, in functie van een directe training van stemkwaliteit, dergelijke parameters via real-time presentatie therapeutisch aan te wenden. Zo wordt in het ALBERT-systeem van Rossiter & Howard (1995) gebruik gemaakt van een visuele real-time voorstelling van jitter. Ondanks dat het verbeteren van de stemkwaliteit een zeer belangrijke doelstelling is in stembehandeling (Mathieson, 2001), zijn er ons geen studies bekend waarin het gebruik van stemkwaliteits-BF en het effect ervan op vocale pathologie onderzocht werd. Dit is in scherp contrast met de vele studies waar gewerkt werd met stemkwaliteitsparameters (bijvoorbeeld toonhoogte en intensiteit).

BF heeft enkele klinisch-praktische voor- en nadelen. Het eerste nadeel ligt in het feit dat kinderen niet altijd beschikken over een intrinsieke motivatie voor het veranderen van een of andere fysiologie en dat het produceren van een adequaat elektrofyysiologische activiteit wordt niet altijd als een beloning ervaren (Finley et al., 1977). Naast de puur informatieve waarde vereist BF bij kinderen stimuli met een meer motiverende inslag (Volin, 1991). De zogenaamde Voice Games in het Computerized Speech Lab van Kay Elemetrics (2003) zijn een modern voorbeeld van kindvrien-

delijke BF voor stemtherapie. Het tweede nadeel kan gevonden worden in de hoge kostprijs van bepaalde BF-applicaties. Dit nadeel wordt echter grotendeels bekampt door de goede en gratis via het internet te downloaden BF-programma's [zoals RTgram van Huckvale (2005b) en Wavesurfer van Sjölander & Beskow (2005)]. Het derde nadeel is de moeilijke generalisatie. Uit tabel 2 blijkt meteen dat er slechts 5 studies hebben gekeken naar de resultaten op lange termijn. Volgens Andrews, Warner & Stewart (1986), D'Antonio et al. (1987) en Sime & Healey (1993) zijn deze aanwezig nog aanwezig op respectievelijk 3 maanden, 1 maand en 15 maanden na de BF-behandeling. Bij Brody, Nelson & Brody (1975) en Till, England & Law-Till (1987) daarentegen was het therapeutisch effect verdwenen respectievelijk na 5 maanden en meteen post-therapie. Aan de andere kant zijn er ook heel wat voordelen op te sommen. Ten eerste, door de hedendaagse technologie krijgt de patiënt exacte informatie over de spraak- en stem activiteit in kwestie (Gentil et al., 1994). Daarnaast is het volgens Basmaïjan (1981) niet nodig dat de patiënt een uitgebreide kennis heeft over de modaliteiten en technologische achtergrond. Tevens kan BF toch bruikbaar zijn bij zowel kinderen als volwassenen (Booker, Rubow & Coleman, 1969). Daarenboven versterken de huidige dynamische presentaties het motiverend effect en zorgt moderne technologie voor digitale opslag en bijgevolg ook voor gemakkelijke opvolging van de behandeling (Sime & Healey, 1993; Gentil et al., 1994). Tenslotte kan de stemtherapeut via BF objectiviteit aan toevoegen aan de aangewende technieken (Stemple et al., 1980).

Tot slot, voor welke uitdagingen staat de toekomstige BF-therapie bij patiënten met stemstoornissen en/of problemen met vocale performantie? De belangrijkste uitdaging, zowel bij stem- als bij andere spraak- en taalstoornissen, is het uitbreiden van de corpus van hoogstaand wetenschappelijke onderzoeken en het vinden van evidentie waardoor het gebruik van een of andere strategie beargumenteerd wordt. Het gestandaardiseerd stemonderzoeksprotocol van de European Laryngological Society (Dejonckere et al., 2001) bijvoorbeeld, zou kunnen dienen als ideaal instrument voor het evalueren van het effect van BF-therapie op stemstoornissen en/of vocale performantie. Tevens moeten de precieze lange termijneffecten en methodologische aspecten (zoals plafondeffect, aantal sessies, etc.) van BF-therapie op stemstoornissen verkend worden. Een derde uitdaging is het ontwikkelen van een instrument waarbij stemkwaliteit direct voorgesteld wordt. In plaats van te werken met stemkwantiteitsparameters – zoals Holbrook, Rolnick & Bailey (1974), Brody, Nelson & Brody (1975), Till, England & Law-Till (1987), Howard & Welch (1989), etc. – dient er gebruik gemaakt te worden van een real-time voorstelling van een stemkwaliteitsparameters. Ook het effect van een dergelijke therapie dient dan wetenschappelijk onderzocht te worden.

Opmerking

De auteurs wensen Jan Deman te bedanken voor zijn bibliothecaire assistentie.

Summary

The purpose of this article was to systematically review the literature on the effects of biofeedback therapy in the domain of phonatory performance and disorders, using studies in peer-reviewed journals. An extensive definition of biofeedback is given and its place in voice treatment is defined. Eighteen group or case studies or reports considering the effects of electromyographic, laryngoscopic and acoustic biofeedback in dysphonic patients and participants with normal voices are included and an analysis of procedure as well as research design and result is presented. The usefulness of biofeedback in phonatory performance and disorders is to be interpreted based on tendencies, since there is a lack of randomized controlled efficacy studies. In only 3 of 18 studies (16.7%) did biofeedback therapy fail to improve voice quality or not result in better results than other forms of therapy. Recommendations for improved methodologies are made, which include the use of acoustic voice quality parameters.

Referenties

- Andrews, S., Warner, J., & Stewart, R. (1986). EMG biofeedback and relaxation in the treatment of hyperfunctional dysphonia. *British Journal of Disorders in Communication*, 21, 353-369.
- Aronson, A.E. (1990). *Clinical voice disorders. An interdisciplinary approach*. New York: Thieme.
- Basmajian, J.V. (1977). Motor learning and control: A working hypothesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58, 38-41.
- Basmajian, J.V. (1981). Biofeedback in rehabilitation: A review of principles and practices. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 62, 469-475.
- Bastian, R.W., & Nagorsky, M.J. (1987). Laryngeal image biofeedback. *Laryngoscope*, 97, 1346-1349.
- Booker, H.E., Rubow, R.T., & Coleman, P.J. (1969). Simplified feedback in neuromuscular retraining: An automated approach using electromyographic signals. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 50, 621-625.
- Boone, D.R., & Mc Farlane, S.C. (1988). *The voice and voice therapy* (4th ed.). Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Boone, D.R., & Mc Farlane, S.C. (1994). *The voice and voice therapy* (5th ed.). Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Brody, D.M., Nelson, B.A., & Brody, J.F. (1975). The use of visual feedback in establishing normal vocal intensity in two mildly retarded adult. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 40, 502-507.
- Brooks, S., Fallside, F., Gulian, E., & Hinds, P. (1981). Teaching vowel articulation with the Computer Vowel Trainer: Methodology and results. *British Journal of Audiology*, 15, 151-163.
- Brunner, M., Stellzig, A., Decker, W., Strate, B., Komposch, G., Wirth, G., & Verres, R. (1994). Video-Feedback-Therapie mit dem flexiblen Nasopharyngoskop. *Fortschritte in Kieferorthopedie*, 55, 197-201.

- Carding, P.N., Horsley, I.A., & Docherty, G.J. (1999). A study of the effectiveness of voice therapy in the treatment of 45 patients with nonorganic dysphonia. *Journal of Voice*, 13, 72-104.
- Cook, R.J., & Sackett, D.L. (1995). The number needed to treat: A clinically useful measure of treatment effect. *British Medical Journal*, 310, 452-454.
- Craig, A.R., & Cleary, P.J. (1982). Reduction of stuttering by young male stutterers using EMG feedback. *Biofeedback and Self-Regulation*, 7, 241-255.
- Daniel, B., & Guitar, B. (1978). EMG feedback and recovery of facial and speech gestures following neural anastomosis. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 43, 9-20.
- D'Antonio, L., Lotz, W., Chait, D., & Netsell, R. (1987). Perceptual-physiologic approach to evaluation and treatment of dysphonia. *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*, 96, 187-190.
- Davis, S.M., & Drichta, C.E. (1980). Biofeedback theory and application in allied health: Speech pathology. *Biofeedback and Self Regulation*, 5, 159-174.
- Dejonckere, P.H., Remacle, M., Fresnel-Elbaz, E., Woisard, V., Crevier-Buchmann, L., & Millet, B. (1996). Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality: Reliability and correlations with acoustic measurements. *Revue de Laryngologie-Otologie-Rhinologie*, 117, 219-224.
- Dejonckere, P.H., Bradley, P., Clemente, P., Cornut, G., Crevier-Buchman, L., Friedrich, G., Van de Heyning, P., Remacle, M., & Woisard, V. (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for the investigating efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Guideline elaborated by the Committee on Phoniatrics of the European Laryngological Society (ELS). *European Archives of Otorhinolaryngology*, 258, 77-82.
- Denk, D.M., & Kaider, A. (1997). Videoendoscopic biofeedback: A simple method to improve the efficacy of swallowing rehabilitation of patients after head and neck surgery. *ORL*, 59, 100-105.
- Earles, J., Kerr, B., & Kellar, M. (2003). Psychophysiologic treatment of vocal cord dysfunction. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*, 90, 669-671.
- Eskanazi, L., Childers, D.G., & Hicks, D.M. (1990). Acoustic correlates of voice quality. *Journal of Speech and Hearing Research*, 33, 298-306.
- Fernando, C.K., & Basmajian, J.V. (1978). Biofeedback in physical medicine and rehabilitation. *Biofeedback and Self-Regulation*, 3, 435-455.
- Finley, W.W., Niman, C.A., Standley, J., Wansley, R.A. (1977). Electrophysiologic behavior modification of frontal EMG in cerebral-palsied children. *Biofeedback and Self-Regulation*, 2, 59-79.
- Fletcher, S.G. (1972). Contingencies for bioelectronic modification of nasality. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 37, 329-346.
- Frey, L.R., Botan, C.H., Friedman, P.G., & Kreps, G.L. (1991). *Investigating communication. An introduction to research methods.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Garber, S.R., Burzynski, C.M., Vale, C., & Nelson, R. The use of visual feedback to control vocal intensity and nasalization. *Journal of Communication Disorders*, 12, 399-410.
- Gentil, M., Aucouturier, J.L., Delong, V., & Sambuis, E. (1994). EMG biofeedback in the treatment of dysarthria. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 46, 88-192.
- Goebel, M. (1986). *A computer-aided fluency establishment trainer (CAFET).* Falls Church: Annadale Fluency Clinic.

- Goldstein, P., Ziegler, W., Vogel, M., & Hoole, P. (1994). Combined palatal-lift and EPG-feedback therapy in dysarthria: A case study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 8, 201-218.
- Guitar, B. (1975). Reduction of stuttering frequency using analog electromyographic feedback. *Journal of Speech and Hearing Research*, 18, 672-685.
- Hammerschlag, P.E., Brudny, J., Cusumano, R., & Cohen, N.L. (1987). Hypoglossal-facial nerve anastomosis and electromyographic feedback rehabilitation. *Laryngoscope*, 97, 705-709.
- Hand, C.R., Burns, M.O., & Ireland, E. (1979). Treatment of hypertonicity in muscles of lip retraction. *Biofeedback and Self-Regulation*, 4, 171-181.
- Hanna, R., Wilfling, F., & McNeill, B. (1975). A biofeedback treatment for stuttering. *Journal of Speech Hearing Disorders*, 40, 270-273.
- Henschen, T.L., & Burton, N.G. (1978). Treatment of spastic dysphonia by EMG biofeedback. *Biofeedback and Self-Regulation*, 3, 91-96.
- Hillenbrand, J., Cleveland, R.A., & Erickson, R.L. (1994). Acoustic correlates of breathy vocal quality. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 769-778.
- Hirano, M. (1981). *Clinical examination of voice*. Wien: Springer.
- Holbrook, A., Rolnick, M.I., & Bailey, C.W. (1974). Treatment of vocal abuse disorders using a vocal intensity controller. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 39, 298-303.
- Horii, Y. (1983). Automatic analysis of voice fundamental frequency and intensity using a visipitch. *Journal of Speech and Hearing Research*, 26, 467-471.
- Howard, D.M., Welch, G.F., Gibbon, R.R., & Bootle, C. (1987). The assessment and development of singing ability: Initial results with a new system. *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 9, 159-166.
- Howard, D.M., & Welch, G.F. (1989). Microcomputer-based singing ability assessment and development. *Applied Acoustics*, 27, 89-102.
- Huckabee, M.L., & Pelletier, C.A. (1999). *Management of adult neurogenic dysphagia*. San Diego: Singular.
- Huckvale, M. SFS/RTSPECT version 2.1: Windows tool for real-time waveforms and spectra. University College London. Downloaden van <http://www.phon.ucl.ac.uk/resource/sfs/rtspect/>.
- Huckvale, M. SFS/RTGRAM version 1.1: Windows tool for real-time speech spectrogram display. University College London. Downloaden van <http://www.phon.ucl.ac.uk/resource/sfs/rtgram/>.
- Jankel, W.R. (1978). Bell palsy: Muscle reeducation by electromyograph feedback. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 59, 240-242.
- Kay Elemetrics Corporation (2003). *Computerized Speech Lab (CSL) model 4500 and 4150: Hardware installation, instruction, and maintenance manual*. Lincoln Park: Kay Elemetrics Corp.
- Künzel, H.J. (1982). First applications of a biofeedback device for the therapy of velopharyngeal incompetence. *Folia Phoniatica*, 34, 92-100.
- Laukkanen, A.M., Syrjä, T., Laitala, M., & Leino, T. (2004). Effects of two-month vocal exercising with and without spectral biofeedback on student actors' speaking voice. *Logopedics Phoniatics Vocology*, 29, 66-76.
- Mathieson, L. (2001). *Greene and Mathieson's The voice & its disorders* (6th ed.). London: Whurr.

- McGillivray, R., Proctor-Williams, K., McLister, B. (1994). Simple biofeedback device to reduce excessive vocal intensity. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 32, 348-350.
- McGrady, A., & Bailey, B. (2003). Diabetes mellitus. In Schwartz MS, Andrasik F, editors. *Biofeedback, a practitioner's guide*. New York: Guilford Press.
- McGrady, A., Linden, W. (2003). Biobehavioral treatment of essential hypertension. In Schwartz MS, Andrasik F, editors. *Biofeedback, a practitioner's guide*. New York: Guilford Press.
- Michi, K., Yamashita, Y., Imai, S., Suzuki, N., & Yoshida, H. (1993). Role of visual feedback treatment for defective /s/ sounds in patients with cleft palate. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, 277-285.
- Moller, K.T., Path, M.P., Werth, L.J., & Christiansen, R.L. (1973). The modification of velar movement. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 38, 323-334.
- Murdoch, B.E., Pitt, G., Theodoros, D.G., & Ward E.C. (1999). Real-time continuous visual biofeedback in the treatment of speech breathing disorders following childhood traumatic brain injury: Report of one case. *Pediatric Rehabilitation*, 3, 5-20.
- Nemec, R.E., & Cohen, K. (1984). EMG biofeedback in the modification of hypertonia in spastic dysarthria: Case report. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 65, 103-104.
- Netsell, R., Cleland, C.S. (1973). Modification of lip hypertonia in dysarthria using EMG feedback. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 38, 131-140.
- Netsell, R., Daniel, B. (1979). Dysarthria in adults: Physiologic approach to rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 60, 502-508.
- Newman, K.B., & Dubester, S.N. (1994). Vocal cord dysfunction: Masquerader of asthma. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*, 15, 161-167.
- Pannbacker, M. (1999). Treatment of vocal nodules: Options and outcomes. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 8, 209-217.
- Pettersen, V., & Westgaard, R.H. (2002). Muscle activity in the classical singer's shoulder and neck region. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 27, 169-178.
- Portney, L.G., & Watkins, M.P. (2000). *Foundations of clinical research, applications to practice* (2nd ed.). Upper Saddle River: Prentice-Hall.
- Prosek, R.A., & Montgomery, A.A., Walden, B.E., & Schwartz, D.M. (1978). EMG biofeedback in the treatment of hyperfunctional voice disorders. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 43, 282-294.
- Ramig, L.O., & Verdolini, K. (1998). Treatment efficacy: Voice disorders. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 41, S101-S116.
- Rammage, L., Morrison, M., & Nichol, H. (2001). *Management of the voice and its disorders* (2nd ed.). San Diego: Singular.
- Rossiter, D., & Howard, D.M. (1995). ALBERT: A real-time visual feedback computer tool for professional vocal development. *Journal of Voice*, 10, 321-336.
- Rossiter, D., Howard, D.M., & DeCosta, M. (1996). Voice development under training with and without the influence of real-time visually presented biofeedback. *Journal of the Acoustical Society of America*, 99, 3253-3256.
- Rubow, R.T., Rosenbek, J.C., Collins, M.J., & Celesia, G.G. (1984). Reduction of hemifacial spasm and dysarthria following EMG biofeedback. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 49, 26-33.

- Rubow, R., & Swift, E. (1985). A microcomputer-based wearable biofeedback device to improve transfer of treatment in Parkinsonian dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 50, 178-185.
- Sackett, D.L., Rosenberg, W.M., Gray, J.A., Haynes, R.B., & Richardson, W.S. (1996). Evidence-based medicine: what it is and what it isn't. *British Medical Journal*, 312, 71-72.
- Schliesser, H.F. (1987). EMG biofeedback as a function of voice-quality change. *Perceptual and Motor Skills*, 64, 719-724.
- Schoentgen, J. (2004). Perspectives in acoustic analysis of voice disorders. Proceedings of VOX 2004. Nijmegen: University Medical Center St. Radboud.
- Schram, G., Burres, S. (1984). Non surgical rehabilitation after facial paralysis. In Portmann M, editor. Proceedings of the Vth International Symposium on the Facial Nerve. New York: Masson.
- Schwartz, M.S., & Olson, R.P. (2003). A historical perspective on the field of biofeedback and applied psychophysiology. In Schwartz MS, Andrasik F, editors. *Biofeedback, a practitioner's guide*. New York: Guilford Press.
- Schwartz, N.M., & Schwartz, M.S. (2003). Definitions of biofeedback and applied psychophysiology. In Schwartz MS, Andrasik F, editors. *Biofeedback, a practitioner's guide*. New York: Guilford Press.
- Shelton, R.L., Paesani, A., McClelland, K.D., & Bradfield, S.S. (1975). Panendoscopic feedback in the study of voluntary velopharyngeal movements. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 40, 232-244.
- Shipp, T. (1967). Frequency, duration, and perceptual measures in relation to judgments of alaryngeal speech and acceptability. *Journal of Speech and Hearing Research*, 10, 412-427.
- Sjölander, K., & Beskow, J. WAVESURFER version 1.8.5. Center of Speech Technology, KTH Stockholm. Downloaden van <http://www.speech.kth.se/wavesurfer/>.
- Sime, W.E., & Healey, E.C. (1993). An interdisciplinary approach to the treatment of a hyperfunctional voice disorder. *Biofeedback and Self-Regulation*, 18, 281-287.
- Stark, R.E. (1971). The use of real-time visual displays of speech in the training of a profoundly deaf nonspeaking child: A case report. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, 397-409.
- Stemple, J.C., Weiler, E., Whitehead, W., & Komray, R. (1980). Electromyographic biofeedback training with patients exhibiting a hyperfunctional voice disorder. *Laryngoscope*, 90, 471-476.
- Stoyva, J. (1976). Self-regulation: A context for biofeedback. *Biofeedback and Self-Regulation*, 1, 1-6.
- Till, J.A., England, K.E., & Law-Till, C.B. (1987). Effects of auditory feedback and phonetic context on stomal noise in laryngectomized speakers. *Journal of Speech and Hearing Research*, 52, 243-250.
- Tries, J., & Eisman, E. (2003). Urinary incontinence: Evaluation and biofeedback treatment. In Schwartz MS, Andrasik F, editors. *Biofeedback, a practitioner's guide*. New York: Guilford Press.
- Van Lierde, K.M., Claeys, S., De Bodt, M., Van Cauwenberge, P. (2004). Outcome of laryngeal and velopharyngeal biofeedback treatment in children and young adults: A pilot study. *Journal of Voice*, 18, 97-106.
- Van Borsel, J. (2004). *Wetenschappelijk onderzoek in de logopedie*. Leuven: Acco.

- Volin, R.A. (1991). Microcomputer-based systems providing biofeedback of voice and speech production. *Topics in Language Disorders*, 11, 65-79.
- Watanabe, H., Komiyama, S., Ryu, S., Kanna, S., & Matsubara, H. (1982). Biofeedback therapy for spastic dysphonia. *Auris Nasus Larynx (Tokyo)*, 9, 183-190.
- Whitehill, T.L., Stokes, S.F., & Man, Y. (1996). Electropalatography treatment in an adult with late repair of cleft palate. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 33, 160-168.
- Wuyts, F.L., De Bodt, M., Bruckers, L., & Molenberghs, G. (1996). Research work of the Belgian Study Group on Voice Disorders: Results. *Acta Otorhinolaryngologica Belgica*, 50, 331-341.
- Wuyts, F.L., De Bodt, M.S., Molenberghs, G., Remacle, M., Heylen, L., Millet, B., Van Lierde, K., Raes, J., Van de Heyning, P.H. (2000). The Dysphonia Severity Index: An objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 43, 796-809.