

# ESPOSIZIONE AL RUMORE PRODOTTO DA VARI TIPI DI SORGENTE

## DISTURBO AL SONNO, RAPPORTI DOSE-EFFETTO NEGLI ADULTI

Alain MUZET

CEPA-CNRS, Strasburgo, Francia

Traduzione (Abstract) e sintesi

**Abstract:** Il disturbo al sonno è tra i più diffusi effetti negativi dell'esposizione al rumore. Nel corso degli ultimi 30 anni sono stati condotti numerosi studi, sia in laboratorio che in contesti domestici. Sono stati pubblicati risultati talvolta controversi e sono state segnalate vaste discrepanze. Vi è quindi necessità di approfondire le motivazioni di risultati tanto diversi. Dobbiamo ascrivere le ragioni alla complessità del problema dell'esposizione al rumore oppure a semplici differenze nella metodologia d'indagine? Il tentativo attuato è stato quello di esaminare la documentazione pubblicata in materia, tentando di spiegare alcune delle differenze riscontrate: appare necessaria ulteriore ricerca in materia.

### 1-Introduzione

Si sottolinea l'importanza del disturbo al sonno provocato dal rumore: questo influisce pesantemente sulla qualità della vita percepita dai singoli.

Analizzando i risultati di numerosi studi, si osserva una particolare differenza nel tasso di risvegli indotti da rumore, che risultato assai minore negli studi eseguiti in ambienti domestici, rispetto a quanto riscontrato in laboratorio. Questo è spiegabile con effetti di assuefazione, che invece non si riscontrano nei riscontri strumentali quali il succedersi dei differenti stadi del sonno, che è influenzato dal rumore, o la risposta endocrina.

Esiste quindi un'evidenza oggettiva a supporto delle proteste della popolazione, sulla quale è necessario approfondire l'aspetto specifico del rapporto dose-effetto.

### 2-Esposizione al rumore

2,1-Tipi differenti di rumore: il rumore del traffico veicolare è stato oggetto senz'altro del maggior numero di studi, sebbene al di fuori delle aree specifiche ove esso costituisce il problema primario è invece il rumore prodotto dal vicinato a costituire la fonte principale di disturbo.

2,2- Caratteristiche del rumore e tecniche di misura: l'impiego di valori complessivi, mediati nel tempo, appare utile solo nel valutare gli effetti del rumore diurno. Per quanto invece riguarda il disturbo al sonno è il tipo di evento rumoroso a contare e la misura del massimo livello sonoro risulta assai più indicativa.

### 3-Disturbo al sonno

Gli effetti del rumore sul sonno possono essere valutati nell'immediato (per esempio con

tracciati) o mediante successiva analisi dei livelli degli ormoni da stress o delle prestazioni effettive dei soggetti.

3,1-Effetti immediati: risvegli, risvegli EEG, cambiamenti di fase del sonno, pulsazioni, pressione sanguigna, ecc.

3,1,1- Risvegli: ve ne è di vario livello, da quelli riscontrabili solo mediante EEG, al vero e proprio risveglio dopo il rumore.

3,1,2- Cambiamenti di stato del sonno: gli stadi ad onde lente (SWS) e gli stadi REM sono ridotti temporalmente, in presenza di rumore.

3,1,3- Risveglio completo: la soglia è diversa in funzione della profondità (stadio) del sonno; anche il contenuto informativo del rumore è importante, come il rapporto con l'intensità del rumore di fondo.

3,1,4- Tempo totale di veglia: la durata del sonno può essere ridotta da un addormentamento più tardivo e da un risveglio più precoce, in presenza di rumore.

3,1,5- Risposte autonome: ritmo cardiaco alterato e vasocostrizione periferica sono riscontrati e dimostrati –sorprendentemente- come effetti non soggetti ad assuefazione e/o riduzione nel tempo.

### **3,2- Effetti successivi**

3,2,1- Valutazione soggettiva del disturbo al sonno: il disturbo al sonno può essere valutato mediante questionari in merito alla qualità del sonno, in numero di risvegli, stanchezza nel giorno successivo e necessità di ore di riposo diurno compensatorio.

I riscontri soggettivi, tuttavia, non sono del tutto paralleli ai rilevamenti strumentali.

Il numero di risvegli e di modifiche al sonno aumenta con il numero degli eventi rumorosi, ma non proporzionalmente: il minore livello del rumore di fondo a tarda notte gioca un ruolo fondamentale, con il conseguente aumento della sensibilità alle immissioni.

Accade anche che singoli eventi rumorosi notturni, specie quelli che si verificano prima dell'alba o al momento di addormentarsi, possano provocare impedimento totale al sonno, con conseguenze assai maggiori (più che proporzionali) in termini di diminuzione della capacità di lavoro, della vigilanza diurna, dell'accrescimento del tasso di incidenti.

La stessa paura di vivere al di sotto di rotte aeree può creare una maggiore sensibilità a questo tipo di rumore, alterando la proporzionalità della risposta soggettiva.

3,2,2- Altri parametri misurabili: dopo l'esposizione al rumore possono essere effettuate analisi delle prestazioni sia fisiche che cognitive, per accertarne il deterioramento.

L'escrezione di ormoni da stress nelle urine del mattino può essere misurata (Maschke et al. 1993) per valutare l'impatto dell'esposizione al rumore notturno. Questo tipo di riscontri è assai meno praticabile negli esperimenti sul campo, per cui il numero di studi pubblicati è minore.

## **4. Quesiti fondamentali circa il disturbo al sonno da rumore**

### **4,1- Il fenomeno dell'assuefazione**

Un certo grado di assuefazione al rumore esiste, tuttavia le modificazioni riscontrate strumentalmente a carico delle funzioni cardiovascolari restano inalterate anche per lunghi periodi di esposizione (Muzet & Erhart, 1980; Vallet et al. 1983). Non è escluso che questi effetti a lungo termine non possano condurre a danni permanenti, ma l'assenza di evidenze sperimentali non significa che alcuno studio sia stato effettivamente condotto in materia ! La difficoltà è quella di separare il contributo dell'esposizione notturna al rumore da quello

di altri fattori ambientali, anche diurni.

#### **4,2- Sensibilità individuale**

La differente sensibilità individuale –in quanto direttamente affermata dai soggetti- appare correlarsi direttamente con un maggiore tasso di risposta cardiovascolare al rumore diurno, mentre non si riscontrano differenze di risposta per il rumore notturno, durante il sonno.

La sensibilità fisiologica al rumore notturno dipende anche dall'età: le soglie alle modificazioni EEG sono in media 10 decibel superiori nei bambini, rispetto agli adulti; la loro sensibilità cardiovascolare è tuttavia identica, se non superiore (Muzet et al., 1981).

Gli anziani esprimono maggiori lamentele, rispetto ai giovani, ma anche il loro tasso di risvegli in assenza di rumore è normalmente maggiore. E' quindi possibile supporre che essi avvertano il rumore meglio poiché più spesso svegli, o che ne patiscano maggiormente le conseguenze nel tentare di riprendere sonno.

Anche il sesso comporta differenze nella sensibilità al rumore: prima di 30 anni sono i maschi ad essere maggiormente disturbati (Muzet et al., 1973), poi la situazione si capovolge (Lukas, 1972).

#### **4,3 Sottogruppi specifici**

La questione principale circa l'esistenza di possibili gruppi più sensibili resta aperta: la maggior parte degli studi è infatti stata condotta –sinora- su soggetti sani.

Altri studi sono stati condotti su soggetti con orario di lavoro invertito (notturno). Due in particolare (Nicolas et al., 1993; Carter et al., 2002).

### **5- Alla ricerca dei rapporti dose-effetto: siamo in grado di affermarli, oggi ?**

Un esame a vasto raggio della letteratura sull'argomento mostra che l'obiettivo di stabilire un preciso rapporto di dose-effetto, per il disturbo al sonno da rumore, è assai difficile da raggiungere.

La scelta di rilevare i livelli di esposizione notturna integrando per periodi di ore, invece che valutando il livello del singolo evento, comporta profonde implicazioni sui risultati.

A parità di Livello Equivalente è infatti possibile riscontrare pochi eventi di elevata energia o un gran numero di eventi singolarmente di livello contenuto.

Anche i parametri di rilevamento del sonno possono influenzare pesantemente i risultati.

La stessa popolazione dei soggetti mostra una grande variabilità e non include soggetti affetti da patologie, essendo dunque solo parzialmente rappresentativa.

#### **5,1 Curve dose-effetto esistenti**

Alcuni tentativi sono già stati attuati di individuare relazioni di dose-effetto per il disturbo al sonno da rumore: la complessità di questo tipo di studi è causata da un numero di fattori.

Il rumore, per esempio, non può essere valutato semplicisticamente dai soli tempo di salita, livello massimo, durata e composizione spettrale: il numero ed il significato di ciascun rumore sono fattori aggiuntivi altrettanto importanti (Langford et al., 1974).

Come notato da Stansfeld "vi è una debole associazione tra il livello di rumore esterno ed il disturbo al sonno" (Stansfeld, 2002). Il numero di eventi rumorosi che intervengono nel periodo notturno, quale che sia il loro livello di picco, è proposto spesso come un fattore principale. Tuttavia anche il modo in cui questi rumori sono distribuiti nel periodo notturno deve essere tenuto in considerazione: i periodi critici (all'inizio, dell'addormentamento; poi

le prime ore del mattino) sono quelli che richiedono la maggiore protezione dal rumore, ma nel caso di pazienti depressi sono possibili risvegli nel mezzo della notte, caso in cui il rumore può impedire il recupero del sonno anche per un lungo intervallo di tempo.

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, il Livello Equivalente (LAEq. 8h) durante il sonno non dovrebbe eccedere 30 dB"A" ed i singoli eventi rumorosi (rilevati come L"A" max.) non dovrebbero superare i 45 dB"A" (WHO, 2000). Tuttavia questi valori vanno considerati cautelativi e tuttavia assai difficili da conseguire, senza liberare vaste aree adiacenti le sorgenti di rumore, trasferendo migliaia di soggetti esposti.

Sono stati compiuti numerosi tentativi di riassumere i risultati di diversi studi pubblicati, in modo di ricavarne delle curve di dose-effetto: la Tavola 2 ne presenta i risultati. Appare evidente che differenti tipi di sorgenti di rumore sono stati considerati contemporaneamente, con evidenti difficoltà nella stessa rappresentazione delle grandezze fisiche del rumore.

Il più vasto di questi studi è quello di Hofman (1994), in cui sono stati esaminati 112 articoli e riassunti i risultati di 53 di essi, due terzi dei quali eseguiti in laboratorio.

Il rumore del traffico era la sorgente indagata nel 64% dei casi, il rumore degli aerei per il 23%. L'82% dei soggetti sperimentali era composto di adulti, il restante anziani e bambini. Le variabili indagate erano: risvegli, cambiamenti di stato del sonno, ritardo nell'addormentamento, qualità soggettiva del riposo.

La Figura 1 mostra la relazione tra i valori di L"A" max. e la probabilità di risvegli.

La Figura 2 mostra le grandi differenze tra le linee di regressione che sono state proposte per riassumere i risultati di numerosi studi. Sebbene sostanzialmente parallele, alcune delle regressioni partono da livelli assai differenti. Questo suggerisce la presenza di una notevole difficoltà ad estrarre il rumore dal suo contesto e ad impiegare una singola grandezza fisica per predirne gli effetti. Questa figura mostra anche una sostanziale differenza nei dati sperimentali ottenuti in laboratorio (linee 1-2) rispetto ai valori ottenuti sul campo (linea 4).

La Figura 3 mostra ancora una grande variabilità, ascrivibile ai differenti approcci sperimentali ma di cui possono esistere spiegazioni razionali.

### **5,2- Differenti curve dose-effetto**

Quali sono le ragioni che conducono ad ottenere differenti curve di dose-effetto ? Alcune sono state già proposte. Sorgenti differenti causano rumori con caratteristiche fisiche diverse, che possono avere o meno significato per un gruppo specifico di persone.

La grande differenza tra i risultati di studi condotti in laboratorio e sul campo può essere in parte spiegata con l'assuefazione ai propri ambienti domestici.

Anche il tipo specifico di sorgente di rumore può evocare differenti reazioni nella popolazione, a parità di livello d'esposizione. La stessa popolazione è soggetta a fenomeni di sensibilizzazione progressiva al problema, che possono condurre a rilevare un tasso crescente di lamenti nonostante i livelli fisici di esposizione siano in diminuzione.

### **5,3- Diversi rilevamenti dose-esposizione**

Una particolare difficoltà del contesto sperimentale esaminato è quella di valutare correttamente la percentuale di risvegli e di alterazioni del sonno, con criteri omogenei tra i diversi studi. Un medesimo rumore può avere effetti differenti se coincide con una diversa fase del sonno. L'integrazione del livello energetico medio per il periodo notturno appare un descrittore assai impreciso.

Mouret & Vallet, nel 1999, analizzando gli effetti del rumore aereo notturno, hanno

riscontrato che per ridurre il 90 % dei risvegli occorrerebbe limitare il numero di eventi rumorosi a 15-20 per notte, con un livello massimo di 48 db"A" (L max.).

## **6- E' necessaria ulteriore ricerca ? Alcuni possibili percorsi**

### **Misure oggettive comparate ai riscontri soggettivi**

E' importante individuare se esiste una chiara relazione tra le misure oggettive ed i riscontri soggettivi, in materia di disturbo al sonno da rumore. La letteratura scientifica indica un livello di correlazione tutt'altro che elevato.

### **Identificazione dei gruppi sensibili al rumore**

Si può ipotizzare l'esistenza di gruppi maggiormente sensibili al rumore: anziani, malati, ecc. Sono necessari ampi studi epidemiologici in materia, da condurre sul campo.

### **Studi in laboratorio e sul campo – perché sono così differenti ?**

I risvegli in ambiente domestico sono meno frequenti e diversamente correlati con il livello di rumore, a differenza di quanto riscontrabile in laboratorio.

La differenza può essere in gran parte spiegata con la diversità delle tecniche di indagine e può essere risolta portando anche in ambienti domestici la strumentazione normalmente impiegata per gli studi di laboratorio.

## **CONCLUSIONI**

Il sonno è uno stato fisiologico che necessita della sua integrità per consentire le normali funzioni di recupero dell'organismo vivente. La sua riduzione o l'interruzione sono dannose a lungo termine, dato che la privazione parziale ma cronica del sonno induce marcata stanchezza, aumenta gli stati di minore attenzione, riduce le prestazioni diurne e la qualità della vita.

Il sonno appare essere molto sensibile al contesto ambientale, specificamente al livello di rumorosità ambientale, dato che gli stimoli esterni sono comunque processati dalle funzioni sensorie del dormiente, indipendentemente dalla percezione conscia della loro presenza. La vasta mole di ricerca condotta negli ultimi 30 anni ha prodotto una grande variabilità nei risultati ed alcuni di essi appaiono controversi. In pratica, gli effetti dell'esposizione al rumore dipendono da numerosi fattori e l'assenza di una chiara relazione dose-effetto è dovuta certamente all'interazione complessa tra questi fattori, incluse le caratteristiche del rumore, la sensibilità individuale, il contesto domestico esplorato.

In ogni caso appare che l'ampiezza delle lamentele soggettive circa il disturbo al sonno sia aumentata negli anni più recenti. Appare quindi necessario trovare le risposte ad alcuni specifici quesiti che restano di fondamentale importanza per comprendere se esistono e quali possono essere gli effetti dannosi sulla salute e sulla qualità della vita, a lungo termine, per le popolazioni esposte a rumore notturno. Se necessario, la protezione di questa parte di popolazione deve essere ottenuta mediante nuove norme e provvedimenti, che dovrebbero tener conto della crescente importanza dei moderni sistemi di trasporto.

FINE, seguono le References

## Commenti personali del traduttore

L'ultima frase nelle *conclusioni* dello studio di Alain Muzet tradisce la costante preoccupazione dell'autore di contemperare in qualche modo le esigenze produttive e sociali con il potenziale evidente danno alla salute ed al riposo che appare correlarsi con livelli di esposizione al rumore tutt'altro che elevati. Questo è un fattore di *bias* di grande importanza, che compare continuamente nel testo dello studio.

A riprova sia sufficiente confrontare questo studio con il LARES – Final report(...) di Niemann e Maschke, per comprendere quanto maggiore livello di certezza possa evincersi dai dati raccolti ed analizzati statisticamente, depurando l'effetto delle variabili spurie.

**Un aspetto importante viene tuttavia sottovalutato da entrambi gli autori:** la sensibilità soggettiva al rumore è fortissimamente variabile ma altrettanto fortemente correlata al livello di "*rumore di fondo*" presente nello specifico intervallo di tempo. Uno stesso transito veicolare (o di aereo) che si ripeta una prima volta nelle prime ore della notte (21-22) e poi ancora poco prima dell'alba (3-4), verrà percepito con un'intensità soggettiva migliaia di volte superiore nel secondo caso (per l'appunto in presenza di un livello di rumore di fondo migliaia di volte inferiore, in quelle ore).

E' sorprendente la quantità di studi erroneamente incardinata sull'impiego di tipi di rumore di prova caratterizzati da andamenti costanti, per esempio Rumore Bianco o Rosa, oppure lo stesso rumore del traffico ma proveniente da strade distanti e frequentate.

Queste sono le condizioni che naturalmente determinano una diminuzione fisiologica del livello di sensibilità uditiva, con ovvie conseguenze in ordine all'esito dell'esperimento.

Anche i livelli di *Rumore di Fondo* citati in alcuni studi sono sintomatici di un contesto sperimentale tutt'altro che accurato: si riportano valori di 30 dB"A" Leq. ed oltre, mentre i normali valori di silenzio relativo, nelle normali abitazioni site anche nei centri storici, raramente supera i 20-22 dB"A" Leq. a finestre chiuse (condizione che è analoga al caso di esperimenti in laboratorio). Livelli di fondo inferiori a 20 dB"A" Leq. sono da considerare anche assai più frequenti di quanto normalmente riscontrato o ipotizzato: questo è infatti il livello minimo di rumore attualmente rilevabile dalla pratica totalità dei fonometri disponibili sul mercato. I fonometri sono infatti invariabilmente corredati da microfoni da ½" (12,5 mm di diametro), il cui limite di sensibilità è tale da impedire il rilevamento di livelli sonori inferiori a 17-18 dB"A" Leq. Solo i microfoni da 1" (25 mm di diametro) possono rilevare fino a livelli di -5 dB"A" Leq. ma non risultano impiegati in alcuno studio, sinora.

L'unico contesto sperimentale ineccepibile sarebbe dunque quello di porre il soggetto sperimentale –collegato ad un EEG- in un ambiente di normale rumorosità (20-22 dB"A" Leq.) e di normale riverberanza, riproducendo entro l'ambiente i diversi tipi di rumore mediante una catena di registrazione-riproduzione che riproduca non solo lo spettro pieno delle emissioni, ma anche il normale contributo di attenuazione introdotto dalle finestre, sia chiuse che aperte. Un difetto sperimentale assai frequente in campo audio è quello di utilizzare come sorgenti sonore i normali diffusori per impianti audio domestici o professionali, la cui risposta in frequenza è totalmente carente spesso al di sotto di frequenze dell'ordine di 100-150 Hz.: la massima parte dell'energia associata alla rumorosità di fondo, ma anche a quella di transisti e rumori vari, è tuttavia emessa a frequenze largamente inferiori rispetto a queste..

L'effetto sul sonno di qualsiasi tipo e livello d'immissione può e deve essere valutato –poi- in rapporto alla fase di sonno in cui interviene, per esempio sincronizzando i tracciati EEG con le sequenze di rumore introdotte nell'ambiente, con livelli e durate crescenti in modo di valutare gli effetti separati di durata ed intensità. Alcuni tipi di immissione sono di facile riproducibilità (p.es. il rumore di una discoteca); altri necessitano di un'indagine statistica preventiva sul rapporto tra il loro Livello Equivalente ed il livello massimo (Fast) dei singoli eventi. Per esempio il traffico veicolare di un'autostrada sita ad 1 Km dal recettore indagato è caratterizzabile con parametri completamente diversi da quelli che descrivono il rumore causato da un aeroporto o da una linea ferroviaria, o da una strada in zona residenziale.

Roma 3 giugno 2005

Fabrizio Calabrese