

Filippo Cassano¹, Giovanni Maria Ferri¹, Ingrid Aloise¹, Nicola Mariano Manghisi¹, Francesco Cardascia¹, Vincenzo Gaccione¹, Michela Garavaglia¹, Graziano Labianca¹, Cosimo Mazzotta¹, Maria Teresa Minenna¹, Luigi Di Lorenzo¹

Misura sperimentale del "PAR" di sette inserti auricolari

¹ Dipartimento Interdisciplinare di Medicina - Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"

RIASSUNTO. Lo studio si è posto l'obiettivo di valutare, mediante l'utilizzo dell'E-A-Rfit™ Validation System, il reale abbattimento (PAR) per l'orecchio destro (AuD), per l'orecchio sinistro (AuS) e l'abbattimento binaurale relativi a ciascuno dei sette inserti auricolari attualmente prodotti dalla ditta 3M. Inoltre, si è voluto verificare l'eventuale differenza tra i suddetti PAR in considerazione della tendenza ad usare in maniera predominante la mano destra (*destrimani*) o quella sinistra (*mancini*) ed in rapporto al genere. Infine per ogni inserto e per ogni soggetto è stato condotto un esame audiometrico ad inserto indossato, per confrontare il valore di PAR medio ottenuto dal sistema E-A-Rfit™ per ognuno dei sette inserti e per tutti i soggetti selezionati, con la curva dell'abbattimento determinata attraverso la misura audiometrica della soglia uditiva ad inserto indossato. L'utilizzazione del sistema E-A-Rfit™ per la scelta dell'inserto auricolare porta a vantaggi importanti nella protezione di tutti i lavoratori. I DPI acustici modellabili sono risultati generalmente più efficienti rispetto ai non modellabili, tanto che gli SNR più elevati (forniti dal produttore), specie se riferiti a inserti non modellabili, sono risultati ingannevoli sulle reali capacità di abbattimento personale degli stessi inserti. Le curve audiometriche medie, ottenute con i diversi inserti indossati, hanno confermato che tutti garantiscono un abbattimento maggiore per le alte frequenze rispetto a quelle "sociali".

Parole chiave: rumore, reale abbattimento, inserti auricolari, misura sul campo:

ABSTRACT. The study aimed to evaluate, through the use of the EA-Rfit™ Validation System, the real reduction (PAR) for the right ear (AuD), for the left ear (AuS) and binaural reduction related to each of the seven earplugs currently produced by 3M. In addition, we wanted to verify any difference between the aforementioned PARs in consideration of the tendency to predominantly use the right hand (right-handed) or the left hand (left-handed) and in relation to gender. Finally, for each insert and for each subject, an audiometric examination was conducted with the insert worn, to compare the average PAR value obtained by the EA-Rfit™ system for each of the seven inserts and for all selected subjects, with the determined abatement curve through the audiometric measurement of the hearing threshold with the insert worn. The use of the E-A-Rfit™ system for the choice of the ear insert leads to important advantages in the protection of all workers. Moldable acoustic PPE generally proved to be more efficient than non-moldable, so much so that the higher SNRs (provided by the manufacturer), especially when referring to non-moldable inserts, were found to be misleading as to the real personal abatement capacity of the inserts. The average audiometric curves, obtained with the different inserts worn, confirmed that all of them guarantee a higher reduction for high frequencies than for "social" ones.

Key words: noise, real hearing attenuation, earplugs, measurement on field.

Introduzione

L'art. 193 del Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro (D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.) – Titolo VIII (Agenti fisici) – Capo II (Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro) (1) prevede che, nel caso in cui i rischi derivanti dal rumore non possano essere evitati con le misure di prevenzione e protezione, il datore di lavoro fornisca i Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) per l'udito. Inoltre la normativa precisa che il datore di lavoro ne verifica l'efficacia e tiene conto dell'attenuazione prodotta dagli stessi DPI uditivi indossati dal lavoratore solo ai fini di valutarne l'efficacia ed il rispetto dei valori limite di esposizione.

Il calcolo delle capacità di abbattimento dei DPI per il rumore deve essere effettuato dal produttore come da ISO 4869/1 (2). Tali test, secondo la norma, si basano sulla valutazione della soglia uditiva a dispositivo non indossato e indossato, vanno effettuati su 16 soggetti "altamente selezionati" e i risultati relativi all'attenuazione del dispositivo sono espressi come valore medio e deviazione standard, per banda di ottava. L'utilizzo di questi dati teorici di abbattimento per la valutazione del livello di esposizione a dispositivo indossato è impropria e può essere fonte di una serie di errori di valutazione.

Numerosi studi hanno dimostrato la scarsa affidabilità delle misurazioni effettuate in laboratorio secondo la procedura della norma ISO 4869/1 (2), ai fini della valutazione della reale attenuazione dei dispositivi di protezione uditivi individuali o di gruppo per i lavoratori professionalmente esposti, rendendo peraltro approssimativa la corretta scelta degli stessi dispositivi in condizioni di concreta esposizione (3-11). A tal proposito, l'appendice E della UNI 9432:2008 premette che non è possibile ottenere un valore preciso di perdita di attenuazione dei dispositivi di protezione auricolare quando sono impiegati negli ambienti di lavoro, in quanto i valori forniti e certificati dai fabbricanti sono ottenuti in laboratorio (12).

Al fine di correggere la perdita di attenuazione, i valori ottenuti con il metodo OBM, HML o SNR per i diversi tipi di DPI acustici, cuffie, inserti espandibili o modellabili, inserti preformati o non modellabili, devono essere moltiplicati per i coefficienti (β) 0,75, 0,50, 0,23 rispettivamente (13).

In due precedenti studi ci siamo occupati dell'argomento. Nel primo abbiamo determinato sperimentalmente il reale abbattimento conseguito da un inserto auricolare utilizzando il sistema di validazione E-A-Rfit™ della 3M, secondo la tecnica Field-Microphone-In-Real-Ear (F-MIRE) (14,15). Raffrontando il reale livello di attenuazione personale del rumore (PAR), ottenuto mediante l'E-A-Rfit™ Validation System, con quello teorico dichiarato dal fabbricante (SNR), è stato possibile dimostrare che l'abbattimento reale garantito dagli inserti auricolari è nettamente inferiore a quello teorico fornito dal produttore (14).

Nel secondo studio, condotto sempre utilizzando l'E-A-Rfit™ Validation System, abbiamo dimostrato un aumento di circa 12 dB tra le medie di abbattimento del rumore ottenute prima e dopo l'informazione e la formazione individuale dei lavoratori sull'uso degli inserti auricolari e, ancora una volta, che il PAR è effettivamente inferiore al SNR (16).

Obiettivo dello studio

Questo studio ha l'obiettivo di valutare, mediante l'utilizzo dell'E-A-Rfit™ Validation System, il PAR per l'orecchio destro (AuD), per l'orecchio sinistro (AuS) e il PAR biaurale relativi a ciascuno dei sette inserti auricolari attualmente prodotti dalla ditta 3M.

Inoltre, si è voluto verificare se esistano delle differenze tra i suddetti PAR in considerazione della tendenza dei soggetti ad usare in maniera predominante la mano destra (*destrimani*) o quella sinistra (*mancini*) per compiere i movimenti automatici e volontari della vita quotidiana e in considerazione del genere.

Infine per ogni inserto e per ogni soggetto è stato effettuato un esame audiometrico ad inserto indossato, con lo scopo di confrontare il valore di PAR medio ottenuto dal sistema E-A-Rfit™ per ognuno dei sette inserti e per tutti i soggetti selezionati, con la curva dell'abbattimento determinata attraverso la misura audiometrica della soglia uditiva ad inserto indossato.

Soggetti e Metodi

Soggetti

In riferimento alla norma ISO 4869/1 (2) sono stati reclutati su base volontaria 32 soggetti di età compresa fra i 20 e i 35 anni, di cui 8 femmine destrimani e 8 mancine e 8 maschi destrimani e 8 mancini. Tutti i soggetti sono stati preliminarmente sottoposti a esame otoscopico e poi a esame audiometrico, che hanno permesso di escludere la presenza di malformazioni del canale uditivo esterno, di cerume in eccesso e di deficit audiometrici di qualunque tipo e grado. Quindi gli stessi soggetti sono stati formati e informati singolarmente sulla corretta vestizione dei DPI acustici da valutare in questo studio. La loro manipolazione e inserimento nei canali auricolari esterni di sinistra e di destra rispettivamente sono state effettuate con la

mano omolaterale all'orecchio da esaminare, indipendentemente dall'appartenenza al gruppo dei *destrimani* o dei *mancini*.

Inserti o DPI auricolari

Gli inserti adoperati sono stati quelli appositamente predisposti dall'azienda fornitrice per l'uso con E-A-Rfit™. Sono stati utilizzati tre DPI auricolari non modellabili manualmente e quattro modellabili, di seguito elencati con, tra parentesi, il rispettivo SNR in dB indicato dal produttore: i tre non modellabili sono *Push-Ins* (38), *Express* (28), *Ultrafit* (23); i quattro modellabili sono *FX* (39), *1100* (37), *Yellow-Neon* (36) e *Classic* (28) (Figura 1).

E-A-Rfit™

Si ricorda brevemente che l'E-A-Rfit™ è gestito da un personal computer, con *software* dedicato in grado di produrre un suono di intensità nota, e da due microfoni, di cui uno è posto all'esterno e l'altro all'interno dell'inserto nei pressi della membrana timpanica (Figura 1). È stato così possibile misurare l'intensità del suono all'esterno di ciascun inserto auricolare e quella che arriva, prevedibilmente attenuata, all'interno di ciascun DPI, ovvero il suo PAR, in AuS e in AuD, rispettivamente e contemporaneamente (14,16).

Oltre ai valori di PAR misurati in AuS e in AuD per ciascuno dei sette inserti utilizzati, alla fine della suddetta misurazione il *software* fornisce un altro valore di PAR, unico per ciascuna coppia di inserto e per ciascun soggetto. Questo PAR, detto biaurale, è automaticamente corretto per un "valore di variabilità", che tiene conto di tutti i fattori che potrebbero influenzare la misura dei PAR, quali la corretta calibrazione dello strumento, l'adattamento dell'inserto al lavoratore, la variabilità nella tecnica di vestizione, le variazioni riscontrate nello spettro del rumore dell'utilizzatore, l'incertezza "insita" alla misurazione stessa. Ogni misurazione dell'abbattimento del suono è durata circa 10 secondi, ha valutato sette frequenze di prova standard da 125 Hz a 8 kHz (4).

Il *software* del sistema fornisce quindi una specifica scheda di valutazione personale del reale abbattimento del rumore: sono state così ricavate sette schede per ciascun soggetto, contenenti i valori di PAR in AuS, AuD e biaurale relative a ogni singolo inserto.

Per le audiometrie è stato utilizzato un audiometro diagnostico Usb Pro versione "3S" della ditta Oscilla collegato a un personal computer con *software* dedicato, preliminarmente e adeguatamente sottoposto a taratura.

Tutte le operazioni sono state eseguite nell'ambulatorio del nostro Istituto, la cui rumorosità ambientale è paragonabile a quella di un normale ufficio di lavoro e quindi intorno ai 60 dBA Leq, come verificato da misure fonometriche da noi effettuate.

Tutti i test EAR sono stati effettuati prima sull'orecchio destro, poi sul sinistro. Per ogni soggetto che si è sottoposto allo studio, sono stati necessari almeno 60 minuti per espletare l'intera batteria di test prevista (Figura 2).

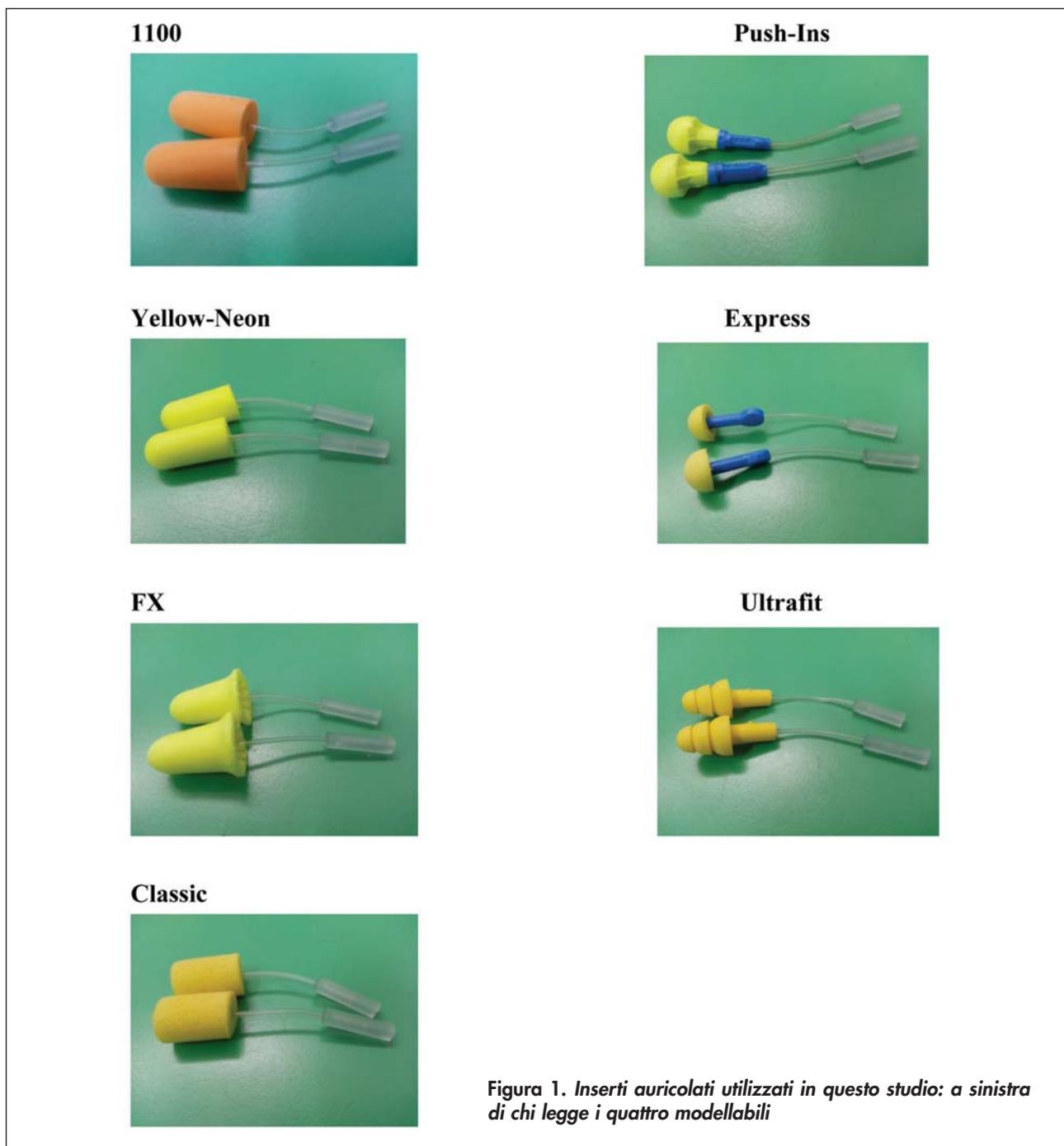


Figura 1. Inserti auricolati utilizzati in questo studio: a sinistra di chi legge i quattro modellabili



Figura 2. Effettuazione del test

Risultati

I risultati dei PAR ottenuti, sia nel gruppo dei destrimani che in quello dei mancini, in AuS e in AuD, sono molto differenti a seconda dell'inserto auricolare esaminato anche nello stesso soggetto. Inoltre 212/224 (94,6%) valori di PAR biaurale sono risultati inferiori ai valori di SNR proposti dal produttore degli inserti auricolari impiegati

La variabilità fra le medie delle serie dei valori di PAR biaurali ottenuti nei 32 soggetti esaminati con i sette DPI acustici utilizzati è risultata statisticamente significativa. In particolare i tre inserti auricolari non modellabili (*Push-Ins*, *Express* e, soprattutto, *Ultrafit*) hanno realizzato i valori medi più bassi (Tabella I).

Tabella I. Analisi della varianza tra le differenze fra le serie di alcune variabili in studio misurate con i sette inserti auricolari testati su tutti i 32 soggetti esaminati. In corsivo i DPI acustici non modellabili

	1100	Yellow-Neon	FX	Classic	Push-Ins	Express	Ultrafit	Test di Fischer	
PAR binaurali (dB) media (d.s.)	23,7 (5,1)	21,7 (6,2)	22,2 (6,1)	19,1 (4,2)	18,5 (8,2)	18,7 (6,9)	14,8 (7,2)	F=129,5 p<0,0001	
$\frac{\text{PAR binaurali}}{\text{SNR}} \times 100$ media (d.s.)	63,9 (13,9)	60,2 (17,3)	56,9 (15,7)	68,3 (15,0)	48,8 (21,7)	66,9 (24,7)	64,3 (31,4)	F=129,5 p<0,0001	
PAR (dB) media (d.s.)	AuS	25,8 (5,0)	24,2 (6,5)	24,7 (6,8)	24,2 (6,5)	23,3 (9,2)	21,5 (6,6)	16,8 (7,2)	F=132,6 p<0,0001
	AuD	25,5 (6,4)	24,4 (6,6)	23,7 (7,5)	24,4 (6,6)	19,9 (8,2)	19,9 (7,3)	16,5 (7,9)	F=172,6 p<0,0001

Inoltre la variabilità fra le medie delle serie dei rapporti percentuali tra i valori di PAR binaurali ottenuti nei 32 soggetti esaminati con ciascuno dei DPI acustici utilizzati e i rispettivi valori di SNR è risultata statisticamente significativa (Tabella I).

Infine anche le variabilità fra le medie delle serie dei valori di PAR ottenuti nei 32 soggetti esaminati con ciascuno degli inserti auricolari utilizzati, relative all'orecchio destro e a quello sinistro rispettivamente, sono risultate statisticamente significative (Tabella I).

Le medie delle serie di PAR misurate nei soggetti destrimani e mancini, rispettivamente, sia in AuS che in AuD, con i diversi inserti auricolari utilizzati non sono risultate significativamente diverse (dati non presentati nel dettaglio).

È stata osservata una significativa associazione fra essere mancini e presentare con maggiore frequenza valori di PAR misurati in AuD inferiori a quelli misurati in AuS (Tabella II).

Tabella II. Associazione fra soggetti con diversa mano prevalente e diversi valori di PAR misurati in AuD e in AuS rispettivamente

PAR	Destrimani n.	Mancini n.	
AuD>AuS	60	21	Chi ² =31,0
AuD<AuS	40	78	P<0,00001
AuD=AuS	12	13	

Anche le medie delle serie di PAR misurate nei soggetti di genere maschile e femminile, rispettivamente, sia in AuD che in AuS, con i diversi DPI acustici impiegati non sono risultate significativamente diverse (dati non presentati nel dettaglio).

Per rappresentare i risultati di attenuazione ottenuti mediante gli esami audiometrici (misura della soglia uditiva ad inserto indossato) è stato realizzato un grafico per ogni inserto testato, costituito dalle curve di abbattimento medio della media di tutte le attenuazioni registrate dalle audiometrie ad inserto indossato, senza distinzione tra i due gruppi. I grafici presentano due curve di abbattimento

medio, per l'orecchio destro (in rosso) e per il sinistro (in azzurro), di tutte le frequenze analizzate. Inoltre, due linee trasversali, senza alcun riferimento alle frequenze, segnano il valore del PAR binaurale medio calcolato (in nero) e del SNR dichiarato dal produttore (in grigio) (Figure 3-9).

Discussione

La diversità interindividuale e intraindividuale dei PAR ottenuti, sia nel gruppo dei destrimani che in quello dei mancini, in AuS e in AuD dipende verosimilmente dal gran numero di variabili che possono entrare nel loro determinismo, tra le quali: le caratteristiche della forma, delle dimensioni e dei materiali costitutivi dei sette DPI acustici utilizzati, tre dei quali peraltro non sono modellabili manualmente, dalla morfologia fisiologicamente diversa dei condotti uditivi esterni di sinistra e di destra dei soggetti e, talvolta, dello stesso soggetto, e dalla differente attitudine degli stessi soggetti a compiere i movimenti fini con le dita delle mani, necessari per vestire correttamente gli stessi DPI. Di conseguenza anche i risultati dei PAR binaurali, anch'essi singolarmente piuttosto differenti, risentono similmente delle molteplici e imprevedibili combinazioni fra le caratteristiche degli inserti auricolari utilizzati e quelle dei trentadue soggetti esaminati. Inoltre è opportuno ricordare che il PAR binaurale espresso dal sistema è il peggiore di quelli misurati per ogni soggetto.

Come era prevedibile, la quasi totalità dei valori di PAR binaurale sono risultati inferiori a quelli di SNR proposti dal produttore degli inserti auricolari impiegati. Questo risultato conferma sperimentalmente che il reale abbattimento garantito dai DPI acustici è effettivamente, e talvolta nettamente, inferiore a quello teorico fornito dai produttori. Pertanto il responsabile del servizio prevenzione e protezione insieme al medico competente dovranno tenerne conto, al fine di scegliere gli inserti auricolari più adeguati ad attenuare i livelli di rumorosità ambientale e dovranno insistere sulla formazione e informazione dei lavoratori sul corretto impiego degli inserti auricolari, verificandolo durante i sopralluoghi negli ambienti di lavoro. Inoltre questo risultato conferma sperimentalmente l'utilità dell'uso del sistema l'E-A-RfitTM per valutare il reale livello di attenuazione personale del rumore

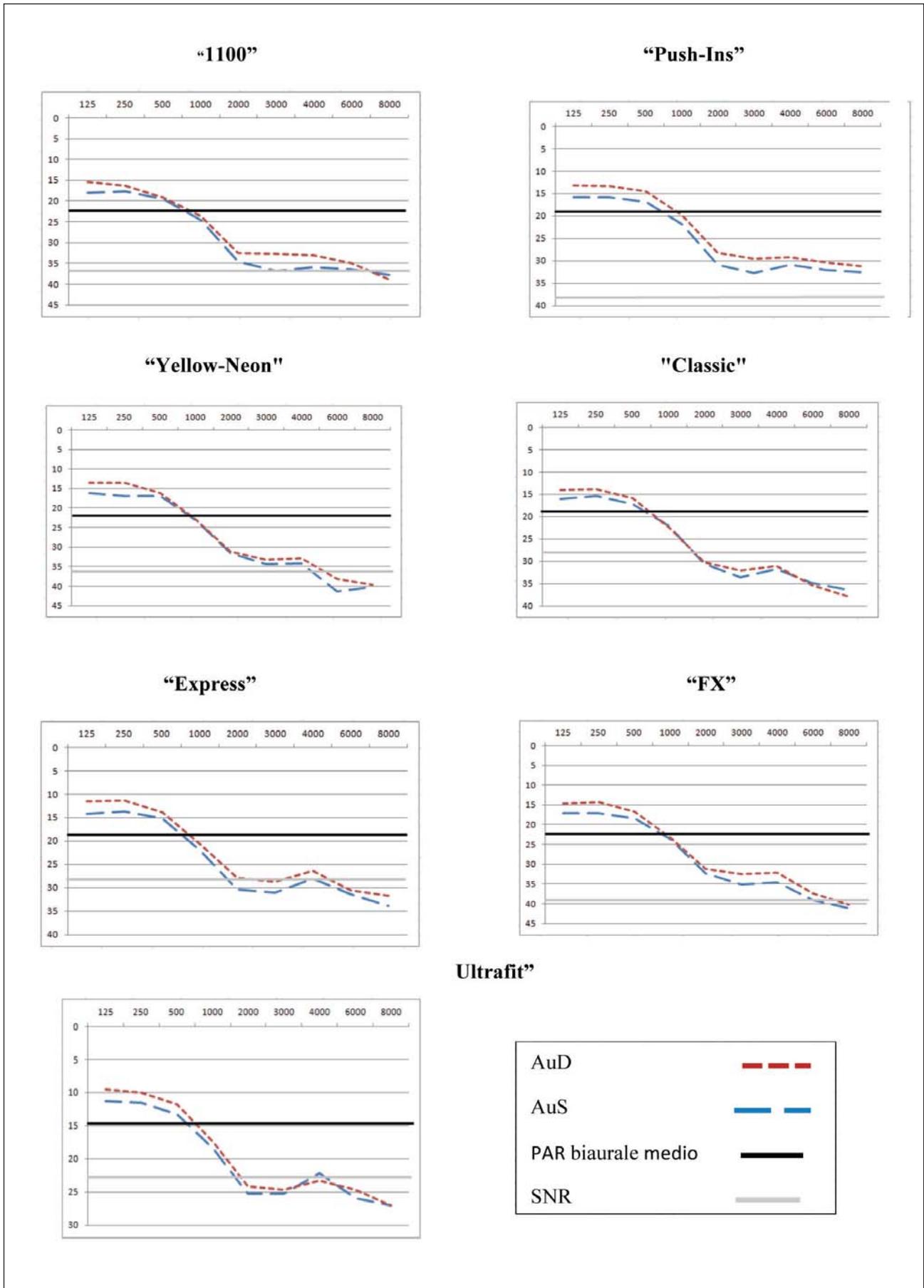


Figura 3. Abbattimento medio valutato attraverso le misure audiometriche della soglia uditiva nei 32 soggetti in studio, per ciascuno degli inserti utilizzati. A sinistra di chi legge sono presentate le curve audiometriche medie ottenute con i quattro inserti modellabili

(PAR) dei diversi inserti auricolari esaminati per ogni singolo lavoratore.

Le medie dei PAR biaurali ottenute nei 32 soggetti esaminati con i tre inserti auricolari non modellabili (*Push-Ins*, *Express* e, soprattutto, *Ultrafit*) sono risultate significativamente inferiori rispetto a quelle ottenute con quelli modellabili. Questo risultato è verosimilmente dovuto alla migliore adattabilità dei DPI acustici modellabili ai canali auricolari fisiologicamente diversi dei soggetti esaminati. Se però si considera l'ampia e significativa variabilità delle medie delle serie dei rapporti tra i PAR bilaurali e i SNR dei sette inserti auricolari impiegati, si evidenzia che solo quello riferito al *Push-Ins*, non modellabile, è inferiore al 50% mentre quelli relativi agli altri due non modellabili e, in particolare quello relativo all'*Ultrafit* (64,3%), sono simili a quelli relativi agli altri inserti modellabili. Questi dati sono comunque condizionati anche dai differenti SNR proposti dal produttore. Infatti il SNR dell'*Ultrafit* (23 dB) è il più basso e quello del *Push-Ins* (38 dB) è tra i più alti rispetto a quello degli altri DPI acustici esaminati.

Anche considerando le medie delle serie di PAR ottenute nei 32 soggetti in studio, insieme considerati, con i sette inserti auricolari impiegati per AuS e AuD rispettivamente, si può notare che quelle relative agli inserti non modellabili *Push-Ins* e soprattutto *Ultrafit* sono significativamente inferiori rispetto alle altre. Le stesse medie relative all'*Express* (non modellabile) e al *Classic* (modellabile) presentano un valore intermedio fra quelle dei suddetti due inserti e quelle relative al 1100, allo *Yellow-Neon* e al *FX* (tutti modellabili). È verosimile che la morfologia cilindrica degli stessi inserti *Classic* richieda una maggiore manualità per manipolarli adeguatamente e questo potrebbe contribuire a spiegare i rispettivi livelli medi relativamente più bassi di PAR biaurali e di PAR misurati in AuS e in AuD rispetto a quelli degli altri inserti modellabili.

L'uso prevalente della mano sinistra o destra nel nostro studio non sembra influenzare significativamente la variabilità fra le medie delle serie di PAR misurate in AuS e quelle misurate in AuD. Negli stessi soggetti si è però verificata una significativa associazione fra l'essere mancini e il numero di misure di PAR in AuS superiori a quelle ottenute in AuD, come a indicare che i soggetti mancini hanno qualche difficoltà in più rispetto ai destrimani a effettuare con la mano non prevalente, cioè la destra, i fini movimenti necessari al corretto inserimento dell'inserto nell'orecchio contro laterale alla mano prevalente. Nei corsi di formazione sul corretto uso dei DPI acustici questa informazione dovrebbe essere considerata da parte del medico competente e del RSPP.

Il genere non sembra influenzare significativamente i risultati dei vari PAR ottenuti a conferma che sono altre le caratteristiche, individuali e legate agli inserti auricolari impiegati, che entrano nel determinismo dei risultati.

Dalla osservazione dei grafici dell'attenuazione conseguita attraverso la misura audiometrica della soglia uditiva ad inserto indossato (Figura 3), si apprezza la netta distanza tra le due linee trasversali che segnano i valori medi di PAR ed SNR e che, ribadiamo, non tengono conto delle

frequenze analizzate. Le basse frequenze, per tutti gli inserti esaminati, sono prossime al valore del PAR biaurale medio, ma distanti dall'SNR e l'abbattimento è massimo per le frequenze "industriali" e minore per quelle "sociali". Questo conferma che, pur riducendo l'esposizione alle frequenze più dannose per la salute uditiva, gli inserti testati dovrebbero consentire una sufficiente comunicazione verbale tra i lavoratori protetti. Infine, solo per gli inserti "*Push-Ins*" ed "*Express*" si evidenzia come vi sia una differenza apprezzabile tra le due orecchie, con la sinistra più performante della destra. Negli altri casi i livelli di abbattimento sono sovrapponibili o incrociati per alcune frequenze. Questi dati sono una indiretta conferma della opportunità di utilizzare, come PAR biaurale, il dato peggiore misurato, per una miglior protezione uditiva dei lavoratori.

Conclusioni

In definitiva l'ampia variabilità interpersonale dei PAR biaurali e di quelli ottenuti in AuS e in AuD rispettivamente con i sette inserti auricolari impiegati nei 32 soggetti esaminati conferma la difficoltà di scegliere un unico DPI acustico valido per qualunque individuo e per qualunque livello di esposizione a rumore industriale.

Ricordando che il valore del SNR proposto dal produttore per i vari inserti auricolari testati è indicativo della loro massima capacità di attenuare il rumore in laboratorio, i risultati di questo studio ribadiscono l'opportunità di utilizzare il sistema E-A-RfitTM per la scelta dell'inserto auricolare più adeguato alla protezione di tutti i singoli lavoratori. Inoltre lo stesso sistema E-A-RfitTM può essere validamente impiegato per una più accurata definizione degli effettivi livelli di esposizione a rumore industriale dei lavoratori, da inserire nel documento di valutazione dei rischi, come previsto dalla normativa vigente (1,17).

Inoltre i DPI acustici modellabili sono risultati generalmente più efficienti rispetto ai non modellabili, come evidenziato dai valori di PAR biaurali ottenuti e, almeno in parte, dai valori di PAR ottenuto per AuD e AuS rispettivamente. Si segnala inoltre che il dispositivo *Classic*, di forma cilindrica, è risultato meno performante degli altri inserti modellabili verosimilmente per la sua morfologia cilindrica che, probabilmente, richiede maggior manipolazione per essere inserito correttamente.

Gli SNR più elevati, specie se riferiti a inserti non modellabili, possono risultare ingannevoli sulle reali capacità di abbattimento personale degli stessi inserti.

Inoltre, i soggetti mancini hanno presentato maggiore difficoltà a inserire con la mano destra l'inserto in AuD e pertanto è opportuno dedicare loro una maggiore attenzione nella formazione della corretta vestizione degli stessi inserti nei due canali auricolari esterni.

Infine le curve audiometriche medie, ottenute con i diversi inserti indossati, hanno confermato (18, 19) che tutti questi garantiscono un abbattimento maggiore per le alte frequenze rispetto a quelle "sociali". La valutazione dell'attenuazione del rumore con metodo audiometrico richiede tempi relativamente lunghi e una serie di variabili

soggettive: collaborazione del lavoratore, deficit uditivi non professionali, tappi di cerume, spostamento temporaneo della soglia uditiva, ecc. L'E-A-RfitTM, invece, fornisce informazioni oggettive sul reale abbattimento garantito dall'inserito in tempi molto contenuti.

Bibliografia

- 1) D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008. Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro. Pubblicato su G.U. n. 101 del 30 aprile 2008, S.O. n. 108.
- 2) Norma UNI EN 24869-1: 1993 [ISO 4869-1: 1990]. Metodo soggettivo per la misura dell'attenuazione sonora.
- 3) Berger EH. Assessment of the performance of hearing protectors for hearing conservation purposes. *Noise & Vibration Control Worldwide* 1984; 15(3): 75-81.
- 4) Berger EH, Voix J, Kieper RW, Le Cocq C. Development and validation of a field microphone-in-real-ear approach for measuring hearing protector attenuation. *Noise Health* 2011; 13(51): 163-175.
- 5) Franks JR, Murphy WJ, Johnson JL, Harris DA. Four earplugs in search of a rating system. *Ear Hear* 2000; 21(3): 218-226.
- 6) Galbiati C. Dispositivi di protezione individuale: considerazioni sui requisiti e sulle caratteristiche di scelta ed uso. *G Ital Med Lav Erg* 2010; 32: 259-262.
- 7) Huttunen KH, Sivonen VP, Poykko VT. Symphony orchestra musicians' use of hearing protection and attenuation of custom-made hearing protectors as measured with two different real-ear attenuation at threshold methods. *Noise Health* 2011; 13(51): 176-188.
- 8) Merluzzi F, Di Credico N. Determinazione dei criteri per la scelta e la utilizzazione dei mezzi personali di protezione acustica. *Med Lav* 1993; 84(2): 162-177.
- 9) Neitzel R, Somers S, Seixas N. Variability of real-world hearing protector attenuation measurements. *Ann Occup Hyg* 2006; 50(7): 679-691.
- 10) Nelisse H, Gaudreau MA, Boutin J, et al. Measurement of hearing protection devices performance in the workplace during full-shift working operations. *Ann Occup Hyg* 2012; 56(2): 221-232.
- 11) Perbellini L, Veronese N, Raineri E, Rava M, Riolfi A. Ipoacusia da rumore: I programmi di sorveglianza sanitaria sono sempre efficaci? *Med Lav* 2009; 100: 20-23.
- 12) UNI 9432: 2008, Acustica – Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro, giugno 2008.
- 13) Peretti A, Pedrielli F, Pasqua di Bisceglie A, Bonomini F. Valutazione dell'adeguatezza dei dispositivi individuali di protezione uditiva. *G Ital Med Lav Erg* 2010; 32: 267-270.
- 14) Cassano F, Aloise I, Labianca G, Gaccione V, Mazzotta C, Cardascia F, Garavaglia M, Scarselletta RS, Di Lorenzo L. La misura del reale abbattimento soggettivo di rumore con uso di inserti auricolari tramite sistema E-A-RfitTM. *Med Lav* 2013; 104(3): 213-223.
- 15) Custom Protect Ear. How do you find out what hearing protection you have? Are FAES the answer? Disponibile online all'indirizzo: <http://www.protectear.com/>, consultato in data 4 marzo 2015.
- 16) Cassano F, Aloise I, Labianca G, Gaccione V, Mazzotta C, Cardascia F, Garavaglia M, Germano C, Dentamaro A, Di Lorenzo L. Il peso di informazione e formazione dei lavoratori sul corretto utilizzo di inserti auricolari nella valutazione del reale abbattimento del rumore mediante il sistema E-A-RfitTM. *Med Lav* 2015; 106, 4: 284-293.
- 17) Norma UNI EN 458: 1995 (rev. 2005). Raccomandazioni per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione dei protettori auricolari.
- 18) Cassano F, Elia G. Possibilità e limiti della protezione acustica in esposti a rumori industriali. *Riv Med Lav Ig Ind* 1983; 7: 28.
- 19) Cassano F, Elia G. Possibilità e limiti della protezione acustica individuale: gli inserti auricolari. *Riv Med Lav Ig Ind* 1984; 8: 95.

Corrispondenza: Prof. Filippo Cassano, filipcassano@gmail.com