

INNER LIFE Progettazione di uno strumento di supporto alle terapie di Biofeedback



**Politecnico
di Torino**

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Triennale in Design e Comunicazione
Anno Accademico 2022/2023
Sessione di Laurea Luglio 2023**

INNER LIFE

**Progettazione di uno strumento di supporto alle terapie di
Biofeedback**

**Relatore: Riccardo Covino
Tesiista: Rebecca Giampietro**

00

01

02

abstract

INTRODUZIONE

Scelta dell'argomento

Il percorso

Goal del progetto

visualizzazione dell'interiorità / r

LA MENTE MULTINENSORIA

Biologia del cervello

Struttura

Sistema percettivo

Meccanismi percettivi

La percezione multisensoriale

Casi studio sulla percezione m

———□ Bouba kiki / Grip scaling

Rappresentazioni corporee

———□ esperimento della mano di

La propriocezione

Patologie delle rappresentazio

———□ aprassia / somatoparafreni
arto fantasma / fenomeni a

03

04

05

SCENARIO TERAP

Psicofisiologia

Biofeedback

- funzionamento / storia / esempi di training / tipi di elettromiografico, termico

Muscoterapia

- effetti fisiologici / storia /

PROGETTO

Progetto multimediale

casi studio: O. Eliasson /

Target

Requisiti

Scelte progettuali

- determinazione dei visuali frequenze cardiache

Aspetto tecnico

- Touchdesigner: casi studio

Sperimentazione

- musica come stimolo er

CONCLUSIONI

Limiti del progetto

Prospettive future

Sitografia e bibliografia

Ringraziamenti

**A B
S T R
A C T**

Il progetto di tesi prevede la realizzazione di uno strumento tecnico di supporto alle terapie basate sul concetto di biofeedback, utilizzato sia nell'ambito della riabilitazione cognitiva che della psicanalisi. Il prodotto vuole rappresentare visivamente lo stato d'animo dell'utente per aiutarlo a comprendere a fondo le proprie sensazioni rispetto ad un determinato fenomeno esterno. L'esigenza di costruire questo tipo di prodotto deriva dal desiderio di voler riportare il contatto, in modo concreto, con la sfera emotiva ed interiore che contraddistingue l'essere umano, una componente che nel mondo frenetico in cui viviamo siamo spinti a sopprimere. Oltre a fornire un supporto tecnico il progetto ha anche un obiettivo di sensibilizzazione verso una consapevolezza olistica del sé, che vuole contrastare la visione dualistica secondo la quale mente e corpo siano due componenti separate ed indipendenti.

Per questo motivo il progetto si propone come uno strumento open source, che rispetta dei criteri di fruibilità semplici ed il più inclusivi possibile, in modo che l'esperienza possa essere sperimentata da diversi tipi di utenti.

INIT

RO

DU

ZIO

NE

/ SCELTA DELL'ARGOMENTO

Da secoli il dibattito sul rapporto corpo e mente divide gli intellettuali, dando origine ad una complessa trama di questioni sollevate dalla relazione misteriosa tra fenomeni mentali quali percezione e pensiero, e fenomeni naturali, il cui dominio è definito per via empirica dalle scienze, in primis dalla fisica.

Il primo concetto di mente è stato introdotto da René Descartes, che lo introduce al posto di anima, intesa come principio di tutte le facoltà psicofisiche della persona.

Di conseguenza anche il concetto di benessere ha spostato il proprio baricentro verso la sfera fisica: grazie ai processi di progresso industriale e tecnologico l'accento è stato posto sugli aspetti materiali e concreti della vita, mentre si è lasciato in disparte l'aspetto mentale, perdendo così lo stato di equilibrio di cui il nostro organismo ha bisogno.

Dopotutto il cervello è l'organo che si interfaccia e rielabora tutti gli stimoli che riceviamo dal mondo esterno, non dovrebbe quindi essere trascurato nell'ambito terapeutico e riabilitativo.

Non va dimenticato che è il centro di controllo da cui partono tutti i comandi che permettono di condurre la nostra vita nel mondo esterno, quindi perché considerarlo come un componente di serie B?

L'archetipo corpo-mente sul quale si basano le nostre vite avrebbe bisogno di essere riconsiderato e rimodulato su una visione più integra e realista della nostra identità. Infatti la conoscenza ed il controllo sul proprio corpo partono dalla mente, per questo motivo è importante sviluppare una consapevolezza profonda per agire in modo conscio e concreto sul proprio corpo; perché il modo migliore per collegarsi con il resto del mondo è collegarsi prima con sé stessi. È necessario prendere coscienza del fatto che il benessere personale, sia fisico che psicologico, derivi dalle sensazioni ed emozioni che proviamo tutti i giorni, ed il modo per raggiungere il benessere è prendere coscienza ed abbracciare la nostra parte più interiore.

/ IL PERCORSO

Qual è il filo conduttore che lega il nostro benessere ai sentimenti? È possibile tracciarlo, dargli una forma? E se sì, come si può sfruttare questa consapevolezza in modo utile, per coltivare il proprio benessere? Che ruolo ha la percezione in questo processo? L'esigenza di rispondere a queste domande ha dato vita a questo percorso a metà tra la ricerca e la sperimentazione.

Inizialmente l'intenzione era quella di studiare la relazione tra musica e sistemi visivi, e di come l'emozione fosse il ponte che collega questi due contesti, così vicini ma al tempo stesso così diversi. Nonostante l'idea finale sia cambiata, l'oggetto di studio è rimasto immutato, il centro attorno a cui ruota il progetto sono sempre le sensazioni umane, e di come queste possano essere decifrate in maniera visibile e tangibile, senza ricorrere alla comunicazione verbale.

Di estrema importanza è stato l'incontro con una musicoterapeuta, che mi ha portato a conoscenza del mondo delle terapie che intervengono direttamente sullo stato emotivo del paziente per individuare e trattare i disturbi psicofisici,

un tipo di approccio ancora molto sottovalutato nel contesto terapeutico contemporaneo. In questo modo ho potuto sviluppare un'idea in cui le conoscenze apprese durante il percorso di studi potessero effettivamente dare un contributo concreto al contesto delle terapie psicofisiologiche. L'incontro mi ha spinto ad approfondire il tema delle terapie di biofeedback ed i relativi campi di utilizzo, così da trovare il punto in cui il progetto potesse essere introdotto per migliorare lo stato delle tecnologie attuali, ma senza entrare nel merito di principi scientifici o clinici, perché risiedono al di fuori della mia sfera di competenze. Una successiva e approfondita fase di ricerca relativa alla percezione e ai meccanismi cognitivi che elaborano gli stimoli esterni, mi ha dato modo di elaborare una proposta progettuale che potesse difatti aumentare l'efficacia comunicativa dei trattamenti, coniugando al meglio l'aspetto del design e della terapia.

/ FINALITÀ PROGETTUALI

Il progetto si pone come uno strumento terapeutico con la capacità di supportare le attività riabilitative in una maniera più completa possibile, attraverso un approccio multisensoriale. Sempre perché per raggiungere una consapevolezza personale è bene essere consapevoli

innanzitutto della realtà in cui siamo immersi: una realtà che recepiamo mediante l'utilizzo di più canali sensoriali interconnessi. In generale questo tipo di approccio mira a stimolare una prospettiva del mondo completa che non sia divisa a compartimenti stagni.

SUPPORTO

L'intervento tecnico propone un mezzo pratico che propone al soggetto un riscontro immediato e tangibile sul proprio stato emotivo, rilevabile attraverso somatizzazione fisiche. Tale visualizzazione permette all'utente di prendere coscienza di una reazione inconscia a per partecipare attivamente al controllo della propria condizione, imparando a riconoscerla e controllarla.

USABILITÀ

Il progetto inoltre mira ad integrare ai risorse già presenti una prospettiva più user friendly, in cui l'usabilità dello strumento viene realizzato a partire dallo studio della percezione sensoriale. In questo modo si incrementa l'efficacia dello strumento stesso, implementando la sua affordance mediante la proposta di una soluzione visiva con la quale l'eventuale paziente si possa interfacciare autonomamente.

DIFFUSIONE

Il progetto si pone come obiettivo principale di sensibilizzare ed informare gli utenti rispetto all'importanza del benessere psicofisico personale e di come questo abbia bisogno di essere esercitato e praticato quotidianamente, attraverso la proposta di uno strumento caratterizzato da un livello di usabilità estremamente semplice ed intuitivo. Chiaramente il massimo auspicio è che possa essere un incoraggiamento per l'utilizzo di metodologie che seguano un approccio psicofisiologico nel trattamento dei disturbi sia fisici che mentali, oltre all'aspirazione che possa portare un effettivo contributo al campo delle terapie di biofeedback già sviluppate.

**LA
MIE
NTE
MULTI
SENSO
RIALE**



/ STRUTTURA BIOLOGICA DEL CERVELLO

Il cervello è la macchina più complessa, misteriosa, e affascinante di cui disponiamo sulla Terra, capace di calcolare in tempo reale una quantità enorme di informazioni (sono state stimate

**38
MILIONI DI
MILIARDI**

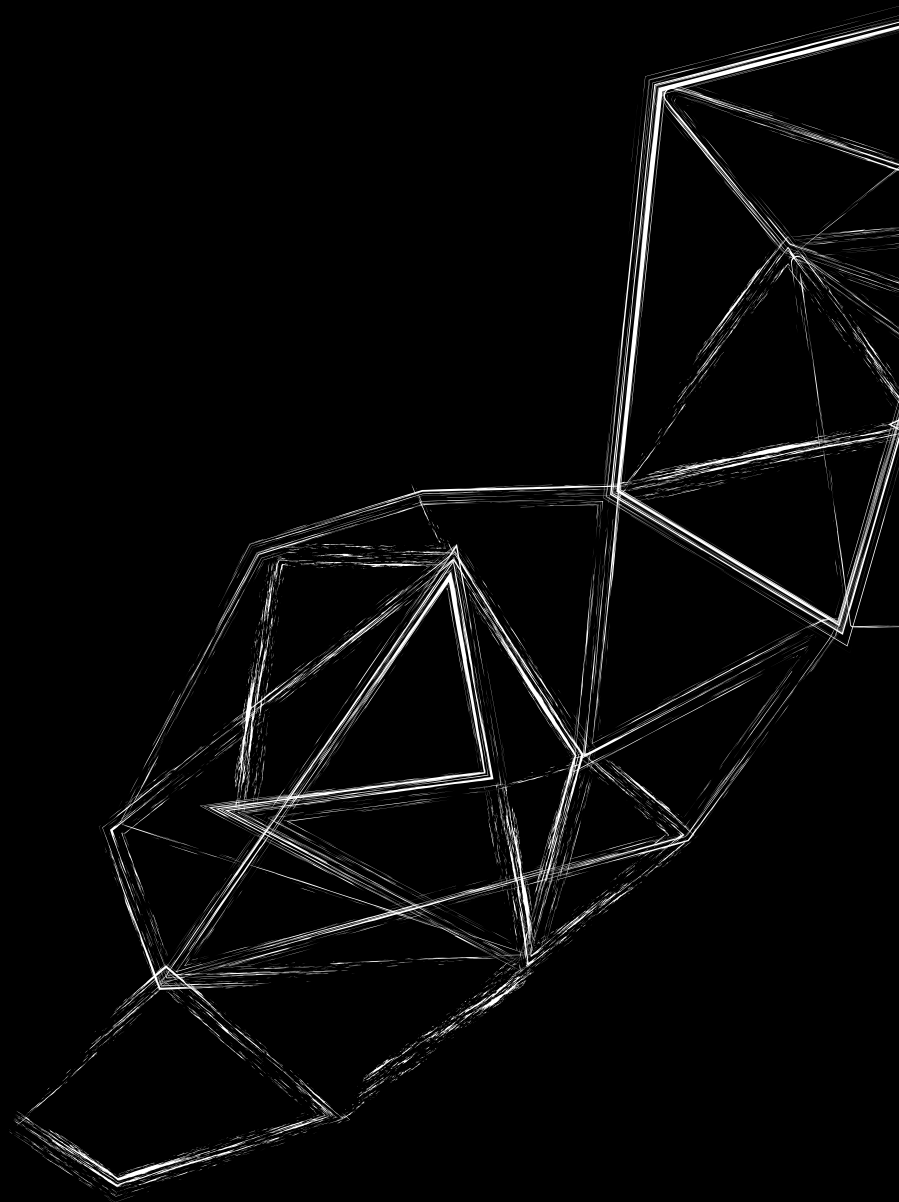
di operazioni al secondo) per decodificare ed interagire con la realtà che lo circonda. Non si tratta di un organo statico, e non solo nel periodo della crescita, la mente si trova in un flusso di continui cambiamenti durante tutto l'arco della nostra vita, anzi, il cambiamento è alla

base dei meccanismi che lo definiscono, questa proprietà intrinseca viene chiamata plasticità cerebrale e si manifesta attraverso la riorganizzazione delle connessioni sinaptiche. Infatti questo organo è persino capace, entro certi limiti, di riprogrammarsi autonomamente, di spostare collegamenti mancanti, come nel caso di una lesione cerebrale: un esempio pratico è il fenomeno che si verifica con la perdita della vista, quando le aree cerebrali inutilizzate si riconvertono mettendosi al servizio di altri sensi. Tutto questo avviene in modo spontaneo ed automatico, senza il bisogno di alcun intervento esterno. [1]

/ STRUTTURA

Anatomicamente, il cervello appare come un solo elemento, ma non lo è, il suo potenziale è definito in base ad altre unità più piccole al suo interno, viene spesso idealizzato come un network di neuroni, ma è una definizione troppo semplice. Sarebbe più corretto affermare che si tratta di un network di un network di neuroni. Il potenziale del cervello non si trova nei neuroni, ma nelle connessioni che li legano (sinapsi), dove risiedono le informazioni che sono in continuo movimento. I neuroni adiacenti tra loro si organizzano in nuclei, le unità funzionali, che svolgono un determinato compito. Oppure possono organizzarsi sotto forma di catena per formare i circuiti cerebrali, che controllano particolari funzioni come ad esempio il sonno e l'attenzione. A loro volta i circuiti si collegano per adempiere alle funzioni

del linguaggio o dell'empatia. Parallelamente esiste un secondo network con il quale il network di sinapsi è strettamente collegato: quello delle cellule gliali, che si prendono cura dei neuroni provvedendo a nutrirli, ossigenarli e ripulirli. Inoltre questa complessa struttura viene divisa in emisfero destro e sinistro, che controllano rispettivamente le parti opposte del corpo, i quattro lobi e le diverse aree funzionali della corteccia (che orchestrano il pensiero e le funzioni esecutive) e poi ancora tutti gli altri componenti della macchina cerebrale, ciascuna contraddistinta dalla quantità di neuroni che ospita. Per riassumere, il network cerebrale è composto da molteplici sotto-network. [2]



[2] M. Magrini. *Cervello, manuale dell'utente*, Giunti, Firenze, 2017

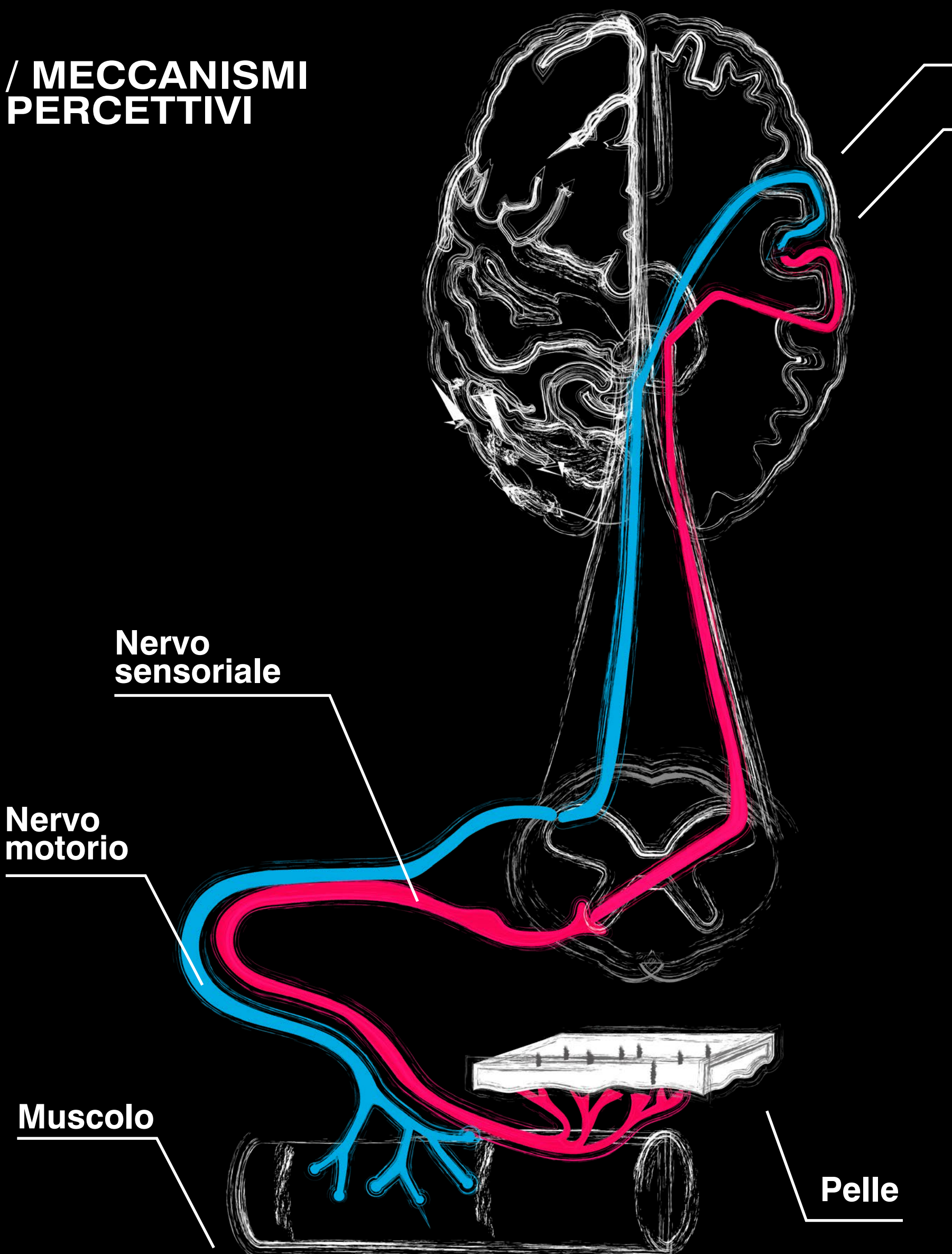


/ SISTEMA PERCETTIVO

Il midollo spinale può essere visto come una colonna di fibre nervose che scorrendo all'interno della colonna vertebrale mette in contatto il cervello con il resto dell'organismo. Inizia a livello del cosiddetto forame magno (o foro occipitale, un'apertura localizzata alla base della scatola cranica) e termina a livello della prima o della seconda vertebra lombare. Il midollo spinale appartiene al sistema nervoso centrale ed è la struttura che connette il cervello con il resto dell'organismo: i nervi che nascono dal midollo spinale, fuoriuscendo da piccole

aperture localizzate tra le vertebre (i forami), si connettono con parti specifiche del corpo. Proprio per questo i danni al midollo spinale possono causare paralisi di alcune aree del corpo e non in altre. Inoltre i nervi portano anche segnali elettrici dalla periferia del corpo fin nel cervello. Ciò permette di percepire le sensazioni più diverse, dal caldo al dolore. Anche i danni ai nervi possono scatenare sensazioni (come dolore, formicolio o intorpidimento), nelle zone in cui scorrono. [3]

/ MECCANISMI PERCETTIVI



**Nervo
sensoriale**

**Nervo
motorio**

Muscolo

Pelle

Corteccia motoria

Corteccia sensoriale

1

Se i recettori sensoriali nella pelle rilevano dolore o un cambiamento di temperatura, trasmettono un impulso (segnale), che alla fine raggiunge il cervello.

2

L'impulso si trasmette lungo un nervo sensoriale fino al midollo spinale.

3

Gli impulsi attraversano una sinapsi (la giunzione fra due cellule nervose) fra il nervo sensoriale e una cellula nervosa nel midollo spinale.

4

L'impulso passa dalla cellula nervosa nel midollo spinale fino al lato opposto del midollo spinale.

5

L'impulso viene inviato lungo il midollo spinale e attraverso il tronco encefalico fino al talamo, che è il centro di elaborazione sensoriale situato in profondità nel cervello.

6

L'impulso attraversa una sinapsi nel talamo fino alle fibre nervose che lo trasportano alla corteccia sensoriale del cervello (l'area che riceve e interpreta le informazioni che provengono dai recettori sensoriali).

7

La corteccia sensoriale riceve l'impulso. In seguito la persona può decidere di iniziare il movimento, che attiva la corteccia motoria (l'area che controlla i movimenti volontari) per generare un impulso.

8

Il nervo che trasporta l'impulso passa al lato opposto alla base del cervello. L'impulso viene inviato al midollo spinale.

9

L'impulso attraversa una sinapsi fra le fibre nervose nel midollo spinale e un nervo motorio, che si trova nel midollo spinale.

/ LA PERCEZIONE

Tradizionalmente lo studio della percezione coincide erroneamente con lo studio dei diversi tipi di percezione: visiva, uditiva, tattile ecc. mentre invece la realtà viene interpretata dal nostro cervello attraverso una prospettiva multisensoriale. Infatti nel mondo in cui viviamo le informazioni che ci guidano attraverso eventi ed oggetti sono molto spesso rilevabili su più canali sensoriali.

Questa constatazione mette in discussione il concetto tradizionale di senso, favorendo un approccio in cui i processi percettivi vengono analizzati come sistemi attivi ed interconnessi fra loro piuttosto che come sensi passivi ed indipendenti.

In molti casi infatti quello che crediamo essere uno stimolo unisensoriale richiede in realtà un processo multisensoriale per la sua

elaborazione. Basti pensare alla situazione in cui si sta intrattenendo una conversazione con un'altra persona: lo stimolo con cui stiamo consapevolmente interagendo è uno solo, il suono, ma se dalla scena annulliamo l'input visivo della lettura del labiale, comprendere il discorso sarà molto più complesso. Lo possiamo verificare ad esempio quando si cerca di origliare una conversazione: nel caso non fosse possibile osservare l'interlocutore l'azione risulta quasi impossibile, anche se si trova vicino a noi. [5] In questo senso la multisensorialità si caratterizza come un aspetto adattivo del nostro sistema cognitivo, in grado di ottimizzare le nostre percezioni rispetto alle molteplici condizioni di rumore ed incertezza che contraddistinguono l'ambiente in cui viviamo.



KIKI?

Bouba - Kiki

Uno dei casi studio più noti che ci dimostra chiaramente come il cervello vive attraverso la percezione multisensoriale è il cosiddetto effetto Bouba -Kiki, osservato per la prima volta nel 1929 e teorizzato più tardi nel 2001 dai neuroscienziati Vilayanur S. Ramachandran ed Edward Hubbard. L'esperimento condotto consisteva nel chiedere ad una serie di soggetti provenienti da culture diverse di assegnare il nome "Bouba" e "Kiki" alle due figure presentate. I risultati dimostrano che nel 95% e nel 98% dei casi alla forma rotonda viene assegnato il nome "Bouba" e alla forma spigolosa il nome "Kiki". Questo dimostra come le diverse aree e funzioni del

cervello lavorino in simbiosi per raggiungere un risultato comune ed ottenere un'informazione il più completa possibile. I fattori coinvolti sono molteplici: dal movimento che la bocca deve fare per riprodurre il suono, infatti pronunciando la parola "Bouba" si effettua un movimento più tondo e aperto mentre per pronunciare la parola "Kiki" è necessaria una forma della bocca più tesa e angolare. Una seconda ipotesi attribuisce questa distinzione alla natura delle consonanti, di tipo labiale (B) in un caso e di tipo dorsale nell'altro (K). Un ulteriore collegamento potrebbe riguardare la forma stessa delle lettere, che ricordano le forme presentate nell'esperimento. [6]

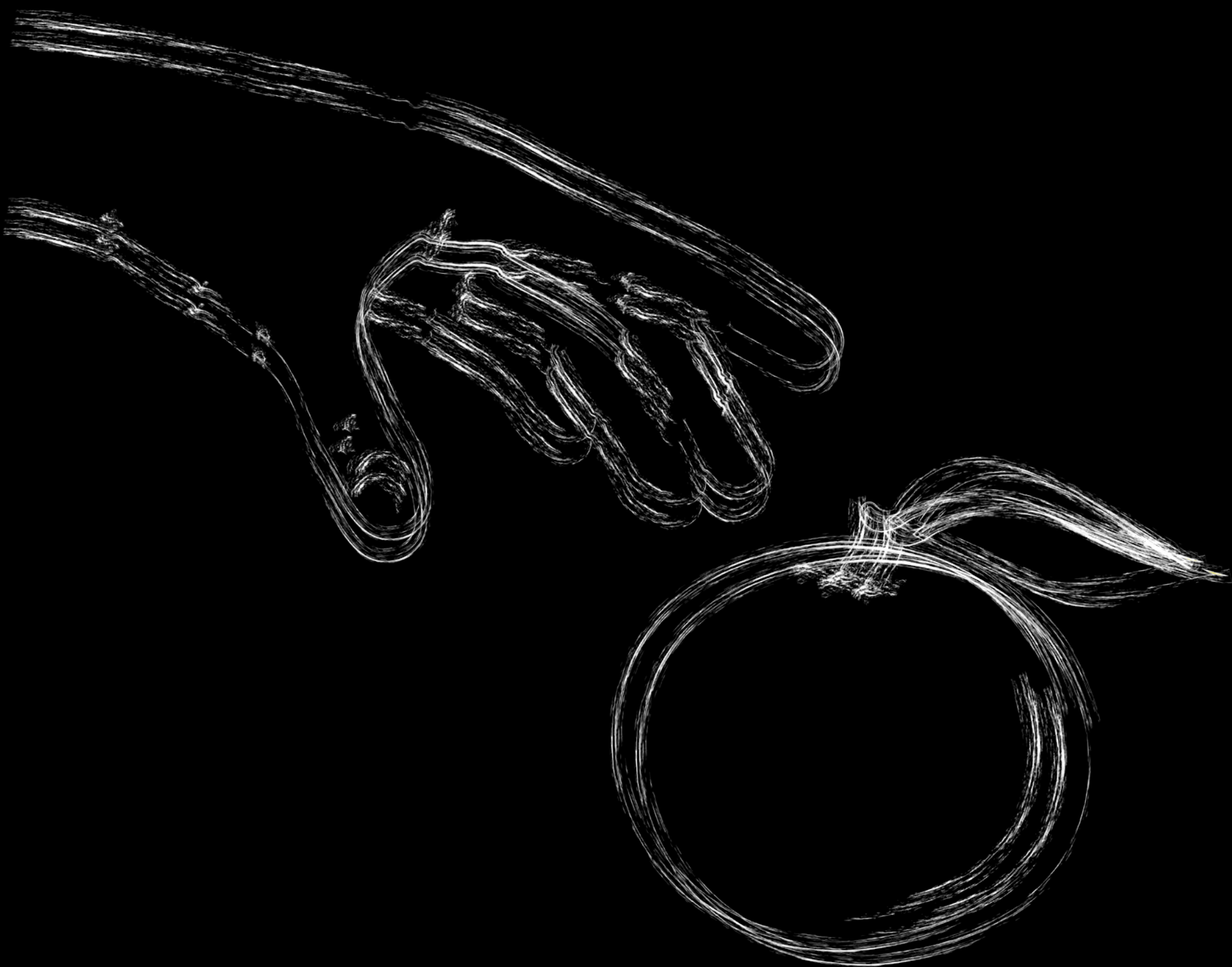


BOUBA ?

Grip scaling

Con il termine grip scaling si indica l'azione che la mano effettua per afferrare un oggetto in modo proporzionale alla dimensione di quest'ultimo, il movimento comprende una serie di processi sensoriali, che determinano di conseguenza le caratteristiche del movimento, come ad esempio l'apertura massima delle dita. Chiaramente il senso che prevale nel calcolo cognitivo di quest'azione è la vista, ma ancora una volta il cervello ci dimostra di operare in modo multisensoriale, infatti da alcuni studi recenti risulta che il gesto può essere fortemente influenzato dalla presentazione di stimoli sensoriali diversi e apparentemente non pertinenti.

In una ricerca condotta da Castiello e colleghi (2006), i partecipanti avevano il compito di afferrare un oggetto mentre veniva presentato uno stimolo olfattivo, i risultati evidenziano che nel momento in cui l'oggetto da afferrare era piccolo, come ad esempio una fragola, il grip scaling comportava una MGA maggiore se l'odore corrispondeva a quello di un oggetto più grande, come ad esempio un'arancia. [7] Allo stesso modo l'effetto si inverte se viene presentato un oggetto più grande accompagnato dall'odore di un oggetto più piccolo.



[7] N. Bruno, F. Pavani, M. Zampini. *La percezione multisensoriale*, Il Mulino, Bologna, 2010

/ RAPPRESENTAZIONI CORPOREE

Il corpo umano viene mappato dalla corteccia somatosensoriale secondo una mappa che possiamo rappresentare come bidimensionale, che prevede la divisione del corpo in diverse zone chiamate territori corticali, dove si collocano i neuroni che ricevono segnali provenienti da quella determinata parte corporea. Questo concetto è stato teorizzato per la prima volta da John H. Jackson nel 1863 e successivamente nel 1937 è stato documentato da studi sulla stimolazione elettrica nell'animale e nell'uomo (Penfield e Boldrey).

Il primo aspetto rilevante da osservare è la diversa dimensione di queste aree, che non mantengono le stesse proporzioni delle dimensioni della zona corporea interessata: ad esempio il territorio dedicato all'afferenza percettiva delle labbra è nettamente superiore rispetto a quella delle gambe. Questo indica una maggiore densità di recettori e di conseguenza una maggiore sensibilità percettiva, in quanto l'estensione del territorio corticale dedicato ad una determinata parte del corpo è

più o meno ampio in funzione di quanti sono i recettori somatosensoriali presenti.

Possiamo arrivare all'osservazione che se la mente dovesse immaginarsi il proprio corpo lo farebbe con un'idea estremamente distorta delle dimensioni corporee. Questa distorsione viene rappresentata tridimensionalmente con il modello del cosiddetto homunculus somatosensoriale che ci permette di visualizzare la differenza fra le dimensioni reali e quelle definite dalla corteccia. Il fenomeno è stato verificato nel 1834 in un esperimento di E. H. Weber, l'esperimento consisteva nel chiedere ai soggetti come percepissero le distanze di due stimoli tattili applicati sulla cute: la distanza fra le coppie di punti sembra maggiore nelle regioni che contengono più recettori sensoriali, come ad esempio il dito indice. [8] Mentre invece la distanza veniva percepita come minore quando lo stimolo veniva somministrato in una regione con una bassa densità di recettori, come ad esempio l'avambraccio.

**CORTECCIA
SENSORIALE**



**CORTECCIA
MOTORIA**

Questo fenomeno viene oggi definito come illusione di Weber.

Un altro aspetto rilevante riguarda la disposizione dei territori, che non seguono l'ordine della struttura

corporea, di conseguenza alcuni distretti corporei distanti tra loro finiscono per occupare territori corticali vicini, come ad esempio il territorio dei piedi e dei genitali, oppure quello del volto e delle mani.

/ LA PROPRIOCEZIONE

Il termine è stato coniato dal neurofisiologo inglese C. Sherrington, che lo utilizzò per differenziare la percezione del corpo dalla percezione degli oggetti esterni, oltre che per evidenziarne il ruolo indispensabile di sentire il corpo come effettivamente nostro.

Il concetto di propriocezione si riferisce alla percezione del sé, che potremmo quasi considerare uno dei tanti sensi che il nostro corpo adopera per interagire con il mondo esterno. La percezione del nostro corpo infatti non è solo la semplice somma di informazioni raccolte attraverso i diversi sensi corporei, ma bensì si tratta di un'esperienza di natura multisensoriale, le rappresentazioni che abbiamo del nostro corpo hanno la funzione di renderci consapevoli di come sia o fatti e di conseguenza di come possiamo muoverci nello spazio circostante, assumendo una funzione fondamentale nel meccanismo del movimento e del mantenimento della postura. Attraverso una lunga serie di studi atti a comprendere i meccanismi neurali sottostanti, si è individuato che la maggior parte delle

informazioni propriocettive non raggiunge mai il livello di coscienza, essendo esse anche deputate al controllo dell'elaborazione del progetto motorio e alla sua esecuzione.

Dal concetto di propriocezione deriva anche la consapevolezza del sé, ovvero l'esperienza conscia di essere un'entità olistica e distinta dal resto, capace di autocontrollo. Oggi, infatti, si tendono a distinguere, nella propriocezione, una componente cosciente ed una incosciente, questa consapevolezza dal lavoro dei neurologi Head e Holmes (1911). [9] La rappresentazione inconsapevole del nostro corpo si basa principalmente su informazione propriocettive e motorie e ha la funzione del controllo dell'azione, viene definita con l'espressione "schema corporeo". La rappresentazione consapevole invece si basa in gran parte sulle informazione visive e ha lo scopo di definire la nostra consapevolezza corporea e viene definita con l'espressione di "immagine corporea". Una gran parte dei problemi psicomotori deriva dalla dissociazione di queste due parti.

Esperimento della mano di gomma

La dimostrazione di come il senso di ownership derivi da un resoconto multisensoriale della realtà. Il fenomeno venne osservato per la prima volta già negli anni '30, ma l'esperimento vero e proprio è riconducibile alla ricerca di M. Botvinick e J. Cohen del 1998.

Gli autori chiedono ai soggetti di sedersi ad un tavolo appoggiando la mano sinistra sul piano, dietro ad un pannello opaco che ne impedisce la vista, di fronte al soggetto viene invece posta una mano di gomma a dimensione reale compresa di avambraccio. Il compito da svolgere era semplicemente quello di mantenere lo sguardo sull'arto finto. Nel frattempo lo sperimentatore stimola con dei pennelli la mano sinistra e l'arto finto

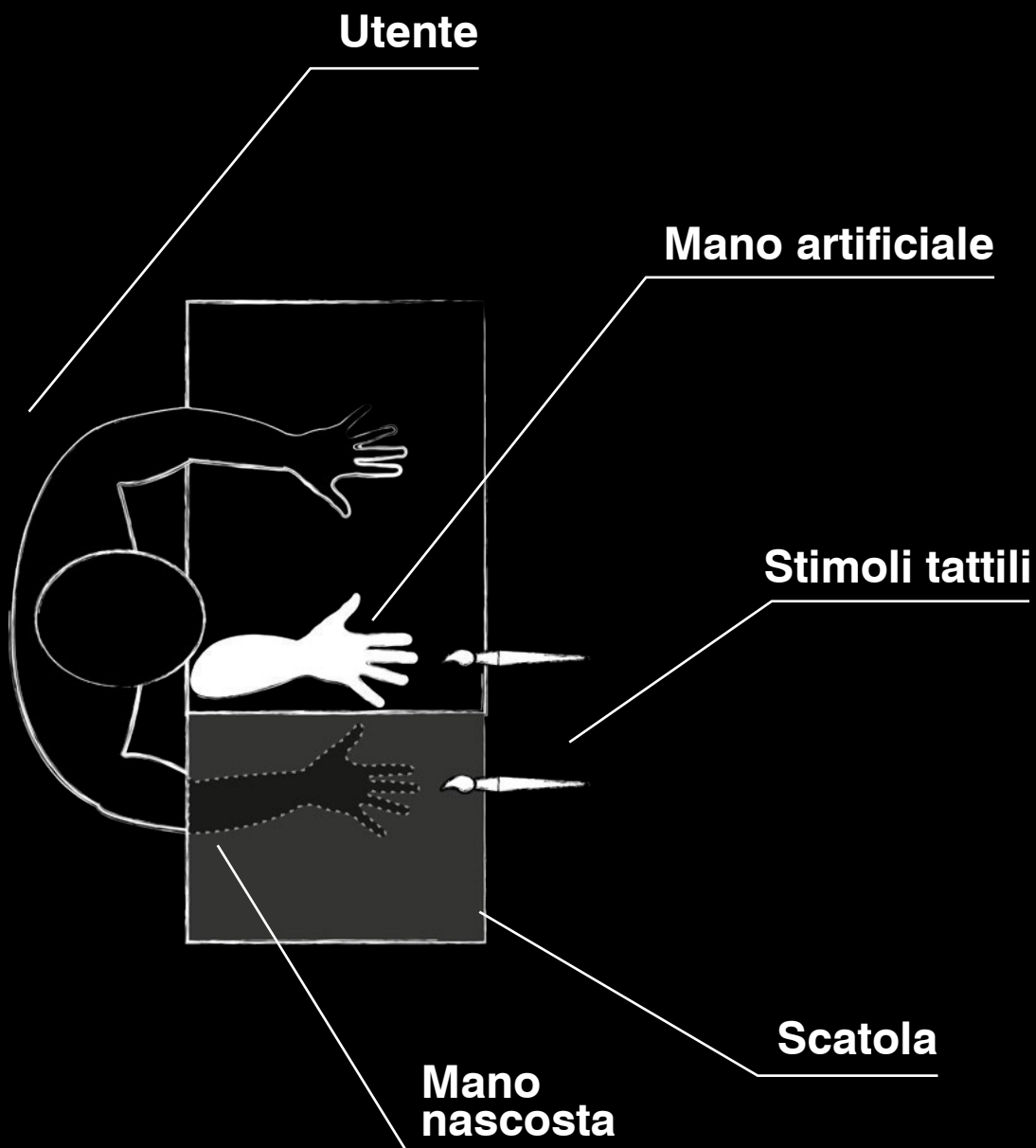
contemporaneamente, cercando di sincronizzare il più possibile i gesti. Dopo 10 minuti i partecipanti riportano la sensazione di percepire la stimolazione tattile sull'arto finto anziché sulla mano. Per di più, se veniva richiesto di indicare la posizione della mano sinistra con l'indice della mano destra, si evidenzia una tendenza sistematica dei soggetti nell'indicare l'arto finto. Alla fine dell'esperimento i soggetti erano propensi a credere che la mano artificiale potesse realmente essere la loro mano.

Da un contesto sperimentale relativamente semplice è possibile creare un'illusione molto efficace, capace di evocare due illusioni distinte:

[9] N. Bruno, F. Pavani, M. Zampini. *La percezione multisensoriale*, Il Mulino, Bologna, 2010

La spiegazione del fenomeno risiede nel fatto che la mente tende ad attribuire un'origine comune agli eventi multisensoriali temporalmente sincroni (assunto di unitarietà; Welch e Warren. 1980). Di conseguenza, un tocco ad un arto finto ed uno su una mano reale che si verificano simultaneamente verranno elaborate come informazioni provenienti da un'origine comune, se invece i due stimoli vengono somministrati in due istanti diversi vengono attribuiti a diverse origini. Inoltre la posizione dell'arto finto è facilmente identificabile (in quanto è

disponibile un'informazione visiva), quindi il cervello tende a "fidarsi" maggiormente del canale sensoriale in grado di fornire l'informazione più affidabile. [10] In ogni caso la costruzione multisensoriale della nostra rappresentazione corporea si basa su informazioni che la nostra mente già possiede: non è possibile replicare l'esperimento con versioni dell'arto: più piccole, destre, o non realistiche (ad esempio blocchi di legno), o se l'arto è ruotato rispetto a quello reale.



/ PATOLOGIE DELLA RAPPRESENTAZIONE CORPOREA

Sono disturbi derivanti da lesione cerebrali derivanti da urti o ictus, che compromettono la rappresentazione corporea che ha origine nella nostra mente. Questo tipo di patologie compromettono funzioni fondamentali

come la percezione e localizzazione degli stimoli somatici. La consapevolezza del corpo (ownership) e la programmazione di azioni sono alterate.

Aprassia

Si tratta di una patologia neuropsicologica che si manifesta attraverso evidenti difficoltà, da parte del paziente, nell' eseguire movimenti volontari, sebbene le abilità motorie e le volontà del soggetto siano inalterate. Questo disturbo deriva da un deficit della rappresentazione mentale dello schema corporeo

Aschematia

Consiste in un'alterazione topografica e schematica del corpo da cui consegue una mappatura dello spazio circostante inadeguata. infatti, a seconda della zona cerebrale lesionata, il paziente percepisce il proprio corpo come più piccolo o più grande rispetto alle sue reali dimensioni o addirittura potrebbe non riuscire a definirne i confini.

Autopoagnosia

È una particolare forma di agnosia, nella quale il paziente perde la conoscenza spaziale esplicita delle parti del corpo, di conseguenza perde la capacità di indicare, sia con comando vocale, sia per imitazione, una determinata zona corporea e di distinguere un lato del corpo rispetto ad un altro.

Arto fantasma

In questo caso il paziente continua a percepire l'arto che è stato amputato, tanto da concepirlo come ancora presente. Infatti ne avverte la posizione, sensazioni dolorose e addirittura movimenti. I dati ricavati da esperimenti di neuroimmagine suggeriscono che la causa risieda nella corteccia somatosensoriale primaria, dove la parte di neuroni che riceve gli stimoli è ancora attiva. Una conseguenza interessante dell'intervento di amputazione è quella della riorganizzazione dei neuroni all'interno della corteccia somatosensoriale primaria, infatti i neuroni che ricevono informazioni dalla parte del corpo non più presente si "prestano" e vengono assegnati ad altre regioni corticali adiacenti. Ad esempio toccando determinate punti del volto il paziente riferisce la ricezione dell'input sensoriale nella parte toccata, ma anche nella parte amputata con estrema precisione.

Questo fenomeno è stato teorizzato e dimostrato da Ramachandran e Altschuler, è stato testato attraverso la magnetoencefalografia (MEG) (una particolare tecnica di neuroimmagine). [12]

Somatoparafrenia

“(...) i miei occhi e le mie sensazioni non vanno d'accordo, e io devo credere alle mie sensazioni. Lo so che sembrano mie ma sento che non lo sono, e non posso credere ai miei occhi.”

Si manifesta attraverso il rifiuto da parte dei pazienti di alcune parti del corpo, affermando con insistenza che non appartengono davvero a loro. Questo curioso fenomeno altera la sensazione di ownership del paziente.

Questo disturbo colpisce le parti controlaterali all'emisfero dove si trova la lesione cerebrale, il fatto che nella maggior parte dei casi le somatoparafrenie siano tipicamente a carico del lato sinistro del corpo lascia supporre che le attività cerebrali legate alla rappresentazione corporea e la sensazione di ownership vengano elaborato dell'emisfero sinistro del cervello.

Tuttavia non lo possiamo affermare con certezza perché il suddetto disturbo può essere diagnosticato solo attraverso la testimonianza verbale dei pazienti, infatti la patologia è diagnosticata con una minima frequenza nei pazienti con lesioni all'emisfero sinistro, che regola le funzioni del linguaggio, quindi i pazienti la cui capacità di comunicare è compromessa non possono comunicare le loro sensazioni.

Mentre invece chi presenta lesioni sul lato destro mantiene intatte le capacità linguistiche.

Analizzando il fenomeno da una prospettiva multisensoriale è possibile affermare che oltre ad un deficit di rappresentazione dello schema corporeo la patologia sia causata da una mancata integrazione delle sensazioni multisensoriali che insieme danno origine alla sensazione di ownership. A tal proposito è interessante osservare la testimonianza di una paziente studiata da Olsen quando le veniva mostrato che il braccio, di cui lei negava l'appartenenza, era effettivamente legato al resto del corpo. [11]

[11] N. Bruno, F. Pavani, M. Zampini. *La percezione multisensoriale*, Il Mulino, Bologna, 2010

Fenomeni autoscopici

In questo caso le alterazioni della percezione corporea arrivano a riguardare l'intero corpo, il paziente lamenta delle percezioni illusorie, avendo l'impressione di percepire il proprio corpo occupare simultaneamente

due posizioni nello spazio: quella reale e quella virtuale. Esistono tre varianti del fenomeno: le esperienze extracorporee, le allucinazioni autoscopiche e infine l'heautscopy. [13]

ALLUCINAZIONI AUTOSCOPICHE

Le esperienze extracorporee si caratterizzano per la sensazione provata dal paziente quando si trova in posizione supina e di aver la sensazione di trovarsi al di fuori del proprio corpo, spesso in posizione parallela o speculare al corpo fisico. Da questa prospettiva è capace di vedere la scena che li circonda.

ESPERIENZE EXTRACORPOREE

I pazienti testimoniano di vedere il duplicato di sé stessi ma senza avere la sensazione di trovarsi al di fuori del proprio corpo. Molto spesso l'immagine viene percepita di fronte a loro in posizione speculare, infatti solitamente l'allucinazione si presenta quando il paziente si trova seduto o in piedi, a differenza delle allucinazioni extracorporee.

HEAUTSCOPY

Si tratta di un fenomeno intermedio rispetto ai due sopra citati, il paziente vede la propria immagine ma in più percepisce una sensazione di appartenenza. Questo genera una situazione profondamente conflittuale e spiacevole nella mente del malato, che si trova a non saper più distinguere a quale corpo appartiene, se quello reale o quello virtuale.

A primo impatto sembra che la causa dei fenomeni autoscopici vada cercata nei meccanismi che regolano la percezione visiva, tuttavia questi fenomeni vengono vissuti dai pazienti come fortemente reali, a differenza delle sensazioni provate durante un sogno. Questo fattore suggerisce che non si tratti puramente di un'esperienza visiva, molto probabilmente il disturbo risiede nell'integrazione delle informazioni sensoriali della rappresentazione del corpo, in particolare quelle relative la sua forma e la sua collocazione nello spazio. Difatti, in questi casi le lesioni cerebrali si trovano nella giunzione tempo-parieto-occipitale, una zona del cervello che ha un ruolo decisamente importante nell'elaborazione multisensoriale.

/ DAI SENSI AI SISTEMI PERCETTIVI

Per comprendere al meglio i meccanismi che regolano la nostra mente è necessario staccarsi dal concetto di sensi come la conosciamo oggi, i sensi infatti (gusto, vista, olfatto, tatto, udito) nella concezione classica vengono definiti come sensori biologici, cioè meccanismi in grado di rilevare energia fisica di qualche tipo. In parte questo tipo di definizione è vera e si rivela utile per comprendere la fisiologia dei recettori, ma è sicuramente limitata per concepire la percezione come processo cognitivo.

Lo psicologo americano James J. Gibson mette in discussione per la prima volta la concezione classica dei sensi, nel libro "The senses considered as perpetual systems" dove propone una radicale reinterpretazione del processo

percettivo. [14]

La citazione che meglio riassume la sua teoria è: "Dovremo concettualizzare i sensi esterni in una maniera nuova, come attivi piuttosto che passivi, come sistemi piuttosto che come canali, e come interrelati invece che come mutualmente esclusivi". Proprio per dare risalto al nuovo approccio, Gibson decide di abbandonare la terminologia tradizionale e di adottarne una completamente nuova: non bisogna più occuparsi di sensi ma di sistemi percettivi.

La differenza rispetto alla definizione precedente? La percezione è un sistema attivo, che va studiato ad un livello sistemico e con una prospettiva multisensoriale.

[14] N. Bruno, F. Pavani, M. Zampini. *La percezione multisensoriale*, Il Mulino, Bologna, 2010

SCENARIO
SCENARIO

TERAPIA
TERAPIA
TERAPIA

/ PSICOFISIOLOGIA

Una particolare disciplina che analizza il binomio mente-corpo attraverso una prospettiva unitaria è la psicofisiologia, che studia i correlati fisiologici dei processi psicologici: nello specifico si occupa di analizzare la relazione reciproca tra eventi mentali, comportamento, disfunzioni somatiche o psichiche. In sintesi si può affermare che l'oggetto di studio è la risposta fisiologica del corpo sottoposto a determinati stimoli mentali. Si tratta di una materia completa, poiché integra gli aspetti relativi sia all'ambito fisiologico sia psicologico per raggiungere un obiettivo comune: lo stato di benessere totale.

La disciplina riflette come sia necessario liberarsi dello schema dualistico, nel corso del tempo si è fatta sempre più strada la convinzione che l'organismo opera in modo unitario, la divisione fra mente e corpo è una visione semplicista che ha l'obiettivo di facilitare l'analisi dei fenomeni comportamentali e fisiologici. Considerare i processi mentali come separati da quelli fisici porta solo al continuo imbattersi in lacune e negazioni, è decisamente più consono ammettere che tutto il funzionamento umano è accompagnato da processi biologici, sia quando la connessione tra i due versanti appare ovvio, che quando non lo è.

Le ricerche effettuate adottando questo nuovo approccio decisamente più olistico hanno aperto possibilità di conoscenza sui meccanismi neurofisiologici che stanno alla base dei processi emozionali e motivazionali e di come questa si riflette sull'organismo. La sfera emotiva ha sempre avuto un ruolo centrale nella teorizzazione della psicofisiologia. [15]

In campo concreto, la nuova acquisizione di questo principio si è tradotta nel fiorire di nuovi supporti tecnici note come terapie di biofeedback. Come suggerito dal termine, attraverso il feedback fisiologico del paziente, l'informazione ricevuta viene tradotta in segnali visivi o acustici, in modo che anche il soggetto possa essere partecipe del suo stato psicofisico ed apprendere il loro funzionamento.

I nuovi approcci terapeutici che agiscono nell'area dell'emozione, indicano un importante passo avanti nella saldatura fra il campo psicofisiologico e quello psicopatologico. Quindi

la psicofisiologia si colloca come disciplina di base della medicina psicosomatica, si può apprezzare l'importanza, in prospettiva più ampia, dell'emergenza di una nuova branca della psicofisiologia stessa, definita appropriatamente come "psicofisiologia clinica".

A questo punto si può intravedere una relazione di continuità fra basi biopsicologiche e la dimensione psichiatrica, dove l'introduzione della psicofisiologia va a colmare una lacuna che ha portato all'incomunicabilità fra i principi della biologia e della psicologia da una parte, con il discorso della psicopatologia dall'altra.

/ BIOFEEDBACK

Con la dicitura Biofeedback si intende un insieme di tecniche terapeutiche utilizzate nell'ambito degli approcci adottati nella psicofisiologia. L'obiettivo del trattamento è quello di rendere il soggetto cosciente delle propri meccanismi biologici non immediatamente accessibili alla percezione e al controllo personale. Di conseguenza si può

lavorare sullo sviluppo di una padronanza delle proprie variazioni fisiologiche automatiche, in relazione all'attività cognitiva ed emotiva. I segnali delle suddette attività vengono rilevati mediante gli output fisiologici del paziente, rilevati con appositi sensori posizionati sul corpo.

Funzionamento

Le variabili fisiologiche misurate vengono tradotte simultaneamente in un segnale di tipo visivo e/o acustico, proporzionale all'intensità della reazione rilevata dagli elettrodi, il soggetto che riceve il segnale di ritorno (quindi il feedback) della propria condizione può diventare consapevole del proprio livello di attivazione psicofisiologica. I segnali delle variabili biologiche che riflettono l'attività cognitiva ed emotiva vengono rilevati attraverso l'impiego di appositi sensori posizionati sul corpo del soggetto. Di solito le rilevazioni sono legate alla frequenza cardiaca, la pressione arteriosa, la conduttanza cutanea, la temperatura cutanea, la tensione muscolare e il ritorno cerebrale delle onde alfa. Ad esempio in una condizione di stress il paziente presenta le variabili fisiologiche si trovano a livelli decisamente superiori alla norma. Attraverso il biofeedback il soggetto può essere addestrato ad adottare speciali tecniche di autocontrollo e rilassamento che portano all'abbassamento

volontario del segnale di ritorno e quindi alla gestione conscia delle reazioni fisiche causate da una situazione di stress. Dal punto di vista fisico, il rilassamento accompagnato da biofeedback è risultato in grado di controbilanciare in maniera incisiva le situazioni di stress psicofisico, inducendo modificazioni psicofisiologiche quali la sincronizzazione del tracciato elettroencefalografico, aumento dell'attività alfa, riduzione generale della tensione muscolare, della frequenza cardiaca e respiratoria, della pressione arteriosa sistolica e diastolica, dell'attività elettrodermica e del consumo di ossigeno, con uno spostamento dell'equilibrio neurovegetativo da una prevalente attivazione simpatica a una prevalente attivazione parasimpatica, tipica del rilassamento. Il biofeedback porta, nel corso delle sedute, soprattutto, a una riduzione significativa della secrezione di ormoni dello stress come l'ACTH e la prolattina.

Storia

Lo sviluppo di terapie basate sulle tecniche di Biofeedback vedono il loro sviluppo alla fine

degli **ANNI '60**, successivamente agli incoraggianti risultati ottenuti dai precursori di questa tecnica. In quel periodo hanno riscosso particolare successo l'impiego di display audiovisivi per la rieducazione vocale di soggetti audiolesi, ma venivano impiegate tecniche simili nell'ambito della riabilitazione motoria attraverso l'autosservazione da parte del paziente del proprio EMG (elettromiogramma = lo studio dell'attività elettrica dei nervi periferici sia motori che sensitivi sotto stimolazione).

A seguito di questa fase di sperimentazione piuttosto acerba viene istituita nel 1969 la Biofeedback Research Society grazie al contributo di un gruppo di studiosi nordamericani. La loro ricerca si focalizzava su tre ambiti principali.

1

Lo studio ipotizza come le attività fisiologiche viscerali, controllate dal sistema nervoso autonomo, possano essere soggette a modificazioni se trattati mediante tecniche di Biofeedback. I risultati mostrano come l'approccio di apprendimento basato sul condizionamento classico (Pavlov) abbia una certa efficacia, mentre non si può dire lo stesso dell'approccio del condizionamento operante (Skinner). Viene infine dimostrata la modificabilità dell'attività vascolare periferica, della frequenza cardiaca e delle risposte psicogalvaniche ("Diminuzione della resistenza elettrica somatica, correlabile all'attività delle ghiandole sudoripare, determinata dall'insorgenza di fenomeni emotivi. Si controlla facendo passare attraverso il corpo di un soggetto una debole corrente elettrica: sotto l'effetto di un'emozione, o di un'attivazione sensoriale, si ha un aumento dell'intensità della corrente, per diminuzione della resistenza offerta dal corpo al suo passaggio").

2

La seconda ricerca si basa sul controllo, sempre tramite tecniche di biofeedback, dei potenziali neuromuscolari, responsabili delle contrazioni di singole unità motrici o di interi muscoli. I risultati si dimostrano particolarmente efficaci anche per il rilassamento muscolare generale. La risposta fisiologica viene rilevata attraverso la misurazione della differenza di potenziale tramite EMG che viene riportata al paziente tramite un feedback sonoro.

3

Il terzo studio si concentra sull'analisi dei correlati soggettivi di diversi ritmi di EEG (elettroencefalografici). In particolare il ritmo alfa che i soggetti dimostrano di poter produrre volontariamente e per tempi prolungati.

In questo caso il feedback di tipo sonoro/uditivo restituiva l'informazione relativa ai ritmi rilevati dagli EEMG. Molto interessante è la coincidenza di sensazioni osservata nei soggetti durante la produzione volontaria di ritmi alfa e la sensazione provata durante stati di meditazione profonda.

Negli anni '70 inizia un periodo di sperimentazione legata all'ottimizzazione delle tipologie di feedback restituiti al paziente e delle tecniche di rilevazioni delle reazioni fisiologiche, aprendo nuove frontiere verso la rilevazione per esempio della temperatura cutanea, il livello di salivazione, secrezioni acide dello stomaco, condizione endosofagee ed altro. [16] Nello stesso periodo si iniziano a delineare anche i fondamenti teorici, inizialmente il modello teorico di riferimento sembra essere quello del condizionamento operante.

Meccanismo di apprendimento CO (*Condizionamento Operante*)

STIMOLO



La risposta (r) del soggetto avviene conseguentemente alla presentazione di uno stimolo discriminativo (S1) iniziale. Dopo la risposta viene quindi presentato al soggetto un successivo stimolo che rappresenta il feedback dell'azione appena compiuta, che può avere un'accezione positiva e quindi di rinforzo nei confronti del comportamento adottato, oppure negativa, con la funzione di punizione verso quel determinato comportamento. Il feedback ha l'importante ruolo di condizionare la successiva risposta r del soggetto.

Tuttavia il meccanismo delle tecniche di biofeedback associate ai fondamenti teorici del condizionamento operante presenta delle incongruenze con la messa in pratica del metodo di apprendimento. Innanzitutto è stata riconosciuta una maggiore efficacia nell'utilizzo di feedback analogici (in cui il Feedback è continuo e varia proporzionalmente alle variazioni della condizione fisiologica), rispetto ad i feedback binari previsti dalla teoria del condizionamento operante (punitivi o rafforzativi). Questa evidenza rende difficile la messa in pratica dei paradigmi del condizionamento operante, ma fornisce un dato importante riguardo la restituzione dei feedback: è molto più importante la quantità di informazioni retroagite piuttosto che somministrazione dei rinforzi. Difatti sono stati ottenuti risultati molto meno incoraggiati con l'utilizzo dei feedback binari in corrispondenza delle variabili fisiologiche.

RISPOSTA

FEEDBACK

RAFFORZATIVO

PUNITIVO

Tecniche

Le applicazioni terapeutiche del biofeedback hanno perseguito due percorsi diversi, in base agli obiettivi che si intende ottenere.

DIRETTA

Questo tipo di approccio ha l'obiettivo di accompagnare il soggetto nel raggiungimento di un generale stato di benessere psicofisico attraverso il controllo volontario di determinate componenti fisiologiche collegate ad una determinata condizione psicofisica. L'approccio indiretto dimostra la sua efficacia nel trattamento degli stati d'ansia, di stress e di disturbi funzionali psicosomatici.

In questo caso il biofeedback viene affiancato da tecniche di rilassamento, le quali vengono utilizzate anche in psicofisiologia clinica: il training autogeno e il rilassamento progressivo.

INDIRETTA

La prima strategia viene definita come diretta e ha lo scopo di modificare una specifica variabile fisiologica che ricopre una certa importanza nel trattamento di determinate sindromi. Un esempio particolarmente efficace è quello dell'impiego del biofeedback basato su rilevazioni EMG per la riabilitazione muscolare, un altro caso riguarda il controllo dell'attività vasomotoria mediante biofeedback basato sulla temperatura periferica per il trattamento delle emicranie. Le applicazioni dirette sono indicate in ambito riabilitativo.

TRAINING AUTOGENO

Il training autogeno si sviluppa negli anni '30, sulla base delle sperimentazioni sulle pratiche di auto ipnosi dello psichiatra tedesco J. Schultz. Le pratiche prevedevano un percorso di auto addestramento finalizzato alla generazione autonoma di stati di profondo rilassamento molto simili a quelli ottenuti tramite le tecniche di ipnosi, ma senza ricorrere all'intervento di un ipnotista. In concreto gli esercizi "inferiori" prevedono, sotto la guida di un operatore, che il soggetto apprenda ad autoindurre, tramite frasi autosuggestive, le seguenti sensazioni corporee: pesantezza negli arti e nel corpo, sensazioni di calore, pulsazioni del cuore, gestione dell'andamento del respiro e così via. Successivamente si può passare ad una serie di esercizi "superiori" di autogenerazione di fenomeni ipnotici più forti, si parla di visualizzazione di forme, colori, concetti astratti. Visualizzazione adatte agli utilizzi in contesti psicoterapeutici a orientamento psicodinamico.

In generale il principio teorico che sta alla base delle tecniche di rilassamento deriva dall'idea secondo la quale gli organismi in veglia si possano trovare in stati di attivazione o deattivazione, le cui componenti cognitivi motori e viscerali sono rappresentabili visivamente da una linea ai cui estremi troviamo da una parte lo stato di allarme, dall'altro lo stato di rilassamento. L'attivazione fisiologica legata allo stato di allarme si verifica in successione a situazioni che impegnano le risorse dell'organismo, mentre invece la

deattivazione è la conseguenza di una scarsa interazione con l'ambiente o di un contesto che non richiede dispendio di energie o di meccanismi di difesa da parte dell'organismo. Sapendo che lo stato di allarme e quello di rilassamento non possono verificarsi contemporaneamente, il raggiungimento dello stato di rilassamento ridurrà gli stati di inappropriata attivazione generale (stati d'ansia) o di funzioni fisiologiche (disturbi psicosomatici). [17]

RILASSAMENTO PROGRESSIVO

Sviluppata sempre negli anni '30 dal fisiologo E. Jacobson, il quale ispirato alla teoria ideomotoria del pensiero, che la mancanza di attività muscolare coincide con l'assenza di iperattività cognitiva e quindi con una calma psichica. Questo approccio prevede un addestramento graduale, che istruisce il soggetto a discriminare una sensazione di tensione e di rilassamento muscolare attraverso un esercizio di contrazione e focalizzazione dell'attenzione sulla localizzazione dei muscoli, con un conseguente apprezzamento delle sensazioni di rilassamento e una stimolazione della componente propriocettiva. Con l'avanzare del percorso il soggetto è in grado di oltrepassare l'aspetto pratico per percepire direttamente le sensazioni mentali associate alla distensione ed è capace di utilizzarle in modo funzionale per indurre stati di rilassamento. Il rilassamento progressivo ha riscosso un moderato successo soprattutto nei paesi anglosassoni.

Rispetto alla semplice applicazione delle tecniche di rilassamento cognitivo-verbali, il biofeedback introduce la possibilità di verificare obiettivamente il progresso dell'addestramento, mentre invece le TR potrebbero lasciare spazio alla generalizzazione delle capacità apprese da parte del paziente. Nonostante queste evidenze gli studi non dimostrano una maggiore efficacia di una tecnica piuttosto dell'altra, mentre la maggiore efficacia è stata riscontrata nella

combinazione dei due approcci. Oltre al raggiungimento volontario delle modificazioni fisiologiche, è possibile riconoscere come i benefici delle suddette terapie dipendano anche da una serie di fattori diversi, tra cui la ristrutturazione cognitiva del problema da parte del paziente e la percezione di poter essere attivo e partecipe nella risoluzione della problematica.

Esempio di training

1

misurazioni basali in ambiente clinico: colloquio psicologico, profilo psicofisiologico (EMG; GSR; HR; ecc.) in condizioni di calma e di stress.

(circa 20 min)

2

misurazioni basali in ambiente naturale dell'intensità e della frequenza del disturbo per una settimana e, quindi, per tutto il periodo del B.F.B. training

3

addestramento all'auto-regolazione del parametro scelto

4

esercizi a casa di auto-regolazione attraverso apparecchi di B.F.B. portatili e tecniche di rilassamento

(15-20 min al giorno)

5

generalizzazione dell'apprendimento all'auto-regolazione in situazioni di stress indotto e reale, con e senza B.F.B.

6

Follow-up successivi, dopo una settimana, dopo un mese, sei mesi, un anno.

ELETTRODERMICO

Tecnica di rilevazione elettronica computerizzata con la quale vengono registrati i livelli di alcuni parametri dell'attività elettrodermica (in particolare la quantità di sudore e/o la conduttanza cutanea) che vengono restituiti al soggetto sotto forma di segnali visivi e/o acustici. Le reazioni elettrodermiche dipendono dall'attività delle ghiandole eccrine delle superfici palmari e plantari, che rispondono in maniera specifica conseguentemente alla presentazione di uno stimolo nuovo o significativo (un rumore, una voce, uno stimolo, un'emozione, una sensazione fisica e così via). La reazione elettrodermica a questo tipo di stimoli riflette l'attività della sezione Simpatica del Sistema Nervoso vegetativo (parte del cervello coinvolta nelle reazioni di paura e dei comportamenti

di attacco e fuga) e quindi indica un coinvolgimento emozionale/cognitivo. Infatti un tempo di recupero piuttosto lento dei valori dell'attività elettrodermica iniziale indica un'attivazione principalmente emozionale. [18] Questo tipo di biofeedback è particolarmente utile nel potenziamento delle tecniche di rilassamento e di meditazione, favorendo una maggiore distensione degli organi interni o viscerali per es., ghiandole sudoripare, fegato, reni, stomaco, intestini, cuore, ecc.). In campo clinico invece, la sua applicazione raggiunge i migliori risultati nel riabilitazione del Sistema nervoso vegetativo il cui equilibrio è stato alterato da disturbi post traumatici da stress, da attacchi di panico, fobie ed altri disturbi. Un'altra applicazione molto utile è nel trattamento non invasivo dell'iperidrosi primaria.

Tipi di Feedback

TERMICO

Il trattamento si basa sulla rilevazione della temperatura periferica, aiutando il paziente, attraverso la restituzione dei feedback multimodali, a prendere consapevolezza e controllo di questa specifica attività fisiologica. Si tratta di una pratica di biofeedback piuttosto indiretta, in quanto la variazione della temperatura periferica dipende dal flusso del sangue, che a sua volta è determinato dal grado di costrizione/dilatazione dei vasi sanguigni periferici regolati dalla muscolatura liscia dipendente dal sistema dalla sezione simpatica del sistema nervoso vegetativo. Il Biofeedback Termico è utile per potenziare l'apprendimento di tecniche di rilassamento o di meditazione, favorendo una maggiore funzionalità dell'equilibrio termico periferico (attraverso la regolazione del grado di tensione/distensione della muscolatura liscia delle pareti dei vasi) e centrale. [20]

Dal punto di vista clinico, la Temperatura Periferica fornisce una buona indicazione del grado di risposta del Sistema Nervoso Vegetativo e l'addestramento al suo controllo viene utilizzato nel trattamento dell'Asma e di disturbi circolatori come la Sindrome di Raynaud (la sindrome delle mani gelate), la cura dell'ipertensione arteriosa e la cefalea vascolare di tipo emicranico (o emicrania).

ELETTROMIOGRAFICO

In questo caso viene registrato il grado di contrazione di un determinato gruppo muscolare, che viene poi restituito al soggetto attraverso segnali acustici/visivi. Attraverso il trattamento il paziente apprende come gestire il livello delle tensioni di un muscolo ed effettuare dei cambiamenti sul tono del muscolo.

Si rivela molto utile in ambito neuromotorio in particolare nel ristabilire una funzione muscolare indebolita oppure per ridurre l'attività muscolare in condizioni di spasticità. Ulteriori importanti applicazioni riguardano il trattamento della Cefalea Muscolo-Tensiva, il dolore dell'Articolazione Temporo-Mandibolare, la Fibromialgia Dorso-Lombare, la Balbuzie e alcune forme di Tic. [19]

Come per le altre tipologie, il trattamento mantiene un ruolo molto importante nell'apprendimento di tecniche di rilassamento, infatti con questo tipo di biofeedback si può agire sulla distensione dei muscoli striati (o volontari)

CARDIACO

Il tessuto muscolare cardiaco (miocardio), generando spontaneamente e ciclicamente impulsi elettrici, si contrae ritmicamente allo scopo di fornire, attraverso il sangue, nutrimento e ossigeno ai tessuti dell'intero organismo. Sull'attività del miocardio esercita un ruolo modulatore il Sistema Nervoso Vegetativo, le cui sezioni Simpatica e Parasimpatica svolgono un duplice e opposto controllo sul ritmo e sulla forza di contrazione cardiaca: mentre la stimolazione Parasimpatica ha un effetto inibitorio sul ritmo di contrazione del cuore, la stimolazione Simpatica agisce potenziandone la sua attività generale e la sua forza di contrazione ventricolare.

La frequenza cardiaca è definita come il numero di battiti cardiaci per unità di tempo ed è strettamente collegata alle attività metaboliche, alla respirazione, alle risposte relative agli stimoli ambientali.

Se si considera la reazione rilevata attraverso la frequenza cardiaca in risposta agli stimoli ambientali, è possibile distinguere due tipi di risposte:

- 1 Risposta di difesa rispetto a stimoli spiacevoli o apparentemente nocivi, che prevede un aumento della frequenza cardiaca.**
- 2 Risposta di orientamento in presenza di stimoli nuovi o significativi, a cui segue una riduzione della frequenza cardiaca. [21]**

In generale un'attenta analisi della variabilità della frequenza cardiaca (aumento, diminuzione e fluttuazione) sono di fondamentale importanza per comprendere per studiare qualsiasi evento comportamentale e cognitivo; tradizionalmente infatti la FC è sempre stato l'indicatore di modificazioni cognitive, soprattutto per quanto riguarda la soglia dell'attenzione e della vigilanza e delle relative conseguenze comportamentali. Ad esempio in In compiti di tipo sensoriale e attentivo si nota una riduzione della FC; al contrario, nei compiti cognitivi che prevedono uno sforzo di elaborazione (calcolo aritmetico, problem solving) viene osservato un incremento della FC.

Altri studi hanno rilevato una dissociazione tra gli indici fisiologici: in compiti attentivi, a fronte di una riduzione della FC, è stato riscontrato un aumento della Conduttanza Cutanea (sudorazione alle dita e al palmo delle mani); viceversa, nel caso di compiti cognitivi, i due indici crescevano insieme. Il biofeedback cardiaco è estremamente efficace nell'aiutare i pazienti a controllare le loro risposte cardiache in modo da renderle più normali, in particolar modo nei disturbi cardiaci come le aritmie sopraventricolari, la tachicardia parossistica, i battiti ectopici ventricolari, ma anche nella cura dell'ipertensione arteriosa.

Inoltre il Biofeedback Cardiaco è importante per la riabilitazione del Sistema Nervoso Vegetativo in caso di scompensi fisiologici ed emotivi causati da traumi psicofisici (Disturbo Post-Traumatico da Stress) o per la cura degli attacchi di panico, delle fobie e degli stati d'ansia, oltre che per apprendere le tecniche di rilassamento e meditazione.

Applicazioni cliniche a confronto

Negli ultimi decenni, l'utilizzo del biofeedback ha trovato campi di applicazione sempre più ampi e differenti e la comunità scientifica si è ampiamente occupata di valutarne l'efficacia. L'Associazione di Psicofisiologia Applicata

L'efficacia è stata valutata passando in rassegna gli studi scientifici condotti su ogni specifico disturbo.

La classificazione nei livelli più bassi di efficacia non significa che il trattamento non sia efficace,

e Biofeedback (The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback) ha posto dei criteri per determinare il livello di efficacia dell'uso delle tecniche di biofeedback.

ma bensì che allo stato attuale non ci sono sufficienti studi per affermare l'effetto empirico del trattamento, che probabilmente è ancora in fase di sperimentazione. [22]

LIV. 5**EFFICACE E SPECIFICO**

- Incontinenza urinaria femminile

LIV. 4**EFFICACE**

- ADHD - deficit dell'attenzione e iperattività
- Ansia
- Cefalea di tipo tensivo, emicrania (adulti)
- Dolore temporo-mandibolare
- Incontinenza urinaria (uomo)
- Ipertensione

LIV. 3**EFFICACIA PROBABILE**

- Alcolismo/Abuso di sostanze
- Artrite
- Asma
- Dolore cronico
- Epilessia
- Disturbi dell'eliminazione fecale
- Insonnia
- Danno cerebrale da trauma cranico

EFFICACIA POSSIBILE

- Acufene
- Danno da movimento ripetuto
- Depressione
- Disturbo da ostruzione polmonare cronica
- Diabete mellito
- Distonia della mano
- Disturbi da movimento
- Disturbo post-traumatico da stress
- Fibromialgia/Fatica cronica

LIV. 2

- Incremento del sistema immunitario
- Incontinenza urinaria (bambini)
- Infarto del miocardio
- Paralisi cerebrale
- Sindrome di Raynaud
- Sindrome da intestino irritabile
- Ictus cerebrale
- Ulcerazione dei piedi
- Ventilazione meccanica

LIV. 1

NON SUPPORTATO EMPIRICAMENTE

- Autismo
- Disturbi alimentari
- Lesioni spinali
- Sincope

/ MUSICOTERAPIA

Effetti della musica sul corpo

Fra i tanti misteri della neuroscienza c'è anche la musica. Perché una bella canzone scatena il rilascio di dopamina, facendo sì che gli essere umani provino piacere nell'ascoltarla? Perché un quartetto d'archi contribuisce ad abbassare i livelli di cortisolo, l'ormone dello stress, e ad aumentare quelli dell'immunoglobulina, un anticorpo? [23]

Nel 2015, i ricercatori del MIT hanno individuato un'area della corteccia uditiva che risponde specificatamente alla musica e non ad altri rumori. Un'altra ricerca condotta da un'università finlandese, ha però notato che la musica accende il cervello ben oltre i lobi temporali. Il ritmo, una delle componenti fondamentali della musica, interessa le aree motorie del cervello, rivelando la forte connessione fra musica e danza. La melodia, la successione di frequenze a precise distanze matematiche, tonali e temporali, coinvolge il sistema limbico e quindi il centro delle emozioni. L'armonia sembra essere associata con il default mode network, una serie di aree cerebrali attive durante l'apparente fase di riposo, dal quale dipenderebbe anche la capacità di vagare con la mente e, in generale, la creatività. [24]

La scienza ha provato che la musica è una

neuro-esperienza universale, nel senso che interessa indistintamente tutte le culture umane, dato che si tratta di un tipo di percezione viscerale, che va aldilà dell'impronta culturale del singolo soggetto, anzi, si può affermare che la musica crea un ponte comunicativo universale capace di superare le differenze linguistiche e culturali. [25]

Da questa citazione è possibile dedurre quanto sia effettivamente forte l'impatto della musica sull'organismo, agendo ben oltre la soglia di coscienza ed influenzando allo stesso tempo i comportamenti ed i parametri fisiologici. La regolazione dell'umore subisce un condizionamento estremamente rilevante, dato che la musica è capace di agire sulla produzione di ormoni, la melodia può avere una funzione consolatoria, stimolando la produzione di prolattina, può indurci all'azione e renderci particolarmente motivati grazie alla messa in circolo della dopamina. Inoltre rappresenta per la mente un forte stimolo uditivo, mettendo alla prova il nostro sistema di riconoscimento dei pattern, soprattutto se si tratta di una melodia complessa ed innovativa dal punto di vista del linguaggio e dello stile.

[23] M. Magrini. *Cervello, manuale dell'utente*, Giunti, Firenze, 2017

[24] Focus, E. Intini, *Quando ascoltiamo la musica, l'inaspettato genera piacere nel cervello*, 2019

[25] *Giornale della Musica*, L. Michielon, *Neuroscienze e Musica intervista ad Alice Proverbio*, 2022

“Le attività di ascolto e di produzione musicale coinvolgono un gran numero di regioni cerebrali, e sono potenti strumenti per coinvolgere reti multisensoriali e motorie, indurre cambiamenti all’interno di queste reti e favorire collegamenti tra regioni cerebrali lontane, ma funzionalmente correlate, con una pratica musicale continua e permanente. Questi effetti multimodali della musica, insieme alla capacità della musica di attingere al sistema di emozioni e ricompense nel cervello, possono essere utilizzati per facilitare e migliorare gli approcci terapeutici orientati alla riabilitazione e al ripristino di disfunzioni neurologiche e menomazioni di un disturbo cerebrale acquisito o congenito”.

Storia

L'impiego della musica come mezzo terapeutico per la salute fisica e mentale era diffuso già negli scritti dell'antica Grecia da Aristotele e Platone. La professione del musicoterapeuta iniziò ad emergere solamente dopo la prima e la seconda guerra mondiale, quando i musicisti di diverse comunità americane si recavano negli ospedali e negli ospizi di tutto il paese per suonare per le migliaia di veterani che avevano subito traumi fisici ed emotivi a causa delle guerre combattute.

Le incoraggiante reazioni fisiche ed emotive portarono il personale sanitario a richiedere la presenza dei musicisti all'interno degli ospedali, tanto da dare il via all'istituzione di corsi universitari specifici per la formazione di queste nuove figure professionali.

1789

Appare il primo riferimento nero su bianco: un articolo intitolato "Music Physiscally Considered". All'inizio del 1800 vengono pubblicati diversi scritti sperimentali e la musicoterapia viene impiegata per la prima

volta in ambito istituzionale, si iniziano inoltre a condurre le prime vere e proprie sperimentazioni (utilizzo della musica per alterare gli stati dei sogni durante la psicoterapia). Il crescente interesse verso la musicoterapia porta agli inizi del 1900 alla creazione di diverse associazioni di breve durata, sebbene queste organizzazioni abbiano contribuito alle prime riviste, libri e corsi educativi sulla musicoterapia, purtroppo non sono state in grado di sviluppare una professione clinica organizzata.

[26] Loto Armonico, M. da Rold, *Brevi Appunti di Musicoterapia Neurologica*

NEGLI ANNI '40

tre persone iniziarono a emergere come innovatori e attori chiave nello sviluppo della musicoterapia come professione clinica organizzata. La psichiatra e terapeuta musicale Ira Altshuler, MD, ha promosso la musicoterapia nel Michigan per tre decenni. Willem van de Wall è stato il pioniere dell'uso della musicoterapia in strutture finanziate dallo stato e ha scritto il primo testo "how to" di musicoterapia, Music in Institutions

(1936).

E. Thayer Gaston, noto come il "padre della

musicoterapia", è stato determinante nel far progredire la professione in termini di un punto di vista organizzativo ed educativo. I primi programmi di formazione del college di musicoterapia furono creati negli stessi anni. Infine nel 1998 viene fondata L'American Music Therapy Association for Music Therapy (AMTA), che attualmente è l'ente di riferimento per quanto riguarda la formazione per terapisti musicali e studenti. Inoltre è la più grande associazione di musicoterapia negli Stati Uniti, in rappresentanza di musicoterapisti negli Stati Uniti e in oltre 30 paesi in tutto il mondo. [26]

PRO

GET

TO

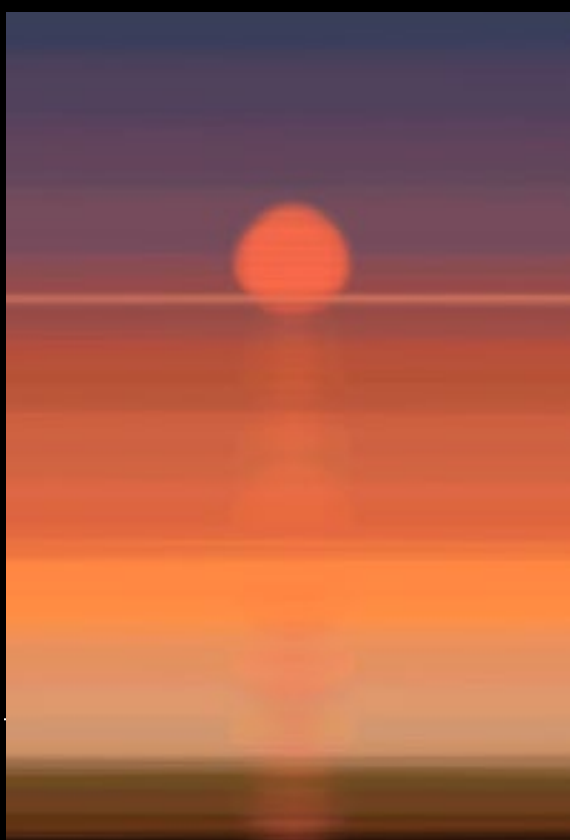


/ ARTISTI DI RIFERIMENTO

Infinite Sunset

Si tratta di una sperimentazione di visual generativi, creato grazie all'API di Google Search, che come output ha la creazione di una nuova applicazione Processing. A partire da frammenti di immagini di tramonti provenienti dall'archivio di Google immagini, l'applicazione genera un nuovo visual rappresentando un tramonto artificiale. La caratteristica interessante del progetto, oltre alla modalità generativa dell'esecuzione, è la scelta della rappresentazione, la quale ricade su un soggetto che ha risaputi effetti rilassanti sulla sfera emotiva personale. Questa scelta lascia intendere inoltre come ci sia bisogno nella produzione artistica contemporanea, di lavori orientati verso il benessere psicologico del pubblico. [27]

"CREATO DOPO AVER VISITATO KAUAI E AVER AMMIRATO IL PACIFICO PER UN BEL PO' MENTRE CALAVA IL SOLE USA INTENZIONALMENTE ELEMENTI GRAFICI SEMPLICI PER DESCRIVERE VISIVAMENTE UN PAESAGGIO MARINO AL TRAMONTO, SEMPRE IN CAMBIAMENTO NONOSTANTE LA SUA RIPETITIVITA. IL PEZZO FATTO PER ESSERE VISTO DA VARI DISPOSITIVI E IN VARI CONTESTI ED QUINDI UNA COMPOSIZIONE REATTIVA. ESTETICAMENTE IL PEZZO SEGUE LA PUREZZA RIDUZIONISTA DI CERTE PROSPETTIVE MODERNISTE DI META SECOLO, MA USA UN CODICE CONTEMPORANEO E GENERATIVO. "



[27] Vice, E. Rosenthal, *Trovate lo zen in questi tramonti digitali*, 2015,



Olafur Eliasson

**MI INTERESSA
MOLTO POTER
STIMOLARE UN
CAMBIAMENTO
NELLA
PERCEZIONE E NEL
COMPORAMENTO.
LA PERCEZIONE
TEORETICA E
INTELLETTUALE,
LA CONOSCENZA
E I DATI SONO
IMPORTANTI, MA
ALTRETTANTO
IMPORTANTE SAPER
TRASFORMARE
QUESTA
CONOSCENZA
IN STRATEGIE
CONCRETE DI
COMPORAMENTO?
CIT.
OLAFUR ELIASSON**

È un'artista danese estremamente poliedrico, i suoi progetti sperimentano la coniugazione di molteplici forme d'arte: scultura, pittura, fotografia e media digitali per aumentare il coinvolgimento degli spettatori. La sua ricerca artistica si concentra sull'unione sperimentale di luci, materiali e colori, di come questi interagiscano con l'ambiente circostante e di come influenzino il comportamento degli spettatori che osservano l'opera. Proprio qui che entra in gioco il ruolo del visitatore a cui è richiesta una partecipazione attiva per essere parte integrante dell'esperienza artistica. L'artista danese ci invita a riflettere sul nostro mondo di relazionarci con l'ambiente e con il mondo attorno a noi, infatti i suoi progetti superano i limiti degli spazi espositivi

convenzionali, creando un dialogo continuo tra spazio esterno ed interno . Attraverso le sue opere l'artista indaga il ruolo dell'arte nel contesto contemporaneo, puntando alla sensibilizzazione del pubblico verso dei concreti cambiamenti sociali. [28]

L'alterazione percettiva è uno dei fondamenti che permettono all'artista di comunicare il proprio pensiero in modo così diretto ed efficace, portando il pubblico ad interrogarsi sul concetto stesso di realtà e percezione creando una consapevolezza nuova e unica.

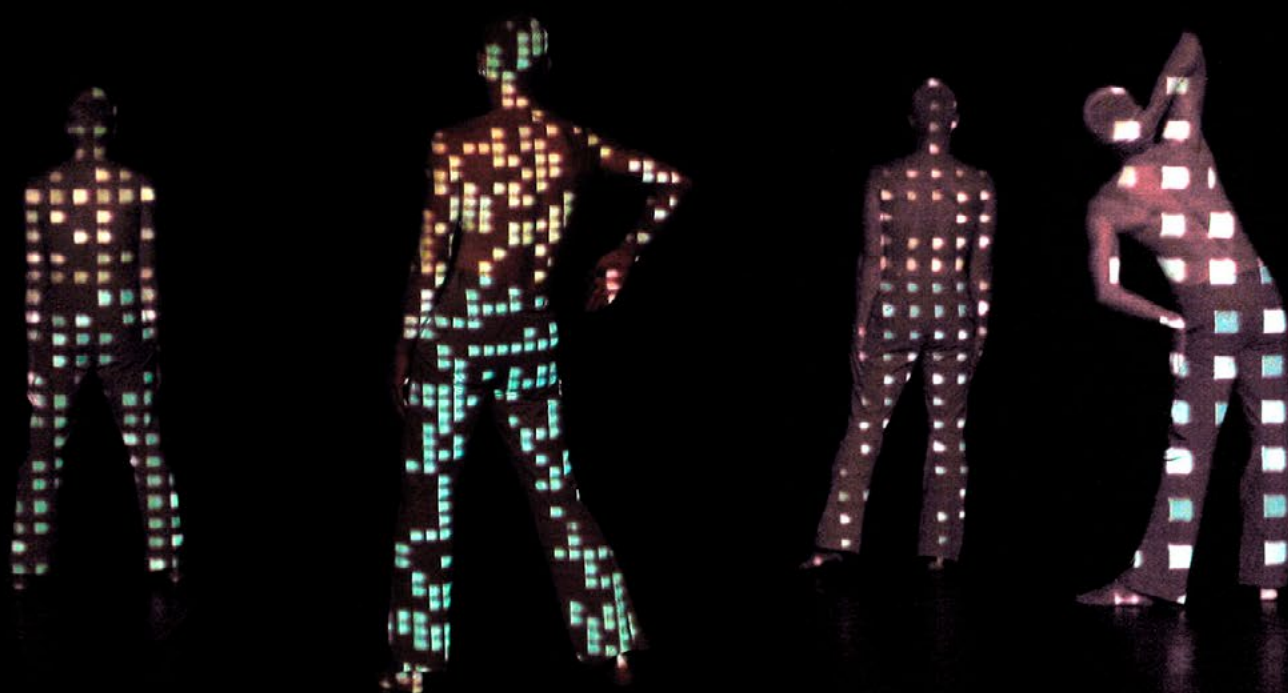
Il progetto più emblematico si intitola "The Weather Project", installazione immersiva del 2003 ospitata nel Tate Modern di Londra.

Onionlab

Lo studio multidisciplinare, situato a Barcellona è uno dei più importanti riferimenti nel campo dell'arte generativa per la creazione di opere immersive e alterazioni ambientali. Sono specializzati nell'utilizzo di tecnologie di mapping ambientale, contenuti audiovisivi, realtà virtuali e sistemi interattivi. I loro progetti coinvolgono l'utente grazie ad un approccio

multisensoriale che spesso combina audio e componenti visivi per creare un'opera unitaria e completa. Il linguaggio visivo è geometrico e minimale, essendo difatti generativo, attraverso il quale però sono capaci di creare atmosfere estremamente articolate.





Klaus Obermaier

L'artista propone al suo pubblico una sperimentazione estrema delle tecnologie di projection mapping e di performance interdisciplinari, combinate in diverse modalità. Uno dei suoi progetti più noti è "Dancing House" diffuso in tutto il mondo proprio per la sua natura digitale. L'opera prevede inoltre il supporto di un dispositivo Kinect per dare vita ad ambiente interattivi, accompagnati da una colonna sonora che rende l'esperienza ancora più vivida ed

immersiva. Il Progetto sviluppa in modo decisamente efficace il sistema di interazione basato su feedback, integrando infatti il movimento umano, suono, ed immagini l'opera viene profondamente influenzata dalle azioni del pubblico, creando contenuti generativi personalizzati in tempo reale. La sua interdisciplinarietà permette ad Obermaier di concepire progetti che esplorano le potenzialità delle nuove arti digitali, verso nuove realtà generative.

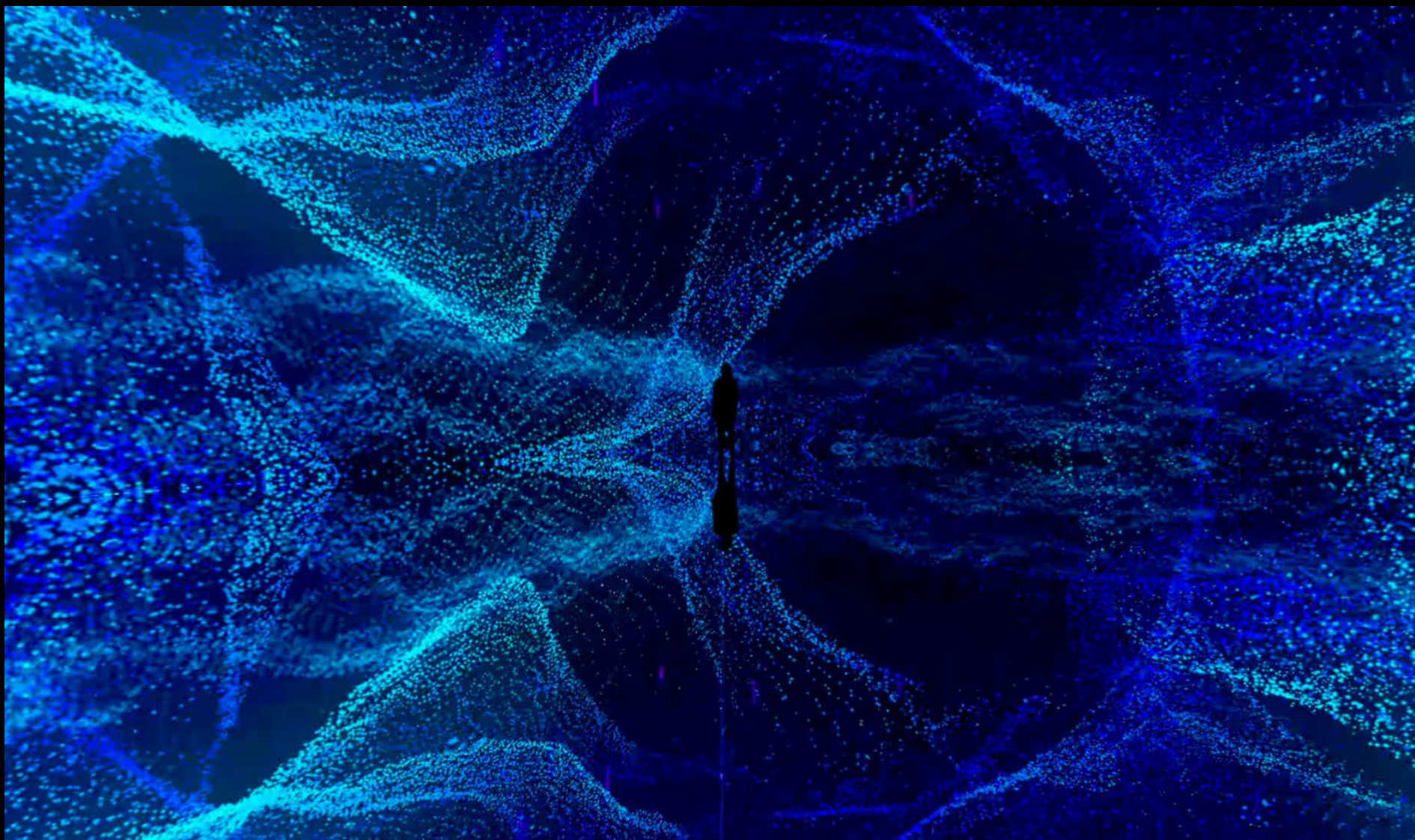
Fuse

I creativi di studio Fuse è l'esempio italiano più rappresentativo della sperimentazione nel campo delle arti digitali contemporanee. La loro ricerca artistica si basa sul riformulare la complessità delle dei fenomeni naturali e di conseguenza anche umani; i contenuti multimediali e le installazioni immersive che creano hanno la capacità di amplificare ed espandere la forza emotiva del progetto. Grazie a questi obiettivi il gruppo ha sviluppato nuovi metodi per l'unione di luci, colori, spazi e suoni dando vita a progetti multimediali sperimentali. Lo studio opera nell'ambito disciplinare e collabora spesso con istituzioni culturali, raggiungendo un successo internazionale.

Uno dei lavori più rappresentativi è l'installazione "Everything in Exitance" dove il gruppo raggiunge un mescolanza di linguaggi artistici, scientifici e tecnologici per esplorare la percezione umana attraverso alterazioni visivi della realtà, sfidando il concetto di esistenza dei visitatori e invitandoli ad considerare i concetti di progressione e regressione umana da una prospettiva diversa. Nello specifico l'installazione è composta da quattro diverse stanze dove vengono ospitate quattro installazione immersive ed interattive, dove il visitatore prende parte al processo creativo generando parti dell'installazione.



Ouchhh



Il team di Ouchhh è un pioniere nell'impiego delle tecnologie, ottenendo ottimi risultati nei campi del data paintings, data sculptures, intelligenza artificiale, sculture data driven, esperienze immersive basate su kinect e molto altro. I componenti del team rendono il collettivo ancora più interdisciplinare, accogliendo ingegneri, accademici, designer, informatici, animatori, ciò che li accomuna è una visione comune dell'integrazione di arte e tecnologia. Il principale mezzo di sperimentazione è l'arte generativa, osservabile nei progetti di maggior successo creati dallo studio, come ad esempio "Ocean Data" e

"Homeomorphism". In "homeomorphism", Ouchhh modifica una mappa topografica delle formazioni geologiche del New Mexico rappresentandolo attraverso forme geometriche per rappresentare il continuo cambiamento del suolo e del territorio. In "Ocean Data" viene utilizzato un approccio simile: installazione rielabora i dati scientifici del North Atlas Ocean and Bay Of Biscay and Bordeaux per creare un'esperienza immersiva volta a sensibilizzare il pubblico sul rapporto con la natura che ci circonda.

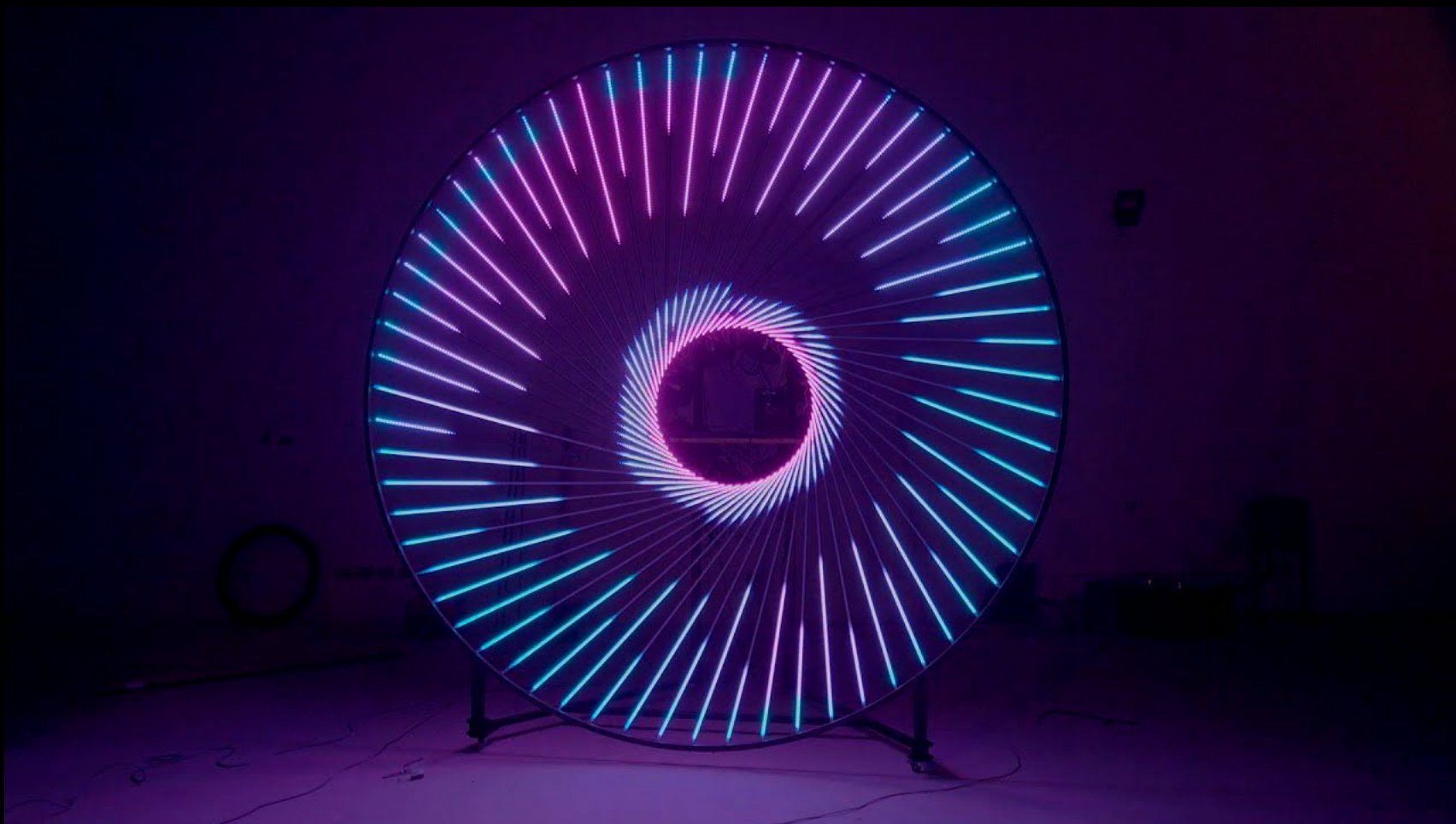
/ CASI STUDIO

In a Heartbeat

Nel 2019 l'azienda Uncommon commissiona al light artist Marcus Lyall di realizzare nel loro studio un'installazione interattiva composta da luci e suoni.

L'installazione "in a Heartbeat", composta da 7200 LED monitora la frequenza cardiaca ed i livelli di stress attraverso un sensore di tipo fotoplethimografico, il progetto è concepito per promuovere il benessere, rendendo le persone

consapevoli dei segnali provenienti dal proprio corpo e di come questi ultimi incidano sulla vita di tutti i giorni. Il sistema interattivo è stato programmato con Touchdesigner e Arduino per ricevere i segnali dal sensore di pulsazioni, il dato che viene preso in considerazione è La variabilità del battito cardiaco (HRV) [29]. Dall'elaborazione di queste informazioni viene generata l'installazione audiovisiva.



[29] Cecile Lebon, *In a Heartbeat Project*

Ethereal

Ethereal Immersive, un Gruppo di 13 studenti dell'università di Drexel, hanno creato un'installazione digitale ed interattiva senza alcuna esperienza pregressa. Il progetto si basa sul cambiamento di scenario in relazione alla frequenza cardiaca rilevata con un sensore fotopleletismografico. [30] Il team ha individuato

5 scenari che si alternassero durante l'installazione, i visual si basano sul concetto di profondità in questo caso del mare, in cui gli utenti potessero identificare il proprio stato emotivo con la posizione ideale nell'oceano.



On breath

L'installazione ha l'obiettivo di sensibilizzare ed informare gli utenti sul tema della respirazione: la riduzione dello stress e la variabilità della frequenza cardiaca sono i benefici tipici della gestione del respiro, comprende anche il rapporto tra respiro e percezione del tempo. Esistono molte applicazioni per la meditazione. Tuttavia, sul mercato mancano sensori interattivi per il respiro. Per il progetto è stato utilizzato l'unico attualmente disponibile per i consumatori, Spire Health Tags. Questo progetto è un esperimento che mira ad essere realizzato con maggiore accuratezza e precisione in futuro.

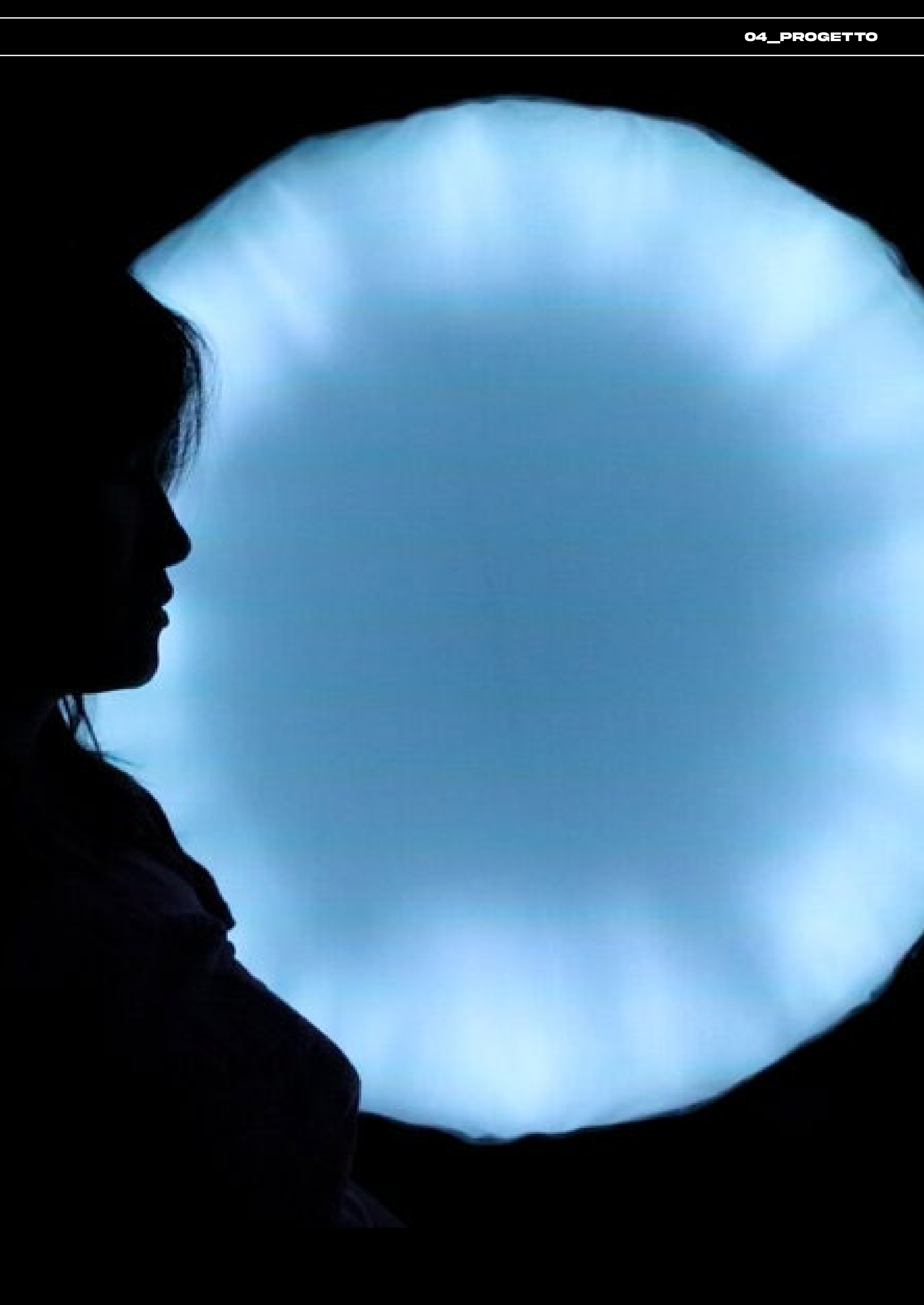
On breath è un'interfaccia luminosa che utilizza i dati del respiro umano per fornire un feedback che modifichi il nostro rapporto con il tempo. L'ipotesi è che il tempo sia malleabile e che le persone possano controllarne consapevolmente la percezione. L'obiettivo

è creare dispositivi che aiutino le persone a diventare più consapevoli dei propri schemi respiratori e ad acquisire un controllo sulla percezione del tempo attraverso la gestione dei respiri. Il prodotto finale può variare in scala, da un'installazione ambientale a un dispositivo compatto da indossare.

Ci sono tre diverse interfacce che si possono usare per interagire con la luce:

- o La modalità di guida alla respirazione segue i partecipanti con indicazioni temporizzate.
- o Un sistema basato sulla soglia che informa l'utente se la sua respirazione supera il limite preimpostato di respiri al minuto.
- o La modalità obiettivo respiro, che stabilisce un limite per il numero di respiri assegnati per un giorno, simile a un contapassi che funziona al contrario. [31]

[31] K. Ishraki, *On Breath Project*



See Stress differently Campaign

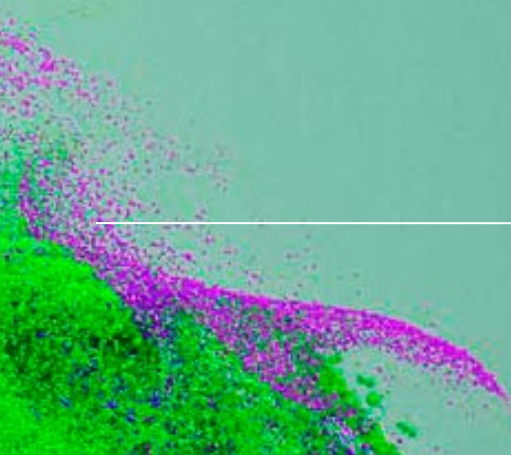
L'obiettivo era creare un'esperienza che permettesse all'utente di vedere una rappresentazione artistica degli effetti dello stress sul proprio corpo. L'esperienza prevedeva l'applicazione di sensori biometrici e l'utilizzo dei dati in tempo reale per creare un'esperienza reattiva che raccontasse all'utente cosa stava succedendo nel suo

corpo in relazione allo stress. Sono stati utilizzati mix di animazioni Houdini ad alta fedeltà e di effetti visivi in tempo reale. [32] Gli utenti hanno ricevuto una stampa e un'e-mail delle immagini risultanti, generate automaticamente nell'esperienza.



SEE STRESS DIFFER

RENTLY



/ UTENZA

Il progetto propone un intervento tecnico di supporto a specifiche tecniche di terapie psicofisiologiche, tuttavia non avendo contro indicazioni, ma anzi, aumentando la consapevolezza personale dei propri processi fisici e mentali, l'utilizzo è aperto ad un bacino di utenza molto ampio, data la natura open source del progetto. Proprio perché l'obiettivo è sensibilizzare e dare l'opportunità ai possibili utenti di stringere un contatto più forte con la propria interiorità.

Per quanto riguarda il supporto strettamente terapeutico il progetto può supportare terapie con diversi scopi riabilitativi, a partire da uno dei sensi fondamentali, che in molti casi può subire danni: la propriocezione. I disturbi della propriocezione, come indicato in precedenza, possono avere diversi risvolti in base alla zona del cervello che subisce la lesione, il progetto potrebbe essere applicato come supporto ad una terapia di biofeedback che

sottopone il paziente a delle sessioni di training che coinvolgono mirate alla riabilitazione del sistema nervoso viscerale. Potenzialmente potrebbe essere efficace nel trattamento delle patologie di disturbi neurofisiologici come l'aprassia, i fenomeni autoscopici e la sindrome dell'arto fantasma. Molto spesso le persone che presentano questi disturbi si sviluppano in soggetti che hanno subito dei danni cerebrali derivanti da gravi incidenti, che portano spesso allo sviluppo da parte del paziente di un disturbo post traumatico da stress; anch'esso potrebbe essere potenzialmente trattato da una training di biofeedback con il supporto del progetto.

In generale la sua efficacia sarebbe senza dubbio garantita se integrato a sedute di psicoanalisi, per misurare lo stato d'animo del paziente rispetto a determinati stimoli, argomenti.

/ REQUISITI PROGETTUALI

Oltre alle motivazioni precedentemente elencate, è stato scelto il biofeedback come campo d'impiego perché presenta delle

caratteristiche di comunicazione con l'utente che potrebbero essere implementate per garantire un effetto più efficace.

AFFORDANCE VISIVA

Gli attuali mezzi visivi di restituzione dei feedback all'interno delle terapie di biofeedback rappresentano le informazioni ricevute dai dispositivi in modo particolarmente asettico con caratteristiche visive determinate in modo arbitrario e non secondo degli studi della percezione che possano aiutare il paziente ad interiorizzare al meglio l'informazione.

Il servizio attualmente proposto al paziente infatti non prevede alcun tipo di traduzione dei dati, ma una semplice proiezione. Il progetto propone quindi una trasformazione visiva dei dati basati sulle conoscenze relative alla percezione all'affordance cognitiva, in modo che possa essere di spontanea e semplice comprensione per la persona che sta effettuando il trattamento, così da comprendere meglio le reazioni fisiologiche che si stanno verificando nel proprio corpo.

OPEN SOURCE

Il progetto, proprio per le motivazioni che hanno dato inizio al suo sviluppo, mira ad essere uno strumento opensource, anche perché l'obiettivo del progetto è quello di proporre uno strumento di supporto terapeutico, ma anche uno strumento conoscitivo, aperto a tutti. Di conseguenza chiunque potrà avere libero accesso ai dettagli tecnici della progettazione, in accordo con i dispositivi che vengono utilizzati per la sua realizzazione: i dispositivi Arduino.

INCLUSIONE

La nuova concezione degli output visivi, è pensata per essere comprensibile da qualsiasi tipo di utente, di qualsiasi tipo di età e proveniente da qualsiasi parte del mondo, proprio perché la rappresentazione si basa sui principi derivanti dallo studio della percezione visiva, che quindi è indipendente dall'aspetto culturale.

/ SCELTE PROGETTUALI

L'arte generativa consiste nella generazione di svariate forme d'arte basate su un set di regole in un contesto procedurale. Esistono diverse modalità e approcci per raggiungere forme astratte di arte generativa, come ad esempio l'utilizzo di sensori di parametri vitali come ad esempio il riconoscimento facciale, sensori di frequenza cardiaca, conduzione cutanea e molti altri.

Per questo progetto è stato deciso di adottare una tecnologia basata sul rilevamento di frequenze cardiache, perché sebbene sia un sistema di rilevazione poco preciso, la sua utilità nella divisione di stati emotivi, anche se molto approssimativa, è piuttosto efficace. Infatti per ottenere un risultato veramente attendibile sarebbe necessario combinare diversi tipi di rilevazione dei parametri completi, in modo da ottenere un quadro molto più completo della sfera emotiva dell'utente, di cui si riuscirebbero a captare in maniera più accurata i passaggi e le sfumature all'interno del sentimento stesso. Ad esempio potremmo dividere l'emozione della rabbia

in diverse sottocategorie costituite da una diversa intensità: fastidio, esasperazione, frustrazione, furia ecc. Tuttavia utilizzando un solo tipo di sensore non è possibile raccogliere dati sufficienti per un'identificazione così dettagliata. [33]

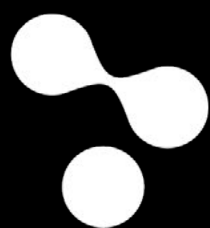
La scelta di utilizzare un solo sensore deriva anche da una mancanza di conoscenze nell'ambito medico-scientifico, di conseguenza addentrarsi in un contesto completamente sconosciuto senza l'affiancamento di una figura esperta avrebbe potuto portare al raggiungimento di più errori che risultati. Inoltre esistono sperimentazioni svolte con la stessa metodologia che in ogni caso evidenziano dei risultati di comprovata attendibilità, sempre per quanto riguarda contesti sperimentali in fase di sviluppo. Uno studio particolarmente riuscito è quello condotto dai ricercatori A. Kushagra, e R. Radha nel campo della produzione artistica realizzata da soggetti affetti da gravi forme di autismo. [34]

[33] A. E. Rey, R.N. Rojas Bello. *Paper & Artworks: A window to the emotions*. GA2009–XII Generative Art Conference, Politecnico di Milano.

[34] A. Kushagra, R. Radha. *Creating Generative Art through Processing using Heart Rate Sensing*. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)

/ ASPETTO TECNICO

Software



TOUCHDESIGNER BY DERIVATIVE

La scelta ricade su questo software per la sua natura eclettica, che unisce in un unico ecosistema l'aspetto artistico e l'approccio tecnico-informatico di gestione dei parametri, che lo rende adatto ad essere utilizzato nella progettazione di diversi tipi di interventi. Di fondamentale importanza è la compatibilità con i dispositivi Arduino ed i sensori ad esso collegati, che aprono le porte all'immenso scenario dei progetti "DIY" donando così la possibilità alle persone non vivono realtà particolarmente tecnologiche di

avvicinarsi in modo autonomo al mondo dell'autoprogettazione. Inoltre il programma si basa su una logica generativa, che si adatta perfettamente al concept di progetto: è l'utente stesso che genera e altera attraverso il suo stato psicofisico i visual che vengono presentati. I parametri vitali, dati che spesso risultano a primo impatto incomprensibili, o accessibili solo a chi si trova nell'ambito sanitario-scientifico, possono essere tradotti in elementi grafici ed essere leggibili a tutti, indistintamente dalle proprie conoscenze.

Dispositivo: Arduino



Si tratta di una scheda elettronica utilizzata per la creazione di progetti di robotica, elettronica, domotica, arti visive e molto altro ancora. La sua particolarità risiede nella sua natura open source, infatti le informazioni relative ai componenti e al progetto sono liberamente consultabili da chiunque, rendendolo uno strumento che trova il proprio sviluppo anche nel contributo che apportano gli utenti attraverso le loro creazioni. Infatti il progetto Arduino nasce dalla volontà di permettere a creativi, designer e progettisti di prototipare e progettare le loro idee senza dover per forza essere in possesso di alte conoscenze tecniche, rendendo la creazione di progetti elettronici veloce ma soprattutto alla

portata di tutti. La scheda è programmabile con microcontrollore e compresa di una componente software, o IDE, attraverso la quale è possibile, (collegando la scheda a computer) programmare e caricare codice informatico in linguaggio "C". Un'altra caratteristica fondamentale è la presenza di svariati collegamenti disponibili direttamente sulla scheda, che permettono il collegamento di sensori e dispositivi esterni di vario tipo. Per questo progetto è stato scelto il modello Arduino Uno, le cui caratteristiche si adattano alla maggior parte dei progetti, disponendo anche di sistemi di input analogici, necessari per il collegamento del sensore.

Sensore



Questo tipo di sensore viene chiamato fotopleitismo e ha la capacità di rilevare le pulsazioni e di conseguenza i bpm (battito per minuto) oggetto di ricerca su cui si basa il progetto. La tecnologia del sensore è la stessa utilizzata dagli accessori intelligenti (molto comuni gli orologi): il sensore emette una luce a infrarossi per studiare il livello di

diffusione dei raggi all'interno dei tessuti, in base ai gradi di diffusione vengono analizzati i livelli di irradiazione sanguigna. Il dispositivo, composto da una sorgente luminosa ed una fotocellula, può essere posizionato sia sui polpastrelli delle mani, sia sui lobi delle orecchie.

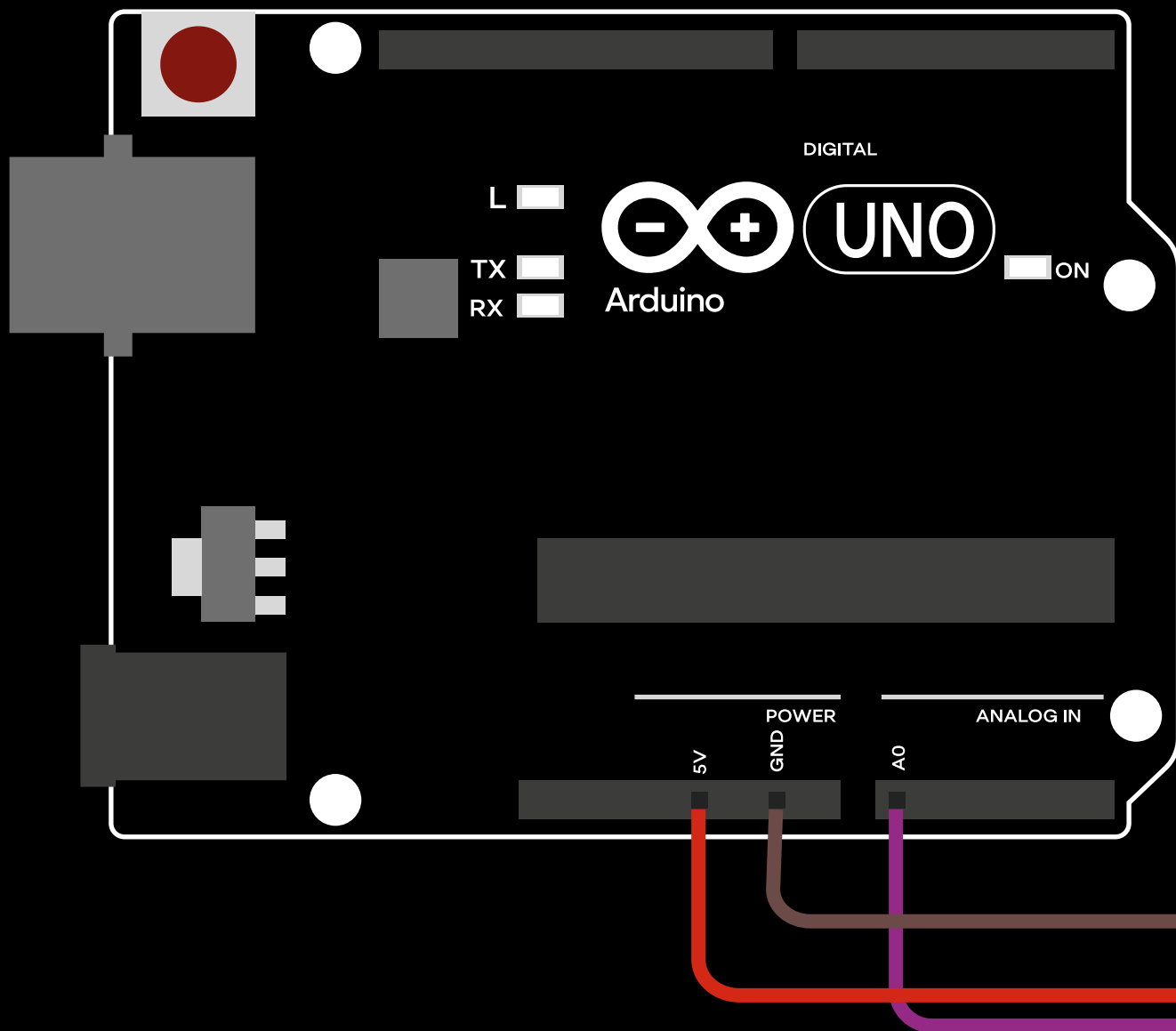
Specifiche tecniche

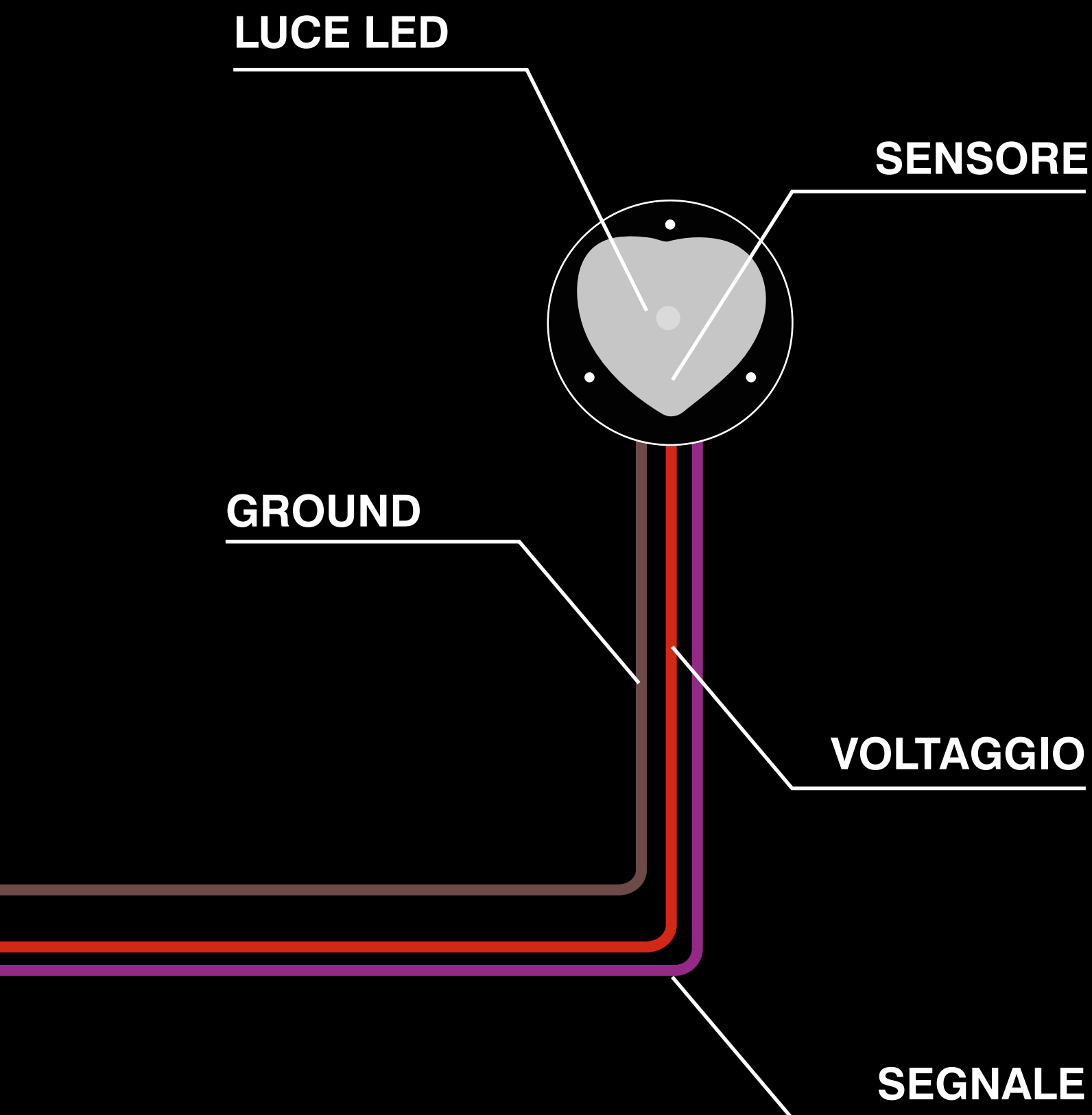
Valori massimi	VCC	3.0-5.5V
	IMax	<4mA
	VOut	0.3 to VCC
Lunghezza d'onda	LED Output	565 nm
	Sensor Input	525 nm
Dimensioni	LxW (PBC)	15.8 mm
	Luce Lead	20 cm

Nello specifico il funzionamento si basa sul fatto che le emoglobine ossigenate presenti nel sangue arterioso assorbono la luce verde, di conseguenza all'aumentare della presenza delle emoglobine nel sangue aumenta anche

il livello di assorbimento della luce verde. Ad ogni battito cardiaco, viene pompato il sangue attraverso le dita, causando una variazione nella quantità di luce che viene riflessa.

Assemblaggio del prototipo





Il sensore è dotato di tre connettori maschili che vengono rispettivamente collegati ad Arduino attraverso due canali analogici relativi

alla potenza: Ground e 5Volt, mentre il terzo viene collegato al canale A0.

IDE: Pulsensor Playground

Dopodiché la scheda viene collegata al computer e attraverso il software IDE viene caricato il codice specifico per il progetto, reperibile direttamente dalla libreria Arduino, a cui sono state apportate delle modifiche per fare in modo che i dati venissero interpretati più

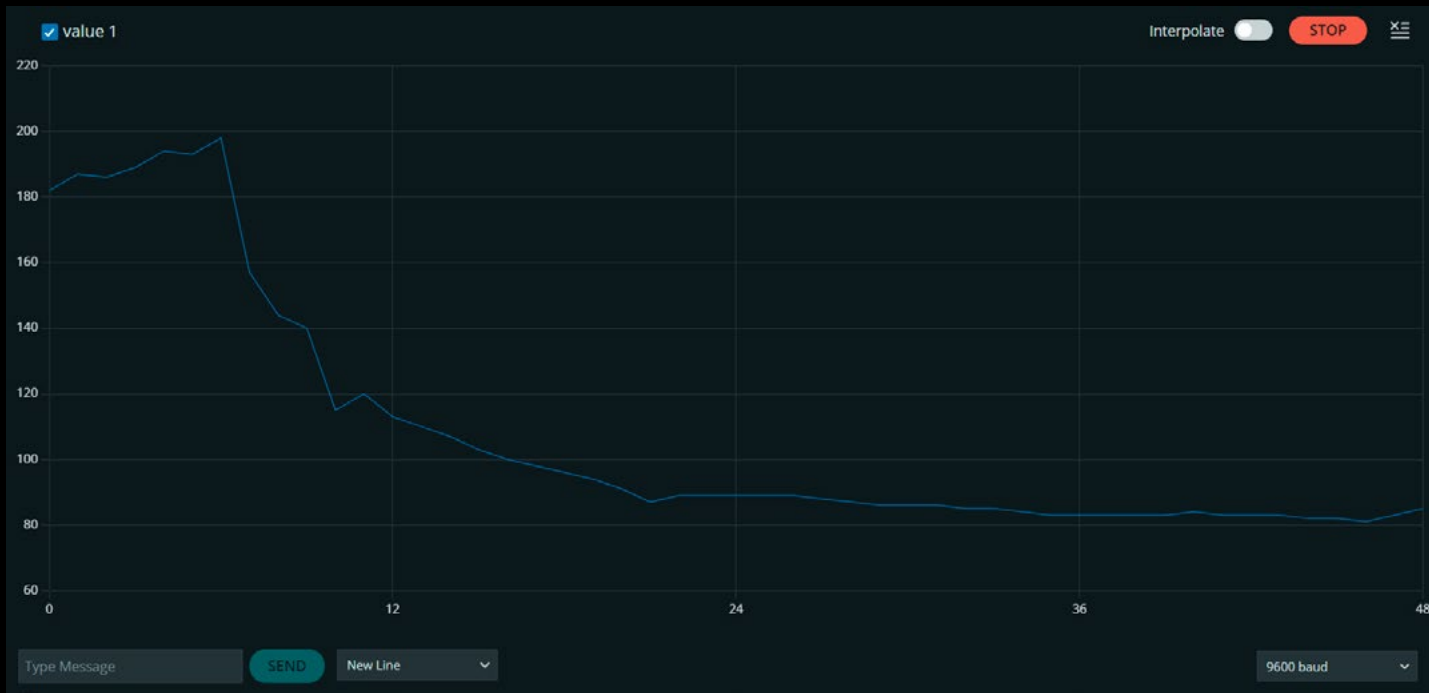
facilmente una volta importati nel programma TouchDesigner. A questo punto dal software IDE è già possibile verificarne il funzionamento attraverso il serial plotter, in cui viene visualizzato il grafico basato sui bpm captati in tempo reale dal sensore.

```

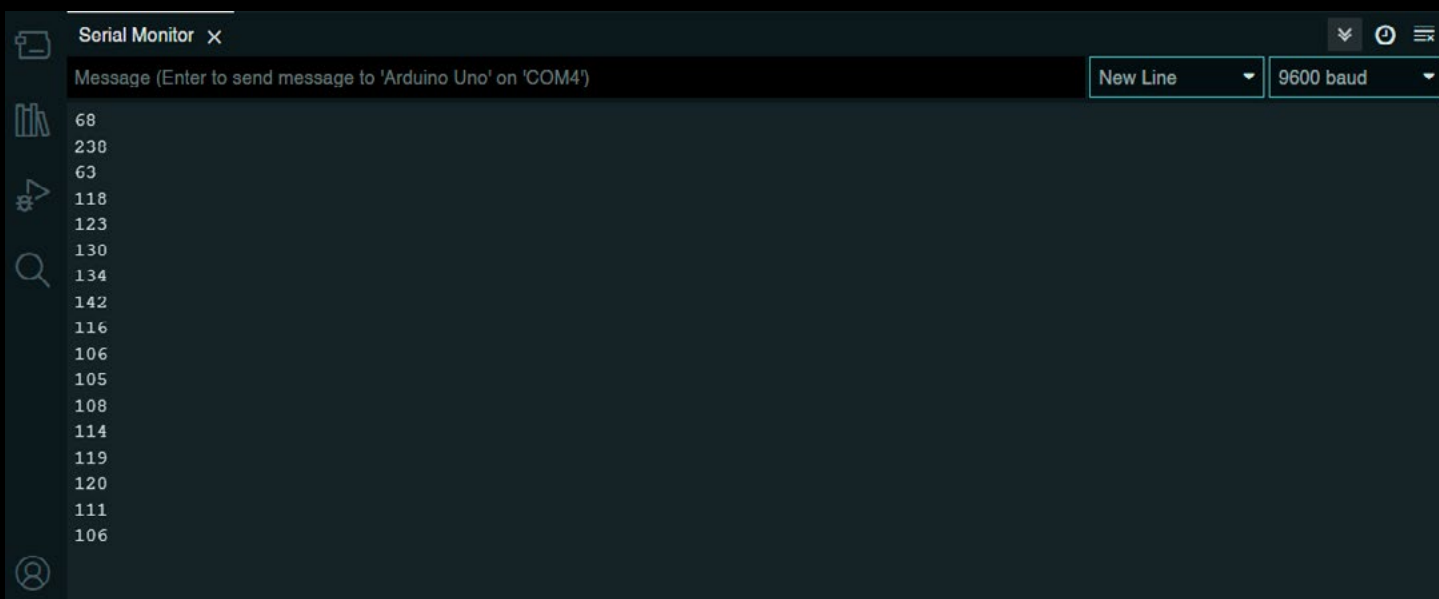
1091 bpm solo cifra.ino
4 // Use This Sketch To
5 1) Displays user's live and changing BPM, beats per minute, in Arduino's native serial monitor.
6 2) Print: "♥ A Heartbeat Happened!" when a beat is detected, live.
7 3) Learn about using a PulseSensor Library "Object".
8 4) Blinks LED on PIN 13 with user's Heartbeat.
9
10 //
11 #define USE_ARMY_NO_INTERRUPTS true // Set up low level interrupts for most accurate BPM math.
12 #include <PulseSensorPlayground.h> // Includes the PulseSensorPlayground Library.
13 // Variables
14 const int PulseWire = 0; // PulseSensor PURPLE WIRE connected to ANALOG PIN 0
15 const int LED13 = 13; // the on-board arduino LED, close to PIN 13.
16 int threshold = 500; // Determine which signal to "count as a beat" and which to ignore.
17 // use the "heartbeat started" object to fine-tune threshold value beyond default setting.
18 // otherwise leave the default "500" value.
19 PulseSensorPlayground pulseSensor; // creates an instance of the PulseSensorPlayground object called "pulseSensor"
20
21 void setup() {
22   Serial.begin(9600); // for Serial Monitor
23   // Configure the PulseSensor object, by assigning our variables to it.
24   pulseSensor.analogInput(PulseWire);
25   pulseSensor.blinkOnPulse(1000); //auto magically blink Arduino's LED with heartbeat.
26   pulseSensor.setThreshold(threshold);
27   // Double-check the "pulseSensor" object was created and "begin" seeing a signal.
28   if (pulseSensor.begin()) {
29     Serial.println("We created a pulseSensor Object!"); //this prints our line at Arduino power up, or on Arduino reset.
30   }
31 }
32
33 void loop() {
34   int myBPM = pulseSensor.getBeatsPerMinute(); // calls function on our pulseSensor object that returns BPM as an "int".
35   // "myBPM" hold this BPM value now.
36   // constantly test to see if "a beat happened".
37   if (pulseSensor.wasStartOfBeat()) {
38     Serial.println("♥ A Heartbeat Happened!"); // if test is "true", print a message "a heartbeat happened".
39     Serial.println(myBPM); // print the value inside of myBPM.
40   }
41   delay(20); // considered best practice in a simple sketch.
42 }

```

CODICE



SERIAL PLOTTER

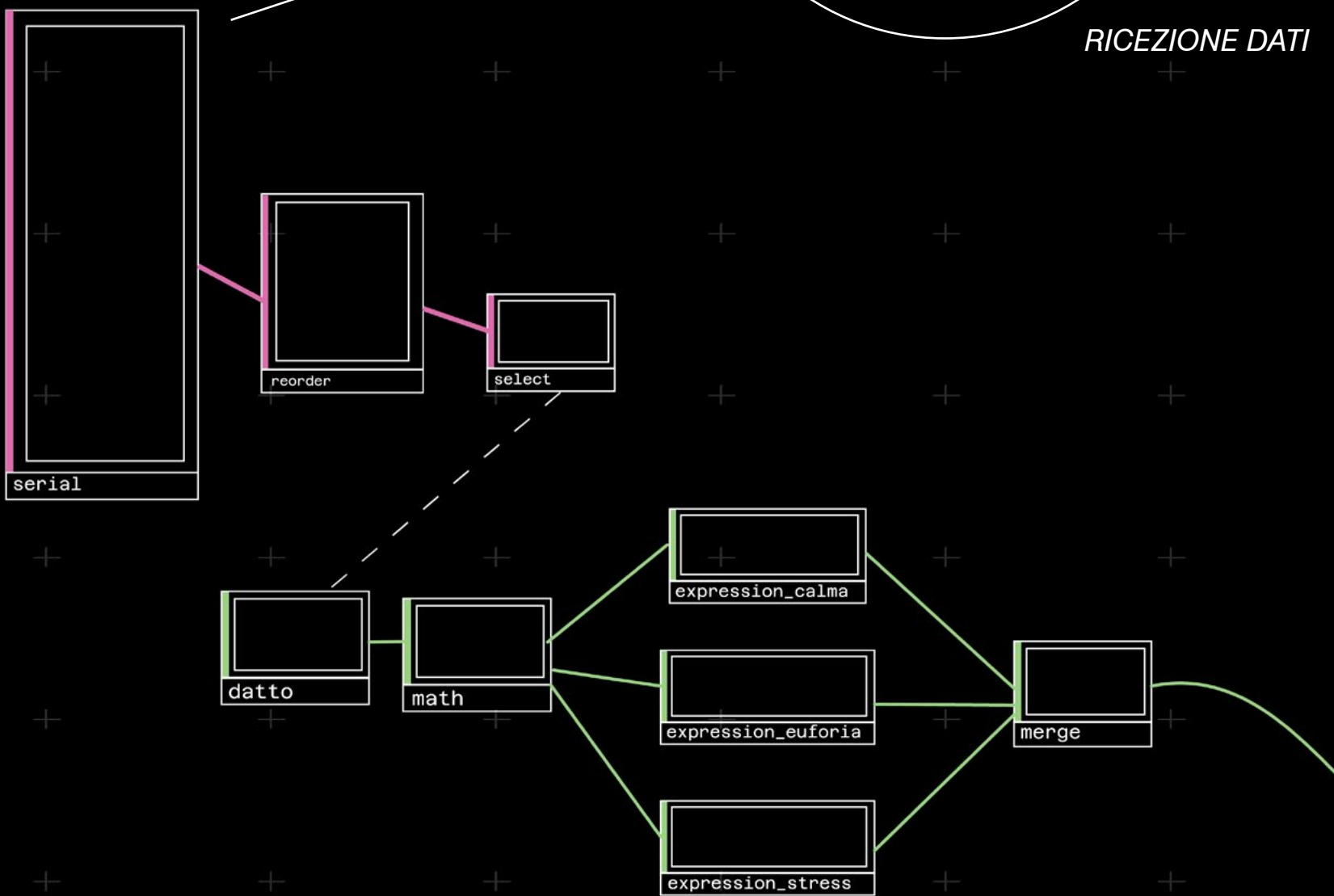


SERIAL MONITOR

/ GESTIONE DEI DATI IN TOUCHDESIGNER

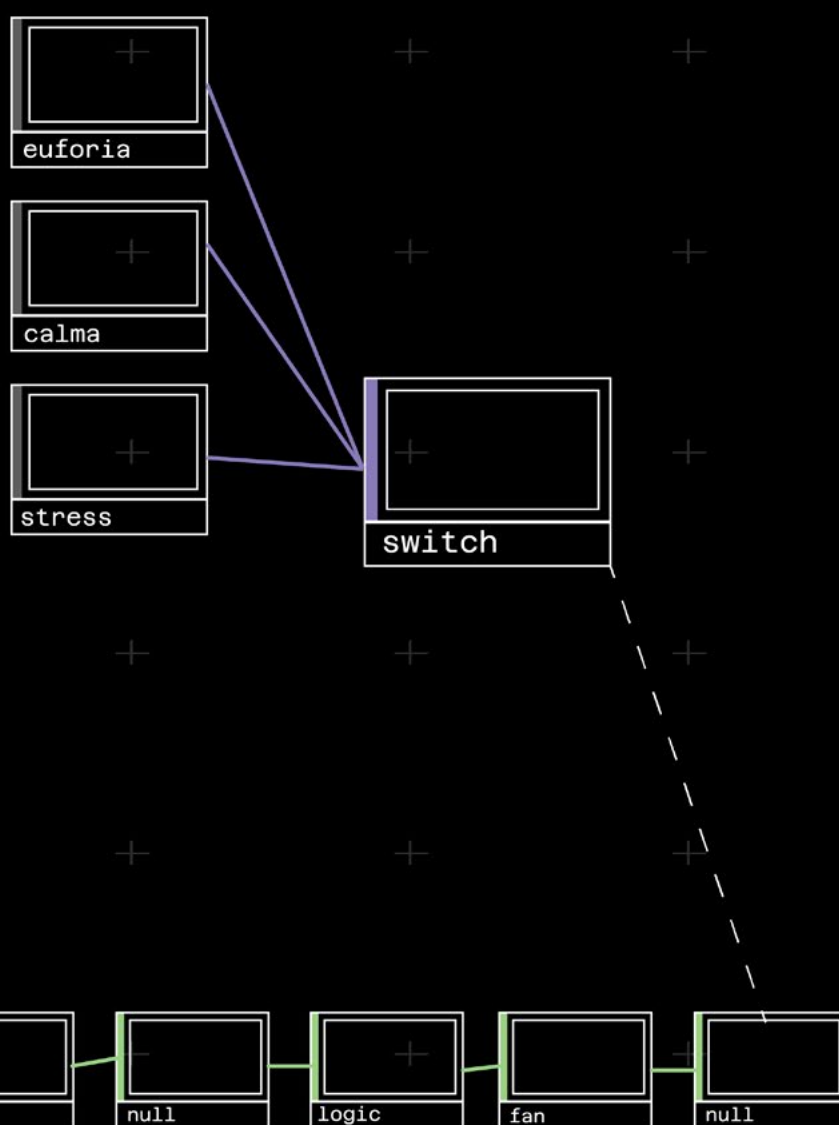


RICEZIONE DATI



L'importazione dei bpm rilevati dal sensore viene trasportato su touchdesigner collegando direttamente la scheda Arduino al programma

attraverso un operatore che regola gli input di dati seriali, in questo modo i dati compaiono in tempo reale sullo script seriale.



Attraverso questi operatori vengono descritte le espressioni python con il quale vengono definiti le tre fasce di valori bpm a seconda del quale il visual subirà variazioni:

(Con 1 si intende il valore massimo del canale di riferimento)

- *Sotto 70 Calma : 1 if op('math1')[0] < 7 else 0*
- *Tra 70 e 80 Euforia: 1 if op('math1')[0] >= 7 and op('math1')[0] <= 8 else*
- *Sopra gli 80 Rabbia/Stress: 1 if op('math1')[0] > 8 else 0*

/ DEFINIZIONE DEI VISUAL

I colori e forme degli elementi generativi corrispondono agli stati d'animo identificati dal sensore, seguendo la logica delle terapie

di biofeedback i visual vengono realizzati seguendo i principi della psicologia della percezione di forme e colori.

CALMA

È definita dalla predominanza di colori tenui, con un livello di saturazione medio-basso per enfatizzare il concetto visivo di leggerezza, le tinte predominanti sono quelle del verde e del blu, che notoriamente possiedono un effetto calmante sulla psiche. Il blu è una tonalità poco presente in natura, che di conseguenza si ricollega ai concetti di spazialità ed infinto e leggerezza che ci porta ad un'evasione mentale dalla realtà, non suscita entusiasmi: è tranquillo, pacifico, quasi neutro. La sua natura lo rende un colore non aggressivo e quindi non trasgressivo, anzi tranquillizza e unisce, non a caso tutte le organizzazioni internazionali scelgono il blu come colore emblematico. Al contrario il verde, che è il colore prevalente della realtà che ci circonda ha dimostrato effetti profondamente rilassanti e benefici sul benessere psicofisico, questo deriva dal fatto che primitivamente il nostro habitat era composto

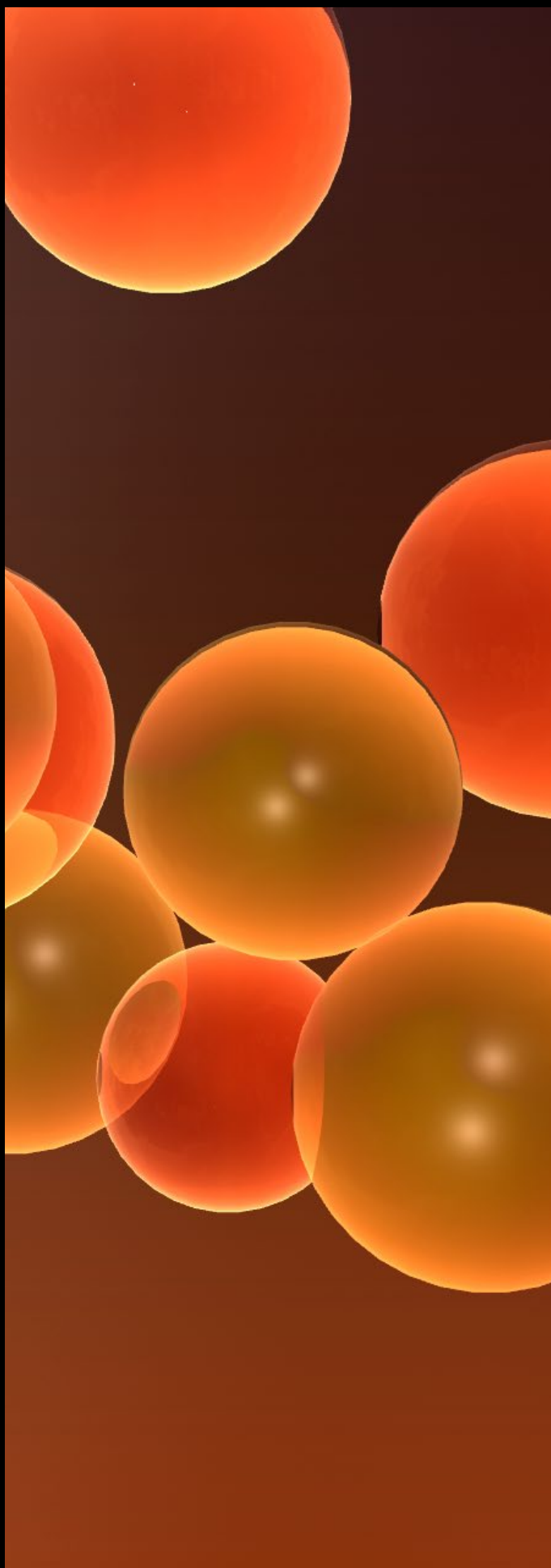
quasi unicamente da questo colore, di conseguenza viene riconosciuto cognitivamente come un elemento positivo. I connotati dei colori vengono evidenziati dalla texture: opaca e con un lieve livello di trasparenza. Per quanto riguarda le forme la scelta ricade su un sistema di metaball, ovvero forme non definite da vertici o punti che esercitano influenza l'una sull'altra: il risultato finale è una composizione fluida caratterizzate da linee sinuose. Il movimento degli elementi è lento e armonioso, dando spazio alle forme di fondersi e incontrarsi uno scenario fluente.



EUFORIA

In questo scenario le forme sferiche presentano contorni definiti e solidi, che si muovono nello spazio in modo indipendente. I cromatismi dell'immagine si trovano in un range che passa dalle tonalità di giallo fino ad arrivare al vermiglione, gradazioni che sono strettamente collegati ai temi dell'azione sia fisica che mentale, la scelta di passaggio di tonalità indica un graduale attivazione, che coincide con il crescere dei valori bpm. In generale è inteso come un'energia vitale e positiva, una tendenza verso la vitalità in senso ampio e totalizzante. In tal senso il movimento delle forme segue lo stesso principio, dimostrando un andamento dinamico, in cui il percorso di ogni singolo elemento è più

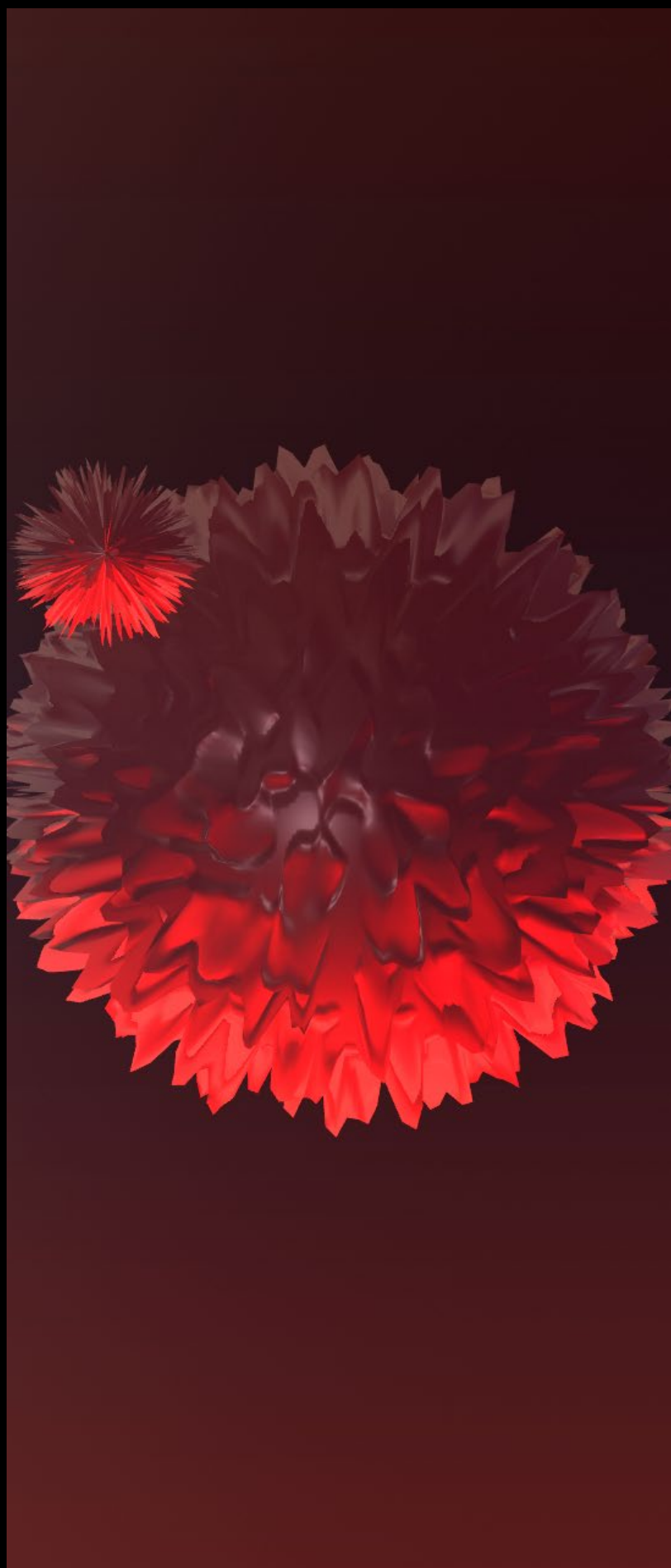
ampio e veloce. Allo stesso modo la texture subisce una variazione, passando da superfici opache a riflettenti, tendenti ad un effetto metallico, spostando così il concetto di dinamismo anche a livello di consistenza visiva delle forme.



STRESS

Con questo termine si intende un tipo di alterazione negativa della sfera sia fisica che emotiva, rilevata attraverso dei valori bpm che indicano uno stato psicofisico nocivo per il benessere, di conseguenza il visual ha lo scopo di allarmare l'utente per incoraggiarlo a tenere sotto controllo questo parametro. Dunque i colori si trovano nel campo del rosso, con una tendenza alle tonalità più scure ed intense, con l'obiettivo di trasmettere alla nostra mente una sensazione di pericolo su cui è opportuno intervenire per cambiare la condizione in

cui ci si trova. Le forme da sinuose e tondeggianti diventano spigolose e pungenti: la forma originaria della sfera viene deturpata da punti di texture che si muovono in modo frenetico e caotico, distruggendo difatti l'armonia della forma sferica. I movimenti accelerano rispetto agli scenari precedenti, sia quelli degli elementi nello spazio, sia i mutamenti degli elementi stessi.



/ SPERIMENTAZIONE

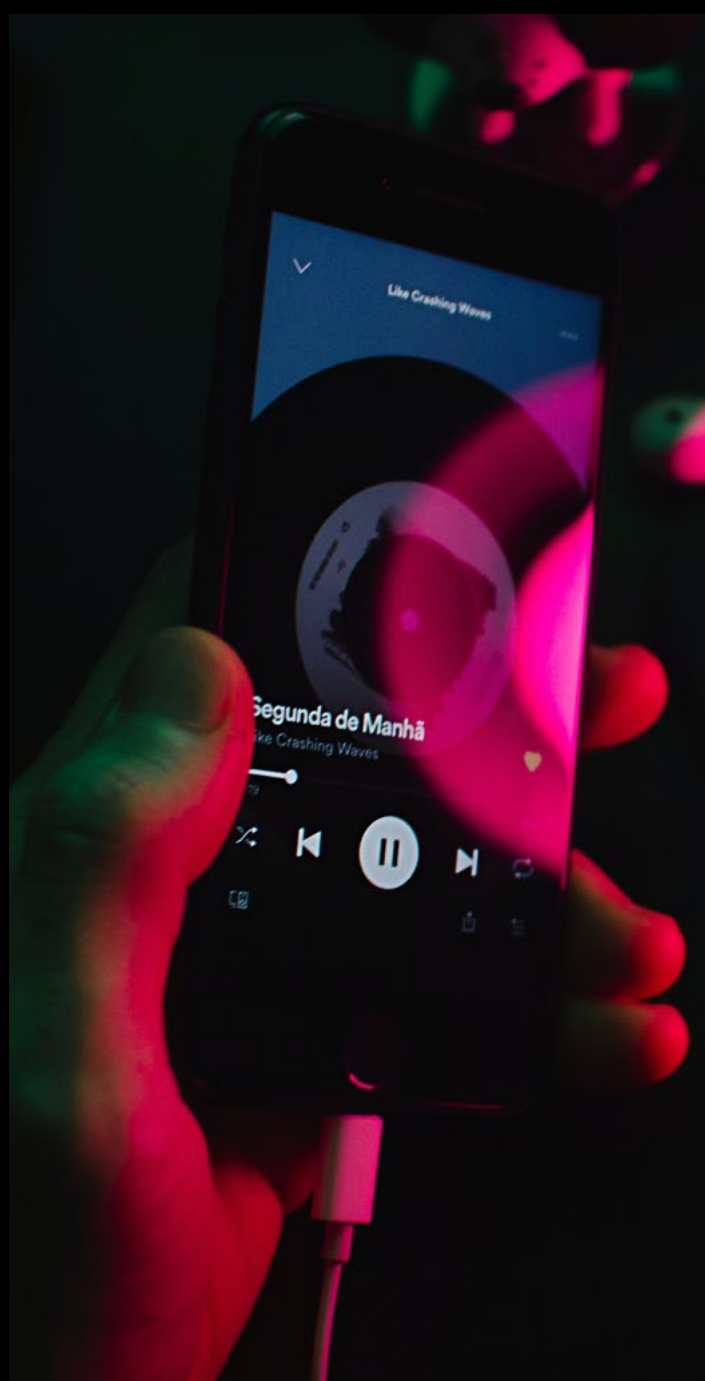
Data la natura inclusiva del progetto, che mira ad essere uno strumento adatto ad un utilizzo autonomo oltre che ad essere utilizzato in contesti terapeutici e considerata la difficoltà di sperimentazione in termini di tempistiche, risorse e competenze cliniche è stato deciso di concentrare la sperimentazione sull'usabilità e sul funzionamento del progetto.

Dunque l'oggetto di verifica è la capacità di rilevazione dei parametri vitali e quindi dello stato emotivo del soggetto, per fare ciò si presuppone di suscitare nel soggetto che partecipa alla sperimentazione delle sensazioni ben precise per poter avere un riscontro sulla veridicità dei dati rilevati dal sensore. Di conseguenza è necessario introdurre degli stimoli, che possano modificare la situazione emotiva della persona, o spingerlo a effettuare percorsi mentali che lo riportino a determinate sensazioni. Per questo si ricorre ai principi della musicoterapia di tipo recettivo, in cui il paziente viene incoraggiato a riflettere sulle proprie emozioni in relazione alla presentazione di input sonori, in questo caso sono stati scelti brani musicali che potessero essere efficace al raggiungimento di questo obiettivo.

Per fare in modo che la verifica sia il più veritiera possibile la persona si deve trovare in un contesto neutro, privo di elementi di distrazione, sia visivi che sonori, in cui possa essere libero di concentrarsi sulla propria interiorità senza che questo processo venga interrotto da elementi esterni. Per verificare che il contesto sia adatto si procede con una rilevazione della frequenza cardiaca senza la somministrazione di stimoli, e senza la presentazione di un feedback visivo, in modo da valutare la condizione di base della persona (tranquillità o agitazione rispetto a quello che sta succedendo) e fare in modo che il soggetto arrivi a sentirsi a proprio agio con la situazione. La prima rilevazione necessita di una durata di tempo più lunga per fare in modo che il sensore si assesti e invii al computer dei dati attendibili, (visto la natura non professionale dello strumento).

Per quanto riguarda la selezione dei

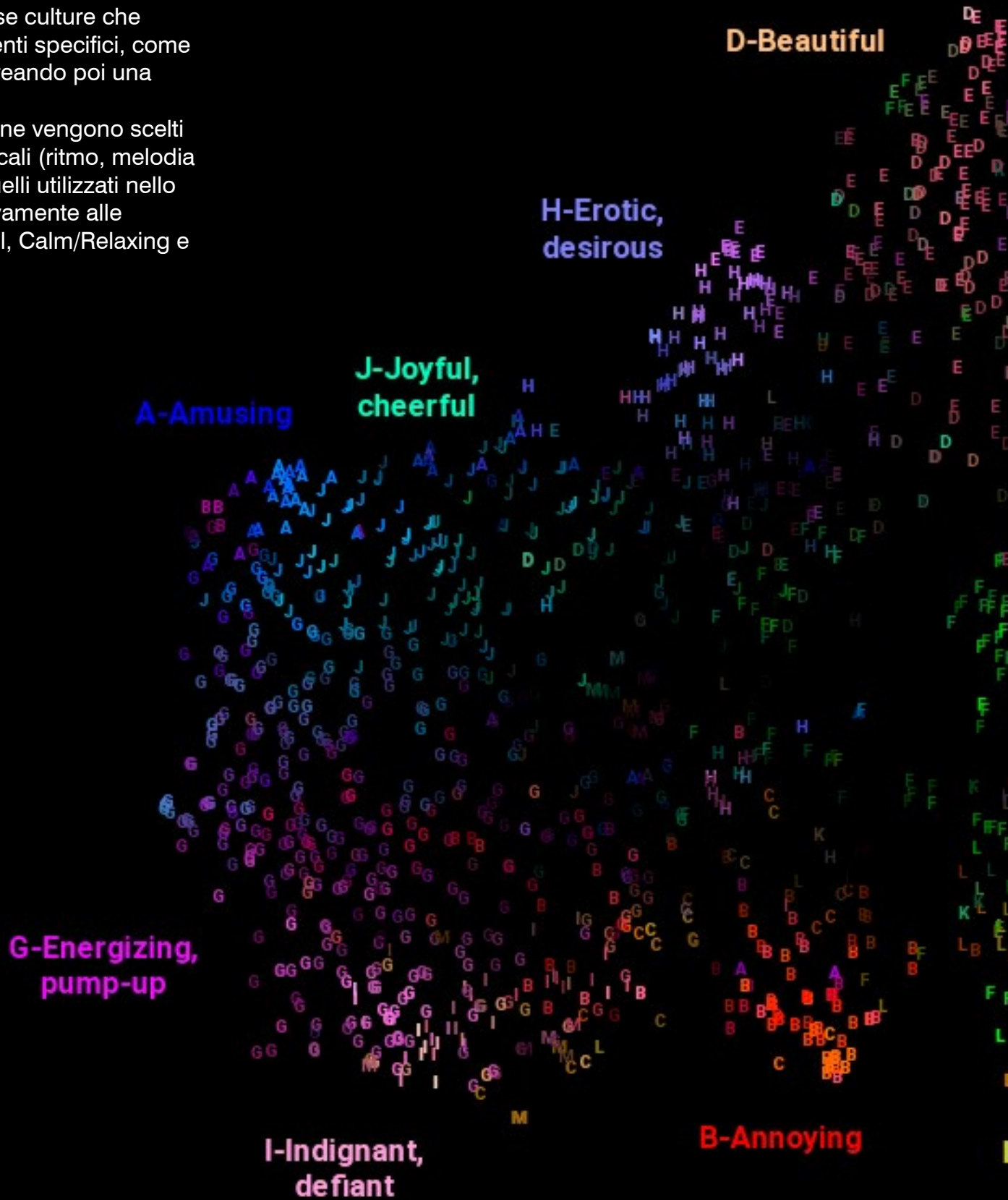
brani sorge il problema della soggettività, logicamente ogni persona collega ad un brano il proprio vissuto personale, di conseguenza non esiste una modalità completamente empirica per la fase di selezione. Tuttavia esistono dei tratti comuni alla percezione musicale.



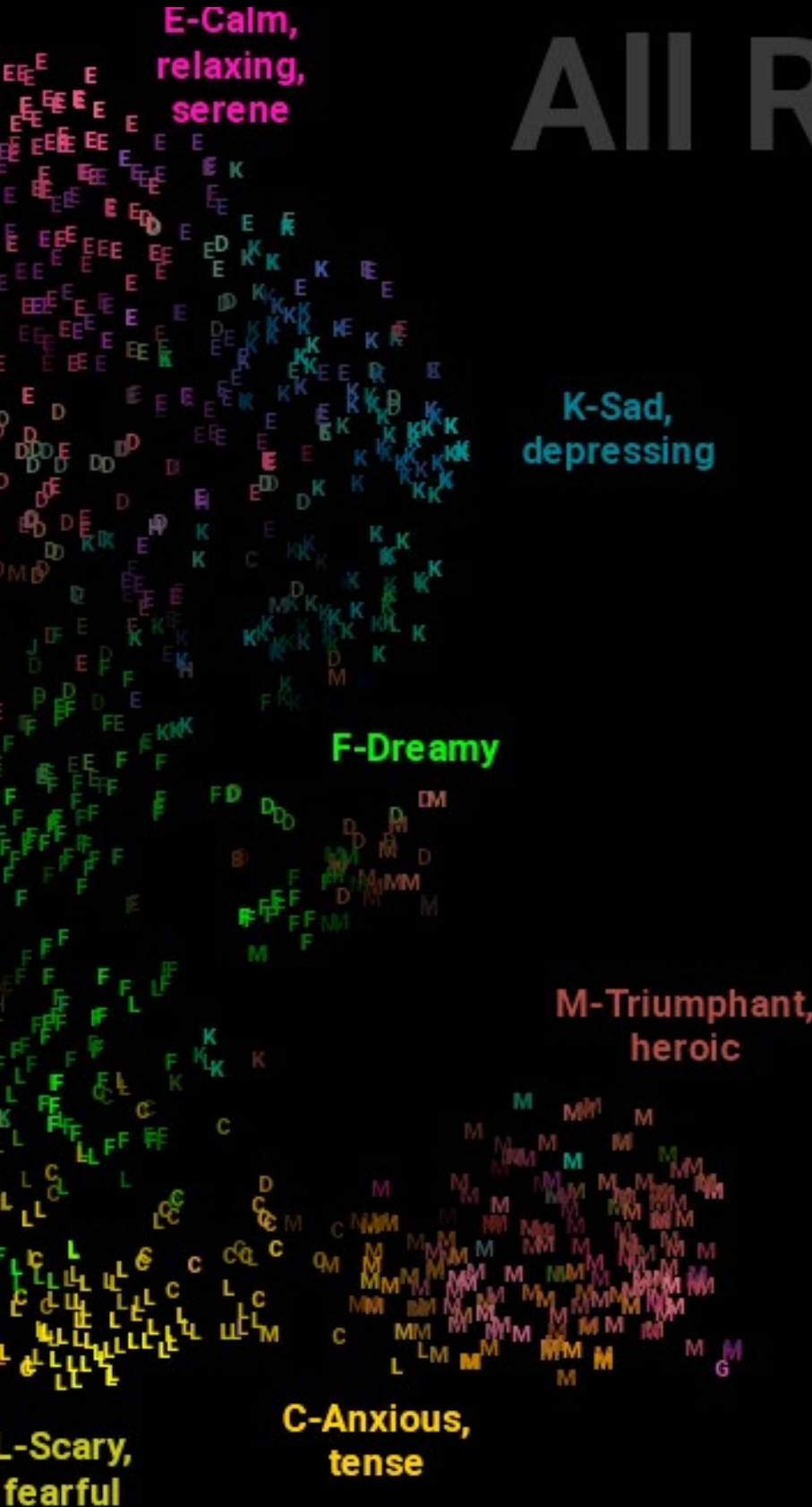
Ciò viene confermato dalle scoperte evidenziate da uno studio condotto da una team di ricercatori della University of California, che ha “mappato” una serie di brani secondo le emozioni suscitate nella maggior parte delle persone che hanno partecipato all’esperimento. La ricerca ha preso in analisi più di 2.500 soggetti tra USA e Cina, registrandone le risposte emotive a migliaia di canzoni di generi diversi. I volontari hanno valutato 40 campioni musicali basati su 28 categorie di emozioni. [35] Da questi dati gli studiosi hanno ricavato tredici categorie comuni alle diverse culture che corrispondessero a sentimenti specifici, come “deprimente” o “allegro”, creando poi una “mappa delle emozioni”.

Quindi per la sperimentazione vengono scelti tre brani con elementi musicali (ritmo, melodia e armonia) molto simili a quelli utilizzati nello studio appartenenti rispettivamente alle categorie di: Joyful/Cheerful, Calm/Relaxing e Anxious/Tense.

Un’altra ipotesi di verifica vede la persona come partecipe della selezione: viene chiesto al soggetto di presentare i suoi brani preferiti, quelli che nell’ambito musicoterapico vengono chiamate “brani del cuore”, perché capaci di suscitare emozioni e ricordi particolarmente intensi.



All Ratings



All Ratings

USA

China

Dimensionality

Conceptualization

Feature Mediation

COON

CELLU

SIO

NI



/ LIMITI DEL PROGETTO

Lo sviluppo pratico del progetto presenta una serie di limiti ed imperfezioni dovuti sia alla natura del contesto in cui è stato elaborato, (un ambito universitario e quindi non professionale), la presenza di una sola persona a coordinare il progetto, che quindi può apportare una varietà limitata di conoscenze rispetto ad un team più esteso e multidisciplinare, ma anche la disponibilità limitata di tempistiche e risorse economiche, che avrebbero portato probabilmente al raggiungimento di un risultato migliore. Ci sono state anche problematiche tecniche riscontrate durante la fase di costruzione vera e propria del prototipo: la qualità del sensore, che è stato scelto per la compatibilità con i dispositivi Arduino, trasmette al dispositivo dati

con alti livelli di rumore (dati errati massimi e minimi al di fuori dal range medio) che non permettono di dare un quadro abbastanza attendibile per l'utilizzo del progetto in ambiti clinici, per lo meno allo stato attuale. Inoltre, come precedentemente accennato, per rendere il progetto ancora più completo sarebbe necessario ampliare l'utilizzo dei sensori ad una gamma più ampia. Si potrebbe utilizzare in combinazione con quello già presente un sensore di conduzione cutanea oppure un sensore termico, ma non è stato possibile a causa della complessità del prodotto che ne sarebbe derivato, sia dal punto di vista pratico, sia di gestione ed elaborazione degli input sul programma Touchdesigner.

/ PROSPETTIVE FUTURE

Confido in un futuro in cui la sensibilità per i temi del benessere fisico e mentale possano essere i riferimenti su cui si baseranno le società a venire, un futuro in cui la conoscenza di sé e delle proprie sensazioni sia la chiave per costruire delle relazioni sane con gli altri e con gli ambienti che ci circondano. Una volta raggiunti questi obiettivi il progresso tecnologico renderà sicuramente l'applicazione concreta di questi concetti ancora più semplice ed immediata, offrendo a tutti la possibilità di usufruire e perché no migliorare le tecniche a supporto di queste terapie. Molti artisti e designer hanno già iniziato a progettare installazioni, strumenti, metodologie per

spostare l'attenzione verso un'idea di salute concepita da una prospettiva più ampia. Spero attraverso il mio ridotto ed impreciso contributo di aver fatto parte di questa comunità, contribuendo nel mio piccolo a creare una coscienza condivisa verso questi temi, che sono fondamentali nel corso della nostra vita. Inoltre gli studi relativi alla percezione multisensoriale, alle neuroscienze e alla psicologia di interpretazione degli elementi visivi si trovano già in una fase di progresso, di pari passo alle tecnologie che renderanno disponibili strumenti che in questo momento nemmeno immaginiamo.

/ **BIBLIOGRAFIA**

- N. Bruno, F. Pavani, M. Zampini. La percezione multisensoriale, Il Mulino, Bologna, 2010
- M. Magrini. Cervello, manuale dell'utente, Giunti, Firenze, 2017
- S. Zeki. La visione dall'interno, Arte e cervello, Bollati Boringheri, Torino 1999, ristampa 2020
- Vallar, Papagno (a cura di), Manuale di neuropsicologia, Il Mulino, 2007
- E. Buiatti. Forma Mentis, neuroergonomia sensoriale applicata alla progettazione, Francoangeli, Milano, 2014
- Kandinsky W., Punto linea superficie -Contributo all'analisi degli elementi pittorici, Adelphi, Milano, 1972.
- A. Kushagra, R. Radha. Creating Generative Art through Processing using Heart Rate Sensing. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075 (Online), Volume-9 Issue-5, March 2020
- S. Mastrandrea. Psicologia della percezione. Carocci, 2017
- M. Pastroureau. Dizionario dei colori del nostro tempo. Salani Milano. 2010
- M. T. Valderas, J. Bolea, M. Orini, P. Laguna, Fellow IEEE, C.Orrite, M. Vallverdu, and R. Bailon´. Human emotion characterization by heart rate variability analysis guided by respiration.
- A. Mars, N. Olszewska, E. Grabska. Dream-inspired dynamic graphics. Poland, Jagiellonian University, Department of Physics, Astronomy and Applied Computer Science. GA2018 – XXI Generative Art Conference.
- A. E. Rey, R.N. Rojas Bello. Paper & Artworks: A window to the emotions. GA2009–XII Generative Art Conference, Politecnico di Milano.
- Music, Memory and Emotion, Jäncke L. Music, memory and emotion. J Biol. 2008 Aug 8;7(6):21. doi: 10.1186/jbiol82. PMID: 18710596; PMCID: PMC2776393.

/ SITOGRAFIA

- Wikipedia, Effetto Bouba-Kiki, https://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_bouba/kiki
- M. Bertini, Psicofisiologia, Enciclopedia Treccani, 2010 https://www.treccani.it/enciclopedia/psicofisiologia_%28Enciclopedia-Italiana%29/
- Vice, E. Rosenthal, Trovate lo zen in questi tramonti digitali, 2015, <https://www.vice.com/it/article/d7wbpy/trovate-lo-zen-in-questi-tramonti-digitali>
- Mapping Emotion, A. S. Cowen, <https://www.alancowen.com/bio>
- Focus, E. Intini, Quando ascoltiamo la musica, l'inaspettato genera piacere nel cervello, 2019, <https://www.focus.it/comportamento/psicologia/ascolto-musica-inaspettato-piacere-cervello>
- Focus, C. Guzzonato, Il colore delle emozioni, 2019, <https://www.focus.it/comportamento/psicologia/il-colore-delle-emozioni>
- Stamen, Z. Armstrong, The shapes of emotions, 2016, <https://stamen.com/the-shapes-of-emotions-72c3851143e2/#.az2xyp29x>
- Medium, E. Socolofsky, Finding Calm in the Atlas of Emotions, 2016, <https://medium.com/hi-stamen/finding-calm-in-the-atlas-of-emotions-185b2e665ff1>
- Artiterapie, G. Di Sicì, Musica e cervello, <https://artiterapie.artedo.it/2020/07/21/musica-e-cervello/>
- Dizionario di Medicina, Enciclopedia Treccani, 2010, https://www.treccani.it/enciclopedia/biofeedback_res-1ea8bf48-98ea-11e1-9b2f-d5ce3506d72e_%28Dizionario-di-Medicina%29/
- Giornale della Musica, L. Michielon, Neuroscienze e Musica intervista ad Alice Proverbio, 2022, <https://www.giornaledellamusica.it/articoli/neuroscienze-e-musica>
- Loto Armonico, M. da Rold, La Plurisensorialità dei Suoni, <https://www.lotoarmonico.it/la-plurisensorialita-dei-suoni/>
- Loto Armonico, M. da Rold, Brevi Appunti di Musicoterapia Neurologica, https://www.lotoarmonico.it/brevi_appunti_di_musicoterapia_neurologica/
- Loto Armonico, M. da Rold, La musica influenza il Battito Cardiaco e la Pressione Arteriosa, <https://www.lotoarmonico.it/la-musica-influenza-il-battito-cardiaco-e-la-pressione-arteriosa/>
- Progetti Arduino, S. Fancello, Arduino Sensore di Battito Cardiaco, <https://www.progettiarduino.com/25-arduino-sensore-di-battito-cardiaco.html>
- The Interactive and Immersive HQ, J. Tobin, Arduino Uno for Touchdesigner and Immersive Experiences, 2022, <https://interactiveimmersive.io/blog/content-inputs/arduino-uno-for-touchdesigner-and-immersive-experiences/>
- Istituto di Terapia Cognitiva e Comportamentale, Biofeedback, <https://www.itcc.it/biofeedback/>
- Manuale MSD versione per pazienti, Uso del cervello per muovere un muscolo, <https://www.msmanuals.com/it-it/casa/multimedia/figure/uso-del-cervello-per-muovere-un-muscolo>
- Treccani, M. Bertini, Psicofisiologia, https://www.treccani.it/enciclopedia/psicofisiologia_%28Enciclopedia-Italiana%29/
- Treccani, C. Violani, Biofeedback e tecniche di rilassamento, https://www.treccani.it/enciclopedia/biofeedback-e-tecniche-di-rilassamento_%28Enciclopedia-Italiana%29/
- Poliambulatorio CIN (Centro Integrato Neuroscienze), Biofeedback, <https://www.poliambulatoriocin.it/biofeedback/>
- Dott. Bonaventura, Applicazioni cliniche del Biofeedback, www.studiopsicoterapiabonaventura.it/le-applicazioni-cliniche.html
- Dott. Gava, Biofeedback: Applicazioni cliniche ed efficacia terapeutica, <https://www.psicologopadova-robertogava.it/biofeedback-applicazioni-cliniche-efficacia-terapeutica.htm>

- Rai Cultura, Sezione Arte, L'arte fenomenale di Olafur Eliasson <https://www.raicultura.it/arte/articoli/2018/12/Larte-fenomenale-di-Olafur-Eliasson-f5819d67-d08d-405e-be83-7476a8161a38.html>
- Cecile Lebon, In a Heartbeat Project, In A Heartbeat — Cecile Lebon
- Ethereal Project, <https://www.zagermanjordan.com/ethereal-case-study/>
- K. Ishraki, On Breath Project, <https://www.ishraki.com/on-breath>
- E. Gannon, See Stress Differently Project, www.evangannon.com/see-stress-differently

/ RINGRAZIAMENTI

Giunti alla fine di questa tesi ma soprattutto di questo lungo percorso ringrazio tutti coloro che mi sono stati accanto durante questi anni.

Ringrazio innanzitutto il mio relatore, Riccardo Covino, per il supporto e i consigli indispensabili che non sono mai mancati nel corso di questi mesi.

Ringrazio mamma e papà, per essere sempre presenti con il loro sostegno e affetto incondizionato ma soprattutto per avermi permesso di essere dove sono ora.

Ringrazio due persone speciali, Marika e Valentina, le amiche di una vita, nonché la mia casa lontano da casa.

Ringrazio Mirko, che è stato capace di dimostrare così tanta pazienza e conforto in così poco tempo. Ringrazio Sonia, la persona che ha dato il coraggio di partire e scoprire una nuova vita.

Ringrazio tutte le nuove conoscenze che hanno segnato indelebilmente i miei ultimi anni:

ringrazio Martina, per esserti rivelata così importante, ringrazio Irene, per avermi sopportato e supportato come coinquilina ma soprattutto come amica, ringrazio Maffi per avermi spronata come nessun altro durante questo percorso.

Ringrazio tutti i ragazzi conosciuti durante il tirocinio, che con la loro instancabile allegria mi hanno cambiata in meglio.

Ringrazio nuovamente tutti quanti, perché è grazie ad ognuno di voi se sono diventata la persona che sono oggi.