

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITA' DI BOLOGNA

CAMPUS DI CESENA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA BIOMEDICA

Dispositivi indossabili per il monitoraggio elettroencefalografico

Elaborato in

Ingegneria Clinica

Relatore

Prof. Ing. Claudio Lamberti

Presentata da

Nahla Chaouch

Sessione II

Anno Accademico 2013/2014

*Alla mia famiglia
e a tutte le persone che hanno creduto in me, mi hanno sostenuto
e hanno gioito insieme a me per le mie conquiste e soddisfazioni.*

INDICE

INTRODUZIONE	6
CAPITOLO 1.....	8
1 Struttura e fenomeni connessi all'attività cerebrale...	8
1.1 Il sistema nervoso centrale	8
1.2 Midollo spinale	9
1.3 Encefalo.....	10
1.4 Corteccia cerebrale.....	14
1.5 Cellule nervose.....	18
CAPITOLO 2.....	24
2 Modalità di acquisizione dell'attività elettrica cerebrale	
2.1 Elettroencefalografia (EEG).....	24
2.2 Elettrocorticografia (ECoG).....	28
2.3 Magnetoencefalografia.....	29
2.4 Risonanza Magnetica funzionale.....	30
2.5 Tomografia ad emissione di positroni.....	32
2.6 Tomografia a emissione di singolo fotone.....	33
2.7 Imaging ottico.....	33
CAPITOLO 3.....	35
3 Dispositivo indossabile Muse.....	35
3.1 Interazione cervello-computer.....	35

3.2 Dispositivo Muse.....	36
3.2Trasmissione del segnale elettrico.....	40
CAPITOLO 4.....	42
4 Il sistema Biopac.....	42
4.1 La tecnica fNIR.....	42
4.2 Legge di Lambert-Beer.....	43
4.3 Acqknowledge il software di acquisizione.....	45
4.4 Il principio di funzionamento.....	47
4.5 Il sistema Biopac.....	52
CONCLUSIONI.....	56
SITOGRAFIA.....	57
BIBLIOGRAFIA.....	60

INTRODUZIONE

Dispositivi indossabili che permettono di monitorare parametri vitali con facilità, di peso e dimensioni ridotti. Con l'avanzare della tecnologia siamo in grado ora anche di analizzare i complessi segnali del nostro cervello e di andare incontro a molteplici benefici: come il miglioramento della nostra salute, riducendo lo stress e aumentando la capacità di concentrazione. Il mondo dei dispositivi indossabili è in via di sviluppo e permette un semplice utilizzo a qualsiasi utente, con tali dispositivi saremo in grado di capire le funzionalità del nostro cervello e come il mondo che ci circonda ne influenza notevolmente l'attività e di conseguenza il funzionamento efficiente. Tali dispositivi di semplice utilizzo e non ingombranti interagiscono direttamente con i nostri smartphone, aiutandoci a conoscere il nostro cervello e di utilizzarlo sempre al meglio sfruttando le sue potenzialità. Siamo comunque in un mondo complesso "il cervello" e non è compito facile creare dei dispositivi che possano controllare azioni come il pensiero, il linguaggio o le emozioni, anche perché è un organo che differisce da persona a persona e inoltre per le sue numerose pieghe è come se mettessimo a confronto le impronta digitali di

ogni singola persona. Infatti la maggior parte di tali dispositivi si interfacciano con il nostro cervello attraverso dei sensori che registrano i segnali soprattutto nella fronte o dietro le orecchie in modo da poter essere utilizzato da tutti gli utenti.

Segue la trattazione della tesi dove saranno affrontati gli argomenti nel seguente modo :

capitolo 1 : struttura e fenomeni connessi all'attività cerebrale

capitolo 2 : modalità di acquisizione dell'attività elettrica cerebrale

capitolo 3 : dispositivo indossabile Muse

capitolo 4: il sistema Biopac

gli ultimi due capitoli mostrano come i due dispositivi indossabili presentati per il monitoraggio EEG, differiscono sia per quanto riguarda la modalità di acquisizione dei segnali elettrici , sia dalle informazioni ottenute e lo scopo dell'utilizzo di tali dispositivi, anche se lo scopo finale di entrambi è quello di migliorare le capacità del nostro cervello.

CAPITOLO 1

1 Il sistema nervoso centrale

Il cervello è l'organo più complesso del nostro corpo e l'organo principale del sistema nervoso centrale (SNC) insieme al midollo spinale e ai nervi encefalici. Tale organo ci permette di interagire con il mondo esterno di pensare e di parlare, complesso è anche il controllo e monitoraggio delle attività elettriche e chimiche. Un organo in grado di analizzare le informazioni in entrata e attivare risposte ai cambiamenti che minacciano l'equilibrio omeostatico dell'organismo, suddiviso in diverse aree dedicate a diverse funzioni come ad esempio il controllo del movimento, della visione, del linguaggio.

Il cervello si trova all'interno della scatola cranica, è composto da tronco encefalico e emisferi cerebrali. Il tronco encefalico che è anche la base dell'encefalo è composto da:

- *rombencefalo*
- *mesencefalo*
- *prosencefalo*

Il rombencefalo è la struttura posta trasversalmente davanti al bulbo dal quale è separato da un solco. Contiene numerosi nuclei di sostanza grigia ed è percorso da fasci di sostanza bianca e dal prolungamento della sostanza reticolare e presiede le funzioni fisiologiche essenziali.

Il mesencefalo è la struttura nervosa che si colloca tra il diencefalo, il cervelletto e il ponte, costituita da fasci di nervi che inviano verso il cervello i segnali che provengono dalla periferia del corpo.

Si trova nella fossa cranica dove troviamo anche i peduncoli cerebrali, che sono collegamenti di sostanza bianca che rappresenta la connessione del cervello e cervelletto con il midollo spinale.

Il prosencefalo comprende invece il telencefalo e il diencefalo dove transitano la maggior parte degli impulsi al cervello e al resto del corpo.

Il sistema nervoso è suddiviso in periferico e centrale, quello centrale formato da encefalo e midollo spinale, quest'ultimo si occupa dei semplici riflessi mentre il resto è coinvolto nel controllo di funzioni più complesse, come la regolazione del ritmo cardiaco e del respiro. L'encefalo insieme agli emisferi cerebrali, svolge funzioni integrative, come il pensiero, l'apprendimento, la memoria, il linguaggio e la risoluzione di problemi.

1.1 Midollo spinale

Il midollo spinale, una struttura di forma cilindrica allungata, con una lunghezza di circa 45 cm in un corpo di altezza media, che si estende attraverso il foramen magnum del cranio, dal tronco cerebrale. Composto dalla sostanza grigia circondata dalla sostanza bianca e 31

coppie di nervi spinali collegati attraverso radici nervose dorsali e ventrali. Presenta due fasci nervosi , quello dorsale che porta al midollo spinale le informazioni sensoriali (in blu) , quello ventrale , le informazioni motorie (in rosso) che vengono portate fuori dal midollo spinale. La funzione importante del midollo spinale oltre ad occuparsi della trasmissione sensoriale (tratti ascendenti) e motoria (tratti discendenti) è la principale struttura che comunica con le vie di conduzione sia in entrata che in uscita dal cervello.

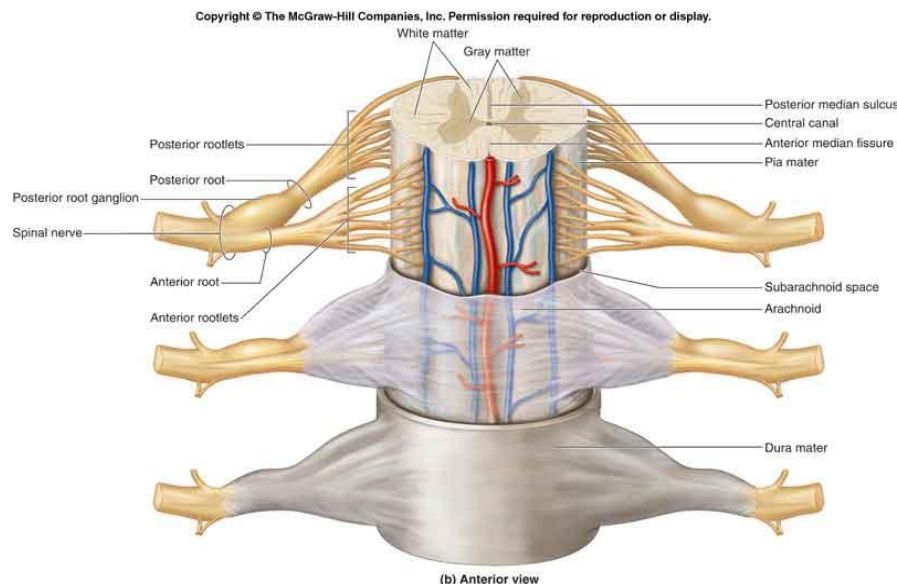


Figura 1 : Midollo spinale [1]

1.2 Encefalo

L'encefalo è uno degli organi più grandi in un adulto, si sviluppa rapidamente fino a 9 anni di vita , per arrivare al pieno sviluppo verso i 18 anni e raggiungere in un adulto un peso di circa 1.4 kg.

Le principali divisioni dell'encefalo sono:

- Tronco encefalico
- Cervelletto
- Diencefalo
- Cervello

Il tronco encefalico svolge funzioni riflesse sensoriali e motorie ed è suddiviso a sua volta in:

- Midollo allungato
- Ponte
- Mesencefalo

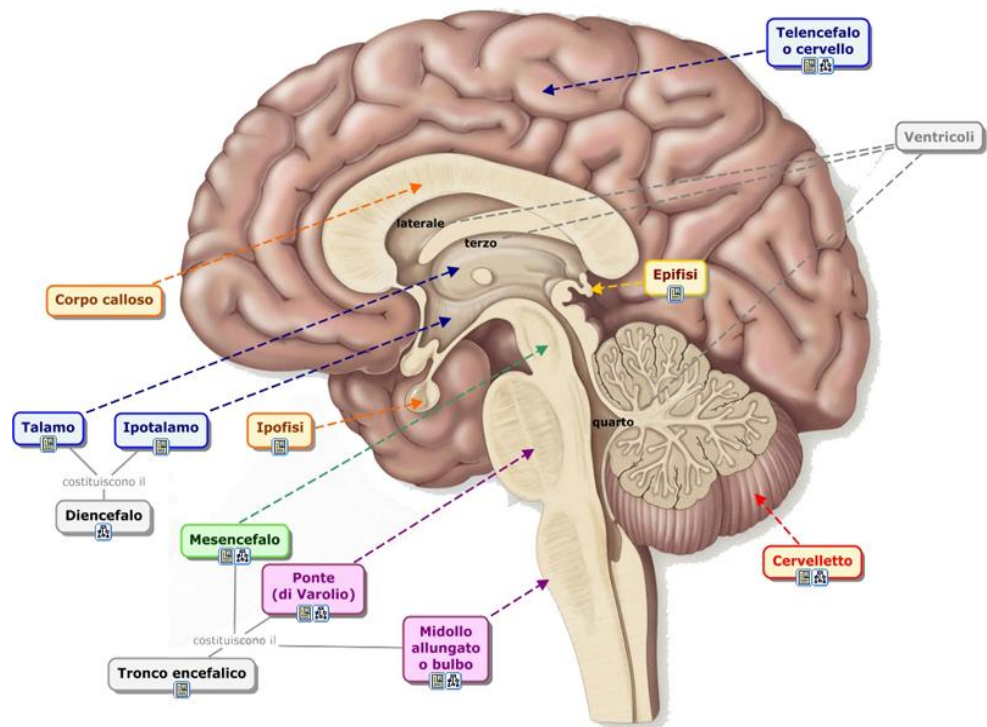


Figura 2 : Principali divisioni dell'encefalo [2]

Il midollo allungato o bulbo è la parte che si collega al midollo spinale è infatti il suo prolungamento. Presenta due sporgenze dette piramidi di sostanza bianca, l'oliva che sarebbe la sporgenza ovale e diversi nuclei detti centri di controllo , come controllo cardiaco, respiratorio e vasomotorio.

Il ponte costituito anch'esso da sostanza bianca, formazioni reticolari e fibre che arrivano al cervelletto lungo i peduncoli cerebellari centrali.

Il mesencefalo è la struttura di mezzo tra il cervelletto e il ponte, anch'esso di sostanza bianca e formazioni reticolari. Due masse di sostanza bianca, chiamati peduncoli cerebrali che trasportano gli impulsi al cervello.

Oltre ai peduncoli presenta i corpi quadrigemini , formati da 4 collicoli dove sono situati i centri dell'udito e della vista ed è costituita anche da corpi cellulari coinvolti nel controllo muscolare. Nella parte posteriore del tronco cerebrale è attaccata una struttura più o meno sferica , *il cervelletto* . Il cervelletto si presenta come una corteccia corrugata di sostanza grigia e all'interno di sostanza bianca, una rete ramificata di fibre bianche e piccoli nuclei grigi ed è la parte del sistema nervoso che presenta più neuroni. È un organo che completa il cervello con funzioni di ordinazione e pianificazione delle attività dei

muscoli scheletrici e il mantenimento dell'equilibrio del corpo. Le funzioni generali sono :

- Agire con la corteccia cerebrale per produrre movimenti appropriati, pianificando e coordinando l'attività dei gruppi muscolari
- Aiuta a controllare la postura: opera al di sotto del livello cosciente per rendere i movimenti fluidi invece che a scatti, precisi invece che tremolanti, efficienti invece che goffi e scoordinati.
- Controlla i muscoli scheletrici per mantenere l'equilibrio
- Coordina i muscoli sensoriali in entrata e opera con altre modalità per completare le funzioni del cervello.

Il diencefalo è la regione centrale dell'encefalo situata tra il cervello e il tronco cerebrale, costituita da vari nuclei di sostanza grigia .

le strutture più importanti sono:

- Talamo
- Ipotalamo

Il talamo è un grande ovoide di sostanza grigia, diviso in due grandi masse laterali collegate mediante una massa intermedia. Sensazioni grezze, coordinazione di informazioni sensoriali trasmesse dal cervello. È una struttura coinvolta nella risposta emotiva alle informazioni sensoriali, nel risveglio e nell'elaborazione

generale delle informazioni in entrata e in uscita dal cervello. Inoltre a due ruoli nel meccanismo collegato alle sensazioni, qui giungono gli impulsi provenienti da recettori che riconoscono il dolore, la temperatura e il tatto e invia al cervello tutti gli impulsi sensoriali ad eccezione di quelli olfattivi.

L'ipotalamo invece comprende molteplici nuclei di sostanza grigia raggruppati sotto il talamo. Si occupa della coordinazione e integrazione di molti riflessi autonomi, della regolazione della temperatura corporea, ha funzioni ormonali ed è coinvolto nel risveglio e nell'appetito. Insieme al talamo funge da ripetitore degli impulsi che vengono trasferiti ad altre vie di conduzione.

1.3 Corteccia cerebrale

La corteccia cerebrale è la superficie del cervello fatta di sostanza grigia con forma molto corrugata, divisa in quattro lobi principali per ogni emisfero, dal punto di vista funzionale è suddivisa secondo il concetto della localizzazione. È necessaria per le azioni volontarie, per il linguaggio e per le funzioni superiori come il pensiero e la memoria. Molte di queste funzioni vengono compiute da entrambi gli emisferi mentre alcune sono lateralizzate ad uno soltanto. Sono state identificate alcune aree coinvolte in alcune funzioni superiori come quella del linguaggio che è lateralizzata a sinistra nella maggior

parte delle persone. I quattro lobi della corteccia cerebrale sono:

- Lobi frontali
- Lobi temporali
- Lobi parietali
- Lobi occipitali

I *lobi frontali* sono quelli più sviluppati ed estesi: dirigono gran parte dell'attività del cervello. Sono implicati in ogni forma di elaborazione del pensiero, nei processi decisionali, nella risoluzione dei problemi, nella pianificazione e nella creatività, presiedono anche al controllo muscolare.

I *lobi temporali*, posti dietro alle tempie, sono responsabili dell'udito, ma sono anche implicati nelle funzioni della memoria e nell'elaborazione delle emozioni.

I *lobi parietali* presiedono alla ricezione e all'elaborazione delle informazioni sensoriali che provengono da tutto il corpo. È qui che creiamo la visione del nostro mondo, unendo le lettere in parole e le parole in frasi, pensieri, concetti.

I *lobi occipitali*, infine, posti nella parte posteriore di ogni emisfero, sono implicati nella visione. La zona dove i quattro lobi si incontrano è la principale area del cervello

in cui avviene l'integrazione delle informazioni sensoriali.

Più in generale, la corteccia cerebrale può essere suddivisa in aree funzionali specializzate in diverse funzioni cerebrali, il concetto di localizzazione non può essere rigidamente definito, poiché ogni area cerebrale si integra con le altre in un quadro di coordinamento generale. Secondo la funzione, la corteccia cerebrale si divide in sensoriale, motoria e associativa. La corteccia sensoriale riceve le vie nervose che conducono stimoli provenienti da tutto il corpo. Dalle aree motorie partono impulsi motori attraverso la via piramidale (in genere i centri corticali di un emisfero sono in relazione con le regioni del corpo del lato opposto). Le aree associative servono ad integrare le diverse sensazioni, alla loro memorizzazione e alla costituzione del complesso processo della coscienza, comprendente l'ideazione, la volontà, la consapevolezza e la capacità di giudizio.

Nella corteccia sensoriale (sinistra) e motoria (destra) sono presenti aree relative a specifiche parti del corpo. La dimensione di ciascuna di queste aree è proporzionale all'accuratezza sensoriale richiesta per la parte specifica del corpo.

Ciò dà vita ad una rappresentazione nota con il nome di *homunculus* che contiene una raffigurazione deformata di diverse porzioni corporee. Ad esempio, come le aree

sensoriali relative alle labbra e alle mani siano molto più ampie delle aree che rappresentano le parti centrali del corpo e gli occhi. La corteccia sensoriale e motoria sono connesse da un ponte di fibre nervose, che consentono lo scambio di informazioni. Per ciò che concerne l'attività intellettuale, allo stato attuale delle conoscenze si ritiene che non esista un'area specifica dove insorgano le idee o dove trovi localizzazione la memoria: tali capacità sono piuttosto ritenute diffuse a tutta la corteccia cerebrale e realizzate attraverso l'associazione tra i diversi centri nervosi superiori.

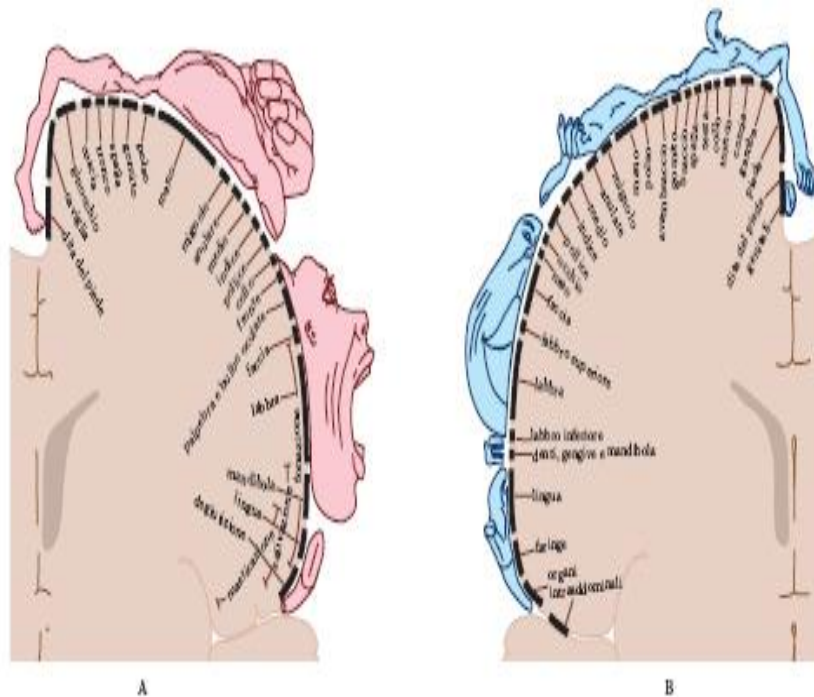


Figura 3: Homunculus corticale [3]

1.4 Cellule nervose

Il sistema nervoso è composto principalmente da due tipi cellulari:

- i neuroni, che sono le unità fondamentali di produzione e scambio di segnali elettrici

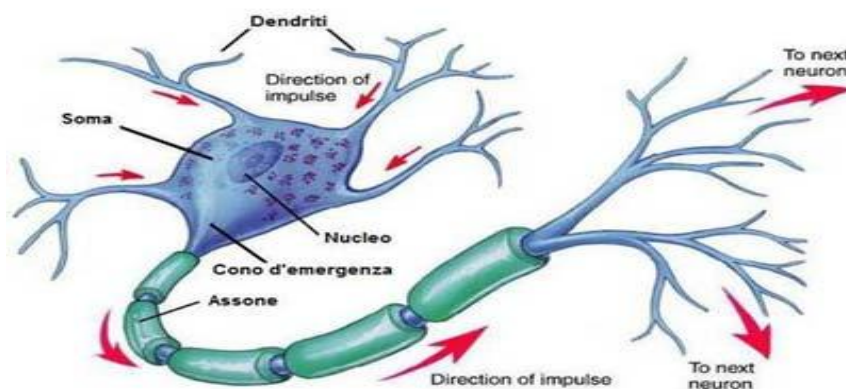


Figura 4 : Il neurone [4]

- cellule di supporto, le cosiddette cellule gliali, non hanno la capacità di generare e trasmettere segnali elettrici, ma hanno una funzione nutritiva e di sostegno per i neuroni, e fungono come sistema di isolamento dei tessuti nervosi e da protezione da corpi estranei.

Il neurone è l'unità funzionale del sistema nervoso. Esso ha una conformazione del tutto unica, con lunghi processi che si allontanano dal corpo cellulare. Questi processi di solito vengono classificati come dendriti, se ricevono

informazioni in entrata, oppure come assoni, se conducono segnali in uscita. Forma, numero e lunghezza di assoni e dendriti sono variabili, ma questi processi sono una caratteristica essenziale che permette ai neuroni di comunicare tra di loro e con le altre cellule. In generale, i neuroni possono essere classificati in base alla struttura o secondo la funzione. Dal punto di vista strutturale, si classificano in base al numero di processi che si dipartono dal corpo cellulare possono essere descritti come:

- pseudounipolari (quando gli assoni e i dendriti si fondono durante lo sviluppo creando un unico processo),
- bipolari (con un singolo assone e un singolo dendrite),
multipolari (con un assone e vari dendriti)
- anassonici (cioè che non presentano un assone identificabile). In base, invece, alla loro funzione, i neuroni si differenziano in neuroni afferenti (sensitivi), interneuroni e neuroni efferenti, sia motori somatici sia autonomi.

I neuroni sensitivi trasportano informazioni su temperatura, pressione, luce e altri stimoli, dai recettori sensitivi periferici al SNC. Gli interneuroni sono, invece, situati internamente entro il SNC e spesso rappresentano ramificazioni molto complesse, che permettono loro di comunicare con molti altri neuroni. I neuroni efferenti,

invece, sia quelli della sezione motoria sia quelli della sezione vegetativa, sono molto simili al modello neuronale per eccellenza. Nella sezione vegetativa, alcuni neuroni hanno regioni dilatate lungo l'assone, definite varicosità, che immagazzinano e rilasciano neurotrasmettitori. La funzione principale degli assoni è, infatti, quella di trasportare segnali elettrici in uscita dal centro integrativo del neurone alla periferia. All'estremità distale dell'assone, il segnale elettrico viene tradotto in messaggio chimico, cioè viene secreto un neurotrasmettitore, un neuromodulatore, oppure un neuroormone.

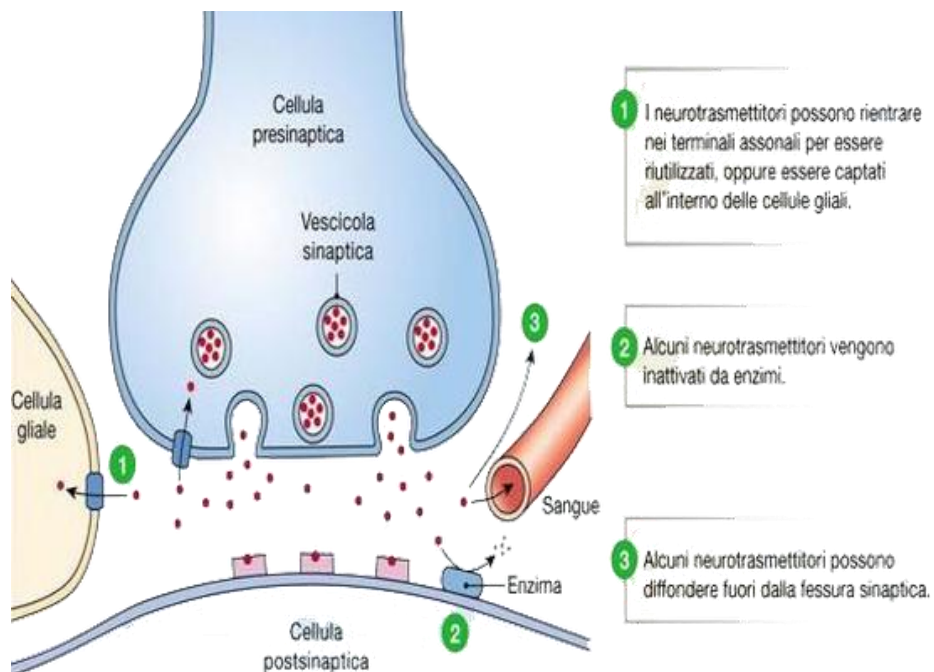


Figura 5: Sinapsi [5]

Si incontrano diversi tipi di neurotrasmettitori . Il flusso di corrente é reso possibile dal passaggio di ioni carichi positivamente o negativamente attraverso la membrana cellulare. L'informazione tra i neuroni é scambiata sotto forma di segnali elettrici classificati in:

- potenziali graduati
- potenziali di azione

I potenziali graduati sono segnali a intensità variabile che si propagano per brevi distanze, man mano diminuendo di intensità. I potenziali d'azione sono depolarizzazioni molto rapide del potenziale di membrana cioè la differenza di potenziale elettrico attraverso la membrana stessa, che si propagano per grandi distanze lungo un neurone senza attenuarsi, per una durata di meno di 1 ms. Nei neuroni i potenziali graduati sono depolarizzazioni o iperpolarizzazioni che hanno luogo nei dendriti e nel corpo cellulare: si definiscono graduati perché la loro ampiezza é direttamente proporzionale alla forza dello stimolo scatenante. Si verificano quando i segnali chimici provenienti da altri neuroni aprono canali ionici regolati chimicamente, permettendo agli ioni di entrare e uscire dal neurone, oppure quando un canale aperto si chiude diminuendo il movimento di ioni attraverso la membrana cellulare .Se la concentrazione di

anioni e cationi all'interno e all'esterno della membrana si equivalgono, allora il potenziale di membrana è nullo.

Quando uno stimolo apre canali Na^+ tali ioni si spostano all'interno del neurone introducendo carica elettrica come un'onda di depolarizzazione. I potenziali graduati, però, perdono intensità visto che la membrana cellulare non è un buon isolante e ha canali sempre aperti, e dato che il citoplasma stesso oppone resistenza.

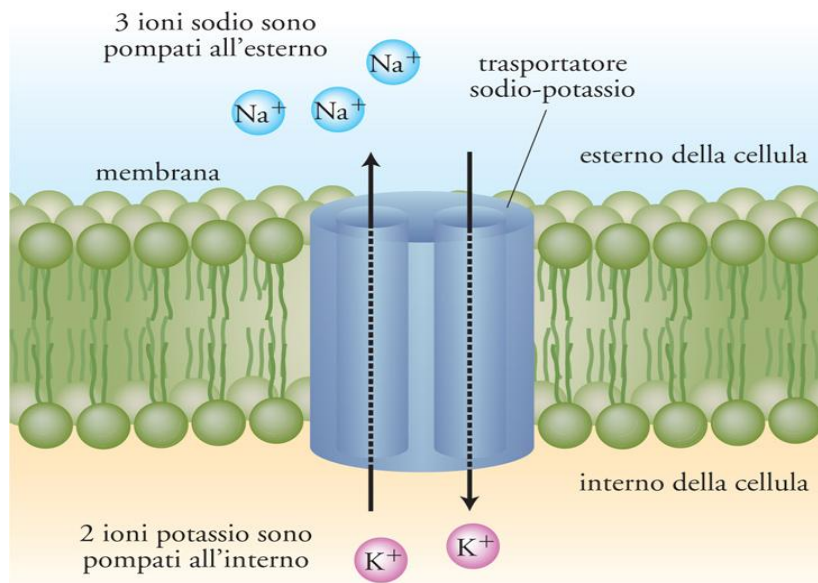


Figura 6: pompa sodio potassio [6]

I potenziali graduati ,abbastanza intensi ,raggiungono la 'zona trigger' del neurone dove, se depolarizzano la membrana fino al valore soglia, innescano un potenziale d'azione. Insomma la depolarizzazione aumenta la probabilità che si inneschi un potenziale d'azione, mentre nei casi di iperpolarizzazione (per esempio considerando i canali K^+) la diminuisce. L'ampiezza dei potenziali

d'azione generati non dipende dall'intensità del potenziale graduato che l'ha innescato.

Il comportamento degli impulsi elettrici è quindi descritto da una legge all-or-none: se un impulso è sufficiente a depolarizzare un neurone oltre la soglia critica e a generare così un picco, il neurone si attiverà e trasmetterà a sua volta l'impulso elettrico. In caso contrario il neurone non si attiverà e nessun segnale verrà propagato. In condizioni di riposo il potenziale di un neurone varia tra -50 e -75 mV.

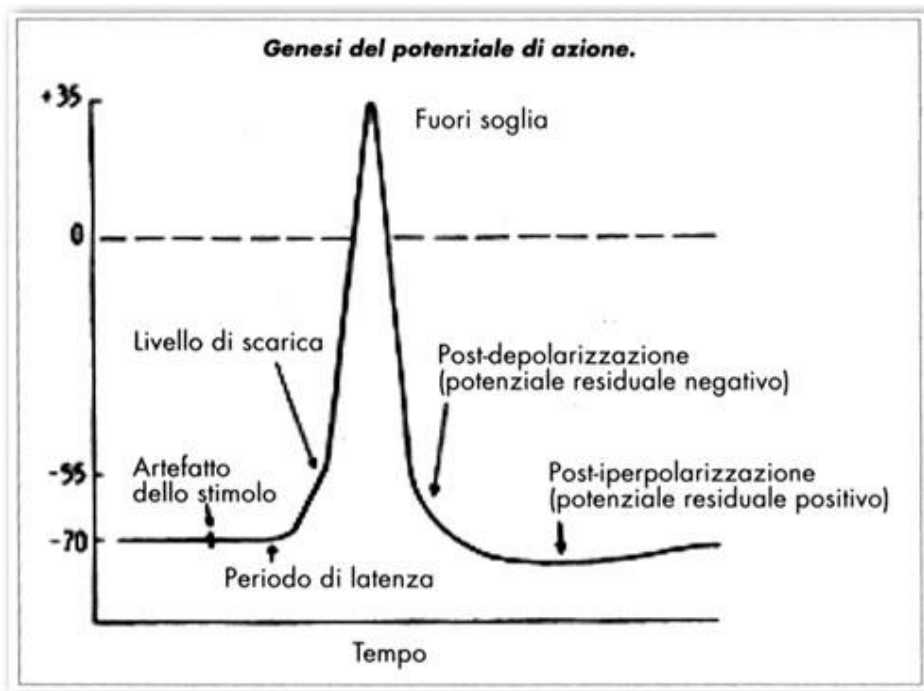


Figura 7 : Il potenziale d'azione del neurone [7]

CAPITOLO 2

Si può studiare l'attività elettrica cerebrale sia durante la veglia sia nel sonno, sia durante particolari condizioni di attivazione. Esistono diversi metodi per la registrazione di tale attività elettrica a seconda delle informazioni che si vogliono ottenere e a seconda delle situazioni che si vogliono analizzare. In seguito si illustrano le varie tecniche di monitoraggio cerebrale.

2.1 ELETTROENCEFALOGRAFIA (EEG)

L'unica tecnica che permette un monitoraggio nel tempo della funzione cerebrale e può evidenziare anomalie anche in assenza di lesioni strutturali.

L'EEG rappresenta un valido strumento d'indagine nelle patologie in grado di modificare ed alterare l'attività elettrica cerebrale: Lesioni encefaliche sia tumorali che su base circolatoria , Malattie degenerative , alterazioni metaboliche , coma , risposta terapeutica dei vari farmaci attivi sul sistema nervoso centrale , cefalee , esiti di traumi cranici , effetti del consumo di droghe sul funzionamento cerebrale.

La misurazione attraverso l'elettroencefalografia, consiste nell'applicazione di un certo numero di elettrodi, per ottenere informazioni sull'attività

elettrica del cervello, che a sua volta è la somma dell'attività elettrica di ogni singolo neurone. Siccome il voltaggio di questa attività elettrica è molto piccolo, il segnale deve essere amplificato un milione di volte per essere misurato e registrato, attraverso l'ausilio di una appropriata strumentazione, e visualizzato sotto forma di traccia attraverso elettroencefalogramma. Tale tracciato, formato da onde di frequenza e ampiezza diverse, mostra in quali aree cerebrali questa attività elettrica è presente o alterata, come in pazienti affetti da epilessia.

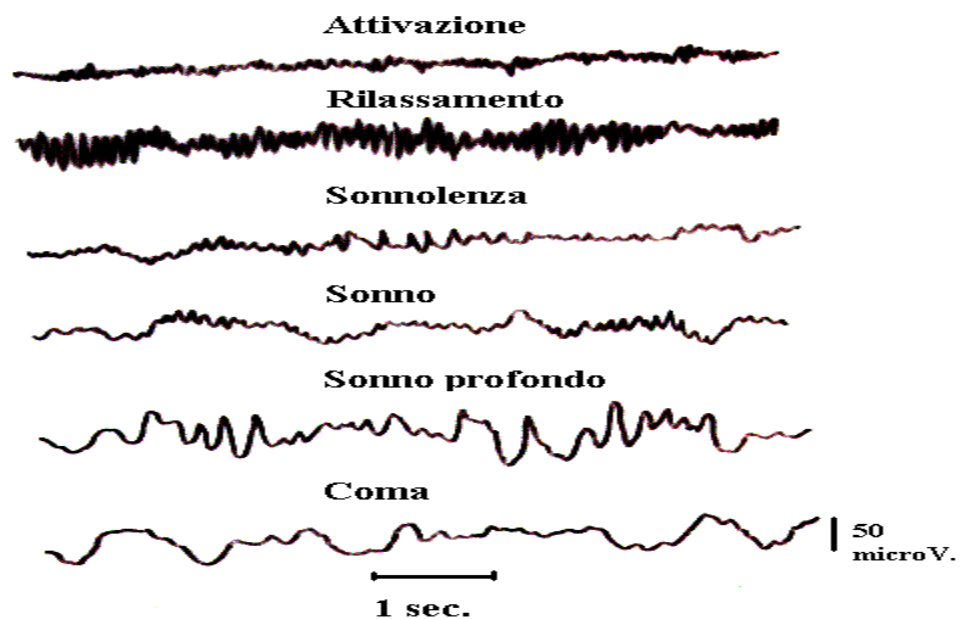


Figura 8 : diversi stadi e relative attività cerebrale [8]

I potenziali elettrici corticali sono registrati dalla superficie esterna del cranio a mezzo di elettrodi

ed opportunamente amplificati. Con le derivazioni bipolari si capta e si registra la differenza di potenziale tra due punti cerebrali simmetrici.

Questi potenziali presentano caratteristiche diverse a seconda delle varie aree corticali. In quasi tutte le affezioni encefaliche si possono riscontrare alterazioni EEG.

L'EEG acquista un grandissimo valore semeiologico e diagnostico se correlato con i dati clinici e gli altri esami collaterali. In genere il tracciato eeg completa l'esame neurologico del paziente e consente di orientare la diagnosi.

I principali elementi semeiologici che compongono il tracciato sono:

- Ritmo alfa
- Ritmo beta
- Onde theta
- Onde delta

Il ritmo alfa e beta fanno parte dei ritmi rapidi hanno un voltaggio più basso ed hanno sede preferenziale nelle regioni rolandiche e prerolandiche e hanno frequenza superiore ai 14 cicli per secondo.

Mentre le onde theta e delta fanno parte dei ritmi lenti.

Il ritmo *alfa* è il principale componente del tracciato di un soggetto normale adulto in riposo sensoriale.

Risulta da oscillazioni di frequenza comprese tra 8 e 12 cicli per secondo, con voltaggio di circa 50 microvolt e di aspetto sinusoidale, per lo più radunati in fusi. Quando un soggetto è sottoposto ad un'attività cerebrale maggiore, si registra la presenza del ritmo beta.

Il ritmo *beta* è distinto in beta lento (13.5-18 c/s) e beta rapido (18.5-30 c/s), e presenta un voltaggio medio di 19 microvolt (8-30 microvolt). Le onde beta sono dominanti in un soggetto ad occhi aperti, ma anche in stati di allerta.

Le onde *theta* hanno una frequenza tra 4 e 7 cicli per secondo e possono avere voltaggio vario, in genere inferiore all'alfa. La localizzazione preferenziale è temporo-parietale. Nell'adulto hanno quasi sempre carattere patologico.

Le onde *delta* hanno una frequenza tra 0 e 3 cicli al secondo; il voltaggio è variabile e può raggiungere e superare i 200 microvolt. Le onde

delta sono caratteristiche del sonno non R.E.M. quindi ad onde lente.

Nei diversi stadi di sonno sono presenti principalmente onde tetha e onde delta, caratteristiche del sonno ad onde lente, a cui si aggiungono attività alfa e raramente, di attività beta.

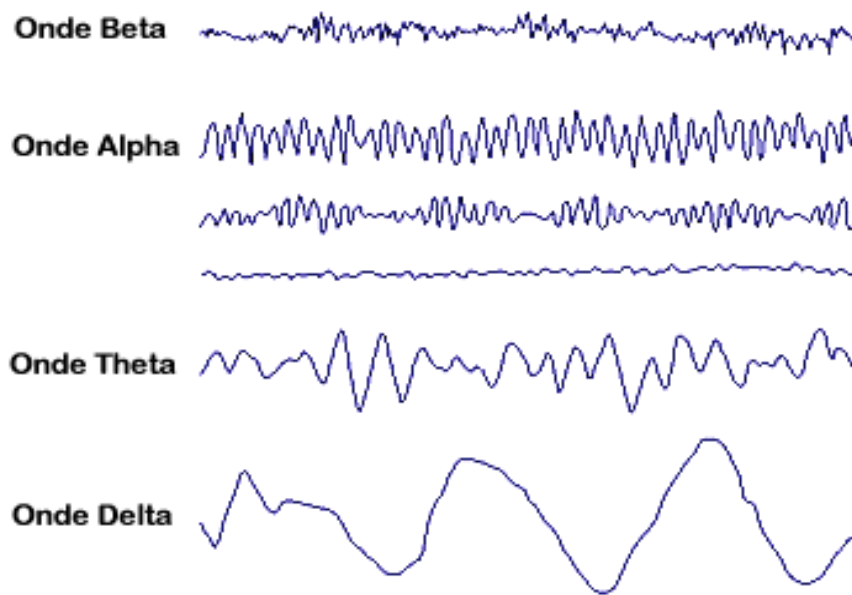


Figura 9 : Ritmi cerebrali [9]

2.1 ELETTROCORTICOGRAFIA (ECoG)

È un EEG invasivo che registra l'attività elettrica ponendo gli elettrodi direttamente sulla superficie corticale, quando questa viene esposta nel corso di interventi neurochirurgici, quindi necessita di una incisione chirurgica nel cranio per impiantare la griglia dell'elettrodo.

Fornisce una rilevazione più accurata dell'attività cerebrale, in quanto gli elettrodi si trovano a diretto contatto con la corteccia cerebrale e la risoluzione spaziale è maggiore dell'elettroencefalografia.

2.2 MAGNETOENCEFALOGRAFIA

Una tecnica di “imaging” non invasiva per lo studio delle funzioni cerebrali. Questa tecnica registra i campi magnetici generati dall'attività neuro-elettrica del cervello attraverso sensori collocati in prossimità della testa. I campi che sono registrati nelle vicinanze della testa sono estremamente bassi e richiedono sensori molto sensibili. Lo svantaggio principale sta nei costi nettamente superiori rispetto a quelli dell'encefalografia e apparecchiatura molto più complessa e meno portatile. La recente disponibilità di sistemi biomagnetici a superconduttori hanno reso la magnetoencefalografia (MEG) un dei test diagnostici più disponibile, la cui potenzialità clinica non è a oggi ben definita, inoltre deve competere con un basso rapporto segnale-rumore, che impone l'uso di costose schermature per il rumore magnetico ambientale. Forse la maggior applicazione futura è nel rilevare l'origine neurale dei segnali EEG grafici e dei potenziali.

L'imaging magnetico, che combina la MEG con lo studio anatomico mediante RM, è stato usato per produrre

mappe neuromagnetiche di potenziali evocati somatosensoriali e uditivi in soggetti sani. L'imaging a fonte magnetica è stato utilizzato nella localizzazione di sorgenti epilettici in pazienti soggetti a interventi neurochirurgici .

2.3 RISONANZA MAGNETICA FUNZIONALE

Tale tecnica della *risonanza magnetica funzionale* (*fMRI*, *functional Magnetic Resonance Imaging*) è utilizzata come strumento di diagnosi per il suo metodo non invasivo rispetto alle altre tecniche di indagine sull'attività elettrica del cervello, soprattutto viene utilizzata per valutare patologie come la schizofrenia. La fMRI permette di individuare modificazioni emodinamiche correlate ad eventi di natura elettrica, rilevati dall'EEG, offrendo un'ottima risoluzione spaziotemporale dei dati acquisiti, è basata quindi sul fatto che zone del cervello attivate, presentano un incremento coordinato dell'attività elettrica regionale e del flusso sanguigno cerebrale, così che ci permette di visualizzare le funzioni cerebrali. La risonanza magnetica funzionale e la tomografia a emissione di positroni, sono entrambi metodi che non misurano direttamente l'attività dei neuroni, ma permettono di visualizzare variazioni dell'attività cerebrale in quanto sensibili ai cambiamenti di tipo metabolico ed emodinamico che accompagnano

l'aumento dell'attività neurale. Malgrado questa limitazione, le tecniche di imaging hanno contribuito in modo determinante alla comprensione del funzionamento del cervello umano, svelando meccanismi legati a processi sensoriali e motori, ma anche a processi più complessi quali funzioni esecutive, memoria e linguaggio. Gli esperimenti classici consentono di associare la funzione studiata con l'attivazione di una o più aree del cervello. Lo sviluppo di tali tecniche permette di utilizzare le tecniche di imaging anche per lo studio delle comunicazioni fra le aree cerebrali. Questo ha contribuito ad ampliare le conoscenze sul funzionamento del cervello, passando da una nozione basata su associazioni univoche tra funzioni e aree cerebrali, a una concezione dinamica in cui la stessa area può partecipare a diverse funzioni in dipendenza dalle altre aree con cui di volta in volta si connette funzionalmente. La flessibilità delle tecniche di risonanza magnetica ha permesso inoltre di sviluppare particolari modi di acquisizione che consentono di registrare l'attività di tutto il cervello in pochi secondi, con disegni sperimentali e tecniche di analisi più articolate rispetto alla PET.

2.4 TOMOGRAFIA A EMISSIONE DI POSITRONI

La tomografia a emissione di positroni (*PET, Positron Emission Tomography*) è anche questa una tecnica di imaging non invasiva. Si basa sulla somministrazione di radiofarmaci, caratterizzati dall'emissione di particelle chiamate positroni. Le indagini di Medicina Nucleare, come la PET, prevedono la somministrazione di una piccola quantità di una sostanza radioattiva (radiofarmaco), al fine di indagare sulle caratteristiche funzionali degli organi e degli apparati nei quali il radiofarmaco si localizza. Dopo essere stato somministrato per via endovenosa, il radiofarmaco si distribuisce nel corpo del paziente permettendo di ottenere delle immagini diagnostiche. Utilizzando questa sostanza radioattiva si è in grado di registrare ed elaborare le radiazioni che vengono emesse dai positroni dei tessuti che si stanno analizzando.

La differenza sostanziale con altre metodiche d'indagine è che la PET riesce a fornire informazioni di tipo quantitativo e qualitativo dei tessuti e inoltre consente di analizzare i processi biochimici e biologici che regolano le funzionalità di organi.

2.5 TOMOGRAFIA A EMISSIONE DI SINGOLO FOTONE

Tecnica di imaging utilizzata per la diagnostica di diversi organi. Particolarmente utile nello studio delle patologie cerebrali. La SPECT (tomografia ad emissione di fotoni), è una tomografia che sfrutta una gamma camera o rivelatore a scintillazione, la quale trasforma le radiazioni emesse dagli isotopi radioattivi somministrati al paziente in emissioni luminose. Tale indagine è utile per avere informazioni sulle epilessie, sulle recidive di tumore, sullo spasmo vascolare conseguente ad emorragia meningea, sugli incidenti vascolari cerebrali, sulle forme demenziali come la malattia di Alzheimer e su alcune malattie psichiatriche come le schizofrenie. Lo svantaggio è la bassa risoluzione temporale, dovuta ai lunghi intervalli di tempo necessari per il rilevamento dei flussi sanguigni e l'uso di ossigeno e glucosio da parte delle aree cerebrali, inoltre utilizzano apparecchiature ingombranti e non portatili, e si conseguenza hanno elevati costi.

2.6 IMAGING OTTICO

Con l'imaging ottico ci si riferisce ad un insieme di tecniche mediche che rivelano l'attività dei neuroni e quella delle funzionalità del cervello attraverso delle

riflessioni di luce emessa da una sorgente laser o infrarossa e fornisce un'immagine tridimensionale. La luce emessa è un'onda elettromagnetica e l'imaging consiste nella deflessione della luce emessa da un laser o altro. Esistono due tipologie di imaging ottico: diffusivo e ballistic.

L'imaging ottico diffusivo è una tecnica che dà la possibilità di ottenere in contemporanea informazioni sull'attività neurale e il suo sviluppo nel tempo e permette anche di studiare il funzionamento del cervello.

Attraverso un laser posizionato nel vicino infrarosso sulla cute e rivelatori di fibre ottiche che si trovano a distanza di pochi centimetri dalla sorgente luminosa. Tali rivelatori determinano il percorso che fa la luce e le sue deviazioni, dovuti all'assorbimento delle onde o della loro dispersione nel tessuto cerebrale. Tale metodo fornisce informazioni sulla concentrazione delle sostanze che si trovano all'interno della corteccia oppure informazioni legate alle caratteristiche fisiologiche, come rigonfiamento dei neuroni. Si può ottenere una risoluzione molto buona sia in 2D attraverso il segnale NIRS imaging di vicino infrarosso spettroscopia, e attraverso la tomografia si può avere la ricostruzione di un intero volume 3D di tessuto per la diagnosi di diverse malattie.

3 CAPITOLO

3.1 INTERAZIONE CERVELLO-COMPUTER

Confrontando tra loro queste tecniche risulta che le tecniche più adatte per la realizzazione di una BCI sono l'elettroencefalografia e le tecniche basate su immagini ottiche, sia per i buoni risultati che per i costi ridotti, basati su biosensori non invasivi che catturano le onde elettriche generate dall'attività cerebrale e dal movimento degli occhi e traducono l'informazione in segnali digitali per un'Interfaccia Cervello-Computer (BCI).

Questa tecnologia "indossabile" racchiude nuove applicazioni nell'elettronica, nelle applicazioni medicali, del benessere, della sicurezza, dell'educazione e molto altro.

La nostra comunicazione con le macchine si è sempre limitata a forme coscienti e dirette che si tratta di un'operazione semplice come accendere le luci con un interruttore o complessa come la programmazione robotica, abbiamo sempre dovuto dare un comando alla macchina, o una serie di comandi in modo che questa facesse qualcosa per noi. La comunicazione tra persone tra l'altro, è decisamente più complessa e molto più interessante in quanto noi prendiamo in considerazione molto più di quanto è espresso esplicitamente. Osservando le espressioni del volto, il linguaggio del corpo, siamo in grado di intuire emozioni e sentimenti dialogando con un altro essere umano. E ciò ha un ruolo molto importante, nel processo attraverso cui prendiamo le decisioni.

Ciò che vogliamo fare è introdurre questo mondo complesso di interazione umana, nell'interazione tra il computer e l'essere umano così che i computer possono capire non solo ciò per cui ricevono dei comandi , ma possono anche reagire alle espressioni del volto e alle esperienze emotive. E quale miglior modo per farlo dell'interpretare i segnali prodotti naturalmente dal nostro cervello, il nostro centro di controllo e di esperienza.

Il compito non è dei più facili soprattutto per due motivi. La prima sono gli algoritmi di rilevamento. Il nostro cervello è composto da miliardi di neuroni attivi. La lunghezza complessiva degli assoni ammonta a un totale di circa 170.000 km. Quando questi neuroni interagiscono la reazione chimica emette un impulso elettrico misurabile. La maggior parte delle nostre capacità mentali è distribuita sullo strato superficiale esterno del cervello. Inoltre per aumentare la superficie a disposizione della capacità mentale, lo strato superficiale del cervello presenta innumerevoli pieghe. Tali pieghe corticali rappresentano una sfida complessa all'interpretazione degli impulsi elettrici dello strato superficiale. La corteccia cerebrale di ogni individuo presenta pieghe differenti, molto simile a un impronta digitale. Attraverso questa tecnologia siamo in grado di permettere che le espressioni facciali vengono collegate ai comandi per il movimento.

3.1 DISPOSITIVO MUSE

Muse è una fascia in grado di leggere nel pensiero di chi la indossa e di trasmettere il segnale, via bluetooth ad altri dispositivi. Sviluppata da Interaxon che insieme a molte aziende si sono

lanciate nello sviluppo di dispositivi più o meno grandi in grado di leggere il pensiero ed far eseguire, di conseguenza, operazioni ad altri dispositivi o interagire con computer, tablet e smartphone. Muse è dotata di 4 sensori per segnali EEG quindi come quelli che vengono rilevati durante una elettroencefalografia, posizionati sul davanti e due posizionati sulla fronte e due dietro le orecchie. BCI si basa sullo sfruttamento dei vari tipi di onde elettriche che i neuroni del cervello producono, un esempio banale quando si è addormentati, il cervello emette onde delta, quando si è calmi e rilassati, si creano più onde alpha e le onde theta ,quando si è concentrati nel fare qualcosa di specifico il nostro cervello è occupato a emettere onde sia beta che onde gamma. Attraverso i sensori EEG riusciamo a leggere e interpretare queste onde, e attraverso appositi software per convertire queste onde cerebrali in segnali digitali, che varie applicazioni possono interpretare.

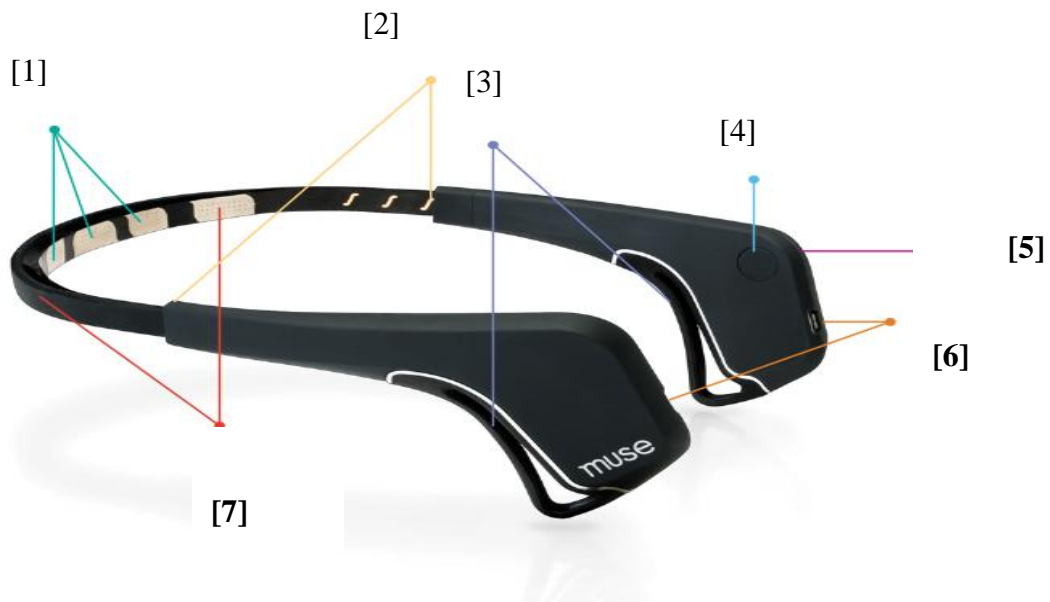


Figura 10: Componenti del dispositivo Muse [10]

[1] tre sensori di riferimento

[2] regolabilità

[3] due SmartSense Gomma conduttiva Ear Sensori

[4] pulsante di pairing / di potenza

[5] luci a led

[6] le due porte di ricarica

[7] due sensori frontali

I vantaggi di tale dispositivo consiste nel rendere il cervello più resistente alle distrazioni, diminuire lo stress innescando la risposta di un naturale rilassamento e uno stato profondo di riposo che può modificare le risposte fisiologiche ed emotive così che si riduce il metabolismo e il battito cardiaco rallenta. Induce quindi anche al rilassamento dei muscoli, la respirazione diventa più lenta e diminuisce la pressione sanguigna. Tenendo conto che un aumento di pressione induce a effetti negativi, come la bassa immunità. Muse porta in brevi termini ad avere un maggior autocontrollo in contrasto con lo stress, un miglior controllo dell'attenzione e ad un miglioramento della vita. Con 3/5 minuti al giorno porta innumerevoli vantaggi nella nostra vita, aiutando a formare l'abitudine, porta ad una maggiore densità di materia grigia, assottigliamento della corteccia prefrontale, diminuendo così l'attività dell'amigdala associata allo stress, aumento della resilienza e della funzione immunitaria , un cambiamento benefico della struttura e della funzione del cervello .

La fascia Muse è uno strumento che misura i segnali del cervello .
consiste in 7 sensori finemente calibrati : di cui 2 posizionati a
livello della fronte, 2 dietro le orecchie, più 3 sonde di riferimento
che rilevano e misurano l'attività del cervello.

L'attività elettrica che viene rilevata sotto forma di un tracciato
di Elettroencefalografia che misura l'attività cerebrale. I
neuroni nel nostro cervello comunicano inviando piccoli
impulsi elettrici tra loro.

Quando si ha un gran numero di neuroni fuoco ,quelli che
emettono potenziale elettrico, si crea un cambiamento del
campo elettrico all'interno della corteccia cerebrale che si può
misurare dall'esterno della testa, attraverso i sensori applicati
nel dispositivo. Con tali neuroni possiamo calcolare la forza di
certe frequenze e correlare agli stati generali della mente.

Come già detto le onde principali sono le onde alpha che hanno
frequenza che varia dagli 8 ai 12 Hertz, che caratterizzano
soprattutto situazioni di rilassamento come quando abbiamo gli
occhi chiusi, mentre dormiamo invece abbiamo prevalenza delle
onde delta, che hanno frequenze minori rispetto a queste fino ai
4 Herz.

Questo dispositivo permette di analizzare nel tempo il
cambiamento delle frequenze dei segnali elettrici emesse dal
nostro cervello, ed esamina il bilancio di queste bande di

frequenza che permettono di ottenere informazioni sulla nostra mente e di valutare se è in uno stato di quiete o dinamico.

3.2 TRASMISSIONE DEL SEGNALE ELETTRICO

La fascia Muse per poter trasmettere i segnali e l'attività elettrica per poter analizzare le varie funzionalità necessita di un collegamento. Il dispositivo infatti dovrà essere collegato allo smartphone attraverso Bluetooth.



Figura 11: simbolo del bluetooth [12]

Il Bluetooth consiste nella trasmissione di dati attraverso una rete senza fili attraverso una frequenza radio di corto raggio. Tale trasmissione consiste nel cercare i dispositivi coperti dal segnale radio nel raggio di qualche decina di metri, mettendo così in comunicazione i due dispositivi che si interfacciano attraverso il bluetooth (BT).

Si ottiene il funzionamento di Muse attraverso collegamento tramite BT , ad una applicazione apposita presente nel dispositivo mobile.



Figura 12 : applicazione smartphone [10]

Onde radio Bluetooth sono circa 100 volte meno potenti delle onde radio di un telefono cellulare e viene utilizzato in milioni di dispositivi progettati per essere indossati sulla testa, come auricolari e cuffie, sono innocui sulle persone e forniscono informazioni sullo stato cerebrale.

I segnali che vengono analizzati sono comunque deboli e variano da 1 microvolt a 300 microvolt e inoltre la batteria utilizzata è milioni di volte più forte rispetto al segnale elettrico dei neuroni perché viene utilizzata una batteria AA, ed è importante il contatto ottimale tra i sensori e la pelle.

4 CAPITOLO

4.1 LA TECNICA fNIR

Nuovo funzionale vicino infrarosso ottico per sistemi di Imaging e livello di misurazione di ossigeno, nello scambio corteccia prefrontale di soggetti umani,utilizzando la tecnologia dei sensori per emodinamica corticali.

Una tecnica di misura NIR, la luce assorbita dal sangue, costituito da emoglobina e l'ossigeno, fornisce informazioni sull' attività cerebrale simile a quella in corso con gli studi di risonanza magnetica funzionale (fMRI). Elimina molti svantaggi della funzionalità fMRI e fornisce una soluzione non invasiva, conveniente e sicura per la valutazione della funzione cognitiva.

La tecnologia fNIR usa lunghezze d'onda specifiche di luce, irradiata attraverso il cuoio capelluto, per consentire la non invasiva misurazione dello scambio nei relativi rapporti di deossigenazione e ossigenazione dell' emoglobina durante l'attività cerebrale.

4.2 LEGGE DI LAMBERT-BEER

Il dispositivo che andremo a illustrare fornisce i cambiamenti nei livelli di emoglobina, calcolato utilizzando la legge di Lambert-Beer modificata. Questa legge ci permette di determinare la concentrazione di sostanze in soluzione attraverso la spettrofotometria

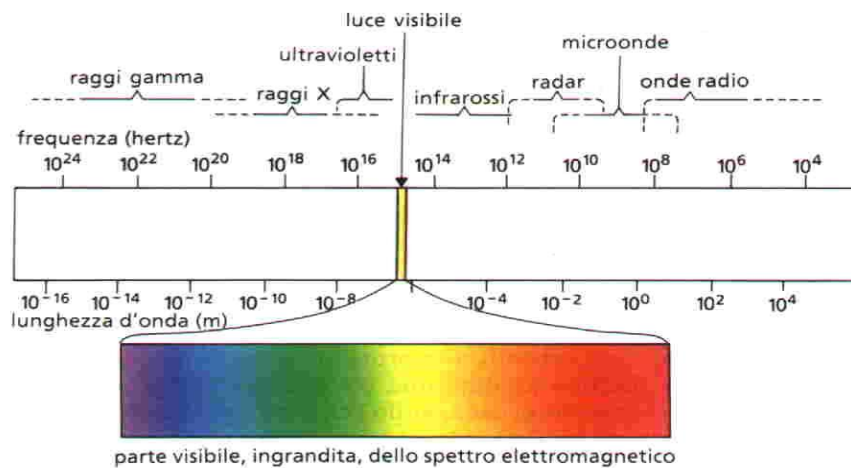


Figura 13 : spettro elettromagnetico [13]

che analizza lo spettro nel campo visibile dai 350 ai 750 nm e nel campo dell'ultravioletto dai 190 ai 350 nm. La spettrografia permette di ottenere informazioni per l'analisi quantitativa di soluzioni diluite e il metodo analitico si basa sulla legge di Lambert-Beer che esprime la relazione lineare tra concentrazione ed assorbimento misurato ad una definita lunghezza d'onda.

La strumentazione utilizzata è la seguente:

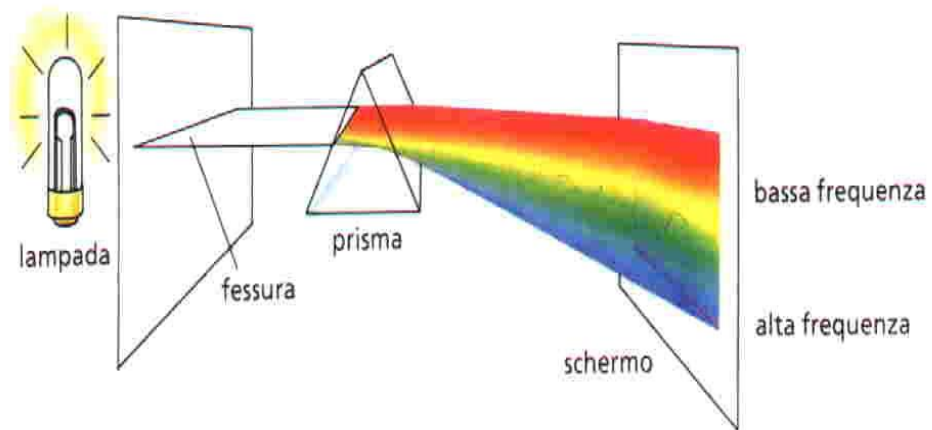


Figura 14 : componenti della spettrofotometria [13]

- Sorgente luminosa a filamento di tungsteno per il visibile e a vapori di deuterio per l'UV e la radiazione emessa è policromatica
- Sistema di fenditure, filtri e lenti per focalizzare, filtrare e indirizzare il fascio di luce in modo opportuno
- Monocromatore, ossia un apparecchio per isolare una certa banda di lunghezze d'onda quasi monocromatica. È costituito da un elemento disperdente come il prisma e da due sottili fenditure che servono come entrata ed uscita della radiazione;
- la fenditura d'entrata definisce uno stretto fascio luminoso che va a cadere sull'elemento disperdente.

- La fenditura d'uscita fa passare solo una stretta frazione di lunghezze d'onda
- Serie di specchi per indirizzare il raggio
- Un eventuale sistema di specchi-chopper che divide il raggio di luce in due raggi di uguale intensità.
- Alloggiamento per le celle
- Rivelatore cioè l'elemento sensibile all'intensità della radiazione elettromagnetica, che trasforma il segnale ottico in segnale elettrico

Il segnale viene analizzato o digitalizzato per ottenere il valore numerico dell'assorbanza alle varie lunghezze d'onda. Allo strumento è collegato un registratore a carta per disegnare lo spettro, stampante o altro.

4.3 ACQKNOWLEDGE IL SOFTWARE DI ACQUISIZIONE

I dati che vengono acquisiti dal dispositivo Biopac , vengono analizzati dal software acqknowledge. Tale software acquisisce i dati complessi del nostro cervello e ci permette immediatamente di visualizzare dati importanti come la stimolazione, i punti di trigger utilizzando semplicemente il menu del software. Un programma facilmente utilizzabile dall'utente senza conoscere n'è protocolli n'è linguaggi specifici, intuitivo

e permette oltre che visualizzare i dati anche di trasformarli e riprodurli ed analizzarli.

I segnali ottenuti potranno essere anche filtrati e amplificati attraverso una lista all'interno del programma o anche in modalità on-line. Altre funzionalità come l'impostazione della frequenza di campionamento del segnale e la durata, anche i grafici possono essere modificati come anche le forme d'onda, griglie, testo e altro.

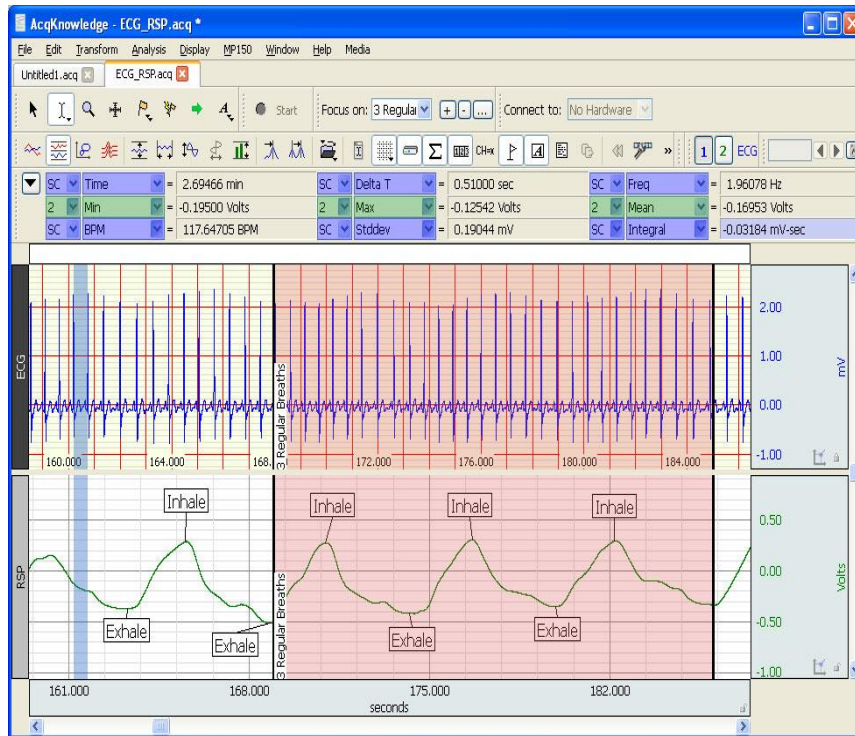


Figura 15: software acqknowledge [11]

4.4 IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Tale sistema permette di analizzare, registrare e visualizzare dati importanti che monitorano la nostra vita. Con la spettroscopia nel vicino infrarosso (NIPF) si introduce una nuova modalità di acquisizione dei dati con neuroimaging.

La tecnologia fNIR utilizza onde di lunghezza specifiche di luce irradiata attraverso il cuoio capelluto, per misurare lo scambio nei rapporti di deossigenazione e ossigenazione dell'emoglobina durante l'attività cerebrale, cioè lo scambio emodinamico durante un attività cognitiva, emotiva e come già accennato tale metodo non è invasivo. Tale tecnologia ci permette di realizzare dei dispositivi portatili per monitorare i segnali del nostro cervello. L'imaging funzionale permette di comprendere l'attività in una determinata zona del cervello dovuta ad un particolare stato comportamentale, soprattutto nel dorsale e inferiore corteccia frontale.

Lo studio di cognizione grazie alla fNIR si occupa in particolare delle emozioni associate alle aree di Brodmann BA9 , BA10, BA44, BA45, BA46, BA47.

I segnali emodinamici sono prelevati da misure effettuate dalla NIPF e modificati dalla legge di Lambert-Beer .

Tipicamente, un apparato ottico è costituito da:

- una sorgente luminosa
- tutto il tessuto che viene irradiata
- rilevatore di luce che riceve luce dopo che ha interagito con il tessuto.

I fotoni entrano sottoposti a due diversi tipi di tessuto di interazione, ossia assorbimento (perdita di energia al mezzo) e dispersione. La maggior parte dei tessuti biologici sono trasparenti alla luce nel vicino infrarosso tra 700-900 nm, chiamata "finestra ottica" . Questo è dovuto alla fatto che all'interno di questa finestra ottica, l'assorbanza dei componenti principali del tessuto umano come acqua, ossi-H (deossigenazione dell'emoglobina) e deossi-Hb(deossigenazione dell'emoglobina) è piccolo, permettendo così alla luce di penetrare il tessuto .

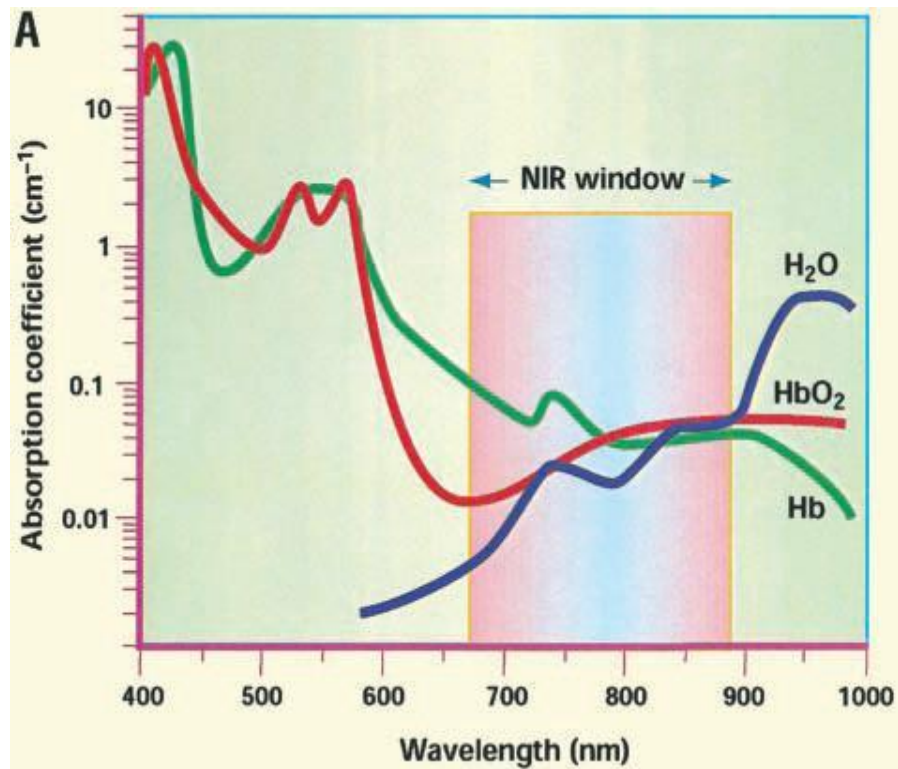


Figura 16 :Spettro di assorbimento(finestra vicino infrarosso, NIR)[13]

Tra i principali assorbitori nel tessuto, ossi-Hb e deossi-Hb sono fortemente legati alla ossigenazione dei tessuti e al metabolismo. Fortunatamente, nella finestra ottica, lo spettro di assorbimento di ossi-Hb e deossi-Hb rimangono notevolmente diversi tra loro, consentendo la separazione nella spettroscopia per analizzare solo un campione di pochi lunghezze d'onda.

All'interno della finestra ottica, una volta che i fotoni vengono introdotti nella testa umana, vengono o dispersi dai confini extracellulare e intracellulari di diversi strati della testa come la pelle, il cranio, il liquido cerebrospinale e altro o assorbita principalmente dal ossi-Hb o deossi-Hb.

Un fotorivelatore situato a una certa distanza dalla sorgente luminosa può raccogliere i fotoni che vengono assorbiti e quelli che viaggiavano lungo la forma varia compiendo il percorso tra la sorgente e il rivelatore dovuta alla dispersione .

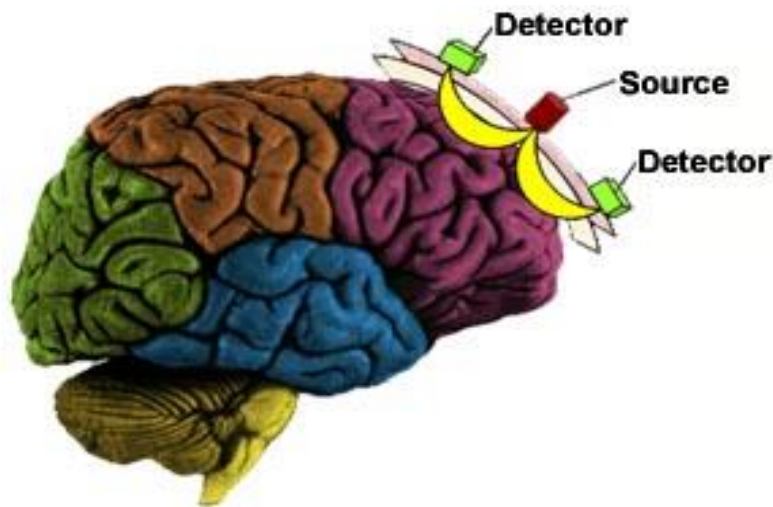


Figura 17 : percorso fotone all'interno della testa [14]

Negli studi di brain imaging ottico funzionale, l'attenuazione (riduzione della quantità di fotoni rilevati dai fotorivelatori) a causa della dispersione è assunto costante in quanto la quantità di scatterers entro diversi strati della testa non cambia a causa dell'attività cognitiva.

La variazione di attenuazione che viene misurata come risultato dell'attività cognitiva è quindi dovuto allo scambio risultante e assorbimento dovuto alle variazioni

nelle concentrazioni di ossi-Hb e deossi-Hb nel tessuto cerebrale. Questo rapporto non è sorprendente, dal momento che l'emodinamica cerebrale e gli scambi sono legati alla attività cerebrale funzionale attraverso questo meccanismo chiamato accoppiamento neurovascolare.

Secondo la legge di Lambert-Beer l'intensità della luce dopo l'assorbimento e la dispersione nel tessuto biologico viene espresso come:

$$I = I_0 e^{-(\alpha_{\text{Hb}} \text{CHb} + \alpha_{\text{HbO}_2} \text{CHbO}_2) L}$$

- G è un fattore che rappresenta la geometria di misurazione e si assume variazioni di concentrazione costanti quando. I_0 è l'ingresso intensità della luce;
- α_{Hb} e α_{HbO_2} sono i coefficienti di estinzione molare;
- CHb e CHbO_2 sono le concentrazioni di cromofori deossi-Hb e ossi-Hb, rispettivamente;
- L è il percorso del fotone che è una funzione dell'assorbimento e dispersione, coefficienti μ_a e μ_b .

Misurando la densità ottica (OD) a due lunghezze d'onda, si ottiene la variazione in funzione del tempo relativa dell'ossi e deossi-emoglobina. Se la

misurazione dell'intensità nel tempo iniziale (baseline) è I_b , e in un altro istante è I , la variazione OD dovuta alla variazione CHB e CHBO2 durante tale periodo è:

$$\Delta OD = \log(I_b/I) = AHB\Delta CHB + \alpha HBO2\Delta CHBO2$$

Le misurazioni effettuate in due diverse lunghezze d'onda permettono il calcolo ΔCHB e $\Delta CHBO2$. Si può quindi ottenere Ossigenazione e volume sanguigno :

$$\text{Ossigenazione} = \Delta CHBO2 - \Delta CHB$$

$$\text{BloodVolume} = \Delta CHBO2 + \Delta CHB$$

Utilizzando questa tecnica e queste misure, diversi tipi di funzioni cerebrali sono stati valutati, tra cui quella motoria di attivazione visiva, stimolazione uditiva e prestazioni dei vari compiti cognitivi.

4.5 IL SISTEMA BIOPAC

In questo sistema fNIR la luce viene applicata al tessuto in ampiezza costante (CW). I sistemi CW sono limitati a misurare l'ampiezza di attenuazione della luce incidente. Tuttavia, i sistemi CW possiedono un certo numero di proprietà vantaggiose che hanno portato in largo uso tra i ricercatori, che sono interessati all' imaging cerebrale rispetto ad altri sistemi ad infrarossi. E' minimamente invasivo, portatile, conveniente e facile per l'ingegnere rispetto a sistemi a frequenza e nel dominio del tempo.

Lo spostamento di ampiezza e di decadimento di fase del segnale è rilevato rispetto alla luce incidente e sono misurati per caratterizzare le proprietà ottiche del tessuto.

Modelli portatili e wireless sono usati per monitorare la funzionalità del cervello attraverso questo sistema.

I componenti principali del sistema sono:

- il sensore che copre l'intera fronte;
- una scatola di controllo per acquisizione dati con velocità di campionamento di 1.6 Hz;
- un computer per il software di analisi dei dati.

Il sensore di corrente flessibile è composto da quattro sorgenti luminose con tre LED incorporati con lunghezze d'onda di picco a 730,805, e 850 nm e dieci rilevatori destinati alle immagine corticale delle zone sottostanti la fronte , dorso laterale e frontale inferiore.

Con una separazione sorgente-rilevatore fisso di 2,5 cm, questa configurazione si traduce in un totale di 16 canali di segnale / voxel. La comunicazione tra il computer di analisi dei dati avviene tramite una porta seriale collegata alla misura fNIR nel tempo delle attività.

Il sensore flessibile è una struttura modulare composta da due parti:

- un circuito riutilizzabile, flessibile che porta la necessità di utilizzare sorgenti e rivelatori a infrarossi, e materiale di imbottitura che serve per fissare il sensore al soggetto

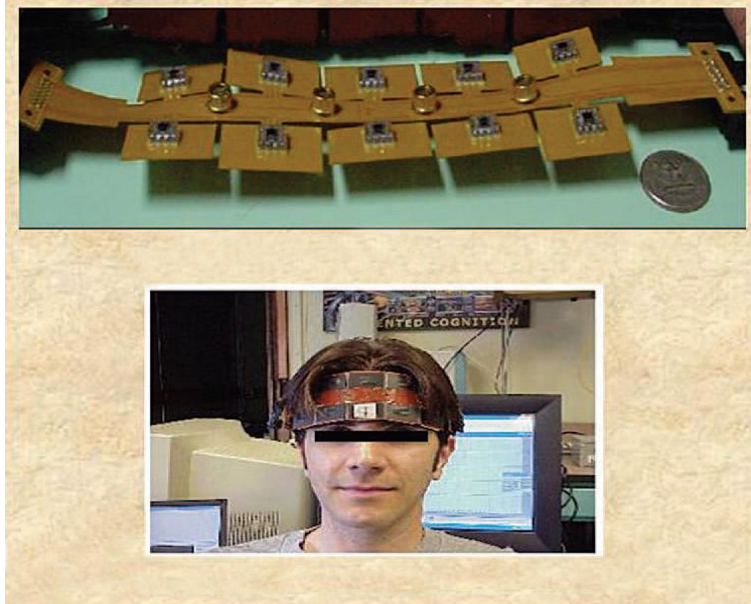


Figura 18 : il sensore flessibile [14]

- Il circuito flessibile fornisce un affidabile soluzione costante e riproduce la spaziatura dei componenti e l'allineamento.

Poiché il circuito a bordo e i materiali sono flessibili, i componenti possono muoversi e adattarsi ai contorni della testa del soggetto, permettendo ai sensori di mantenere un orientamento ortogonale alla superficie della pelle, migliorando l'efficienza di accoppiamento segnale luminoso e forza.

Il sistema fNIR di BIOPAC fornisce un monitoraggio in tempo reale dell'ossigenazione dei tessuti nel cervello mentre il soggetto esegue test, operazioni, oppure è sottoposto a stimolazione. In questo modo permette ai ricercatori di stimare quantitativamente le funzioni cerebrali come l'attenzione, la memoria, il planning e risoluzione problemi, mentre il soggetto esegue test cognitivi, mostrando informazioni sull'attività cerebrale in corso.

Si analizzano dati durante un lavoro e si incrementa il lavoro con aumento del carico di memoria. Sui dati misurati attraverso la metodologia fNIR si esegue un filtraggio per eliminare fisiologicamente dati irrilevanti come effetti di respirazione e di pulsazione del cuore o il rumore delle attrezzature o altro e sussiste una relazione positiva tra il crescente carico di lavoro e l'ossigenazione, osservata nella corteccia dorso laterale e prefrontale, sempre in accordo con i diversi carichi di attività. Quindi con tale dispositivo si esegue una stima sulla risposta emodinamica a seconda di diversi eventi.

CONCLUSIONI

L'evoluzione di tali dispositivi indossabili e di tutto il mondo che gira intorno ad esso, permetterà ai soggetti che n'è faranno uso di trarne dei benefici , prima di tutto in salute e poi anche a conoscere ancora più nel dettaglio l'attività del nostro cervello. Anche se si può pensare che arrivare a conoscere la totalità delle funzioni di tale organo complesso è importante, sia per noi stessi che per la società, ma si può pensare che possa portare a ben altri fini.

In futuro si prevedono test di un dispositivo impiantabile nel cervello capace di controllare le emozioni delle persone con problemi psichiatrici, dalla schizofrenia allo stress post traumatico, si potrà intercettare questo segnale e stimolare il cervello dall'interno per farla cessare, ciò sarebbe di gran beneficio per i numerosi pazienti che n'è sono soggetti. Questo è un esempio di come la tecnologia stia avanzando verso campi sempre più ampi, anche rischiando di andare oltre e di appropriarci della nostra riservatezza con dispositivi che posso leggere la nostra mente anche attraverso applicazioni scaricabili dal nostro smartphone .

SITOGRAFIA

<http://www.neuroscienzedipendenze.it/eeg.html>

https://www.google.it/search?site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1517&bih=714&q=aree+di+brodmann&oq=aree+di+B&gs_l=img.1.0.0l2j0i2418.2168.4399.0.7006.9.9.0.0.0.585.1136.0j2j0j1j0j1.4.0...0...1ac.1.58.img..5.4.1134.gkFdoFwxqU4#tbm=isch&q=midollo+spinale&facrc=&imgdii=&imgrc=1kkASGQg9aFGgM%253A%3BNIqToxhTK8SVvM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.liquidarea.com%252Fwp-content%252Fuploads%252F2013%252F02%252Fmidollo_spinale.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.liquidarea.com%252F2014%252F10%252Fterapia-rivoluzionaria-uomo-torna-camminare-dopo-incidente-gli-taglio-midollo-spinale%252F%3B800%3B534 [1]

<http://www.ilportaledelibambini.it/portfolio/il-sistema-nervoso-lencefalo> [2]

<http://www.treccani.it/enciclopedia/tag/cervello> [3]

http://www.neuropsychology.it/voce_glossario.asp?idglossario=128 [4]

<http://www.massoterapia.altervista.org/sistema-neurologico.html> [5]

[http://www.treccani.it/enciclopedia/neurofarmacologia_\(Enciclopedia della Scienza e della Tecnica\)](http://www.treccani.it/enciclopedia/neurofarmacologia_(Enciclopedia_della_Scienza_e_della_Tecnica)) [6]

http://www.neuropsychology.it/voce_glossario.asp?idglossario=128 [7]

<http://www.oliverio.it/ao/didattica/Cervello.htm/Attenzione/veglia%20e%20sonno.htm> [8]

<http://www.enciclopedia dellapnl.com/enc/onde-cerebrali.php> [9]

<http://www.choosemuse.com/what-does-it-measure> [10]

<http://www.biopac.com/acqknowledge-data-acquisition-analysis-software-win> [11]

<http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx> [12]

<http://www.liceorodolico.it/appunti/spettro/spettro.html> [13]

http://www.biopac.com/Manuals/app_pdf/fnir_ieee_cognition.pdf [14]

<http://web.unitn.it/cimec/10907/laboratorio-magnetoencefalografia>

<http://www.aipsimed.org/magnetoencefalografia/>

<http://www.treccani.it/enciclopedia/imaging-cerebrale-funzionale-aspetti-tecnici>

<http://www.albanesi.it/salute/esami/pet>

<http://www.mrinformatica.eu/blog/informazione/muse-la-fascia-che-vi-legge-nel-pensiero>

<http://www.interaxon.ca/products.html>

<http://www.interaxon.ca/tech.html>

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149763413002248>

<http://psycnet.apa.org/journals/cep/67/1/11/>

<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/03/100310114936.htm>

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581914000159>

<http://news.harvard.edu/gazette/story/2010/11/wandering-mind-not-a-happy-mind>

<http://www.scuolaosteopatia.eu/emotiv-eeg-dispositivo-onde-cerebrali-corso-semeiotica/>

<http://www.laureescientifiche.units.it/allegati/chimica/manuali>

[http://www.treccani.it/enciclopedia/struttura-e-funzione-del-cervello_\(Dizionario-di-Medicina\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/struttura-e-funzione-del-cervello_(Dizionario-di-Medicina)/)

<http://sv.units.it/ppb/CPN/Scienza%20del%20Cervello-web.pdf>

http://www.abcsalute.it/atlante-anatomico/organi/uomo/mesencefalo.html?refresh_cens

<http://salute.doctissimo.it/dizionario-della-salute/peduncolo-cerebrale.html>

[http://www.ameucci.it/sito/PPT/sistema%20nervoso\(fabrizi\)](http://www.ameucci.it/sito/PPT/sistema%20nervoso(fabrizi))

<http://www.centropiaggio.unipi.it/sites/default/files/course/material/11.Potenziali%20evocati%20e%20EEG>

BIBLIOGRAFIA

Kevin T. Patton, Gary A. Thibodeau , Anatomia e fisiologia 2010

Pennisi P., Sarlo M. Indici elettrofisiologici in psicologia CLEUP Editrice, Padova 1998

Kandel Eric R., Schwartz James H., Jessell Thomas M. Principi di neuroscienze CEA 2003

Skosnik PD et al. Psychophysiological evidence of altered neural synchronization in cannabis use: Relationship to schizotypy. Am J Psychiatry 2006 Oct; 163:1798-805

