



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA BIOMEDICA

“EFFETTO VIOLA:

Quando l'ingegneria incontra la psicologia”

Relatore: Prof. / Dott Augusto Ferrante

Laureando/a: Beatrice Martelli

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023

Data di laurea 27/09/2023

*A chi,
anche solo per un istante,
ha creduto di non essere nient'altro che un corpo.*

Sommario

La neurotecnologia Effetto Viola è una tecnica innovativa basata sul “brainwave entrainment”, finalizzata a ricreare nel paziente uno stato di rilassamento e benessere, senza l'ausilio di farmaci. Il funzionamento, studiato dall'omonima startup genovese, sfrutta l'algoritmo di produzione DMSPS (Dynamic Multi Spectrum Phase Shift), permettendo l'evoluzione della consolidata tecnica dei “binaural beats” e il loro inserimento all'interno di brani di musica classica o pop.

La tecnologia, già collaudata da atleti olimpionici e sportivi di livello mondiale, si serve di sfasamenti tra i canali audio con una conseguente sincronizzazione delle onde cerebrali.

L'idea è quella di stimolare le frequenze tipiche delle onde cerebrali di un individuo in uno stato di calma e rilassamento, per riprodurle all'interno di melodie a portata di mano dei clienti.

La tesi è volta a studiare la correlazione tra fonti sonore ingegnerizzate e benessere psicofisico.

Indice

Introduzione.....	9
1. Il sistema nervoso	
1.1 Il neurone: generalità e struttura	11
1.2 Il sistema nervoso: presentazione.....	12
1.3 Il sistema nervoso centrale e le aree cerebrali.....	13
2. Le onde cerebrali	
2.1 Generalità e storia.....	15
2.2 Classificazione delle onde cerebrali sulla base della frequenza.....	16
2.3 Le onde cerebrali e gli stati di coscienza	18
3. EEG: L'elettroencefalogramma	
3.1 EEG: Origini	20
3.2 EEG: Obiettivi e standard di posizionamento degli elettrodi.....	22
3.3 EEG: Tipologie.....	24
3.4 Segnali elettroencefalografici in relazione alle onde cerebrali.....	25
4. Effetto Viola	
4.1 Presentazione.....	28
4.2 Cenni sulle onde sonore.....	29
4.3 Dai toni binaurali all'Effetto Viola.....	30
4.4 Osservazioni sperimentali.....	32
Conclusioni.....	37

Introduzione

La tesi è volta alla presentazione della nuova tecnologia “Effetto Viola”, il frutto di un lavoro di oltre 15 anni dell’ingegnere biomedico Alessio Chelucci e della docente di lettere moderne Maria Luisa Mannarino, fondatori dell’omonima start-up genovese.



Figura 1:
Logo Effetto Viola srl

L’obiettivo dell’elaborato comprende la cooperazione fra le diverse discipline, in particolare la psicologia e l’ingegneria.

Dimostrare come queste scienze, seppur diverse, possano fondersi per dar vita ad un progetto di miglioramento del benessere psicofisico dell’uomo è un punto importante per la ricerca scientifica e non solo. Effetto Viola è una tecnologia innovativa basata sul trascinamento delle onde cerebrali e sullo studio delle loro frequenze in relazione agli stati di coscienza dell’individuo.

Il trattamento prevede l’ascolto di file audio di 15 minuti circa al cui interno è stato inserito un algoritmo biomedicale specifico, non percepibile all’ascoltatore, ma in grado di influenzare il cervello in maniera inconscia ed automatica.

Il fine è la stimolazione naturale delle stesse frequenze cerebrali che il soggetto acquisirebbe al termine di una sessione di Yoga o di meditazione trascendentale, ritrovando una condizione di calma e rilassamento, dovuta al raggiunto equilibrio delle frequenze cerebrali delle varie onde che, in condizioni di tensione o ansia fisiologica, è stato alterato.

Il primo capitolo mira ad una visione d’insieme del sistema nervoso, partendo dall’unità strutturale e funzionale (il neurone) per la comprensione del suo coinvolgimento nelle aree cerebrali.

Il secondo capitolo ripercorre nella storia i numerosi studi per la definizione delle onde cerebrali, sottolineandone il ruolo primario nei processi cognitivi. È volto inoltre alla classificazione delle onde, distinguendole sulla base della frequenza in: onde Alfa, Beta, Theta, Delta e Gamma.

A seconda dello stato emotivo e dell’attività svolta dall’individuo, un certo tipo di oscillazione cerebrale predomina sulle altre nello specchio elettromagnetico, da qui la stretta correlazione agli stati di coscienza.

Il terzo capitolo ripercorre i vari passaggi storici fino alla nascita dell’elettroencefalogramma, l’esame non invasivo per lo studio dell’attività elettrica umana, riportandone obiettivi ed applicazione. Dopo la presentazione della tecnica, vengono illustrate le varie tipologie d’elettroencefalogramma possibili.

I tracciati grafici derivabili dall'esame permettono l'analisi dell'attività elettrica e lo studio dei ritmi cerebrali: un'alterazione delle loro frequenze potrebbe essere un campanello d'allarme per l'individuazione di patologie neurologiche.

Il quarto capitolo, si serve delle spiegazioni precedenti per l'introduzione del progetto Effetto Viola, partendo dalla presentazione delle onde sonore, indispensabili per la completa comprensione.

A sostegno della tesi sono stati inoltre riportati test sperimentali che ne provano l'efficacia sia in ambito ospedaliero che sportivo.

Viene sottolineato che Effetto Viola non si sostituisce a dispositivi medici o a farmaci, ma è utilizzato per la riduzione dell'ansia fisiologica in pazienti al di sotto della soglia patologica. Non si presenta come una tecnica di musicoterapia, ma come tecnologia volta a stimolare uno stato di rilassamento e introspezione sulla base di suoni ingegnerizzati.

Non può in alcun modo sostituire il lavoro di una figura professionale, quale medico o psicologo, tuttavia può rappresentare un ausilio valido nella preparazione alla terapia.

Il paragrafo conclusivo traccia un quadro generale del progetto, ripercorrendone i temi trattati ed evidenziandone gli obiettivi raggiunti e futuri.

CAPITOLO 1

II SISTEMA NERVOSO

1.1 Il neurone: generalità e struttura

Il neurone è l'unità strutturale e funzionale del tessuto nervoso, responsabile della ricezione e della trasmissione degli impulsi nervosi sia eccitatori che inibitori.

Ogni neurone è composto da tre componenti principali: soma, dendriti e assone.

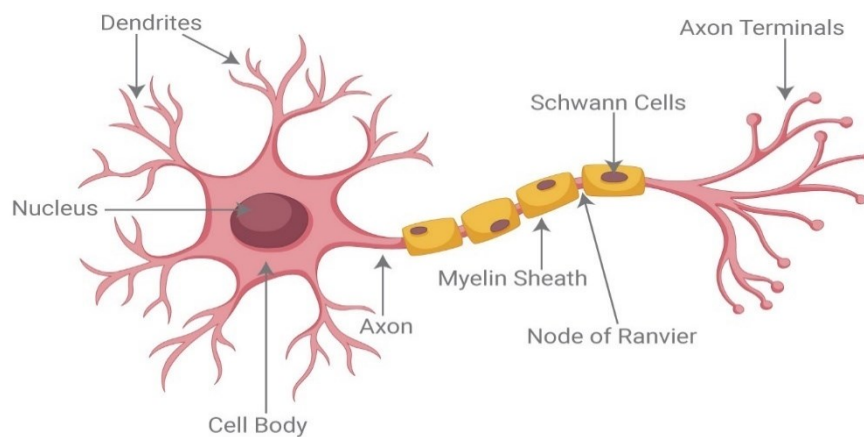


Figura 2: Struttura del neurone

Il soma, anche conosciuto come pericarione, è la parte centrale contenente il nucleo, all'interno del pirenoforo, e il citoplasma, in cui sono dispersi organelli deputati alle principali funzioni cellulari. Dal corpo cellulare centrale hanno origine altri prolungamenti citoplasmatici, denominati neuriti: i dendriti e l'assone.

I primi, che conferiscono alla cellula nervosa un aspetto ad albero, si occupano della ricezione dei segnali provenienti da neuroni afferenti e della trasformazione in impulsi nervosi degli stimoli esterni e interni. L'assone invece è coinvolto nella conduzione dei segnali in direzione centrifuga verso altre cellule e, a differenza dei dendriti, si presenta come un buon conduttore di segnali nervosi.

I neuroni sono cellule eccitabili, ovvero sono capaci di accogliere uno stimolo da altri neuroni o da organi di senso e di trasformarlo in un impulso elettrico.

Il compito del trasferimento di informazioni è svolto dai neurotrasmettitori, messaggeri chimici endogeni che agiscono in corrispondenza dei siti di contatto funzionale tra due neuroni, le cosiddette sinapsi.

A seconda delle strutture coinvolte, le sinapsi si differenziano in asso-dendritiche, asso-somatiche e asso-assoniche.

Da un punto di vista fisiologico possiamo distinguerle in elettriche, cioè basate sul passaggio diretto tra una cellula e l'altra grazie alla continuità citoplasmatica tra le due, e in chimiche, cioè mediate da un neurotrasmettitore, il quale agisce a sua volta su proteine recettrici della membrana del neurone ricevente provocandone l'eccitazione o l'inibizione.

Le sinapsi chimiche sono le più frequenti nella trasmissione dei segnali nel sistema nervoso centrale e sono particolarmente adatte al ruolo per la loro caratteristica di unidirezionalità dal neurone presinaptico al neurone postsinaptico.

Una volta trasmesso il segnale, il neurotrasmettitore viene riassorbito dalla terminazione presinaptica e degradato da enzimi specifici.

1.2 Il sistema nervoso: presentazione

Con sistema nervoso si intende l'unità morfo-funzionale e strutturale composta da cervello, midollo spinale, organi di senso e nervi e volta alla coordinazione delle informazioni e dei segnali "da" e "verso" il corpo.

Il sistema si presenta come una struttura tanto efficiente quanto complessa e un'alterazione del suo funzionamento a causa di lesioni, infezioni o tumori può comportare un impatto significativo sulla qualità della vita, come malattie neurologiche.

È infatti alla base delle funzioni muscolari, sensoriali, psichiche ed intellettive degli esseri viventi, tra le quali il movimento, la respirazione, l'apprendimento, la memoria e la vista.

Caratterizzato dal tessuto nervoso, a sua volta costituito dai neuroni e dalle cellule della glia o cellule di nevroglia, il sistema nervoso si divide in sistema nervoso centrale (SNC) e sistema nervoso periferico (SNP), al quale appartiene una terza componente: il sistema nervoso autonomo, coinvolto nelle risposte involontarie.

Il sistema nervoso centrale è composto dall'encefalo, racchiuso nella scatola cranica, sede delle attività di elaborazione delle informazioni e dal midollo spinale, struttura sottile ed allungata contenuta nel canale vertebrale.

Il sistema nervoso periferico invece, è costituito dai recettori sensoriali e dai nervi che collegano il SNC agli organi effettori. Comprendente il sistema sensoriale e motorio, quest'ultimo può a sua volta essere distinto in sistema nervoso somatico (o volontario) e sistema nervoso autonomo (o vegetativo).

1.3 Il sistema nervoso centrale e le aree cerebrali

Il sistema nervoso centrale è il luogo in cui le informazioni raccolte nel sistema nervoso periferico vengono rielaborate e ridistribuite.

Può essere considerato come il motore del pensiero e del movimento umano.

È contraddistinto da due elementi, l'encefalo e il midollo spinale, entrambi avvolti da tre strati di tessuto connettivo, le cosiddette meningi: la dura madre, l'aracnoide e la pia madre.

Il midollo spinale si presenta come una struttura complessa di fibre nervose coinvolta nella trasmissione dei segnali nervosi e nell'elaborazione della risposta motoria autonoma, anche detta "riflesso spinale".

L'encefalo, contenuto nella scatola cranica che lo protegge da eventuali agenti esterni e traumi, è il responsabile del controllo e della coordinazione delle attività del corpo. È diviso in tre parti strettamente connesse tra loro: cervello propriamente detto, cervelletto e tronco encefalico.

Il cervello propriamente detto comprende telencefalo e diencefalo.

Quest'ultimo è costituito a sua volta da talamo e ipotalamo, agisce da stazione di elaborazione delle informazioni che intercorrono tra cervello, tronco encefalico e midollo spinale. È impegnato nelle funzioni essenziali come la regolazione del ciclo sonno-veglia, l'apprendimento e la memoria.

Il telencefalo, contenente mesencefalo, ponte e bulbo, include i due emisferi destro e sinistro, due strutture emisferiche di tessuto nervoso tra loro collegate mediante una struttura chiamata "corpo calloso".

L'emisfero destro è coinvolto nella cognizione dello spazio e dell'emotività, viene definito come la parte "irrazionale" e impulsiva.

L'emisfero sinistro invece è specializzato nelle funzioni del linguaggio e del movimento volontario.

Un emisfero predomina sull'altro a seconda dell'attività svolta, ad esempio durante la lettura o la scrittura l'emisfero sinistro primeggia, mentre in un'attività creativa l'emisfero destro si presenta preponderante.

La superficie esterna degli emisferi del cervello è rivestita dalla corteccia cerebrale che, rappresentando oltre il 42% dell'intera massa cerebrale, riveste un ruolo primario nel controllo delle

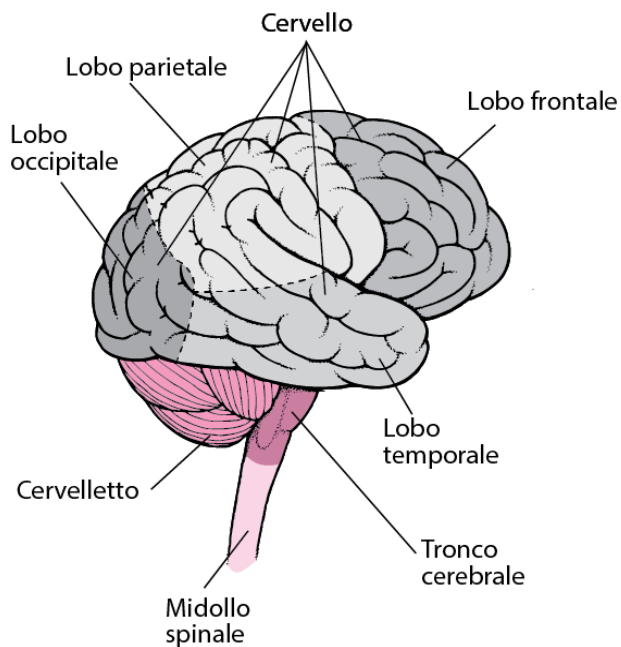


Figura 3: I lobi cerebrali

capacità cognitive come memoria, apprendimento o attenzione, e nella gestione delle funzioni sensoriali, quali udito, olfatto, vista, tatto e gusto. Si tratta di uno strato laminare continuo di sostanza grigia, un tessuto nervoso ad alto contenuto di neuroni e basso quantitativo di assoni e fibre mieliniche.

Grazie al suo corretto funzionamento, l'essere umano ha la capacità di percepire ciò che lo circonda e di rispondere agli stimoli.

La corteccia cerebrale di ciascun emisfero è ripartita in quattro aree denominate “lobi cerebrali”:

lobo frontale, lobo temporale, lobo parietale e lobo occipitale.

Nel lobo frontale, il più grande dei quattro e situato nella parte anteriore di ciascun emisfero, viene elaborato il pensiero cosciente ed è associato all'esecuzione dei comportamenti volontari.

Il lobo parietale è l'addetto alla percezione degli stimoli relativi al tatto, alla pressione e al dolore; il lobo temporale è legato alla percezione e al riconoscimento degli stimoli uditivi e

all'interpretazione del linguaggio parlato, mentre quello occipitale si occupa degli stimoli visivi.

Ogni lobo, seppur presentandosi con caratteristiche anatomiche e funzionali differenti, possiede una serie di creste definite “circonvoluzioni”, separate da scanalature di varie profondità, i “solchi”.

I lobi risiedono all'interno della scatola cranica, o “neurocranio” e sono protetti dall'omonimo osso.

CAPITOLO 2

LE ONDE CEREBRALI

2.1 Generalità e storia

Le onde cerebrali, o ritmi cerebrali, si presentano come oscillazioni ritmiche di attività elettrica del tessuto nervoso nel sistema nervoso centrale.

Sono fondamentali nei processi cognitivi e nella neuropatologia, branca della medicina specializzata nella rilevazione e nella cura di disturbi e malattie del sistema nervoso.

Alla base dell'organizzazione cerebrale vi sono processi bioelettrici continui prodotti dal cervello e dalle sue numerose connessioni, che generano una costante attività elettrica per consentire la trasmissione di informazioni da un neurone all'altro.

Gli impulsi, sincronizzandosi, producono delle fluttuazioni di tensione, dando origine ad un'attività ritmica e ripetitiva che subisce modifiche in base allo stato motorio, cognitivo e comportamentale dell'individuo.

I primi studi risalgono al 1877 quando il fisico inglese Richard Caton si servì di un galvanometro per osservare gli stimoli elettrici del cervello vivente dei conigli durante il sonno.

Questi risultati vennero ripresi più avanti, nel 1925, ma la comunità scientifica guardava con scetticismo e diffidenza questa nuova scoperta.

Un vero punto di svolta arrivò con la pubblicazione degli studi sull'invenzione dell'elettroencefalogramma (EEG) nel 1929 del medico tedesco Hans Berger, il quale analizzò la differenza di potenziale elettrico tra aghi infissi nello scalpo o tra due piccoli dischi di metallo posti sulla cute sgrassata del cuoio capelluto.

L'EEG permette la registrazione dell'attività elettrica dell'encefalo, per mezzo di elettrodi e di uno strumento chiamato elettroencefalografo, ottenendo la sua riproduzione su un tracciato grafico.

Grazie a questa sorprendente tecnica, Berger riuscì a tracciare delle curve dalla regolarità sinusoidale sorprendente: il ritmo Alfa o ritmo di Berger.

Ci vollero però ancora diversi anni per riconoscere questa come una scoperta eccezionale.

Solo nel 1935, infatti, degli esperimenti condotti da Durup e Fessard riconobbero l'implicazione psico-fisiologica del fenomeno. Gli scienziati analizzarono l'alterazione del ritmo di Berger in relazione a stimoli visivi e uditivi.

Il solo stimolo uditivo non provocava alcuna variazione del ritmo Alfa, mentre un'aggiunta di luce portava alla sua cessazione. Tuttavia, se lo stimolo uditivo veniva accompagnato da quello visivo, dopo poche ripetizioni, il solo suono era sufficiente alla terminazione dell'oscillazione.

Reversibilmente, dopo alcuni suoni non accompagnati dalla luce, il ritmo riprendeva l'andamento indisturbato.

Tali analisi rappresentano la base dei successivi studi dei fenomeni delle onde cerebrali durante il sonno e la conseguente variazione di frequenza delle oscillazioni.

2.2 Classificazione delle onde cerebrali sulla base della frequenza

Le onde cerebrali sono piccoli impulsi elettrici finalizzati alla comunicazione inter-neuronica.

Il loro ruolo funzionale è legato a processi attentivi e percettivi, modificandosi in base a quello che un soggetto vede, pensa e fa.

Diversi tipi di eventi comportano diverse risposte nello spettro.

A seconda della frequenza misurata, le onde cerebrali si distinguono in cinque classi: onde Alfa, onde Beta, onde Delta, onde Theta e onde Gamma.

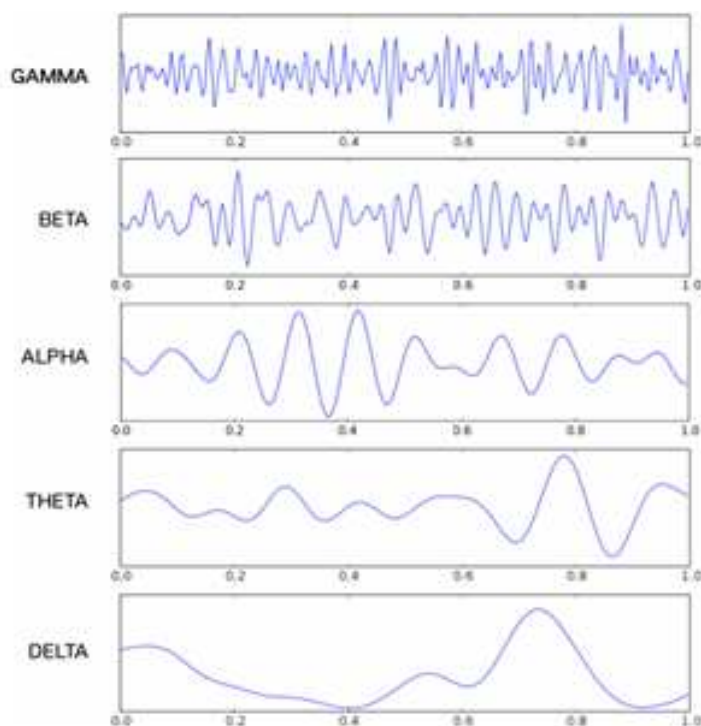


Figura 4: Tracciato EEG onde cerebrali

L'unità di misura per la misurazione della frequenza delle onde cerebrali è l'Hertz (Hz), ovvero la frequenza di un fenomeno periodico equivalente a 1 periodo al secondo. Più in particolare, ci si riferisce a delle onde che si distinguono in base alla frequenza e all'ampiezza dell'oscillazione, che è dell'ordine delle decine di MicroVolt (μV).

Le onde Delta, con una banda di frequenza tra 1 e 4 Hertz, sono le onde cerebrali più lente, tipiche del sonno profondo e dei processi di riposo e rigenerazione dell'organismo. Presentano un ruolo chiave nel mantenimento di una buona condizione di salute psicofisica.

Non raggiungono mai lo zero, nonché stato di morte cerebrale.

Le onde Theta, scoperte come le precedenti da William Grey Walter, si aggirano tra i 4 e gli 8 Hertz e caratterizzano gli stadi 1 e 2 del sonno NREM e REM; sono le oscillazioni tipiche del sonno leggero, della meditazione e del rilassamento, essenziali per la creatività, l'intuizione e l'elaborazione delle emozioni.

Le onde Alfa, già introdotte con Berger, sono oscillazioni tipiche degli stati di veglia rilassata e degli stati precedenti l'addormentamento. Presentano una banda di frequenza tra 8 e 13 Hertz e un'ampiezza normalmente inferiore ai 50 mV.

In prevalenza presenti sulle regioni occipito-parietali, nella parte posteriore del cervello, le onde Alfa risultano l'effetto oscillatorio più rilevante data la loro significativa influenza sulla velocità di campionamento delle informazioni e sulla reattività del sistema visivo.

Le onde Beta si aggirano tra i 14 e i 30 Hertz e sono registrate in un soggetto sveglio, nel corso di un'attività cognitiva intensa, come ad esempio durante lo svolgimento di calcoli matematici, lettura o scrittura. Associate quindi al pensiero attivo e alla risoluzione dei problemi, sono le più evidenti nelle aree frontali.

Le onde invece, coinvolte nelle funzioni cognitive più veloci, sono le onde Gamma, scoperte nel 1938. Associate a stati di massimo rendimento e di particolare tensione, fisica e mentale, presentano una fascia di frequenza variabile dai 30 ai 42 Hertz.

Data la loro velocità e la consecutiva ampiezza ridotta, tali oscillazioni non sono facilmente registrabili e per questo risultano conosciute in maniera meno approfondita rispetto alle altre.

Lo studio delle onde e la loro analisi può rappresentare una nuova frontiera di approccio di studio nel settore neuroscientifico e neuroriabilitativo, data la loro importanza nella comprensione dei meccanismi cerebrali, sia in soggetti sani che in quelli affetti da patologie.

2.3 Le onde cerebrali e gli stati di coscienza

Nell'arco di una giornata l'essere umano sperimenta molteplici "stati di coscienza", dovuti all'incessante attività elettrochimica del cervello che si manifesta attraverso le onde cerebrali. Un particolare stato è relativo alle onde dominanti in un determinato momento, influenzato ad esempio dall'attività svolta o dallo stato emotivo. Tali oscillazioni, che riflettono i ritmi di lavoro dei neuroni nelle diverse aree cerebrali, si propagano attraverso la corteccia e rappresentano un meccanismo di coordinamento per la memoria e l'attività cognitiva.

È importante notare che ogni onda è costantemente attiva durante tutto il giorno, alcune sono più sollecitate in certe zone e mostrano una maggiore attività, altre presentano una minore intensità, ma nessuna è completamente assente.

In situazioni in cui la mente si trova in una condizione di quiete e calma avviene un progressivo rallentamento delle frequenze cerebrali.

Viene di seguito riportata la traduzione del sommario di un articolo scritto da un gruppo di ricercatori della Columbia University, pubblicato sulla rivista scientifica "Neuron" nel 2018.

Quanto riportato conferma la connessione tra onde cerebrali e processi cognitivi.

"La cognizione umana richiede il coordinamento dell'attività neurale attraverso reti cerebrali diffuse. Qui descriviamo un nuovo meccanismo per la coordinazione su larga scala nel cervello umano: onde mobili di oscillazioni theta e alfa. Esaminando le registrazioni cerebrali dirette di pazienti neurochirurgici che eseguivano un compito di memoria, abbiamo trovato gruppi contigui di corteccia in singoli pazienti con oscillazioni a frequenze specifiche comprese tra 2 e 15 Hz. Questi ammassi oscillatori mostravano gradienti di fase spaziale, indicando che formavano onde mobili che si propagavano alla velocità di 0,25–0,75 m/s. Le onde mobili erano rilevanti dal punto di vista comportamentale perché la loro propagazione era correlata allo svolgimento del compito del paziente. Le onde theta e alfa mobili umane possono essere modellate da una rete di oscillatori accoppiati perché la direzione della propagazione delle onde è correlata all'orientamento spaziale dei gradienti di frequenza locali.

I nostri risultati suggeriscono che le oscillazioni supportano la connettività cerebrale organizzando i processi neurali nello spazio e nel tempo"

La ricerca scientifica ha dimostrato che per mantenere uno stato di benessere è necessario puntare ad una condizione di equilibrio di tali ritmi. In altre parole, la nostra salute psicofisica è in dipendenza diretta con lo specchio delle oscillazioni cerebrali.

La situazione cambia in stati di sovra-eccitazione o sotto-eccitazione e in stati di tensione o ansia, provocando un'alterazione delle frequenze nello spettro elettromagnetico.

I ritmi cerebrali variano non solo a causa dell'azione corrente e delle emozioni, ma anche per fattori biologici come crescita, adolescenza e invecchiamento.

La scienza sfrutta questi cambiamenti di frequenze per lo studio dell'attività cerebrale. Conoscere i vari tipi e le loro caratteristiche ci permette di entrare in contatto con le nostre emozioni e processi di pensiero, contribuendo alla consapevolezza e al controllo emotivo.

Concretamente parlando, la meditazione può rappresentare una pratica di notevole importanza per il raggiungimento di una padronanza delle attività mentali.

Questa, infatti, agisce sulle onde cerebrali in particolari Alfa e Theta inducendo nel soggetto uno stato di vigilanza contemporaneo a quello di rilassamento.

CAPITOLO 3

EEG: L'ELETTROENCEFALOGRAMMA

L'elettroencefalogramma è un esame strumentale non invasivo con lo scopo di registrare l'attività elettrica dell'encefalo mediante la riproduzione grafica del suo tracciato.

Tale pratica si serve di piccoli elettrodi posizionati sulla testa del paziente, in corrispondenza di determinate aree cerebrali e collegati all'apposito strumento detto elettroencefalografo. Gli elettrodi rivelano gli impulsi elettrici, trasmettendoli alla macchina in grado di tradurli in un tracciato che viene poi stampato su carta o trasferito su un supporto elettronico.

L'elettroencefalogramma permette di analizzare l'attività cerebrale sulla base della trasposizione grafica dei segnali elettrici cerebrali caratterizzati da frequenze e ampiezze tipiche.

3.1 EEG: Origini

Le basi storiche sulla possibilità di registrare un impulso bioelettrico risalgono alle osservazioni sperimentali sulla connessione tra tessuti viventi e proprietà elettriche di esponenti come Luigi Galvani (1737-1798), Alessandro Volta (1755-1832), George Ohm (1787-1854) e Micheal Faraday (1791-1867).

Al fisiologo inglese Richard Caton (1842-1926) vengono attribuiti i primi tentativi di misurazione di un segnale elettroencefalografico della corteccia cerebrale di animali come gatti, conigli e scimmie al Royal Firmary di Liverpool.

Il pioniere ebreo-polacco Adolf Beck (1863-1942) attraverso l'uso dei potenziali evocati registrò l'attività elettrica di alcuni animali, soffermandosi sull'oscillazione ritmica dell'attività cerebrale e dell'alterazione di essa con la stimolazione dei nervi periferici.

Il primo vero esempio di elettroencefalogramma risale al 1924 da parte del medico tedesco Hans Berger (1873-1941) e poi perfezionato dal medico neurologo canadese Herbert Jasper (1906-1999). Berger partì dall'analisi della differenza di potenziale elettrico tra aghi infissi nello scalpo e tra due elettrodi quando posti a contatto sulla cute del cuoio capelluto e pubblicò i suoi risultati nel 1929, esponendo la pratica di analisi dell'attività elettrica del cervello umano mediante la superficie del cranio, soffermandosi sulla presenza delle onde cerebrali.

Utilizzando il tracciato, il medico tedesco fu anche il primo a descrivere le diverse onde presenti nel cervello, in particolare le onde Alpha e Beta. Ispiratosi al fisiologo sovietico Pravdich-Neminski, il quale si servì di un galvanometro a stringa per rilevare una prima analisi degli impulsi elettrici del cervello di un cane, Berger dimostrò l'esistenza di attività elettrica anche nel cervello umano.

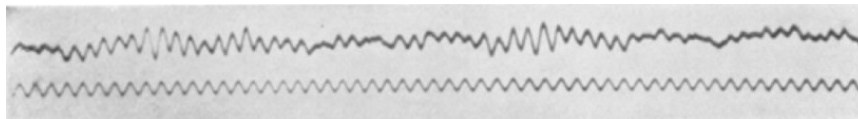


Figura 5: Primo tracciato EEG effettuato da Berger

I primi EEG registrati da Berger su carta fotografica, avevano una durata di 1-3 minuti e si servivano di un rudimentale apparecchio costruito da Siemens, con un galvanometro double-coil con una sensibilità di circa 130 microVolt/cm.

Lo sviluppo dell'EEG avviene in parallelo all'evoluzione delle apparecchiature necessarie per la sua misurazione: Albert Grass, negli anni '30, sviluppò il primo EEG a tre canali, servendosi degli allora disponibili amplificatori elettronici e di un galvanometro a penna.

Si trattava del Grass Model I con tre amplificatori differenziali a valvola.

Nel 1934 a Cambridge, i due scienziati Lord Adrian e Brian Matthews usando elettrodi superficiali e amplificatori differenziali a valvola, ripeterono l'esperienza di Berger, rendendo accessibili i risultati ottenuti alla comunità scientifica anglofona.

In Inghilterra, a partire dal 1936, fu William Grey Walter (1910-1977) ad introdurre i primi metodi per l'analisi automatica dei segnali bioelettrici cerebrali. A Walter viene attribuita la scoperta e la denominazione delle onde Delta e Theta che contraddistinguono l'attività della lenta corteccia cerebrale.

Accolta per diversi anni con scetticismo, solo nel 1938 l'elettroencefalografia guadagnò un ampio riconoscimento divenendo uno strumento fondamentale per diagnosi mediche negli Stati Uniti, Inghilterra e Francia.

Negli anni '80 gli EEG sostituirono i modelli analogici, iniziando a rivestire un ruolo fisso in terapia intensiva e nelle sale operatorie.

3.2 EEG: Obiettivi e standard di posizionamento degli elettrodi

L'EEG consente di studiare la condizione cerebrale di un paziente.

Presentandosi come un esame non invasivo, può essere effettuato a qualunque età e non presenta rischi e controindicazioni.

Si utilizza per diagnosi mediche, in particolare per la gestione di epilessie, permettendone lo studio delle cause e delle alterazioni elettriche, o per il monitoraggio di alcune anomalie delle aree cerebrali.

Un tracciato irregolare può essere dovuto a disturbi come encefalopatie, disturbi del sonno, encefalite, disturbi cerebrovascolari (come ictus o ischemia) o tumori del cervello.

È utilizzato anche per l'analisi di stati di coma o incoscienza prolungata, di morte cerebrale che si traduce nella cessazione delle attività svolte dal tronco encefalico e di demenza, disturbo che comporta una perdita parziale o totale delle funzioni cognitive.

Il test consente di registrare anomalie dell'attività elettrica cerebrale, mediante l'analisi di uno o di entrambi gli emisferi del cervello.

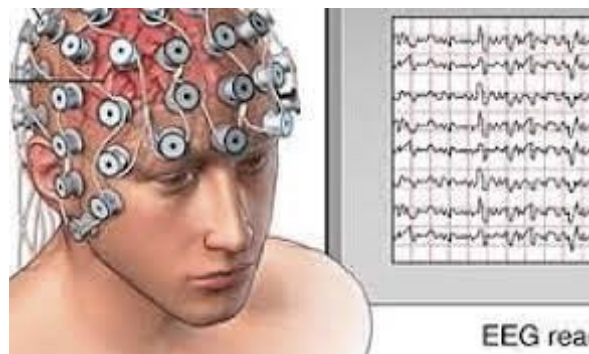


Figura 6: Elettroencefalogramma

L'esame viene effettuato dal medico e non richiede una specifica preparazione, se non piccole raccomandazioni come quelle di evitare un trattamento eccessivo del cuoio capelluto mediante lozioni che potrebbero alterare l'applicazione degli elettrodi e un'eccessiva assunzione di sostanze come caffeina, che comporterebbero un'alterazione dell'attività elettrica.

La procedura consiste nell'applicazione degli elettrodi sul capo del paziente in determinati punti, attraverso una cuffia elastica in neoprene e per mezzo di un gel o di una soluzione elettrolitica che facilita la conduzione elettrica, creando un contatto ottimale elettrodo-cutanea.

La presenza di un elettrolita è particolarmente rilevante perché le cariche elettriche non sono in grado di muoversi direttamente da un tessuto biologico a un metallo, favorendo il collegamento tra

un mezzo a conduzione ionica, cioè la soluzione elettrolitica con il conduttore metallico (mezzo a conduzione elettrolitica).

Nelle prime registrazioni di Berger venivano utilizzati due soli elettrodi, posizionati nella zona anteriore e posteriore del capo. Con il tempo però, la ricerca dimostrò come il posizionamento di questi influisse in maniera rilevante sull'attività registrata, incoraggiando l'uso di molteplici elettrodi in zone diverse del cranio.

Le osservazioni sperimentali resero necessarie una standardizzazione nella disposizione dei conduttori affinché i dati fossero tra loro confrontabili.

La Federazione Internazionale delle Società di Elettroencefalografia e Neurofisiologia Clinica (IFSECN), con a capo H. Jasper, presentò al secondo Congresso Internazionale di Parigi un sistema specifico di posizionamento degli elettrodi tutt'ora usato: il Sistema Internazionale 10-20 (1958). Il sistema si basa sulla collocazione dei 21 elettrodi sullo scalpo in punti tali da fornire un'adeguata analisi di tutta la testa e sulla identificazione di posizioni standard, in base all'area cerebrale sottesa. La pratica è resa possibile dal tracciamento di linee ideali a partire da precisi punti di repere anatomici.

Lungo la mediana antero-posteriore, che congiunge il Nasion all'Inion, si identificano ben cinque posizioni standard definite fronto-polare (Fpz), frontale (Fz), centrale (Cz), parietale (Pz) e occipitale (Oz).

Lungo la linea coronale latero-laterale che congiunge i punti preauricolare di destra e di sinistra passando per il punto centrale, si trovano gli elettrodi temporali T3 e T4, gli elettrodi centrale laterali C3 e C4. I due elettrodi auricolari di riferimento vengono indicati con A1 e A2.

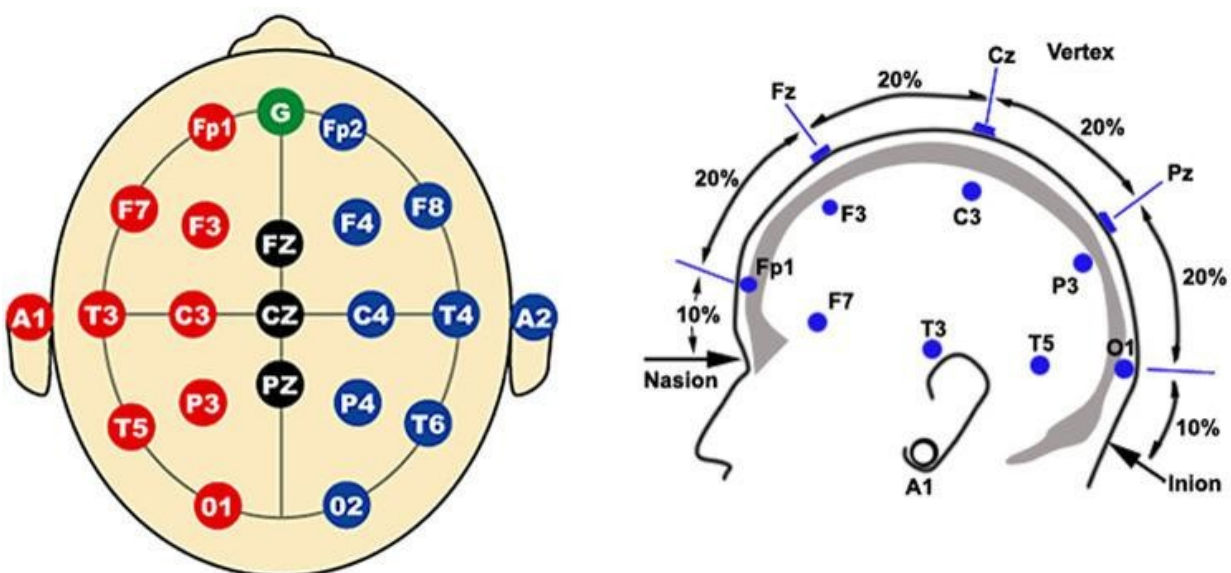


Figura 7: posizionamento degli elettrodi secondo la standardizzazione 10-20

La numerazione standard di tale sistema dispone gli elettrodi di numero dispari sulla parte di sinistra e quelli di numero pari sulla destra, identificandoli con lettere del cranio in base alla posizione.

Tra le tipologie di elettrodi in grado di misurare l'EEG di superficie si evidenziano: gli elettrodi a disco, a coppetta, a spuma, elettrodi passivi e attivi.

Dopo il posizionamento, l'esame procede con il collegamento degli elettrodi all'elettroencefalografo, lo strumento multicanale che permette la visualizzazione dell'evoluzione temporale dell'attività.

Il segnale misurato dagli elettrodi viene inviato ad un amplificatore differenziale il cui scopo è quello di amplificare la tensione tra l'elettrodo attivo e il riferimento.

Negli elettroencefalografi analogici il segnale veniva filtrato determinando il movimento di un pennino che, spostandosi, riportava il tracciato grafico su un rullo di carta; in quelli digitali il segnale, amplificato nella fase iniziale, viene tradotto in traccia da un convertitore analogico-digitale dopo essere passato per un particolare filtro digitale: il filtro anti-aliasing.

L'amplificatore è necessario per la trasmissione, l'elaborazione e la visualizzazione del segnale elettrico che in uscita dal sensore si presenta con una scarsa ampiezza (tipicamente varia tra 25 e 100 μV).

Per l'adeguato svolgimento di questo compito, lo strumento non deve introdurre distorsioni nel segnale e deve presentarsi come un amplificatore differenziale, ovvero un sistema elettronico che presenta come uscita il segnale differenza fra i due siti amplificati.

Il tipico campionamento analogico-digitale per l'elettroencefalografia avviene in bande di frequenza comprese tra 256 e 512 Hz.

3.3 EEG: Tipologie

L'elettroencefalogramma comprende diverse tipologie d'esame come: l'EEG di base, in privazione di sonno, dinamico o di Holter e il video EEG.

Nell'elettroencefalogramma di base la misurazione dell'attività elettrica può variare tra i 20 e i 40 minuti e consiste nella registrazione del tracciato in condizioni di veglia del paziente.



Figura 8: Elettroencefalografo

Vengono effettuate poi due manovre di attivazione: iperventilazione e stimolazione luminosa intermittente tramite uno stroboscopio.

Un altro metodo è l'EEG di un paziente in stato di privazione di sonno: l'importanza di questo tipo di EEG sta nel fatto che in tale situazione vi è la comparsa di anomalie non dimostrabili in condizioni basali. Durante il sonno, infatti, l'attività encefalica subisce delle notevoli modificazioni rispetto alla fase di veglia, permettendo lo studio di disturbi come apnee notturne o dissonnie.

L'EEG dinamico invece, prevede la registrazione dell'attività encefalica per un periodo prolungato di uno o più giorni, sia in condizioni di veglia che di addormentamento. Gli elettrodi vengono perciò applicati in ambulatori e collegati ad un piccolo registratore EEG portatile, che accompagna le attività quotidiane del paziente durante il periodo di sorveglianza.

La quarta tipologia comprende la video EEG, o telemetria video, un elettroencefalogramma dinamico della durata di uno o più giorni e svolto in una struttura ospedaliera con registrazione video. In questo esame, i movimenti del corpo vengono monitorati con una videocamera in contemporanea alla registrazione delle onde cerebrali.

3.4 Segnali elettroencefalografici in relazione alle onde cerebrali

Nonostante la composizione armonica dei segnali EEG sia particolarmente complessa, possono essere individuate delle frequenze tipiche: le onde cerebrali Alfa, Beta, Theta, Delta e Gamma. Il segnale EEG è altamente collegato allo stato di coscienza del soggetto.

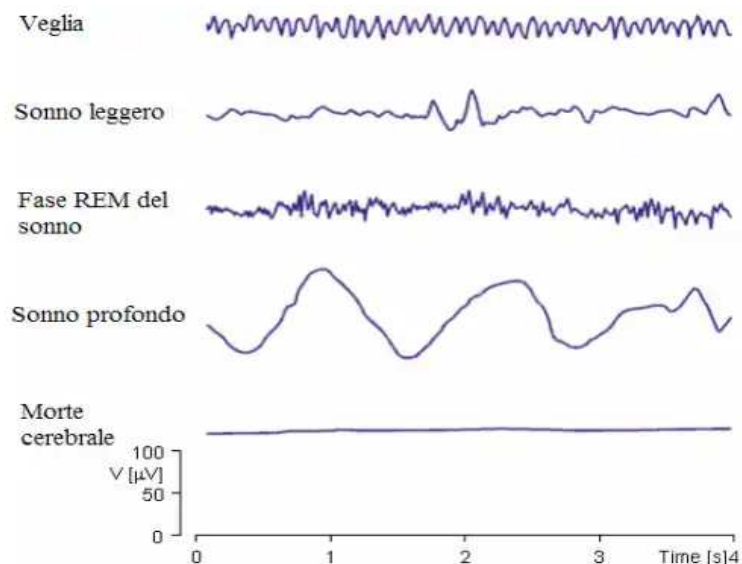


Figura 9: tracciato EEG in relazione all'attività cerebrale svolta

Se l'attività cerebrale aumenta, il tracciato mostra una crescita della frequenza e una riduzione dell'ampiezza. A conferma di questa affermazione, quando gli occhi sono chiusi le onde alfa dominano l'EEG, mentre quando il soggetto si trova nella fase di sonno profondo prevalgono le onde delta.

Le variazioni di frequenza e di ampiezza contraddistinguono delle possibili patologie cerebrali. Ad un segnale EEG piatto corrisponde la condizione di morte cerebrale.

È necessario non basare l'analisi del tracciato sulla sola frequenza apparente, ma devono essere considerati altri fattori come: la posizione e il comportamento dell'onda e lo stato del paziente. Considerando l'oscillazione delta, nonché il ritmo più lento dell'EEG con una frequenza di 1-4 Hz, possiamo notare un particolare andamento sconnesso, solitamente associato a stati di sonno non-REM o di incoscienza. Il ritmo delta concentrato in quantità eccessive può essere associato a lesioni localizzate o a traumi, mentre una mole di delta globale indica tossicità, invecchiamento o altri problemi sistemici. In questi casi, si tende ad abbassare il ritmo e riattivare le aree interessate mediante il downtraining.

Il ritmo theta è connesso a meccanismi subtalami e come delta, presenta un aspetto non sinusoidale. Una quantità regolata di tale onda è connessa alla volontà e al movimento, ma un eccesso potrebbe comportare un'allerta di fenomeni di disturbi del cervello.

Se sul tracciato si individua un segnale sinusoidale che aumenta quando gli occhi sono chiusi, si tratta di un'onda alfa. Il ritmo alfa è tipico del riposo del sistema visivo di un soggetto consapevole e ha un andamento crescente e calante, massimo posteriormente. Queste proprietà sono dovute al riverbero talamo-corticale che influenza le vie ottiche e il la corteccia visiva primaria.

L'attività alfa è associata ad uno stato di rilassamento e quindi, ad una condizione di minore attività del cervello. Negli individui sani, l'alfa frontale destra è superiore di quella sinistra di circa 10-15% e questa asimmetria è fondamentale per una buona regolazione dell'umore.

Un esempio concreto è rappresentato dalla depressione.

Numerosi studi, riassunti dal docente di psicologia e psichiatria, Richard Davidson, hanno dimostrato che questa patologia comporta un disequilibrio delle onde alfa, dovuto ad un aumento dell'attività encefalografica nelle regioni frontali dell'emisfero sinistro rispetto al destro.

Poiché la regione frontale sinistra è maggiormente associata a memorie ed emozioni positive, un aumento dell'attività comporterebbe una ipoattivazione dell'area sottesa.

Un aspetto importante delle alfa è la presenza di due intervalli diversi: onde alfa veloci e onde alfa lente. Le prime (10-13 Hz) riflettono il tipico ritmo occipitale a riposo, comprendendo l'elaborazione della memoria di fondo, mentre le seconde (8-10 Hz) sono associate all'elaborazione emotiva.

Le onde beta sono invece associate al pensiero cosciente ed intenzionale e sono indici di attivazione cerebrale e comunicazione cortico-corticale. Classificate in beta lente e veloci, un aumento del ritmo beta segnala stati di ansia e agitazione.

In particolare, le oscillazioni beta lente (SMR) comprendono il ritmo sensomotorio, prodotto dall'omonima corteccia e influente nei trattamenti dell'insonnia e lo studio delle convulsioni.

Le raffiche gamma, analizzate più recentemente e meno conosciute rispetto alle precedenti sono predominanti nel tracciato in condizioni di massima performance e concentrazione, sia dal punto di vista fisico che mentale.

CAPITOLO 4

EFFETTO VIOLA

4.1 Presentazione

Effetto Viola si presenta come una tecnologia innovativa, testata in ambito scientifico ed ospedaliero, finalizzata alla riduzione dell'ansia fisiologica e dello stress, in condizioni non-patologiche.

L'ansia è lo stato psichico di un individuo, caratterizzato da una sensazione di inquietudine o paura che può essere connessa ad uno stimolo specifico di natura interna o esterna.

La start-up genovese Effetto Viola Srl, fondata dall'ingegnere biomedico e del suono, Alessio Chelucci, in collaborazione con Maria Luisa Mannarino, insegnante di lettere moderne e cantante, ha dimostrato una stretta correlazione tra scienza e benessere psicologico.

L'azienda è stata poi potenziata dal noto imprenditore Leopoldo Cavalli.

Effetto Viola non si presenta come un dispositivo medico o uno strumento di musicoterapia, ma risulta efficace per i casi al di sotto della soglia patologica. Non si sostituisce in alcun modo a figure professionali come medici o psicologi; tuttavia, può costituire un ottimo sostegno nello svolgimento delle loro attività.

Il funzionamento si basa sull'utilizzo della musica come un veicolo di stimoli sonori fuori fase, da introdurre all'interno di brani che il cervello ricostruisce in modo automatico e bilancia, allineandosi con la melodia originaria. Grazie a questi errori di fase, aggiunti nelle giuste proporzioni, vengono stimulate le medesime frequenze cerebrali caratteristiche di un soggetto durante una sessione di Yoga o di meditazione trascendentale.

Analizzando i pattern cerebrali e gli stati mentali ad essi associati, in particolari in condizioni di rilassamento e sonno, la tecnologia si serve dell'algoritmo scientifico DMSPS (Dynamic Multi Spectrum Phase Shift) per riportare il paziente, senza l'ausilio di farmaci, sostanze chimiche o effetti collaterali, in uno stato di calma e tranquillità.

Si tratta di una sequenza di istruzioni che agisce in maniera automatica sul cervello, sfruttando un meccanismo fisiologico e naturale di risposta del nostro cervello a stimoli sonori fuori fase.

Coloro che usufruiscono del trattamento non percepiscono gli errori sonori, le melodie sembrano semplici composizioni di generi diversi: dal classico al pop, dal rap alla lounge.

4.2 Cenni sulle onde sonore

Per l'adeguata analisi del funzionamento dell'Effetto Viola, che parte dallo sviluppo dei toni binaurali, è necessaria una buona comprensione delle onde sonore e delle loro principali caratteristiche.

Il suono in fisica si definisce come un'oscillazione delle particelle in un mezzo fisico di propagazione, nonché un movimento di atomi e molecole nello spazio. E' il prodotto della vibrazione di un corpo in un mezzo materiale, che può essere ad esempio acqua, aria o un solido. Senza quest'ultimo (nel vuoto) non si propaga.

Le onde sonore sono onde meccaniche, non prevedono quindi trasporto di materia, ma solo di energia e sono capaci della trasmissione del segnale sonoro.

Prendendo ad esempio una corda sollecitata, la sua vibrazione nell'aria circostante produce una serie ritmica di compressioni (in cui la densità dell'aria risulta maggiore) e di rarefazioni (con zone a densità minore) verso l'esterno e in ogni direzione: l'onda sonora. Se l'alternarsi di queste zone presenta un andamento regolare ben osservabile in un determinato periodo, allora il suono si dice puro.

Se tale oscillazione non è percepibile come sinusoidale, si parla di suono complesso ed è caratterizzato dall'assunzione di svariate forme nel tracciato grafico in funzione di tempo e pressione.

L'onda sonora si presenta come elastica e longitudinale quando il mezzo è un fluido, poiché la direzione di propagazione delle molecole nel mezzo è parallela alla direzione di oscillazione.

Queste possono essere rappresentate utilizzando un grafico cartesiano riportante il tempo (t) sull'asse delle ascisse e lo spostamento (s) sull'asse delle ordinate: l'onda parte dal suo punto di riposo e arriva fino al culmine del suo movimento oscillatorio, rappresentato dal ramo crescente di una parabola che raggiunge il suo massimo.

La curva inizia poi un nuovo spostamento in direzione contraria, passando per il punto di riposo e ripetendo l'oscillazione in maniera simmetrica rispetto alla precedente, identificando così il ramo decrescente del tracciato.

Le principali caratteristiche sono descritte dalle tre componenti: ampiezza, frequenza e lunghezza d'onda.

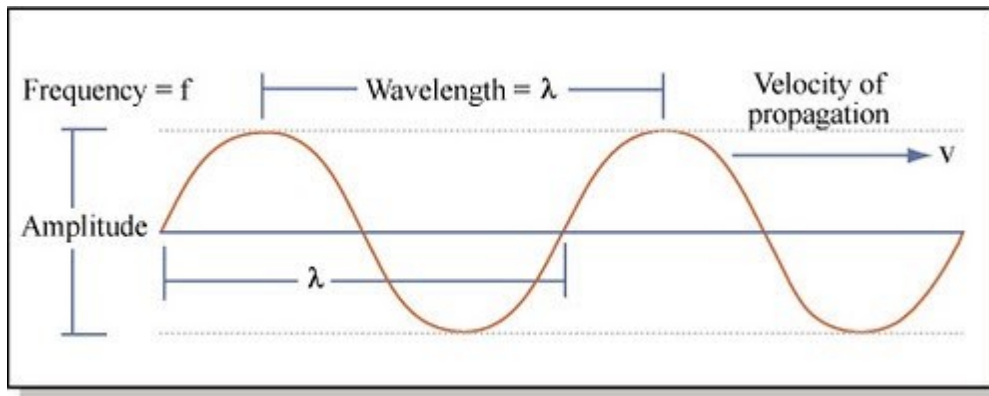


Figura 10: caratteristiche dell'onda sonora

L'ampiezza d'onda è l'intensità o potenza del suono, si misura in Watt/m^2 ed è rappresentata dalla massima variazione della grandezza oscillante.

L'ampiezza è direttamente proporzionale alla quantità di energia trasportata.

La lunghezza d'onda è determinata dalla distanza minima fra due creste o due ventri successivi ed è inversamente proporzionale alla frequenza, misurata in Hertz.

Quanto minore è la lunghezza d'onda, tanto maggiore è la frequenza, ossia il numero di cicli che l'onda riesce a compiere in un secondo.

4.3 Dai toni binaurali all'Effetto Viola

“Nature tops the list of potent tranquilizers and stress reducers. The mere sound of moving water has been shown to lower blood pressure.”

— Patch Adams

La ricerca prende spunto dallo studio dei “binaural beats”, fenomeno individuato nel 1839 dal fisico tedesco Heinrich Wilhelm Dove e si verifica attraverso la percezione di onde sonore emesse a due diverse frequenze nei canali audio destro e sinistro.

Tali suoni devono essere caratterizzati da una frequenza inferiore a 1500 Hz e una variazione massima di 30 Hz; il fine è quello di ottenere un certo effetto sul cervello andando ad agire sulle onde cerebrali.



Figura 11: Binaural Beats

Il principio attivo è l'aria, ovvero si tratta di un mezzo unicamente sonoro.

La presentazione di una sinusoide con una piccola differenza di frequenza a ciascun orecchio suscita fluttuazioni percepite in modo soggettivo: i battiti binaurali.

È un tipico esempio di interazione binaurale che conferma la correlazione tra scariche di fibre nervose uditive e la custodia delle informazioni in base agli stimoli acustici.

La fase di picco neurale di tali oscillazioni si verifica in una determinata fase dell'onda sinusoidale, definita blocco di fase. Il sistema uditivo centrale analizza le informazioni della differenza di fase interneuronica (IPD), con oscillazione periodica continua.

La frequenza apparente del battito udito è uguale all'IPD fornito.

Questa grande scoperta venne ripresa nel 1973, con la pubblicazione di Gerald Oster dell'articolo "Auditory beats in the brain" sulla rivista Scientific American.

L'algoritmo di produzione DMSPS di Effetto Viola parte dall'evoluzione in modo sostanziale dei toni binaurali e sfrutta il loro inserimento all'interno di brani di musica classica e pop, senza che l'ascoltatore si accorga della variazione di melodia.

Non viene stimolata una frequenza fissa, pura e statica come nei binaural beats, ma pattern "endogeni" dinamici di uno stato di coscienza ben determinato.

Il trattamento si basa sulla tecnologia del cosiddetto "brainwave entrainment" (BWE) chiamata "Anaesthesia by Effetto Viola", nonché il trascinarsi delle onde cerebrali per mezzo dell'ascolto di suoni a frequenze diverse.

Il suo funzionamento è dovuto a particolari sfasamenti tra canali causato dall'inserimento di errori di fase dinamici. Il cervello, mediante nuclei olivari superiori (siti di integrazione controlaterale degli input sonori), risponde a questo "disallineamento" in modo automatico cercando di neutralizzarlo. Tale meccanismo stimola determinate frequenze di onde cerebrali e la loro sincronizzazione, in modo scientifico, fisiologico e sicuro.

Il raggiungimento di tali onde cerebrali può essere comportato anche mediante vie chimiche, come l'introduzione di una determinata quantità di caffeina o alcol o con metodi visivi come stimolazione fotonica, andando così incontro a effetti collaterali.

Effetto Viola si basa invece sull'utilizzo di vie uditive.

Il trattamento prevede una durata di circa 15 minuti e l'utilizzo di un solo dispositivo elettronico collegato a classici auricolari per l'ascolto.

Il risultato è un suono ingegnerizzato, la cui modifica non è percepibile all'ascoltatore, ma con uno specifico effetto sul cervello del paziente a livello inconscio.

4.4 Osservazioni sperimentali

Ad oggi, sempre più aziende stanno adottando questa tecnologia traendo vantaggio dal benessere raggiunto tra i propri dipendenti per le aziende, dall'ottimizzazione della performance per le federazioni sportive, dallo stato di rilassamento ottenuto per le Spa e i centri benessere.

Effetto Viola è infatti testato ed utilizzato in ambito sportivo ed ospedaliero.

Gli strumenti di controllo qualità utilizzati per tali studi prevedono l'EEG quantitativo che ne fornisce un'analisi spettrale, il questionario STAI e l'analisi coerenza intra emisferica, comprendente l'ausilio di Matlab per l'elaborazione dei tracciati mediante EegLab.

La tecnologia è stata studiata in ambito ospedaliero dall'Ospedale Galliera di Genova, attraverso un caso studio randomizzato, in doppio cieco. Le protagoniste sono donne partorienti con taglio cesareo, ovvero situazione in cui vi è un rischio aggiuntivo dell'assunzione di farmaci per la riduzione dell'ansia fisiologica.

Il test è mirato alla determinazione di una nuova tecnica basata sul battito binaurale in grado di ridurre il disagio preoperatorio del paziente.

Lo studio prevede il controllo dello stato fisiologico di 60 donne sane in gravidanza reclutate al momento della visita delle "37 settimane", divise in tre gruppi secondo una sequenza casuale.

Il primo gruppo "binaurale" è sottoposto ad una seduta di musica ingegnerizzata, il secondo gruppo è volto all'ascolto di "musica normale", mentre il terzo il gruppo "controllo" è esposto a cure standard senza l'accompagnamento di brani o melodie.

A seconda dell'assegnazione alle donne è stato chiesto di ascoltare rispettivamente una traccia audio ingegnerizzata creata con l'algoritmo Dynamic Spectrum Phase Shift, una colonna sonora identica senza l'introduzione dell'algoritmo all'interno e nessun brano specifico, rappresentativo della pratica di intervento standard.

La misurazione dei parametri d'ansia fisiologica è avvenuta mediante il questionario STAI-Y (State-Trait Anxiety Inventory), ideato da Spielberg nel 1964.

Lo STAI-Y si presenta suddiviso in due scale (Y1 e Y2), che considerano l'ansia di stato del soggetto per mezzo di domande volte ad indagare la condizione del paziente al momento della somministrazione del test e in altri momenti quotidiani.

La sperimentazione clinica ha dimostrato che nel primo gruppo si sono verificati, in positivo, cambiamenti superiori nell'ansia rispetto alla musica non alterata e alle cure standard, riportando anche un potenziale impatto sulle esperienze positive della madre e sulla cura del neonato.

Il suo utilizzo in sperimentazioni cliniche ha recentemente ottenuto una pubblicazione sulla rivista scientifica internazionale "Journal of Psychosomatic Obstetrics & Gynecology".

Il metodo è stato sperimentato anche sul team olimpico nazionale di Ginnastica Ritmica con ottimi risultati: lo stato di calma ottenuto influisce sul raggiungimento di migliori prestazioni sportive.

Il vantaggio del trattamento risiede nella semplicità d'utilizzo, nella velocità d'azione e nell'assenza di pericoli o qualsiasi altri effetti collaterali, che sostanze chimiche potrebbero comportare.

I seguenti tracciati individuano l'elettroencefalogramma effettuato su uno sportivo professionista olimpionico secondo una registrazione eyes-closed nel 2015 con una evidente differenza di comportamento delle onde alfa nel soggetto post-trattamento.

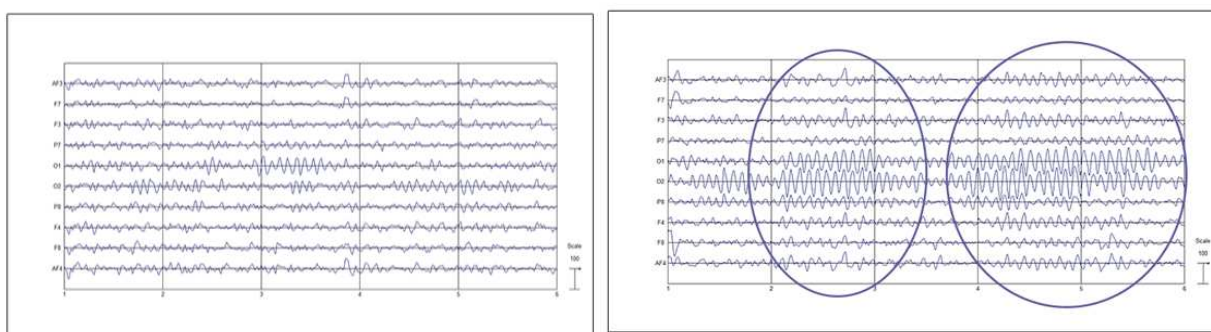


Figura 12: EEG pre e post trattamento sul medesimo soggetto femminile sportivo olimpionico

Il test di seguito riportato riflette il case study su atleti d'élite della nazionale italiana di Ginnastica ritmica e artistica, rivelandone un aumento di coerenza intra-emisferica nella banda alfa e theta. La misurazione dello stato d'ansia avviene mediante il questionario STAI prima e dopo l'ascolto di 10 minuti di musica ingegnerizzata secondo l'algoritmo DMSPS, mostrandone la comparazione. Gli atleti sono costantemente esposti a stati di agitazione e stress, in particolare in periodi di gara. I protagonisti del test sono 7 atlete della Nazionale italiana di Ginnastica Ritmica e 4 della Nazionale Italiana di Ginnastica Artistica, comprese tra i 14 e i 24 anni.

Ogni seduta del trattamento prevede:

- 1) Compilazione del questionario STAI prima del trattamento
- 2) Registrazione EEG ad occhi chiusi
- 3) Ascolto di tre tracce per un totale di 10 minuti
- 4) Registrazione EEG ad occhi chiusi
- 5) Compilazione del questionario STAI dopo il trattamento

Il questionario comprende 40 domande con un punteggio che varia in un range da 20 a 80, comprendendo l'analisi dell'ansia di tratto e l'ansia di stato, rispettivamente STAI-T e STAI-S. L'ansia di stato è una sensazione soggettiva di tensione dovuta ad una situazione, transitoria e variabile. Può essere scatenata da un evento specifico o da un grande impatto emotivo come in questo caso: il picco di tensione dell'atleta può essere dovuto alla performance in gara.

L'ansia di tratto è invece dovuta a una condizione più duratura presente nel soggetto in maniera continuativa, indipendentemente da uno specifico stimolo.

I dati EEG derivano da 16 siti di rilevazione sullo scalpo secondo il posizionamento standard 10-20 degli elettrodi e comprendono AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, 01, 02, P8, FC6, F4, F8, FC4, M1 e M2. I segnali sono filtrati con un filtro passa-alto a 0.16 Hz, preamplificati e poi nuovamente filtrati con un altro filtro passa- alto con frequenza di taglio a 83 Hz. Il segnale analogico viene poi digitalizzato e successivamente sotto-campionato a 128 Hz.

La banda risultante varia tra 0.16-43 Hz.

Il risultato dell'esperimento mostra un rilevante decremento del punteggio STAI-S dopo l'ascolto con media 23.4% e una variabilità del punteggio STAI-T, con media 4.45%. Si arriva quindi ad una diminuzione dell'ansia di stato, dovuta al momento attuale in relazione allo stato di agitazione della competizione e una, seppur minore, variazione della condizione psicologica relativa allo stato "abituale".

ATLETA	STAI-S PRE	STAI-S POST	DELTA STAI-S	STAI-T PRE	STAI-T POST	DELTA STAI-T
1	38	25	-13 (-21,6%)	36	37	+1 (+1,6%)
2	44	38	-6 (-10%)	40	39	-1 (-1,6%)
3	48	32	-16 (-26,6%)	57	49	-8 (-13,3%)
4	49	27	-22 (-36,6%)	41	39	-2 (-3,3%)
5	52	30	-22 (-36,6%)	45	32	-13 (-21,6%)
6	54	42	-12 (-20%)	43	37	-7 (-11,6%)
7	34	21	-13 (-21,6%)	37	37	0 (0%)
8	50	28	-22 (-36,6%)	37	30	-7 (-11,6%)
9	52	30	-22 (-36,6%)	32	33	+1 (+1,6%)
10	41	37	-4 (-6,6%)	32	29	-3 (-5%)
11	50	47	-3 (-5%)	54	44	-10 (-16,6%)

Tabella 1: risultato STAI case study Effetto Viola

La sincronizzazione tra i due emisferi destro e sinistro nei siti O1 e O2 (coerenza interemisferica) aumenta in 9 casi su 11 nella banda alpha (81.8%) e in 8 casi su 11 nella banda Theta (72.7%).

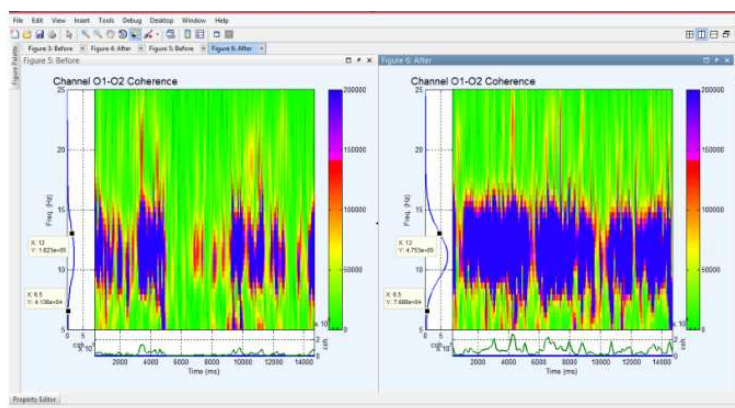


Figura 13: Analisi Coh di un atleta pre e post trattamento

La lettura non associa una condizione univoca di variazione della coerenza emisferica, ma in generale ad alti parametri di questa corrispondono stati di calma e benessere.

Non è ancora ben definito il motivo della variabilità dei casi, che potrebbe esser legato al cambiamento ormonale del soggetto femminile esposto.

Il case study si serve delle evidenze da EEG dovuto all'aumento della coerenza interemisferica nella maggior parte dei casi e di un punteggio STAI decrescente nel 100% dei campioni per dimostrare una sensazione diffusa di calma dopo uno stato di stress e agitazione, incidente positivamente sulla prestazione sportiva dell'atleta.

Conclusioni

La tesi dimostra come la cooperazione di scienze apparentemente diverse, psicologia e ingegneria, possa dare vita a risultati eccezionali volti al miglioramento delle condizioni psicofisiche dell'uomo.

L'ansia trattata non è solo una condizione di radice psicologica, ma può essere studiata anche sotto un aspetto fisiologico.

Seppur complesso, il sistema nervoso si presenta come il motore delle nostre azioni e il custode delle informazioni ricevute e trasmesse, caratterizzate da una continua attività elettrica.

I ritmi cerebrali, anche definiti onde, sono il risultato di questa attività.

Si tratta di oscillazioni continue, il cui andamento permette la conoscenza della mente, del corpo e dello stato di salute. Un'alterazione di tale ritmo potrebbe comportare patologie che influenzerebbero notevolmente la qualità della vita dell'individuo.

La tesi parte dallo studio dell'unità nervosa di base, il neurone, per la successiva presentazione del sistema nervoso e delle sue principali caratteristiche, sottolineandone il ruolo primario nelle funzioni cognitive, muscolari, sensoriali e psichiche.

La comprensione del nostro cervello, della sua struttura e del suo funzionamento, rappresenta quindi un punto di partenza anche per l'analisi della sfera emotiva, data la stretta correlazione tra stati di coscienza e pattern cerebrali.

Effetto Viola è una tecnologia volta ad agire direttamente sulle frequenze cerebrali, ripristinandone l'equilibrio che in situazioni di ansia, tensione o preoccupazione è stato alterato.

Si tratta di un trattamento utile per favorire un rapido sollievo istantaneo senza l'assunzione di farmaci, sostanze chimiche ed effetti collaterali, ma basato su una metodologia naturale e a portata di tutti: la musica.

Sempre più operatori sanitari si servono di questa tecnologia in ambito professionale; infatti, può essere utilizzato anche nella preparazione del paziente alla terapia, come supporto pre-operazione o semplicemente per favorire il mantenimento dell'equilibrio mentale di chi ne fa uso.

Sitografia

- Home - Effetto VIOLA™
- effettoviola.eu
- A randomized controlled study examining a novel binaural beat technique for treatment of preoperative anxiety in a group of women undergoing elective caesarean section - PubMed (nih.gov)
- Effetto VIOLA: quando la musica libera dall'ansia | Incredibol
- Effetto viola, la scienza per aiutare il relax - la Repubblica
- Gnaural: A Binaural-Beat Audio Generator (sourceforge.net)
- https://youtu.be/SRgh_-jLhE4?si=Fe-oQeTlBjwbw_Z0
- <https://youtu.be/l5Y-2A887MQ?si=knBK0us-4fYsG8aQ>
- https://youtu.be/T_z6zxMBIJo?si=rqkNN2UIVVDSKnIB
- documento_8688.pdf (federginnastica.it)www.optimagazine.com
- Lobi del cervello: anatomia, funzioni, immagini e patologie in sintesi | MEDICINA ONLINE
- www.focus.it
- www.ilrestodelcarlino.it
- ngbiomedica.unina.it/studenti/ing_bio/mat_did/PB_SB/II%20Sistema%20Nervoso.pdf
- ngbiomedica.unina.it/studenti/ing_bio/el_dati/Capitolo%208.pdf
- ww.neuroscienzedipendenze.it/eeg.html
- https://www.centrodimedicinabiologica.it/calmare-l-ansia-con-il-neurofeedback/#I_benefici_del_Neurofeedback
- https://moodle2.units.it/pluginfile.php/263105/mod_resource/content/1/03-NS-qEEG%20.pdf
- NEUROPSICOLOGIA.it - Brain Patterns
- Onde cerebrali: cosa sono e come funzionano - Emianopsia
- genova.repubblica.it
- Tudioneurofeedback.it/onde-cerebrali-neurofeedback/
- <https://core.ac.uk/download/pdf/17188988.pdf>
- https://www.marianodiotto.it/suoni_binaurali/

Ringraziamenti

A conclusione di questa tesi mi piacerebbe spendere qualche riga per ringraziare tutti coloro che, in qualche modo, hanno contribuito al raggiungimento di quello che per me è un grande traguardo di crescita, personale e professionale.

In primis ringrazio il mio relatore, il professore Augusto Ferrante per l'opportunità concessami e per avermi seguito con gentilezza, disponibilità e professionalità nella realizzazione dell'elaborato.

A mia madre, sei stata i miei occhi quando non riuscivo a vedere e la mia voce quando non riuscivo a parlare. Ti ringrazio per avermi amata il doppio quando io non ne ero capace. Grazie per la voglia di vivere, di scoprire e di conoscere che ogni giorno mi trasmetti, nella tua semplicità e bellezza. La bambina che è in me fa spesso fatica a ricordarti quanto forte tu sia stata, la donna che sto diventando ti considera l'esempio a cui ambire. Ti amo incondizionatamente.

«Tu sei la sola al mondo che sa del mio cuore» (P.Pasolini)

A mio padre, per guardarmi ogni giorno con quella tenerezza come se fossi ancora una bambina e con quella ammirazione come se fossi già una donna. Grazie per aver creduto in me, per la nostra quotidianità. Ti chiedo scusa per quel buio, grazie per avermi amata tanto da trasformarlo in luce. Ti amo incondizionatamente.

«Un filo che si snoda e riannoda, s'interseca, si ricongiunge, si rincorre, quel filo che ci unisce» (A. Ferraro)

A mio fratello Federico, esplosione di energia e vita. Nonostante io ti conosca da sempre, non finisci di stupirmi per la meravigliosa persona che ogni giorno dimostri di essere. Grazie per avermi stretta forte, per esserti steso accanto a me quando non riuscivo ad alzarmi e per aver tinto di colori accesi i giorni più grigi. Sono sempre stata e sempre sarò, fiera di te.

«Non sono al tuo fianco, [...], io sono il tuo fianco» (Erri De Luca)

Ringrazio la mia famiglia, per l'amore che ogni giorno mi scalda. A mia nonna, per descrivermi da sempre come la più grande scienziate. A Lara, per essere il mio piccolo grande raggio di sole. A mia zia Anna, per l'amore dietro ogni nostro caffè.

Ringrazio Chiara, la mia metà speciale, per essere stata il mio sostegno principale. Grazie per avermi dato la forza di reagire, per avermi incoraggiata ed appoggiata. Grazie per avermi ricordato ogni giorno quanta luce ci fosse in me. Avevi ragione tu, non poteva piovere per sempre.

Ringrazio Letizia, più sorella che amica da una vita a questa parte. Crescere con te mi ha insegnato cosa vuol dire volere veramente bene a qualcuno, di quel bene imprescindibile e sincero. Grazie per rendermi la versione più fragile e vera di me, quando sono con te.

A Giulia, la mia compagna di viaggio, per aver condiviso la straordinaria ordinarità di questi anni.

Sono felice di concludere questo percorso così come l'abbiamo vissuto, insieme, l'una per l'altra.

A Emma, per ogni nostro bicchiere di vino a casa accompagnato da una dolce chiacchierata dopo una lunga giornata di studio. Grazie per guardare il mondo con i miei stessi occhi.

Siete state casa, riparo e sicurezza. Ci vediamo da Giotto il mercoledì mattina.

Ringrazio le mie amiche di sempre Alessandra, Aurora, Martina e Martina, per essere la mia seconda famiglia. Grazie per farmi sentire parte di qualcosa di così grande e vero. Ci immagino cantare "Generale" sulle note di De Gregori con la luce negli occhi, come da tanti anni a questa parte e per tanti ancora.

Ringrazio Marta per essere stata una costante in questi anni, per aver riso e pianto con me, per aver visto il mio meglio e il mio peggio ed averli accolti entrambi. Al mio gruppo, grazie per aver scaldato Padova.

A Luca, per farmi sentire così bella ogni volta che mi guarda.

A me stessa, dedico la forza e la determinazione di ricominciare sempre.

Alla mia costante paura di non essere abbastanza, alle notti insonni, al freddo costante e a quell'ossessivo conteggio, dedico ogni mio sorriso sincero.

Con la felice consapevolezza che lasciarsi andare è un gesto di coraggio, risfoglio con tenerezza le pagine di ciò che è stato, per scriverne altre piene di luce e colore.

A me stessa, ti voglio bene.

«Con leggerezza. Impara a fare ogni cosa con leggerezza. Usa la leggerezza nel sentire, anche quando il sentire è profondo. Con leggerezza lascia che le cose accadano e con leggerezza affrontale»

(Aldous Huxley)

