

J. Nadalin¹, A. Astofi², P. Bottalico², G. Riva¹, M. Garzaro¹, L. Raimondo¹, C. Giordano¹

Effetto del rumore e della riverberazione sullo sforzo vocale degli insegnanti di scuola primaria

¹ I Clinica ORL, Dipartimento di Fisiopatologia Clinica, Università degli Studi di Torino - Via Genova 3, 10126 Torino

² Dipartimento di Energetica, Politecnico di Torino Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino

RIASSUNTO. Gli insegnanti rappresentano una delle categorie a rischio di sviluppare disturbi della voce in seguito al suo utilizzo professionale. Lo scopo di questo studio è valutare le relazioni esistenti tra dosi vocali e condizione clinica, condizioni acustiche nelle classi (rumore e riverberazione) e valutazione soggettiva dello sforzo vocale. Alla valutazione clinica il 41% degli insegnanti non mostrava patologie vocali. La sorgente di rumore più disturbante è risultata essere gli studenti che parlano in aula. La conseguenza di un'acustica non ottimale nelle aule è la minore percezione della voce degli studenti. L'insorgenza di disturbi vocali è legata al tempo di fonazione.

ABSTRACT. EFFECT OF NOISE AND REVERBERATION ON VOCAL EFFORT AND FATIGUE OF PRIMARY SCHOOL TEACHERS. Teachers are at a higher risk for occupation-related voice disorders than the general population. The aim of this work is the investigations on the relationships between vocal doses and clinical status, acoustical conditions (noise and reverberation) in the classrooms and subjective evaluations of vocal effort and fatigue. At clinical evaluation 41% of the teachers showed no sign of vocal disease. Students talking in the classroom is the most annoying, noise source in classrooms. The consequence of the poor acoustics in all the schools was the decrease in students question perception. The main cause of a vocal pathology was time dose.

Key words: vocal effort, noise, primary school teachers.

Introduzione

Per oltre un milione di insegnanti di scuola primaria in Italia la propria voce è lo strumento principale di lavoro e di conseguenza rappresentano una categoria con un rischio di sviluppare patologie vocali superiore a quello della popolazione generale (1-3). I disturbi della voce variano da forme lievi di disфония alla perdita completa della voce (afonia) e possono avere numerose cause.

In Europa e negli Stati Uniti i disturbi della voce non sono riconosciute come patologie professionali, nonostante il 12% dei soggetti con patologie vocali negli Stati Uniti sia rappresentato dagli insegnanti. Altre categorie a rischio sono i cantanti, gli attori, il personale di vendita, i dirigenti e gli avvocati. In letteratura la prevalenza di patologie vocali tra gli insegnanti oscilla tra il 7% ed il 25% (4-5).

La Polonia è l'unica nazione in cui questi disturbi siano riconosciuti come patologia professionale. Gli studi di Hanke et al. mostrano che i disturbi della voce rappresentano il 25% delle patologie professionali (6).

Le cause principali di disфония nei professionisti della voce è rappresentato dal malmenage e/o surmenage vocale, cioè dal cattivo uso oppure abuso della voce. Lo sforzo vocale è in gran parte condizionato dalle condizioni acustiche dell'ambiente di lavoro (7-8).

Sebbene una cattiva acustica delle aule di insegnamento possa rappresentare un rischio di sviluppare patologie della voce, soltanto pochi studi hanno valutato la relazione tra l'acustica delle aule e la produzione vocale degli insegnanti (9-10).

Lo scopo di questo studio è valutare le relazioni esistenti tra dosi vocali e condizione clinica, condizioni acustiche nelle classi (rumore e riverberazione) e valutazione soggettiva dello sforzo vocale.

Materiali e Metodi

Lo studio è stato condotto in sei scuole primarie di Torino e Beinasco. Il campione era costituito da 39 insegnanti di età compresa tra 27 e 59 anni di madrelingua italiana. Le misure sono state effettuate su un campione di 66 giornate lavorative, dalle quali sono state selezionate e

analizzate 54 lezioni frontali in cui gli studenti sono seduti nei loro banchi e ascoltano in silenzio la maestra che spiega.

Al fine di valutare la condizione clinica, le insegnanti sono state sottoposte ad una visita otorinolaringoiatrica e foniatrica, una videolaringostroboscopia, una valutazione logopedica relativa a funzionalità respiratoria e fonatoria mediante la scala GIRBAS ed una valutazione soggettiva della voce mediante il questionario VHI (Voice Handicap Index).

Le misure oggettive dei parametri vocali (frequenza fondamentale f_0 e livello di pressione sonora SPL) sono state ottenute mediante l'APM 3200 (Ambulatory Phonation Monitor) applicato al collo dell'insegnante. Lo strumento consente di analizzare i parametri acustici vocali partendo dalla vibrazione delle corde vocali misurata mediante un accelerometro. Il livello di pressione sonora (SPL) è stato registrato a circa 12 cm di distanza dalla bocca del soggetto in esame.

A partire dal livello di pressione sonora e dalla frequenza fondamentale è possibile calcolare le dosi vocali, rappresentate da Time Dose (Dt), Vocal Loading Index (VLI), Distance Dose (Dd), Energy Dissipation Dose (De), Radiated Energy Dose (Dr) (11).

Dt rappresenta il tempo durante il quale le corde vocali hanno vibrato sul tempo totale di misura. VLI misura il numero totale di cicli di oscillazione delle corde vocali, mentre Dd quantifica la distanza totale accumulata dalle corde vocali nella vibrazione. De è la misura dell'energia dissipata sotto forma di calore per unità di volume del tessuto delle corde vocali, mentre De l'energia acustica irradiata in prossimità della bocca durante la fonazione.

Le misurazioni acustiche nelle aule in cui si svolgono le lezioni sono state eseguite mediante un fonometro ed un registratore digitale ai fini di ottenere i livelli di rumore ambientale (L_N) e i livelli del parlato presente nelle aule durante la giornata lavorativa. Sono stati valutati i livelli percentili L_{A90} e il tempo di riverberazione (RT).

In Tabella I sono riportate le caratteristiche degli insegnanti e le condizioni acustiche durante le lezioni.

Le indagini soggettive hanno previsto l'utilizzo di due questionari. Il primo, composto da 4 domande, è stato compilato dopo ogni attività didattica e le domande ri-

Tabella I. Caratteristiche degli insegnanti e condizioni acustiche nelle aule durante le lezioni frontali

Insegnante	Scuola	Età	Numero di giornate lavorative e di lezioni frontali	RT (s) durante le lezioni frontali	L_{A90} (dB(A)) durante le lezioni frontali
1	Torino	38	2/-		
2	Torino	43	2/-		
3	Torino	37	3/2	1.1 / 0.4	52.8 / 43.9
4	Torino	54	3/2	1.6 / 0.4	51.6 / 44.3
5	Torino	35	2/2	1.0 / 1.0	45.0 / 59.0
6	Torino	39	2/-		
7	Torino	40	2/2	1.2 / 1.2	60.6 / 58.6
8	Torino	47	2/1	0.7	54.5
9	Torino	42	1/-		
10	Torino	31	2/1	1.1	41.6
11	Torino	34	2/2	1.3 / 0.4	65.0 / 64.3
12	Torino	58	2/2	0.4 / 1.2	43.8 / 51.6
13	Torino	57	1/1	0.9	48.2
14	Torino	57	2/-		
15	Torino	54	2/3	0.9 / 0.9 / 0.4	46.3 / 48.9 / 41.4
16	Torino	59	2/2	1.3 / 0.4	50.9 / 42.7
17	Torino	35	2/-		
18	Torino	39	1/1	0.5	50.4
19	Torino	27	1/1	0.7	54.8
20	Torino	37	1/2	0.7 / 0.7	53.9 / 50.3
21	Torino	56	1/1	0.5	54.4
22	Torino	48	1/1	1.1	54.3
23	Beinasco	46	1/1	0.8	
24	Beinasco	34	2/1	0.8	57.5
25	Beinasco	33	2/1	0.8	51.9
26	Beinasco	43	1/1	0.9	52.5
27	Beinasco	49	1/1	0.8	54.0
28	Beinasco	56	2/3	0.7	44
29	Beinasco	59	2/2	0.8 / 1.1	51.1 / 49.2
30	Beinasco	38	2/2	0.7 / 0.7	45.8 / 54.5
31	Beinasco	47	2/2		44.3 / 54.4
32	Beinasco	40	2/2	0.8 / 0.8	50.0 / 48.3
33	Beinasco	52	2/2	0.8 / 0.9	62.8 / 57.5
34	Beinasco	55	2/1	0.7	42.6
35	Beinasco	58	2/2	0.9 / 0.9	46.3 / 63.6
36	Beinasco	54	2/1	0.7	46.6
37	Beinasco	48	2/3	0.9 / 0.9 / 0.9	56.0 / 43.0 / 49.6
38	Beinasco	34	1/2	0.9 / 0.9	45.1 / 46.6
39	Beinasco		-1	0.8	52.6

guardavano l'intensità e la qualità dell'emissione vocale, l'intensità del rumore di fondo e i disturbi vocali (pizzicore alla gola, afonia, raucedine, rigidità del collo, mal di testa e malessere generale) mediante uno score da 1 (mai) a 5 (molto spesso). Il secondo questionario, compilato al termine della giornata lavorativa, era costituito da 16 domande ed ha indagato i sintomi vocali e il comfort acustico. In particolare sono state richieste opinioni relative al disturbo di diversi tipi di rumore nell'aula, alla percezione del proprio sforzo vocale ed alla qualità acustica dell'aula.

Risultati

Alla valutazione clinica il 41% degli insegnanti non mostrava segni di patologie vocali, mentre il 59% presentava sintomi soggettivi e/o oggettivi.

Il livello di pressione sonora medio misurato ad 1 metro di distanza dalla bocca dell'insegnante e la frequenza

fondamentale sono risultati essere 66,2 dB e 238,7 Hz per le donne e 65,8 dB e 150,3 Hz per gli uomini. Essendo la frequenza fondamentale diversa per gli uomini e per le donne, l'analisi delle dosi vocali è stata condotta separatamente in base al sesso dell'insegnante. In Tabella II sono riportati i principali parametri vocali misurati negli insegnanti.

Il rumore di fondo presente in un'aula durante una lezione frontale era compresa tra 50 e 55 dB(A). In Tabella III sono riportati i risultati delle misurazioni acustiche nelle aule.

Tabella II. Valori medi di alcuni parametri vocali misurati negli insegnanti

Parametri vocali	Femmine	Maschi
Dt (m/s)	25.5	25.9
Dd (dB)	66.2	63.6
De (dB)	60.7	68.7
Dr (dB)	70.5	51.6
SPL (dB)	66.4	65.8
f ₀ (Hz)	238.7	150.3

Tabella III. Valori medi di alcuni parametri acustici delle aule nelle scuole primarie di Torino e Beinasco

Parametri acustici	Torino	Beinasco
SPL (dB)	62.1	59.2
L _N (dB)	51.8	52.4
L _{A90} (dB)	53.2	50.4
RT (s)	1.13	0.82

È stato rilevato un effetto Lombard corrispondente ad un incremento di 0,70-0,72 dB nel livello del parlato per ogni dB di incremento nel livello del rumore. La frequenza fondamentale cresceva con il rumore di fondo con un tasso di 1,2 Hz/dB.

I risultati dei questionari compilati dagli insegnanti sono riportati nella Figura 1 e nella Tabella IV.

Discussione

La sorgente di rumore più disturbante secondo gli insegnanti è risultata essere gli studenti che parlano in aula.

Tabella IV. Risultati medi relativi al secondo questionario (IAT, influenza dell'acustica sull'insegnamento; NI, intensità del rumore; ND, grado di disturbo del rumore; RT, riverberazione; SC, comprensione del parlato; TVE, sforzo vocale degli insegnanti; AQS, soddisfazione globale dell'acustica)

	Torino	Beinasco
IAT	3.09	2.14
NI	2.91	2.21
ND	3.03	2.00
RT	3.19	2.04
SC	2.75	3.89
TVE	3.44	3.00
AQS	2.53	3.32

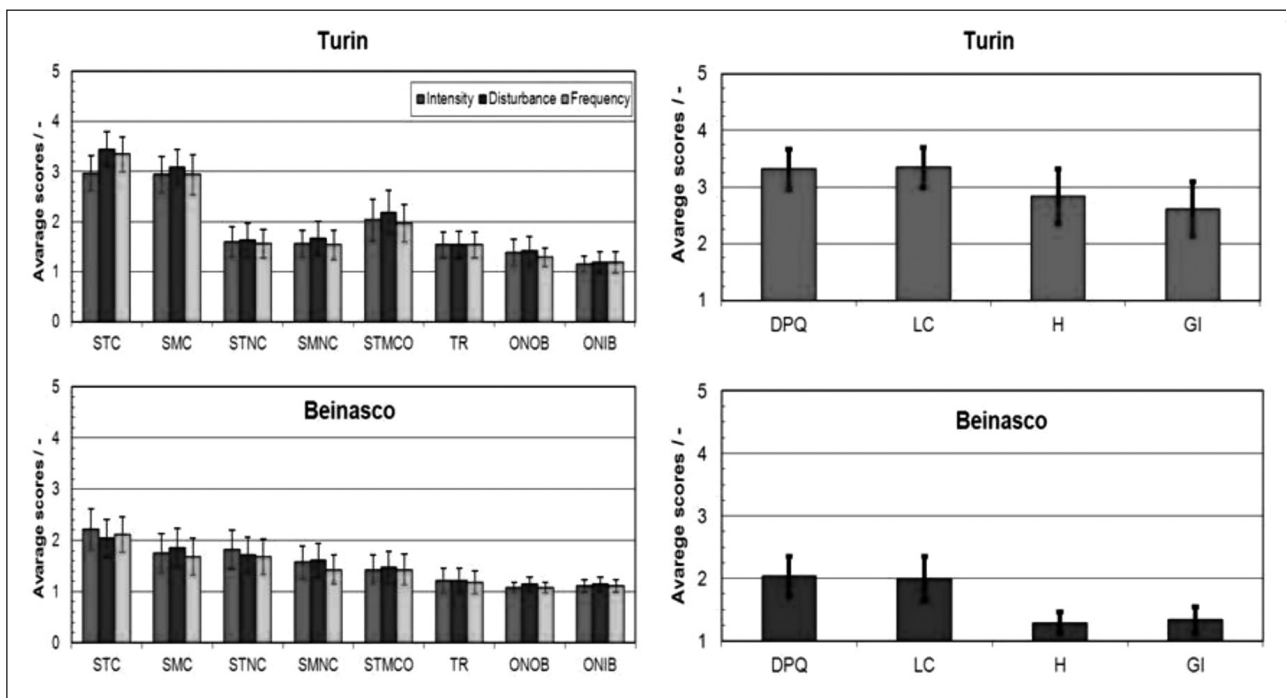


Figura 1. Risultati relativi al primo questionario per intensità, disturbo e frequenza (STC, studenti che parlano nell'aula; SMC, studenti che si muovono nell'aula; STNC, studenti che parlano nelle aule vicine; SMNC, studenti che si muovono nelle aule vicine; STMCO, studenti che parlano e si muovono nel corridoio; TR, traffico; ONOB, rumore all'esterno dell'edificio escluso il rumore da traffico; ONIB, rumore all'interno dell'edificio; DPQ, ridotta percezione delle domande degli studenti; LC, perdita di concentrazione; H, mal di testa; GI, malessere generale)

Analizzando i dati relativi a intensità, disturbo e frequenza di ogni fonte di rumore riportato nei questionari, si è osservato come questi siano tra loro strettamente correlati ($p < 0,01$).

La più importante conseguenza di un'acustica non ottimale nelle aule è la perdita di concentrazione e la minore percezione della voce degli studenti. Infatti la riverberazione presente nelle aule riduce la capacità di comprensione del parlato. Esiste una buona correlazione tra il disturbo provocato dal rumore e l'intensità di quest'ultimo e tra questi due parametri e lo sforzo vocale degli insegnanti ($p < 0,01$).

Dall'analisi dei risultati è risultato che la percezione soggettiva del rumore da parte degli insegnanti aumenta con il quadrato del tempo di riverberazione nelle aule in cui si svolgono le lezioni.

L'insorgenza di disturbi della voce è legata al fumo, alla familiarità e al tempo di fonazione ($p < 0,05$). Non è invece stata riscontrata una correlazione statisticamente significativa tra le patologie vocali e gli altri parametri vocali (Dd, De, Dr, SPL, f_0) e dinamica respiratoria ($p > 0,05$).

L'intensità della voce è tuttavia strettamente correlata con SPL, Dd, De, Dr, mentre l'intensità percepita del rumore di fondo con l'intensità delle voce e L_{A90} .

Il controllo del rumore e della riverberazione sembrano dunque essere essenziali per ridurre le patologie della voce.

Bibliografia

- 1) Kooijman PG, De Jong FI, Thomas G et al. Risk factors for voice problems in teachers. *Folia Phoniatr Logop* 2006; 58(3): 159-174.
- 2) Sliwinska-Kowalska M, Niebudek-Bogusz E, Fiszer M et al. The prevalence and risk factors for occupational voice disorders in teachers. *Folia Phoniatr Logop* 2006; 58(2): 85-101.
- 3) Roy N, Merrill RM, Thibeault S et al. Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *J Speech Lang Hear Res* 2004; 47(2): 281-293.
- 4) Titze I, Lemke J, Montequin D. Population in the U.S. workforce who rely on voice as a primary tool of trade: a preliminary report. *The Journal of Voice* 1997; 11(3): 254-259.
- 5) Lejiska V. Occupational voice disorders in teachers. *Pracovini Lekarstvi* 1967; 19: 119-121.
- 6) Hanke W, Szeszenia-Dabrowska N, Szymczak W. Occupational diseases-epidemiologic evaluation of the situation in Poland. *Medycyna pracy* 2002; 53(1): 23-28.
- 7) Jonsdottir VI. Teachers' vocal symptoms related to their opinion regarding room acoustics. *Proc. Euronoise, Tampere, Finland* 2006.
- 8) Astolfi A. Normative e linee guida internazionali in tema di edilizia scolastica. *Proc. Acustica e ambienti scolastici, Associazione Italiana di Acustica, Ferrara* 2004.
- 9) Vilkman E. Voice problems at work: a challenge for occupational safety and health arrangement. *Folia Phoniatr Logo* 2000; 52: 120-125.
- 10) Dejonckere P, Remacle M, Fresnel-Elbaz E et al. Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality: reliability and correlation with acoustic measurements. *Rev Laryngol Otol Rhinol* 1996; 3: 219-224.
- 11) Titze I, Svec J. Vocal dose measures: quantifying accumulated vibration exposure in vocal fold tissues. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 2003; 46: 919-932.

Richiesta estratti: Giuseppe Riva, I Clinica ORL, Dipartimento di Fisiopatologia Clinica, Università degli Studi di Torino, Via Genova 3, 10126 Torino, Italy - E-mail: giuseppe.riva84@gmail.com