



INFORMATICA MUSICALE

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA
LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA
A.A. 2018/19
Prof. Filippo L.M. Milotta

ID PROGETTO: 2B

TITOLO PROGETTO: Musicoterapia e rumori colorati

AUTORE 1: Di Manno Salvatore

AUTORE 2: L'Episcopo Gabriele

Indice

1. Obiettivi del progetto	2
1.1 Cose'è la Musicoterapia e le varie tecniche ad essa connesse.....	
1.2 Come la Musicoterapia agisce sul cervello umano.....	
1.3 Panoramica sui rumori colorati e i loro effetti sull'uomo.....	
2. Riferimenti Bibliografici	9
3. Argomenti Teorici Trattati	10
3.1 Acustica e rumori colorati.....	
3.2 Psicoacustica.....	

1. Obiettivi del progetto

1.1 Cose'è la Musicoterapia e le varie tecniche ad essa connesse

DEFINIZIONE UFFICIALE (8th World Congress of Music Therapy, Amburgo, 1996)

Quella che segue è una definizione "ufficiale": La musicoterapia è una tecnica che utilizza la musica come strumento terapeutico, allo scopo di promuovere il benessere di corpo, mente, e spirito.

In altre parole "la Musicoterapia si propone di far sì che la persona riprenda il controllo su fisico e mente e quindi anche del pensiero, aumentando la capacità di curare se stesso.

La musicoterapia moderna nasce in Inghilterra. I primi studi di questa disciplina risalgono al 1729 da parte del medico Richard Browne. Ancor prima, nell'antica Grecia, già Platone ed Aristotele, pensatori e filosofi, erano convinti che la musica contribuisse a migliorare la calma interiore e la serenità.

La Musicoterapia trova fondamento nella funzione terapeutica della musica e si configura come una metodologia che affiancandosi ad interventi medici e psicologici, può contribuire largamente ad incrementare il benessere psicofisico dell'individuo.

Da molto tempo infatti è noto che attraverso l'utilizzo della musica si possa agire su stati d'animo ed emozioni, risultando molto utile per la cura della depressione, essendo in grado di generare cambiamenti d'umore, ed è di grande aiuto nello studio e nel lavoro. Tuttavia solo più recentemente studi scientifici hanno dimostrato come l'utilizzo di essa abbia un significativo impatto in campo medico, influenzando capacità motorie, cognitive, e fornendo un grande aiuto nella cura di varie patologie, permettendo anche la riduzione di farmaci.

"il potere della musica di integrare e curare... è elemento essenziale. E' il più completo farmaco non chimico".Il Neurologo Oliver Sacks

Esistono due tipi di Musicoterapia: la **Musicoterapia Attiva** e la **Musicoterapia Recettiva**.

La **Musicoterapia Attiva** è incentrata sull'attività da parte del paziente, attraverso tecniche improvvisative. Si utilizza con pazienti in età evolutiva, con deficit e disabilità psicofisici anche molto gravi, con patologie psichiatriche, con difficoltà e disagi nei processi espressivi, comunicativi e relazionali.

La **Musicoterapia Recettiva** si rivolge a pazienti adolescenti, adulti e in età senile, dotati di sufficienti competenze simboliche e verbali, con difficoltà e disagi nei processi espressivi, comunicativi e relazionali e refrattari a diverse proposte di approccio che contemplano un coinvolgimento attivo.

Il ruolo del musicoterapista in questo caso è più attivo.

In generale la medicina e l'infanzia sono i campi con maggior applicazione di questa disciplina.

Musicoterapia in Medicina

La Musicoterapia può essere associata con successo alle terapie psichiatriche: l'ascolto e il canto possono ridurre i sintomi della schizofrenia e controllare stati di agitazione associati alle demenze. Può anche essere utile nelle patologie che causano condizioni di emarginazione (es. afasia, amnesia ecc.).

Inoltre può essere utilizzata come strumento per la riabilitazione neurologica dopo un ictus.

Altri studi hanno registrato gli effetti benefici della terapia musicale sui livelli d'ansia di pazienti con gravi malattie cardiache e polmonari.

Infine, la musica si è dimostrata efficace nell'attenuare gli stati d'ansia e la percezione del dolore.

Musicoterapia durante l'infanzia

Durante l'infanzia è in grado di influenzare lo sviluppo cognitivo, linguistico, emotivo e sociale del bambino, in quanto stimola determinate aree cerebrali.

Imparare a suonare uno strumento, può facilitare l'apprendimento, migliora la capacità di attenzione, contribuisce al controllo delle emozioni e l'espressione della creatività.

la musica più adatta per i più piccoli è la classica, e perfino i neonati possono ascoltarla in cuffia fino a 5 volte al giorno per circa 20 minuti.

Nel corso dell'infanzia, le attività musicali rendono più abili nella lettura e nel riconoscere le parole. Anche l'ascolto offre dei vantaggi, in quanto il ritmo e le melodie possono avere effetti positivi sulla concentrazione.

Per questi motivi, la musicoterapia trova un'utile applicazione nel trattamento della dislessia: in diversi casi, i bambini impegnati nel suonare uno strumento hanno dimostrato un miglioramento nella correttezza della lettura e della scrittura e nelle prove di segmentazione e fusione fonetica. In età infantile, l'intervento della musicoterapia può essere utile anche nella gestione dell'autismo. Nei bambini affetti da sindrome di Down, invece, la musicoterapia può essere associata a tecniche psicomotorie e logopedia. Quest'approccio consente di migliorare la conoscenza del corpo, lo sviluppo della percezione e dell'organizzazione temporale, la coordinazione motoria e la verbalizzazione.

Nei bambini più grandi e negli adolescenti aiuta a migliorare la capacità di socializzare, a risolvere problematiche psicologiche, a superare il disagio in situazioni problematiche legate al contesto familiare o scolastico.

Musicoterapia in Gravidanza

Il suono più importante per il feto è sempre e comunque la voce della madre, ma la musica è ideale in gravidanza perché permette un livello profondo di comunicazione con il nascituro e aiuta la futura mamma a rilassarsi. Inoltre, diversi studi hanno evidenziato come le musiche fatte ascoltare al piccolo ancora nella pancia siano poi state riconosciute dal bimbo dopo la nascita.

Tecniche Musicoterapia

In musicoterapia esistono svariati modelli e approcci, ma ad oggi soltanto 5 di essi possono fregiarsi del riconoscimento ufficiale per il loro impianto scientifico e i risultati ottenuti.

La World Federation of Music Therapy (Federazione Mondiale di Musicoterapia) nel 1999 (nel congresso mondiale di [Washington](#)) ha validato la documentata scientificità di 5 modelli clinici.

I suddetti modelli sono:

-Benezon (Argentina)

Qui si considerano due aspetti: quello scientifico, che si occupa dello studio e della ricerca del sistema uomo-suono, con obiettivi diagnostici e terapeutici, e quello terapeutico secondo il quale la Musicoterapia è una disciplina paramedica che utilizza il suono, la musica e il movimento per provocare effetti regressivi e aprire canali di comunicazione con l'obiettivo di attivare i processi di socializzazione e inserimento sociale.

-Nordoff-Robbins (USA)

Questo modello è anche stato definito come musicoterapia creativa. È un approccio individuale e di gruppo, nato inizialmente per lavorare con bambini affetti da varie disabilità.

-AOM: Mary Priestley (UK)

È un modello basato sull'improvvisazione attraverso l'uso delle parole e delle improvvisazioni di musica simbolica, sia da parte del terapeuta che del paziente.

Si esplora la vita interiore del paziente e lo si predispone a un percorso di crescita personale.

-BMT: Cliff Madsen (USA)

Questa tecnica considera il suono come uno stimolo capace di agire sul sintomo specifico. Ci si rifà qui al concetto di stimolo-risposta.

-GIM (Immaginario guidato) Helen Bonny (USA)

Il modello GIM è un approccio recettivo psicanalitico in cui la musica viene utilizzata per scandagliare i vissuti della persona.

1.2 Come la Musicoterapia agisce sul cervello umano

La musica ha accompagnato l'essere umano nella storia della sua evoluzione e molteplici sono le teorie che sono state ipotizzate sul legame tra musica e cervello. Alcuni ritengono che ascoltando una determinata melodia si attivavano aree adibite al movimento, e proprio per questo si è ipotizzato che la musica sia nata per aiutarci a muoverci insieme, fatto che porta a essere più altruisti e solidali.

A parere di altri invece l'influenza dell'arte sugli esseri umani sarebbe nata per caso.

Robert Zatorre, uno dei fondatori del laboratorio canadese di ricerca "Brain, Music and Sound", ha studiato i meccanismi neuronali di percezione musicale. Dal momento della loro percezione da parte dell'udito, i suoni vengono trasmessi al tronco cerebrale prima e alla corteccia uditiva primaria poi; gli impulsi viaggiano quindi in reti cerebrali importanti per la percezione della musica e per immagazzinare quella già ascoltata. La risposta cerebrale ai suoni è infatti condizionata dai suoi uditi in passato, in quanto nel cervello sono contenuti i dati relativi a tutte le melodie già precedentemente uditi, una sorta di database.

Proprio per questo motivo è noto che il cervello di musicisti adulti che praticano l'esercizio musicale da molto tempo sia di fatto più sviluppato in certe aree rispetto ad individui che non praticano l'esercizio musicale. Tra le aree maggiormente coinvolte in questo sviluppo troviamo l'area uditiva primaria, nel lobo temporale, l'ippocampo, coinvolto nei circuiti della memoria, la corteccia motoria primaria e il cervelletto. Lo sviluppo non si configura con un aumento del numero di cellule neuronali, ma con l'estensione degli elementi cellulari già esistenti.

Questo meccanismo è noto con il nome di 'plasticità sinaptica' (è la capacità del sistema nervoso di modificare l'intensità delle relazioni inter-neuronali (sinapsi), di instaurarne di nuove e di eliminarne alcune).

Ciò che è emerso dagli studi delle neuroscienze negli ultimi anni è che non solo gli elementi cellulari sono dotati di plasticità sinaptica, ma anche le stesse sinapsi, che sono i collegamenti tra neuroni, sono plastiche e sono soggette a modifiche continue ogni volta che un determinato circuito viene stimolato in qualche modo.

Le funzioni cognitive sono ancora oggi in fase di studio. Non è ben chiaro come i segnali provenienti dall'esterno vengano miscelati all'interno del cervello per produrre la sensazione di musica.

L'attività cerebrale è molto complessa e coinvolge il lobo temporale destro per quanto riguarda il riconoscimento e l'esecuzione delle melodie, e il lobo temporale sinistro da cui dipendono l'elaborazione del linguaggio musicale, ma anche la scrittura, la composizione e l'esecuzione della musica stessa.

L'analisi della musica comincia nelle vie uditive sottocorticali e nella corteccia uditiva primaria. Quindi, gli aspetti più complessi della musica sono analizzati dalle regioni della corteccia uditiva associativa.

Da alcuni studi sui suoni complessi con informazioni di tonalità variabile (vari rumori colorati) si è visto che tutti i suoni attivano la corteccia uditiva primaria e la porzione del giro temporale superiore appena adiacente ad essa. Man mano che nei suoni si distingue più chiaramente una tonalità e quindi una melodia, si attivano regioni della corteccia uditiva associativa localizzate più lateralmente e in una posizione rostrale (parte dell'organismo poste all'estremità anteriore o cefalica).

Nell'uomo il centro di Wernicke, specializzato nella parola, decodifica il segnale musicale in entrambi gli emisferi e lo trasmette senza mediazione al corpo (danza) e al sistema neurovegetativo (ritmo cardiaco, conduttanza cutanea, pressione arteriosa, richiamo sessuale) ed

endocrino (ACTH, ossitocina, vasopressina).

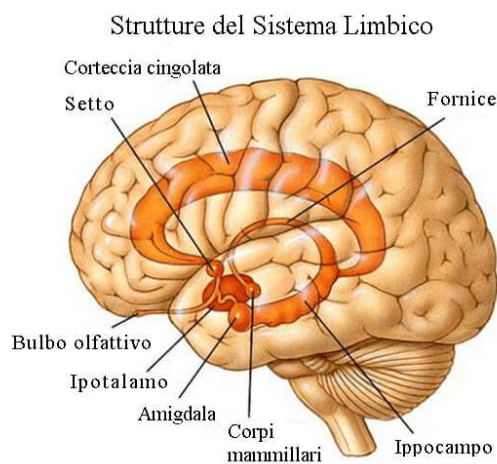
Abbiamo anche il Lobulo parietale inferiore di sinistra, alla giunzione delle cortecce uditive, visive, e somatosensitive, con cui sono fortemente connesse. I neuroni di questo lobulo hanno la particolarità di essere multimodali, ovvero possono processare differenti modalità degli stimoli acustici, visivi, e sensorimotori, etc. simultaneamente.

Il lobulo può allora aiutare il cervello a

classificare e distinguere, prerequisito per elaborare concetti e pensieri astratti.

Musica ed emozioni

Esiste una fortissima relazione tra musica ed emozioni; Le emozioni infatti sono un sistema condiviso da tutti gli esseri viventi che implica una risposta cognitiva e fisica, improvvisa, ad uno stimolo. Le emozioni nascono dall'interazione di varie aree cerebrali, situate principalmente nel sistema limbico, una regione condivisa da tutti i mammiferi.



Questo sistema si compone di corteccia del cingolo, ippocampo, amigdala, nuclei del setto ed ipotalamo. Tutte queste aree collaborano nell'elaborazione di emozioni, generano risposte comportamentali e reazioni vegetative che si scatenano da uno stimolo esterno, condizionando anche l'apprendimento. L'ipotalamo in particolare è responsabile di reazione vegetative, in quanto, con un mix di messaggi chimici, comunica direttamente con l'ipofisi.

Dai primi studi intorno il '70, sull'onda degli studi dell'effetto Mozart, si è introdotta la Musicoterapia.

Si pensa che in realtà la musica non sia un'entità oggettiva, ma che i suoni che esistono in natura e che arrivano alla nostra area uditiva primaria vengano di fatto plasmati nella corteccia uditiva primaria, che attraverso la sua speciale organizzazione, trasporta le informazioni ricevute a molte aree del cervello, localizzate prevalentemente nell'emisfero destro, fra cui anche la corteccia motoria.

Non è un caso se infatti molti di noi provano un forte impulso a segnare il tempo con movimenti, più o meno coordinati.

Alcune ricerche condotte con Risonanza Magnetica Funzionale (MRI) dimostrano gli effetti benefici della musica sull'organismo, grazie ai nuovi strumenti d'indagine, sappiamo che la musica:

- Agisce sulla produzione di catecolamine, i mediatori chimici della sinapsi per la trasmissione dell'impulso nervoso (come Adrenalina e Acetilcolina).

- Agisce, parimenti, sulla produzione di catecolamine libere (come la Serotonina, preposta alla regolazione del sonno e del tono dell'umore) e aumenta la produzione delle Endorfine, gli oppioidi cerebrali preposti alla regolazione del dolore.

- Aumenta anche la produzione di Immunoglobuline, migliorando la risposta degli anticorpi.

- Mentre, nella Riabilitazione, stimola i Propriocettori, i recettori corporei preposti alle sensazioni di tatto, gusto ed equilibrio.

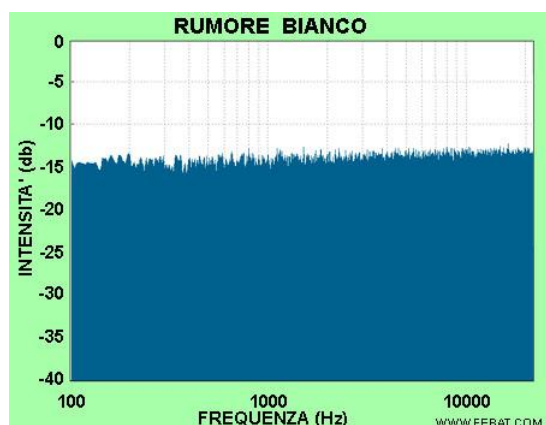
1.3 Panoramica sui rumori colorati e i loro effetti sull'uomo

Il rumore è un segnale di disturbo rispetto all'informazione trasmessa in un sistema.

Come i suoni, il rumore è costituito da onde di pressione sonora. Facendo riferimento all'impatto sul soggetto che lo subisce, il rumore può essere meglio definito come un suono non desiderato e disturbante. Nella maggior parte dei casi essendo classificati come "disturbi" si cerca di attenuarli il più possibile. Ve ne sono alcuni che sono rappresentati con uno spettro, caratterizzati da una componente aleatoria, che vengono studiati e utilizzati in maniera vantaggiosa.

I principali rumori prendono il nome dei colori dello spettro visibile, perché gli spettri di frequenza dei rumori sono molto simili alle radiazioni elettromagnetiche assorbite dall'occhio umano per vedere i colori.

Rumore bianco



Il rumore bianco è un particolare tipo di rumore caratterizzato dall'assenza di periodicità nel tempo e da ampiezza costante su tutto lo spettro di frequenze. È chiamato bianco per analogia con il fatto che una radiazione elettromagnetica di simile spettro all'interno della banda della luce visibile apparirebbe all'occhio umano come luce bianca. In natura però il rumore bianco non esiste ma è creato artificialmente da alcune apparecchiature: si tratta di un'idealizzazione teorica, poiché nessun sistema è in

grado di generare uno spettro uniforme per tutte le frequenze esteso da zero a infinito, mentre

nei casi reali d'interesse il rumore bianco è al più riferibile ad un intervallo di frequenze (rumore bianco a banda finita o limitata).

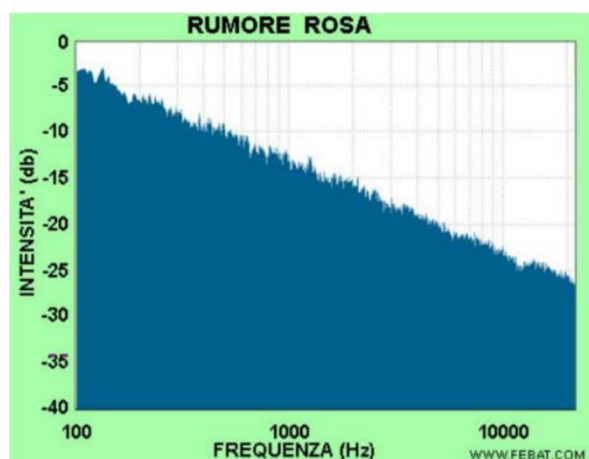
Il rumore bianco è il più utilizzato, la sua ampiezza è costante e non è periodico nel tempo.

Il rumore bianco, simile a un continuo fruscio o soffio, è considerato distensivo. Alcuni generatori di rumore bianco acustico sono impiegati per coprire il rumore di fondo in ambienti interni o per favorire il rilassamento. E' efficace per mascherare altri suoni e in particolari circostanze è indicato per provocare allucinazioni uditive. Recenti studi effettuati sulle frequenze di questo suono hanno dimostrato che facilita i bambini con problemi ad addormentarsi a raggiungere lo stato di sonno profondo. Per questa ragione è utilizzato nei reparti di terapia intensiva neonatale, dove i bambini sono costantemente sottoposti ai rumori dei macchinari.

Uno dei motivi per cui il rumore bianco viene percepito come un suono adeguato al rilassamento è che le frequenze del rumore hanno la capacità di modulare le onde cerebrali.

Da alcuni studi si è scoperto che a lungo termine il rumore bianco può influenzare e danneggiare le cellule ciliate, che ci permettono di catturare i suoni.

Rumore rosa



E' un particolare tipo di rumore in cui le componenti a bassa frequenza hanno potenza maggiore, a differenza del rumore bianco in cui la potenza è uguale per qualsiasi frequenza. Lo spettro presenta una relazione inversamente proporzionale tra frequenza e ampiezza. In particolare l'intensità si dimezza quando raddoppia la frequenza. Questo corrisponde ad un decremento di 3 dB per ottava. È considerato ancora più rilassante del rumore bianco perché risulta meno stridente e più armonioso.

È impiegato nei grandi uffici o nelle sale d'attesa per favorire la concentrazione e il rilassamento. Questo tipo di rumore è strutturato in modo tale da compensare la sensibilità dell'orecchio umano alle varie frequenze, e viene usato come modello per l'equalizzazione della musica, cioè per amplificare maggiormente frequenze più basse e meno le alte. Lo troviamo spesso in Natura, come la pioggia o le cascate d'acqua.

Da alcuni studi inoltre si è scoperto che il rumore rosa aiuta a migliorare le capacità mnemoniche, aumentando di tre volte la memoria.

Rumore marrone



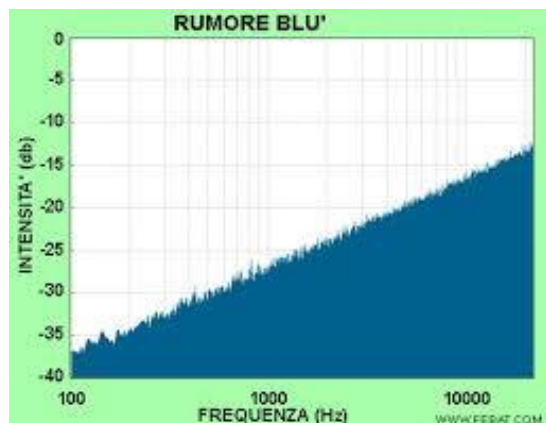
È chiamato anche rumore rosso o rumore browniano, dal botanico britannico Robert Brown scopritore del moto browniano (moto disordinato e casuale delle particelle in un fluido, infatti ricorda il fragore delle cascate d'acqua o di un tuono).

Come il rumore rosa lo spettro presenta un relazione inversamente proporzionale tra frequenza e ampiezza. L'intensità si riduce però di un quarto quando raddoppia la frequenza. Questo corrisponde ad un decremento di 6 dB per ottava.

L'energia di questo rumore risiede nelle basse

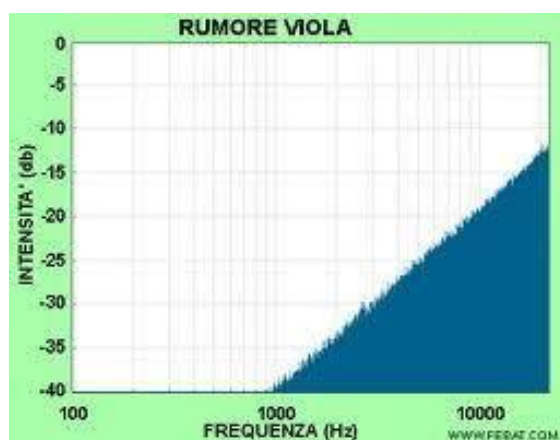
frequenze, molto abbondanti rispetto al rumore bianco e a quello rosa. Risulta utilissimo per la cura dell'acufene, in quanto il suo utilizzo riesce a coprire rumori molto fastidiosi.

Rumore blu



Questo rumore è praticamente l'inverso o il complementare del rumore rosa con un incremento di frequenza di 3dB per ottava e prevalenza delle alte frequenze. Viene generato di solito con un filtraggio passa-alto del rumore bianco. Suona come una sorta di sibilo molto stridulo e artificiale. Non viene impiegato come terapia rilassante perché disturba l'udito.

Rumore viola

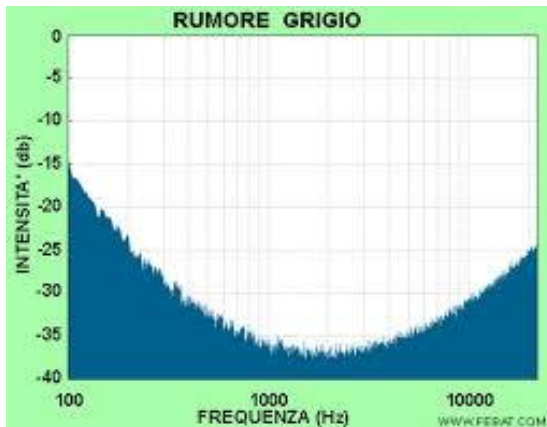


E' l'inverso o complementare del rumore marrone. Come nel rumore blu lo spettro presenta un crescita in intensità all'aumentare della frequenza.

Si ha un incremento di 6 dB per ottava, più grande rispetto al rumore blu.

Nella Musicoterapia il rumore viola non viene utilizzato perché considerato più fastidioso, il sibilo che produce è molto stridente, ancora più del rumore blu. Il suono prodotto ricorda quello di un getto di vapore.

Rumore grigio



Il rumore grigio è caratterizzato da valori di ampiezza del tutto casuali. E' sottoposto a una curva di filtro pari alla sensibilità psicoacustica in un preciso intervallo di frequenze. In questo modo si ha la percezione che il suono sia uguale a tutte le frequenze. Viene utilizzato per equalizzare i segnali audio in modo tale che tutte le frequenze vengano percepite allo stesso volume da parte di un ascoltatore umano.

Le reazioni al rumore non dipendono però solo dalla tipologia ma anche dalle condizioni nelle quali il rumore si produce. Un rumore improvviso è più disturbante perché percepito come un allarme (una porta che sbatte, un vetro che si rompe), mentre un rumore continuo e stazionario è meglio tollerato (il frigorifero, la TV in sottofondo), un rumore giudicato "necessario" è meglio tollerato di uno considerato inutile; un rumore prodotto in un contesto di quiete è più disturbante (sgocciolamento da un rubinetto di notte).

Il rumore non sempre ha effetti terapeutici, la risposta ai rumori da parte di ciascun individuo è variabile. L'abitudine ad un certo tipo di rumore può portare ad una maggiore sopportazione del rumore stesso ma non evita comunque a chi lo subisce dei danni fisiologici.

Nel cervello il sistema uditivo è in stretta connessione con il sistema limbico coinvolto nel controllo degli aspetti emotivi della vita di relazione e delle reazioni automatiche di difesa del sistema neurovegetativo.

Il rumore determina una serie di reazioni di difesa (modificazioni del ritmo del respiro e accelerazione della frequenza cardiaca) e se lo stimolo permane a lungo o se le capacità di difesa dell'organismo vengono meno, possono verificarsi vere e proprie malattie psicosomatiche: disturbi all'apparato cardiovascolare (aumento della pressione e del battito cardiaco), gastroenterico (aumento della secrezione acida dello stomaco, aumento della motilità intestinale), respiratorio (aumento della frequenza respiratoria) e del sistema nervoso centrale.

2. Riferimenti Bibliografici

- <https://it.wikipedia.org/wiki/Musicoterapia>
Introduzione al concetto di Musicoterapia, offre un quadro generale sul concetto di musicoterapia e sui 5 modelli clinici.
- <https://www.neuroscienze.net/che-cose-la-musicoterapia/>
Riportato per comprendere il funzionamento della Musicoterapia in campo clinico e terapeutico.
- <https://www.focus.it/scienza/salute>
Articolo che spiega come viene organizzata una seduta dal musicoterapista.
- <https://www.focus.it/scienza/scienze>
Questo articolo spiega come la musicoterapia possa ridurre il dolore cronico del 20% e gli stati depressivi del 25%.
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Acustica>
Introduzione al concetto di Acustica, con relativa storia e cenni di teoria.
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Psicoacustica>
Spiegazione generale su come il suono viene percepito da un essere umano.
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Rumore>
Introduzione al concetto di rumore inteso come un segnale di disturbo rispetto all'informazione trasmessa in un sistema.
- <http://www.arpa.marche.it/index.php/salute-ed-inquinamento-acustico>
Descrizione del fenomeno di inquinamento acustico dovuto ai rumori.

3. Argomenti Teorici Trattati

3.1 Acustica e rumori colorati

L'acustica è la scienza che studia il suono, inteso sia come agente fisico, cioè come onda elastica prodotta da una sorgente in grado di stimolare l'orecchio umano, sia come sensazione soggettiva (psichica) in cui il cervello traduce lo stimolo sonoro. Del suono come agente fisico si occupa l'acustica fisica, mentre l'elettroacustica ha per oggetto le basi teoriche e lo sviluppo di dispositivi elettronici per trasformare onde sonore e oscillazioni meccaniche in segnali elettrici e magnetici. I suoni musicali sono studiati dall'acustica musicale, mentre l'acustica fisiologica si interessa dei meccanismi dell'udito e della fonazione.

Il suono è un insieme di onde meccaniche longitudinali. L'oggetto che origina il suono produce una vibrazione che si propaga attraverso un mezzo modificando nel tempo la pressione locale delle particelle che lo costituiscono.

Un'onda è una perturbazione di una grandezza fisica che si propaga nel tempo trasportando energia o quantità di moto.

Può essere classificata rispetto:

- al Mezzo: onda meccanica o elettromagnetica;
- alla Direzione: onda longitudinale o trasversale;
- alla Forma: onda sinusoidale o onde di forma generica;
- alla Periodicità: onda periodica o aperiodica.

Tre sono le grandezze che caratterizzano una onda e queste sono:

- Ampiezza**: determina l'intensità di un suono, ad ampiezze elevate corrispondono suoni elevati e viceversa suoni bassi. E' proporzionale all'energia trasportata dall'onda. Può essere calcolata tramite: SPL(sound pressure level) o SIL(sound intensity level). E' regolata dalla legge dell'inverso del quadrato(la potenza del suono per unità d'area diminuisce proporzionalmente all'aumentare del raggio). L'andamento dell'ampiezza di un suono è detto inviluppo. Il più famoso è l'inviluppo ADSR che consta di 4 fasi: attack, decay, sustain, release. Ogni strumento musicale ha un inviluppo ADSR caratteristico;
- Frequenza**: determina l'altezza di un segnale, e possiamo distinguere tra suoni acuti o gravi, rispettivamente ad alta frequenza e bassa frequenza. Le frequenze udibili vanno dai 20Hz ai 20kHz. Strettamente legato alla frequenza è l'Effetto Doppler: è un fenomeno fisico che consiste nel cambiamento apparente, rispetto al valore originario, della frequenza o della lunghezza d'onda percepita da un osservatore raggiunto da un'onda emessa da una sorgente che si trovi in movimento rispetto all'osservatore stesso;
- Fase**: determina la spazializzazione del suono;
- Spettro**: determina il timbro del suono, ovvero quelle proprietà che determinano la distinzione tra due suoni anche a parità di ampiezza e frequenza. La caratterizzazione di un suono è data dal numero e dal contributo delle varie frequenze nello spettro. I vari rumori colorati (bianco, rosa, marrone, blu, viola, grigio) vengono distinti grazie proprio al contenuto spettrale, avendo ognuno di questi uno spettro ben noto e caratteristico;

Infine 3 sono i fenomeni di deviazione di un'onda, che si possono verificare durante la sua propagazione sotto diverse e specifiche condizioni fisiche:

- Rifrazione**: è un fenomeno fisico che consiste nella deviazione di un'onda causata da una variazione nella velocità di propagazione della stessa;
- Riflessione**: è un fenomeno fisico che consiste nella deviazione di un'onda che colpisce la superficie di separazione tra due mezzi di propagazione differenti. Incapace di attraversare tale superficie, l'onda viene deviata;
- Diffrazione**: è un fenomeno fisico che consiste nella deviazione di un'onda che incontra un ostacolo. Nel tentativo di superarlo l'onda si allarga o si «spezza».

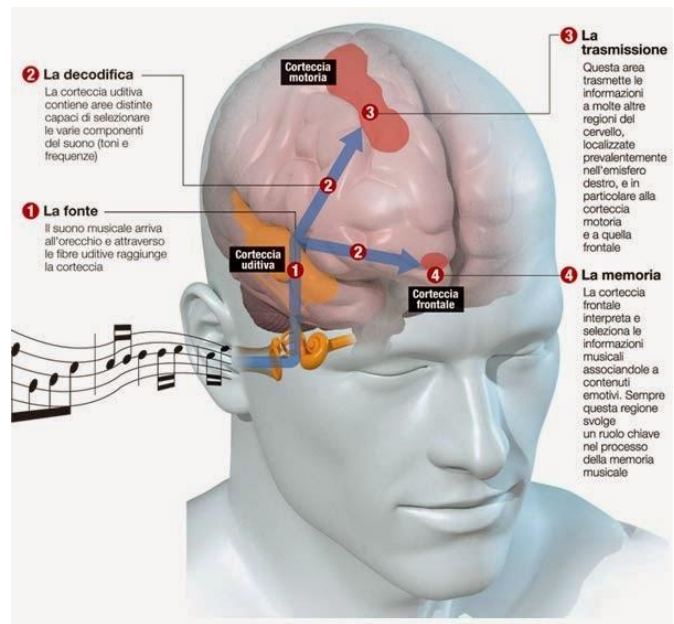
3.2 Psicoacustica

La psicoacustica è la disciplina che studia il complesso processo per cui un suono fisico diventa una percezione sonora. Lo studio di questo processo ha un carattere altamente multidisciplinare in quanto coinvolge l'acustica, l'elettromeccanica, la neurologia, la psicologia.

Molti risultati di acustica percettiva ottenuti nel campo della caratterizzazione delle capacità di analisi in tempo-frequenza dell'orecchio sono impiegati nelle moderne tecniche di compressione dei segnali sonori.

Lo studio dei suoni, in relazione alle sensazioni uditive, va distinto in 2 tipi di funzionamento:

- il **Fisiologico**, che spiega come sono generate le sensazioni uditive a partire dalla definizione formale di suono. I compiti del sistema uditivo sono: comprensione del messaggio sonoro, comprensione della natura dell'ambiente e ricostruzione della mappa spaziale delle sorgenti sonore; questi compiti, in parole povere, si traducono, per l'orecchio, nel convertire le fluttuazioni di pressione dell'aria in impulsi nervosi elettrochimici ed elaborarli nel cervello;



- Il **Cognitivo**, che effettua l'elaborazione di questi "segnali".

Questo funzionamento si suddivide in 4 fasi: fonte, decodifica, trasmissione e memoria.

Tra i concetti principali della psicoacustica figurano:

- a) la **soglia di percezione uditiva assoluta**, ossia la quantità di energia di un suono puro necessaria affinché un ascoltatore possa percepire il suono in un ambiente senza rumore; spesso il sistema di codifica fissa il punto più basso della curva della soglia in funzione della frequenza (all'incirca intorno ai 4 kHz) uguagliandolo all'energia rappresentata da un aumento o diminuzione di 1 bit del segnale;
- b) le **bande critiche di frequenza**, ossia le larghezze di banda per le quali il responso soggettivo cambia in modo sensibile, fenomeno collegato alla selettività che ha l'orecchio alle frequenze sonore, principalmente determinata dalla relazione tra frequenze percepite e posizione lungo la membrana basilare;
- c) il **mascheramento**, ossia il fenomeno per cui un suono non viene percepito a causa della presenza contemporanea di un altro suono più intenso: la spiegazione del meccanismo responsabile di questo effetto molto complesso, che dipende da vari parametri (come per esempio, la durata temporale del segnale) e si manifesta come mascheramento all'interno di una banda critica oppure, anche, di bande critiche vicine, può essere ricercata nell'inibizione, a livello della membrana basilare, causata dal suono forte, della trasmissione dell'oscillazione associata al suono debole.