

Spostamento temporaneo di soglia uditiva in agenti di polizia dopo esercitazioni in poligono di tiro

F. CASSANO, ROBERTA MONTESANO*, ELENA BOBBIO, V. BORRACCIA**, C. VOLPE*, P. BAVARO†, N. QUARANTA***

DiMIMP, Cattedra Igiene Industriale UNIBA

* IX Reparto Mobile Polizia di Stato - Bari

** Direzione Centrale di Sanità, Polizia di Stato

*** Dipartimento di Oftalmologia e Otorinolaringoiatria UNIBA

KEY WORDS

Police; impulse noise; temporary threshold shift

PAROLE CHIAVE

Polizia; rumore impulsivo; spostamento temporaneo di soglia

SUMMARY

«**Temporary hearing threshold shift in policemen after firearm training**». **Background:** *The paper involves exposure to noise of the State Police officers connected with the use of firearms. The noise generated by these weapons is of short duration and high intensity.* **Methods:** *The research was carried out during the sessions of firearm training of State Police officers to assess exposure to noise.* **Results:** *The values of the various investigations, both audiometric and phonometric, carried out made it possible to demonstrate a significant exposure and a temporary increase in the threshold, above the frequency of 6000 Hz.* **Conclusion:** *Even taking account of the abatement from use of headphones, an exposure was demonstrated that was above the statutory limits, as was confirmed by the temporary hearing threshold shift.*

RIASSUNTO

Introduzione: *Il lavoro riguarda l'esposizione a rumore di operatori delle Forze dell'Ordine, in rapporto all'utilizzo delle armi da fuoco.* **Materiali e metodi:** *La ricerca è stata effettuata durante le sessioni di addestramento al tiro di Operatori della Polizia di Stato.* **Risultati:** *i valori delle varie indagini effettuate, sia fonometriche che audiometriche, hanno consentito di verificare una esposizione rilevante ed un innalzamento temporaneo di soglia, maggiore alla frequenza di 6000 Hz.* **Discussione:** *Anche tenendo conto dell'abbattimento delle cuffie utilizzate, è stato possibile dimostrare una esposizione superiore ai limiti di legge, confermata dallo spostamento temporaneo della soglia uditiva.*

Pervenuto il 2.5.2011 - Accettato il 17.1.2012

Corrispondenza: Prof. Filippo Cassano, DiMIMP, Cattedra di Igiene Industriale UNIBA, Piazza Giulio Cesare 11, 70124 Bari
Tel./Fax 080-5478217 - E-mail: f.cassano@medlav.uniba.it

INTRODUZIONE

Premessa

L'ipoacusia da rumore occupazionale rappresenta una delle problematiche principali legate all'ambiente lavorativo (1, 3, 22, 27); il rumore, infatti, determina cambiamenti fisici nella maggior parte dei sistemi cellulari della coclea che portano ad una deriva di soglia temporanea (TTS) o permanente (PTS) (9, 26).

Molto rilevante, poi, è la notevole variabilità della suscettibilità individuale al danno da rumore. Si ritiene che, dopo una vita lavorativa media di 40 anni, i soggetti che vanno incontro ad una sordità da rumore variano tra il 35% ed il 51% in relazione all'intensità del rumore a cui sono stati esposti (11, 12, 15, 24).

Anche i lavoratori delle Forze dell'Ordine, soprattutto per l'utilizzo delle armi da fuoco, sono esposti a rischio. Il tipo di rumore generato da tali armi è di breve durata ma di grande intensità (25).

Acustica dello sparo

I rumori connessi allo sparo di un'arma derivano da tre fonti:

1) prodotti dal meccanismo di sparo ed espulsione dell'arma. Nelle armi a ripetizione vi è il rumore dello scatto del grilletto e del percussore che colpisce l'innesco. Nelle armi automatiche il rumore è dato dalla massa battente che percuote, retrocede e ricamera una cartuccia. Questi rumori sono mascherati dal rumore dello sparo: assumono un certo rilievo nelle armi munite di silenziatore.

2) prodotti dall'espansione dei gas di sparo dell'arma: la rapida espansione dei gas che escono dalla bocca dell'arma con una velocità che può essere doppia di quella del proiettile e con una pressione di alcune centinaia di atmosfere generano il tipico rumore, che, fatte le debite proporzioni, è quello che si produce stappando una bottiglia di spumante (pressione circa 5 atmosfere) o sparando con una carabina ad aria compressa (circa 10 atmosfere). Nel rumore dello sparo si possono distinguere tre componenti fondamentali:

a) L'onda percorritrice, determinata dal proiettile

che nella sua corsa nella canna, comprime l'aria che vi si trova e genera un'onda che raggiunge una pressione di parecchie atmosfere.

b) Quando il proiettile esce, il repentino dislocamento della massa d'aria alla bocca dell'arma genera un'onda, normalmente trascurabile, ma che assume importanza nelle armi silenziate.

c) L'onda provocata dall'uscita dei gas caldi dell'esplosione, che determina il rumore dominante delle armi non silenziate. La pressione di quest'onda dipende dalla pressione dei gas e questa, a sua volta, dalla lunghezza della canna e dal tipo di polvere. Canne corte e polveri progressive hanno come conseguenza alte pressioni di bocca; il contrario avviene con canne lunghe o polveri vivaci.

3) Rumori prodotti dal proiettile nell'aria e al momento dell'impatto, che sono tre.

Il primo è il sibilo, noto a tutti i cacciatori che si vengono a trovare sotto il tiro di altri colleghi, che è riconducibile sia ai vortici che al risucchio d'aria dietro il proiettile, sia a quel fenomeno che in aerodinamica è conosciuto come rumore dello strato limite. Quando un corpo solido si muove ad alta velocità in un elemento gassoso, la viscosità del gas provoca la comparsa di uno strato turbolento in prossimità della superficie del corpo stesso, che ha uno spessore variabile da frazioni di millimetro ad alcuni centimetri, a seconda delle dimensioni del corpo, della sua rugosità superficiale, della densità del gas. Il sibilo di un apparecchio a reazione raggiunge anche i 140 dB ed un proiettile di arma leggera produce un suono che a 10 mt. dalla traiettoria arriva a 95 dB. La rigatura della canna imprime al proiettile un rapidissimo moto di rotazione, che può arrivare anche a 3000 giri al secondo per un moschetto.

La stabilizzazione del proiettile non è mai perfetta ed esso è soggetto a movimenti pendolari di precessione che lo portano a compiere un lento percorso a spirale attorno alla traiettoria ideale percorsa dal centro di gravità del proiettile. Anche una causa minima può esaltare il movimento di precessione e far sì che la punta percorra delle spirali ravvicinate, con l'asse del proiettile che può giungere a disporsi perpendicolarmente alla traiettoria. Il proiettile così destabilizzato produce il tipico ronzio che si propaga alla velocità del suono attorno al proiettile.

Il terzo suono, detto onda balistica, è quello prodotto da un proiettile che viaggia ad una velocità supersonica. Il suono si diffonde nell'aria sotto forma di onde di pressione concentriche. Un proiettile, o un aereo, che nel suo volo deve vincere la resistenza degli strati d'aria e che, quindi, con il suo movimento preme in continuazione avanti a sé, produce degli impulsi di pressione che si diffondono nell'aria con velocità relativa pari a quella del suono, ma che saranno anche soggetti ad essere trasportati dalla corrente d'aria in direzione opposta a quella del proiettile e con eguale velocità (19).

Se la velocità del proiettile, eguaglia la velocità del suono, l'effetto dell'impulso non può raggiungere ogni punto dello spazio in quanto la velocità in avanti diventa eguale a zero, ma è confinata nel semispazio delimitato da un piano perpendicolare alla direzione del proiettile. Di conseguenza il suono non può essere udito a monte di tale spazio e cioè avanti al proiettile. Se la velocità del proiettile è superiore a quella del suono, l'effetto dell'impulso è confinato in uno spazio ancora minore e precisamente in un cono (cono di Mach) il cui vertice è il proiettile e il cui angolo di apertura diminuisce da 180° a valori via via minori con il crescere della velocità.

Il cono di Mach separa la zona del silenzio fuori di esso, dalla zona al suo interno in cui il rumore si concentra. Il rumore (cosiddetto bang) è percepito dal nostro orecchio solo quando questo viene investito dal fronte del cono; il rumore proprio di un corpo che vola nell'aria sopra di noi (sibili del proiettile) e il rumore dell'onda balistica verranno uditi dall'orecchio quando esso si trova dentro lo spazio compreso nell'intersezione del cono con la superficie terrestre (corridoio del rumore) e dopo che il corpo è già passato sopra l'ascoltatore.

Il rumore dell'onda balistica è molto più schioccante di quello dell'onda di bocca e ciò è dovuto al fatto che mentre la frequenza dominante dell'onda di bocca è di circa 500 Hertz quella dell'onda balistica è di circa 3000 Hertz.

L'intensità dell'onda balistica è pressoché indipendente dal tipo di proiettile di arma leggera ed è pari a circa 136-140 dB (per cui è più dannoso essere vicino al tiratore che non sparare personalmente) (18).

Deriva temporanea e permanente di soglia

L'orecchio sottoposto a stimolazioni di una certa intensità e durata innalza la propria soglia; cessata la stimolazione può riacquistare i valori di soglia prestimolatori. Indipendentemente dalla durata di esposizione, per ciascuna frequenza vi è un limite d'intensità al di sotto del quale il 95% dei soggetti non presenta deriva di soglia (effetto quiete, circa 70-75 dB). Per stimolazioni a livelli sonori superiori la TTS_2 (temporary threshold shift) cresce in funzione della durata di esposizione e del livello d'intensità dello stimolo. Il modo più semplice per valutare questi effetti è misurare la soglia uditiva per diverse frequenze prima, dopo e a distanza di tempo dalla esposizione allo stimolo acustico. Le variazioni di soglia si considerano temporanee quando l'udito torna ai valori liminari registrati prima dell'inizio dell'esposizione entro 16 ore; permanenti se persistono ancora a distanza di 20-30 giorni. La TTS mostra un andamento abbastanza tipico: nella fase immediatamente successiva all'esposizione ad uno stimolo acustico, la TTS tende a ridursi nel corso del primo minuto, ad aumentare sino a raggiungere il massimo tra il secondo e il terzo minuto e quindi progressivamente ad attenuarsi. Per evitare queste fluttuazioni iniziali, la TTS viene misurata di norma intorno al secondo minuto dalla fine dell'esposizione e viene perciò definita TTS_2 . Le frequenze interessate dalla TTS dipendono dallo spettro dello stimolo affaticante.

TTS_{16} o fatica uditiva patologica consiste nella deriva di soglia che si protrae 16 ore dopo la cessazione dello stimolo. La TTS_2 e la TTS_{16} esprimono uno stato di esaurimento funzionale dei recettori acustici. Se si ripete l'esposizione al rumore e non si ha un recupero completo, compare una deriva permanente di soglia o PTS (Permanent Threshold Shift) il cui andamento è proporzionale alla durata dell'esposizione (23).

Importantissimo ricordare che in presenza di rumori impulsivi il riflesso stapediale non può svolgere la sua funzione protettiva.

OBIETTIVO

Obiettivo di questo lavoro è valutare la deriva temporanea di soglia in un gruppo di Operatori della Polizia di Stato, in seguito all'esposizione al rischio rumore generato dalle armi in loro dotazione (individuale e di reparto), durante una seduta di addestramento al Poligono di tiro.

MATERIALI E METODI

Il nostro studio si è svolto presso il Poligono a cielo chiuso della Polizia di Stato, ubicato in località Fesca (BA), durante le sessioni di addestramento al tiro.

È stata effettuata un'indagine ambientale secondo il seguente schema:

- Misurazioni fonometriche ambientali, in due giornate di addestramento distinte. I fonometri sono stati posizionati agli angoli e alle spalle della linea di tiro.

Misurazioni dosimetriche sotto/sopra cuffia: per l'acquisizione dei campioni sotto/sopra cuffia, è stata utilizzata una testa in polistirolo, tagliata a metà sul piano sagittale; all'interno, all'altezza della membrana del timpano, è stato posizionato il microfono del dosimetro per le misurazioni (figura 1). Dopo aver riassembleato le due parti della testa, so-



Figura 1 - Testa in polistirolo, tagliata a metà sul piano sagittale

Figure 1 - Polystyrene head, cut in half on sagittal plane

no state posizionate le cuffie in dotazione, facendole aderire al massimo, come su cranio (figura 2).

La necessità di utilizzare un fonometro per la misura ambientale ed un dosimetro per il confronto sotto/sopra la cuffia dipende dalle caratteristiche della strumentazione; il fonometro utilizza un microfono sostenuto da un'asta rigida e quindi non può essere inserito al di sotto della cuffia. Il microfono dei dosimetri è collegato allo strumento da un cavo e ciò consente la sistemazione sotto cuffia, senza alterare in alcun modo l'assetto della testa artificiale utilizzata.

In ogni caso, come meglio diremo in seguito, la qualità del dato fornita dagli strumenti è identica, anche se il tipo di rapporto è diverso; ma i dati fondamentali sono sempre stati misurati dai due strumenti utilizzati.



Figura 2 - Posizionamento, all'altezza della membrana del timpano, del microfono del dosimetro per le misurazioni (vista dall'interno)

Figure 2 - Positioning of dosimeter microphone, level with tympanic membrane, for measurements (inside view)

Le misurazioni dei livelli di rumorosità sono state eseguite con:

- Fonometro VI 400 PRO 8248, rispondente agli standard:

ISO 8041-1990 Classe /Tipo, ANSI S3.18-2000, ANSI S3.34-2000: Classe /Tipo 1,

IEC 60651-1979: Classe /Tipo 1, IEC 60804 - 1985: Classe /Tipo 1, IEC 61672-2002.

- Integratori /dosimetri della ditta Quest, mod. Noise pro DLX-1, classe 1 rispondenti agli standard: CE Mark, EN 61252, ANSI S1.25-1991.

Tutta la strumentazione è fornita di certificato annuale di taratura ed è stata calibrata prima e dopo le misurazioni con apposito calibratore della ditta Quest mod QC 10/20, rispondente agli standard:

a) ANSI Standard for Sound Calibrators S1.40-1984

b) IEC 942-1988 for Sound Calibrators

La strumentazione è fornita di software per il trattamento dei dati della ditta Quest, mod Quest Suite professionale II, version 3.1.2246 .

Le armi utilizzate (in dotazione individuale e di reparto) durante l'esercitazione a fuoco sono state:

- Pistola semiautomatica Beretta cal. 92, versione FS (dotazione individuale).

- Pistola mitragliatrice Beretta mod. M12 (dotazione di Reparto).

Addestramento al tiro della Polizia di Stato

È a tutti noto quali siano i compiti affidati alle forze di Polizia: dalla prevenzione degli illeciti, alla tutela dell'ordine pubblico, fino a veri e propri impegni di contrasto armato. L'addestramento al tiro è obbligatorio per tutto il personale appartenente alla Polizia di Stato per conferire loro la capacità operativa di base necessaria per assolvere i compiti istituzionali previsti e conservare, consolidare e migliorare la predetta capacità nel corso di tutta l'attività di servizio (7).

L'addestramento al tiro è costituito da un livello di base, uno permanente ed uno specialistico o di settore, tutti caratterizzati da obiettivi didattici cui corrispondono specifici parametri di valutazione. Livello base: prevede lezioni teoriche, addestramento "in bianco" ed esercitazioni a fuoco per:

a) corretto assetto sulla linea di tiro; regole di comportamento nell'ambito dei poligoni di tiro chiusi e aperti;

b) familiarizzazione e conoscenza dell'arma da fuoco;

c) conseguimento di un adeguato livello di precisione;

d) conseguimento di progressivi livelli di velocità e reattività.

Addestramento permanente: per il mantenimento dell'idoneità operativa ed miglioramento della precisione, velocità e reattività nell'impiego delle armi in dotazione.

Addestramento specialistico: per abilitare aliquote di personale di reparti specifici all'impiego dell'armamento in dotazione speciale di reparto; per elevare ulteriormente la capacità reattiva al fine di effettuare attività di irruzione o svolgere compiti che richiedano capacità di tiro improvviso, rapido e selettivo.

Tutto il personale partecipa ad almeno tre esercitazioni di tiro annue. Non è disciplinata la durata di ogni singola seduta di addestramento. L'istruttore di tiro corregge gli errori nell'esecuzione delle tecniche di sparo, vigila sul rispetto del maneggio delle armi, interviene per eventuali malfunzionamenti delle stesse.

L'armamento della Polizia di Stato è di tipo individuale o di reparto e quest'ultimo a sua volta si distingue in ordinario e speciale (21).

L'armamento individuale è costituito da una pistola, individuata per tipo e modello e nominativamente assegnata, con decreto del Capo della Polizia per tutta la durata del rapporto di servizio.

L'armamento ordinario di reparto è costituito da sfollagente, i lacrimogeni, il fucile ad anima liscia, il fucile o carabina ad anima rigata, la pistola mitragliatrice ed i dispositivi di lancio; per l'uso di tali armi è impartito l'addestramento obbligatorio di base. Tale armamento è immediatamente riconsegnato all'armeria dell'ufficio di appartenenza al termine del servizio.

L'armamento specifico di reparto è costituito dalle armi individuali o collettive il cui uso, al di fuori dell'addestramento, è consentito al personale che abbia conseguito un'attestazione specifica di abilità.

Tipo di addestramento

Gli operatori impegnati nell'addestramento al tiro operano un'esercitazione preliminare teorica/pratica, denominata "in bianco", ad armi scariche all'esterno del Poligono. Successivamente si procede con l'esercitazione "a fuoco" durante la quale si mettono in pratica le tecniche apprese. Gli operatori sparano cinque per volta, secondo il "livello di Base". Nella tabella 1 viene descritto il protocollo del livello base.

Ogni sessione può avere una durata di circa 30 minuti, suscettibile a variazioni dovute al cambio di arma da utilizzare, rifornimento dei caricatori, eventuali problemi di sicurezza ecc. Durante le esercitazioni di tiro sono presenti:

- Un Direttore di tiro; Istruttori di tiro in misura proporzionale ai tiratori e, comunque, almeno uno ogni tre tiratori;
- Personale sanitario in grado di prestare il primo soccorso dotato di un mezzo per l'eventuale trasporto di emergenza.

Dispositivi di protezione acustica indossati durante le esercitazioni di tiro

Gli operatori impegnati nelle esercitazioni di tiro utilizzano radio cuffie "PELTOR", programma di protezione H7A. Le cuffie sono dotate del siste-

ma PRO-COM II realizzato per garantire un'efficace comunicazione tra i tiratori e il direttore di tiro durante l'addestramento in poligono ed una efficace azione di protezione acustica (-35 dB, SNR, secondo le specifiche del costruttore).

Attività di prevenzione nella Polizia di Stato

Il ruolo dei Sanitari della Polizia di Stato è stato istituito nel 1962 con la legge 885.

I medici della Polizia di Stato, ai sensi del D.P.R. 338 del 1982, espletano attività di prevenzione sia primaria sugli ambienti di lavoro, che secondaria per la valutazione delle condizioni di salute del personale.

Nel poligono di tiro chiuso si evidenziano sia rischi da inquinamento chimico che acustico.

Per il rischio da rumore impulsivo vi sono precise norme di prevenzione:

- obbligo di indossare costantemente e continuamente le cuffie;
- riduzione del tempo di permanenza degli istruttori in modo che non venga superata l'esposizione a un tetto massimo di 1200 eventi esplosivi;
- controlli audiometrici preventivi e periodici a cadenza annuale;
- esclusione di portatori di ipoacusia trasmissiva o percettiva, vestibolopatie, disturbi neurovegetativi e circolatori (4).

Tabella 1 - Protocollo del "livello base"

Table 1 - "Basic level" protocol

N.	Tipo di arma	Totale colpi	Distanza	Tipo di bersaglio	Descrizione della tecnica
1	Beretta 92 FS	24	10 MT.	U.I.T.S.	In piedi a due mani (serie da 2 colpi con sospensione del tiro, il primo sempre in D.A)
2	Beretta 92 FS	24	8 MT.	U.I.T.S.	Estrazione e tiro in piedi a 2 mani (serie da 2, ognuna con estrazione e primo in D.A)
3	Beretta 92 FS	24	8 MT.	U.I.T.S.	Estrazione e tiro in ginocchio a 2 mani (serie da 2, ognuna con estrazione e primo in D.A)
4	Beretta 92 M12	30	15 MT.	U.I.T.S.	Posizione frontale raccolta in piedi, colpo singolo (serie da 5 con sospensione del tiro)
5	Beretta 92 M12	30	15 MT.	U.I.T.S.	Posizione frontale raccolta in ginocchio, colpo singolo (serie da 5 con sospensione del tiro)

Campione e strumentazione per la rilevazione della TTS₂

Quindici operatori della Polizia di Stato, di sesso maschile, in servizio (anzianità lavorativa media di 14,4 anni) presso Reparti diversi (IX Reparto Mobile, Reparto Prevenzione Crimine e Polizia Stradale), su base volontaria, e previo consenso informato, si sono sottoposti al nostro studio. Tutti i soggetti presentavano un'anamnesi negativa per patologie dell'orecchio, esposizione ad altre fonti di rumore, uso di farmaci e/o sostanze ototossiche, malattie metaboliche associate a perdita uditiva e storia familiare di sordità. I volontari, di età non superiore a 35 anni, sono stati selezionati in base ai livelli uditivi (soglia audiometrica per le frequenze da 125 a 8000 Hz ≤ 20 dBHL), all'esame impedenzometrico (timpanogramma A, riflessi acustici ipsi e contro laterali presenti), RDT o Reflex Decay Test normale.

Ai quindici soggetti è stata misurata la soglia uditiva effettiva dell'orecchio test (orecchio destro) utilizzando una metodica standard di 5 dB (modalità discendente).

La soglia per le frequenze 3000, 4000 e 6000 kHz è stata ulteriormente ricercata con step di 1 dB. Due minuti dopo l'esercitazione di tiro a fuoco

è stata rimisurata la soglia uditiva alle stesse frequenze e sempre con step di 1 dB.

L'esame audiometrico ed impedenzometrico sono stati effettuati utilizzando un audioimpedenzometro portatile Interacoustic mod. AA 220. Gli esami sono stati effettuati in una stanza adiacente Poligono di tiro, estremamente silenziosa, isolata ed in assenza di attività rumorose nelle zone contigue.

RISULTATI

Di tutti i dati ottenuti, con le misurazioni sia fonometriche che dosimetriche, quelli considerati al fine del nostro studio sono stati il livello sonoro equivalente (Leq) e la pressione acustica di picco (P_{peak}). I rilievi fonometrici sono stati riportati nella tabella 2.

Come si può osservare dalla tabella 3, il numero di rapporti dosimetrici fuori cuffia (altresì detti sopra cuffia) è maggiore rispetto ai valori sotto cuffia; questo perché, nel primo caso, a causa di valori elevati, il dosimetro andava fuori scala; invece il rapporto sotto cuffia è unico ed ha la durata di circa un'ora e 17 minuti.

Ne deriva che, anche se il tipo di informazione e di rapporto è diversa, i dati ottenuti con il fonometro ed il dosimetro sono sostanzialmente confrontabili.

Se si procede con i dati del rumore misurato fuori cuffia (105 dBA) ad effettuare un calcolo del Lex_{sh} , stimando in 30 minuti il tempo complessivo di esercitazione, il valore che si ottiene eccede il livello massimo di esposizione indicato dall'81/08 (87.0 dBA), essendo pari a 93.0 dBA.

Tabella 2 - Rilievi fonometrici

Table 2 - Phonometric data

6 marzo 2007 (09.48.34-11.05.31) Durata: 1 h, 16 m, 57 sec		9 ottobre 2007 (10.12.50-11.47.30) Durata: 1 h, 35 m, 21 sec	
LEQ(dBA)	P _{PEAK} (dBC)	LEQ(dBA)	P _{PEAK} (dBC)
104.6	145.3	103.5	145.1

Tabella 3 - Rapporti dosimetrici fuori (o sopra) cuffia

Table 3 - Dosimetric reports outside the earphones

	Data	Inizio	Fine	Leq (dBA)	P _{peak} (dBC)
Rapporto n. 1	06.03.2007	9.49.48	9.55.08	104.1	145.2
Rapporto n. 2	06.03.2007	10.10.21	10.15.47	100.1	145.6
Rapporto n. 3	06.03.2007	10.20.43	10.50.07	104.7	145.6
Rapporto n. 4	06.03.2007	10.53.49	11.06.47	107.5	145.6
Media				104.8	145.5

Tabella 4 - Rapporti dosimetrici sotto cuffia
Table 4 - Dosimetric reports inside the earphones

	Data	Inizio	Fine	Leq (dBA)	P _{peak} (dBC)
Rapporto n. 1	06.03.2007	9.50.56	11.08.07	95.0	144.6

Il rapporto dosimetrico sotto cuffia è riportato nella tabella 4.

La casa costruttrice delle cuffie in dotazione agli operatori della Polizia di Stato, indica un'attenuazione di -35 dB, ma dal nostro studio i valori di abbattimento ricavati come differenza tra i livelli equivalenti misurati rispettivamente dal dosimetro con il microfono posto all'esterno e quello con il microfono posto al di sotto della medesima cuffia, risulta essere inferiore; infatti abbiamo ottenuto i seguenti valori: 9.1 - 5.1 - 9.7 - 12.5 (Media: 9.8).

Inoltre, malgrado l'uso dei DPI, l'esposizione a rumore risulta superiore ai limiti massimi di esposizione indicati nella normativa vigente. Si segnala, peraltro, che i DPI da noi testati sono stati sostituiti, successivamente alle nostre analisi, con dispositi-

vi nuovi e di più recente fabbricazione, al fine di garantire il perseguimento degli obiettivi prevenzionistici indicati dalla normativa vigente.

Variazione della soglia uditiva

I quindici operatori esaminati, che all'esame audiometrico iniziale presentavano una soglia audiometrica entro un range di 20 dB, all'esame audiometrico effettuato dopo due minuti dall'esercitazione a fuoco presentavano un innalzamento temporaneo di soglia, maggiore alla frequenza di 6000 Hz. Nella tabella 5 sono riportati i valori delle soglie uditive a 3000, 4000 e 6000 Hz prima e dopo l'esposizione al rumore, ed il valore di TTS₂. La tabella 6 evidenzia come tutte le variazioni delle fre-

Tabella 5 - Valori delle soglie uditive prima e dopo esposizione al rumore e valore di TTS2

Table 5 - Values of hearing thresholds before and after exposure to noise and TTS2 value

	Reparto	Nome	Anni servizio	Età	Soglia prima dell'esposizione al rumore			Soglia dopo l'esposizione al rumore			TTS2		
					3 kHz	4 kHz	6 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz
1	IX R.M.	L.A.	14 aa.	33	3	-5	11	4	-2	12	1	3	1
2	IX R.M.	L.M.N.	12 aa.	32	-4	0	22	7	6	31	11	6	9
3	IX R.M.	B.F.	19 aa.	39	4	8	12	9	11	14	5	3	2
4	IX R.M.	F.L.	11 aa.	30	12	7	7	12	15	8	0	8	1
5	IX R.M.	M.L.	18 aa.	39	7	15	23	9	16	24	2	1	1
6	IX R.M.	N.G.	15 aa.	36	20	17	20	22	17	23	2	0	3
7	IX R.M.	M.F.	17 aa.	34	-1	10	-2	1	15	2	2	5	4
8	R.P.C.	L.R.	20 aa.	33	4	10	9	10	21	14	6	11	5
9	R.P.C.	N.M.	13 aa.	35	-3	6	8	2	10	26	5	4	18
10	R.P.C.	S.A.	13 aa.	35	8	8	11	13	12	19	5	4	8
11	Stradale	P.O.	12 aa.	33	8	14	21	11	14	36	3	0	15
12	Stradale	C.M.	15 aa.	35	6	-1	3	8	7	8	2	8	5
13	R.P.C.	I.M.	13 aa.	30	-3	-1	4	-3	6	20	0	7	16
14	Stradale	L.G.	11 aa.	35	5	13	19	8	15	23	3	2	4
15	Stradale	A.G.	13 aa.	34	4	12	21	6	16	26	2	4	5
	Media		14.4	34.2	4.6	7.5	12.6	7.9	11,9	19	3.2	4.4	6.9
	Dev. standard		6.2	6.6	7.9	5.8	5.7	9.3	2.8	3.1	5.6		

Tabella 6 - Significatività statistica (P) delle differenze tra le soglie audiometriche prima e dopo esposizione

Table 6 - Statistical significance (P) of differences between audiometric thresholds before and after exposure

Frequenze	3 kHz	4 kHz	6 kHz
P (tutti i Reparti)	0,00025	0,00004	0,00028
P (Reparto Mobile)	0,02926	0,00645	0,01665
P (Reparto Prevenzione Crimine e Polizia Stradale)	0,00118	0,00248	0,00123

quenze esaminate siano statisticamente significative ($P < 0,05$).

Nella figura 3 viene riportata la variazione della soglia a 3000-4000-6000 Hz prima e dopo aver sparato.

Inoltre, come si può notare dalla tabella 5, si evidenziano valori notevolmente più alti per il personale in servizio presso il Reparto Prevenzione Crimine e la Polizia Stradale rispetto a quello impiegato presso il Reparto Mobile, probabilmente per il maggior numero di esercitazioni annuali al Poligono di tiro; anche tali differenze risultano statisticamente significative.

DISCUSSIONE

L'addestramento al tiro è obbligatorio per il personale appartenente alla Polizia di Stato, per poter assolvere ai compiti istituzionali; non potendo intervenire in un Poligono di tiro con ulteriori misure preventive primarie per contenere il fattore di rischio, se non una attenta selezione delle munizioni e dell'ambiente di tiro (ad es. pistole di piccolo calibro e munizioni meno potenti...) (6), assumono una valenza fondamentale i dispositivi di protezione individuale (ricordiamo che le paratie e tutto l'ambiente in cui operano gli agenti è protetto da pannelli fonoassorbenti che riducono al minimo il riverbero) (17).

Il comportamento di una cuffia, come è noto, viene determinato in laboratorio, dalla casa costruttrice, secondo norme standard o proposte di organismi internazionali quali ad esempio la ISO (International Organization for Standardization) ed ANSI (American National Standards Institute). I risultati di tali prove costituiscono la curva caratteristica di attenuazione che accompagna la cuffia. È anche noto che tali metodi forniscono un dato di abbattimento teorico che si discosta nettamente

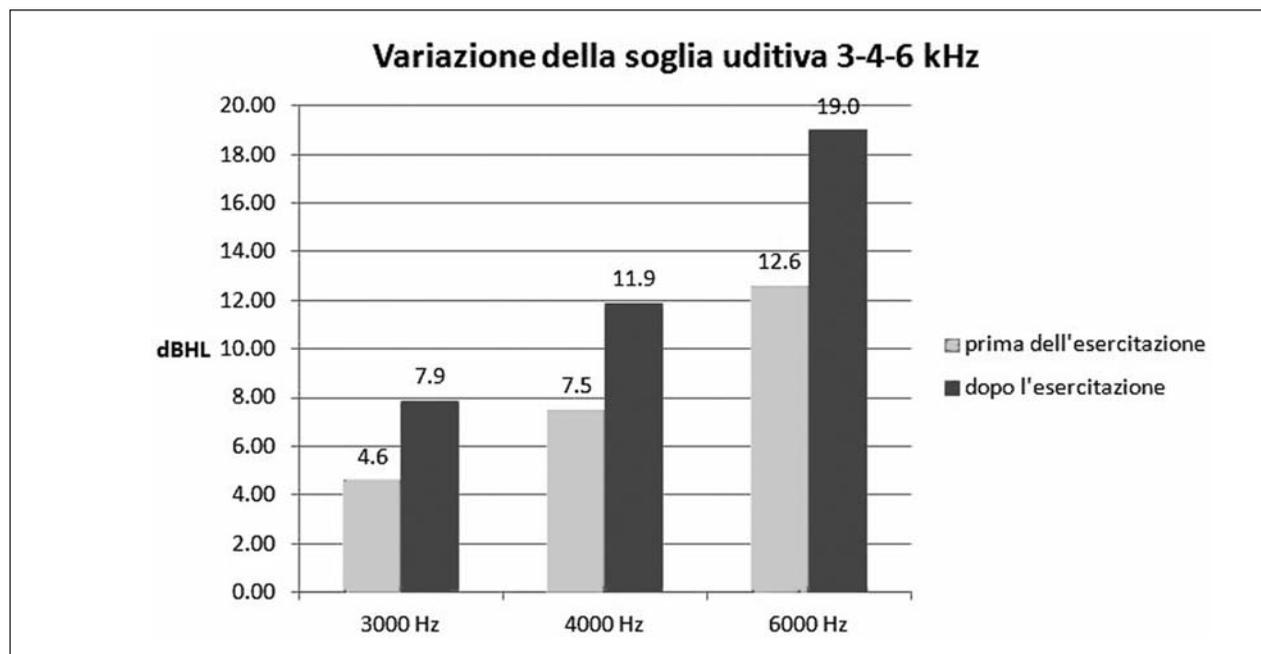


Figura 1 - Variazione della soglia uditiva prima e dopo l'esposizione

Figure 1 - Variation of hearing threshold before and after exposure

dall'abbattimento reale che svariati studi hanno mostrato essere di gran lunga inferiore (2, 5, 10, 13, 16).

La verifica dell'efficacia dei dispositivi è prevalentemente svolta a posteriori, come nel nostro studio, sulla base dei risultati degli esami audiometrici, a cui il nostro campione è stato sottoposto, prima e immediatamente dopo l'esercitazione di tiro (due minuti); dagli stessi è risultata infatti, una effettiva deriva di soglia (17).

L'entità dello spostamento, poi, è in funzione della diversa suscettibilità al rumore e della diversa risposta individuale al rumore.

Quindi nella attività in questione è certo che vi sia un pericolo per l'udito. Ma si può affermare che si sostanzi un rischio? È difficile rispondere a tale quesito perché, mentre è indubbio che durante tali esercitazioni gli agenti sono esposti ad un rischio di notevole entità, non è possibile quantificare eventuali altre esposizioni e tempi delle stesse. Né si può essere certi che tali esposizioni da sole non siano in grado di determinare danno in un soggetto particolarmente suscettibile al rumore.

Tale suscettibilità individuale al danno uditivo da rumore purtroppo non è prevedibile, in quanto non è possibile con i test audiometrici selezionare soggetti predisposti al danno da rumore (8, 20).

Diverso, ovviamente è il caso degli istruttori, che assistono più gruppi di agenti e che svolgono tale lavoro più volte alla settimana. Infatti è stato stimato che, in un macrociclo di un anno di addestramento, il carico effettivo per l'organo dell'udito di un istruttore di tiro è di circa 200.000 stimoli acustici (14).

A nostro avviso, quindi, sulla base dei dati raccolti, è altamente consigliabile che sia gli istruttori che gli agenti, magari con diversa frequenza, siano sottoposti a controlli audiometrici periodici.

Altro suggerimento è quello che tali agenti ed istruttori siano informati e formati rispetto alle problematiche del rischio rumore e dell'uso dei DPI in tali attività di esercitazione al tiro, in quanto un posizionamento scorretto è in grado di determinare una riduzione della prestazione del DPI.

È stata documentata, inoltre, la possibilità di deterioramento uditivo dopo l'esposizione a lungo termine a colpi di arma da fuoco anche quando ve-

niva impiegata la doppia protezione (tappi per le orecchie e cuffie) (28).

Infine, non deve essere sottovalutata la manutenzione delle cuffie, per verificarne il perfetto stato di conservazione di tutte le parti che compongono tali DPI.

NO POTENTIAL CONFLICT OF INTEREST RELEVANT TO THIS ARTICLE WAS REPORTED

BIBLIOGRAFIA

1. Calogero B: *Audiologia*. Monduzzi Editore, 1983
2. Cassano F: Il rumore. In Foà V, Ambrosi L (eds): *Trattato di Medicina del Lavoro. Seconda Edizione*. Torino: UTET, 2003: 491-498
3. Cassano F, Elia G: Possibilità e limiti della protezione acustica in esposti a rumore industriale. *Rivista di medicina del lavoro*, Anno VII
4. Cioli S, D'Annibaldi E, Mone L: *Il servizio Sanitario della Polizia di Stato*. II edizione. Roma: Edizioni Laurus Robuffo, 1996
5. D'Allio G: *L'efficacia effettiva degli otoprotettori valutata attraverso un'esperienza pratica in ambiente industriale*. Milano: 1985
6. Flamme GA, et al: Estimates of auditory risk from outdoor impulse noise. II: Civilian firearms. *Noise & Health* 2009; 11: 231-242
7. Galante P, Maugeri N: *Lineamenti dell'Amministrazione della Pubblica Sicurezza e Ordinamento del Personale*. X Edizione. Edizioni Europolis, 2002
8. Guida HL, et al: Acoustic and psychoacoustic analysis of the noise produced by the police force firearms. *Braz J Otorhinolaryngol* 2011; 77: 163-170
9. Hirsh IJ, Ward WD: Recovery of auditory after strong acoustic stimulation. *J Acoust Soc Am* 24: 131
10. ISO: *First draft proposal for acoustics – Measurement of sound attenuation of hearing protectors*. International Organization of Standardization, 1975
11. ISO 1999: 1990 (E): *Acoustic determination of occupational noise exposure and estimation of noise induced hearing impairment*. Geneva: International Organization of Standardization, 1990
12. ISO/FDIS 7029/2000: *Acoustics – Statistical distribution of hearing thresholds as a function of age*. Geneva: International Organization for Standardization, 2000
13. Linee guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro, from www.inail.it
14. Lwow F, Jozkow P, Medras M, et al: Occupational exposure to impulse noise associated with shooting. *Int J Occup Saf Ergon* 2011; 17: 69-77

15. Merluzzi F, Orsini S, Di Credico N: Meccanismi di insorgenza e di evoluzione della ipoacusia professionale da rumore, Atti del Convegno *dBA, Rumore e Vibrazioni: valutazione, prevenzione e bonifica in ambiente di lavoro*. Modena, 20-22 ottobre 1994. Modena: Ed. Poligrafica Macchi: 25-41
16. Michael PL, Bienvenue GR: Hearing Protector Performance – An Update. *Am Ind Hyg Assoc J* 1980; *41*: 541
17. Milonski J, Olszewski J: The evaluation of usefulness of hearing protectors while exposure to impulse noise. *Otolaryngol Pol* 2007; *61*: 877-879
18. Mori E: *Balistica pratica*. Firenze: Editoriale Olimpia, 1983
19. Mori E: *Il codice delle armi e degli esplosivi*. IV edizione. Ed. La Tribuna, 2005
20. Pace F: Indagine audiometrica sul rischio rumore nell'ambito delle Forze Armate e proposta di un programma di audiologia militare preventiva. *Giornale di Medicina Militare* 1997; *147*: 5
21. Paupolo G: Armi da fuoco e tiro per difesa personale. In Scuderi G (eds): *Le armi della Polizia di Stato*. 1994
22. Quaranta A, Arslan E, Ambrosi L, Henderson D: *Sordità da rumore. Problematiche cliniche e medico-legali*. Ecumenica Editrice, 1996
23. Quaranta A, Portalatini P, Henderson D: La deriva temporanea e permanente di soglia. In Quaranta A, Arslan E, Ambrosi L, Henderson D (eds): *Sordità da rumore. Problematiche cliniche e medico-legali*. Ecumenica Editrice, 1996
24. Quaranta A, Portalatini P, Scaringi A: Il rumore e i suoi effetti. *Audiologia-newsletter* 6: 3-4. Società Italiana di Audiologia, 2001
25. Riihikangas P, Anttonen H, Hassi J, Sorri M: Hearing loss and impulse noise during military service. *Scand Audiol*; (Suppl 12): 292
26. Scheibe F, Haupt H, Ludwig C: Intensity-dependent changes in oxygenation of cochlea perilymph during acoustic exposure. *Hear Res* 1992; *63*: 19-25
27. US Department of Health and Human Services: *Occupational Noise Exposure*. June 1991
28. Wu CC, Young YH: Ten-year longitudinal study of the effect of impulse noise exposure from gunshot on inner ear function. *Int J Audiol* 2009; *48*: 655-660