

Journal of Biomedical Practitioners

JBP

Periodico per le professioni biomediche a carattere tecnico - scientifico - professionale

Titolo articolo / Article title:

Misure elettrofisiologiche dell'efficacia della riabilitazione attraverso neurofeedback in una popolazione afasica

Electrophysiological measures of efficacy in neurofeedback rehabilitation of aphasic patients

Autori / Authors: S. Vighetti, A. Piedimonte, E. Carlino, E. Frisaldi, M. T. Molo

Pagine / Pages: 39-48, N.1, Vol.2 - 2018

Submitted: 29 January 2018 – *Revised:* 31 January 2018 – *Accepted:* 9 March 2018 – *Published:* 2 May 2018

Contatto autori / Corresponding author: Sergio VIGHETTI,
sergio.vighetti@unito.it

Open Access journal – www.ojs.unito.it/index.php/jbp – ISSN 2532-7925



Opera distribuita con Licenza Creative Commons.

Attribuzione – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale.

Questa Rivista utilizza il [Font EasyReading®](http://www.easyreading.com), carattere ad alta leggibilità, anche per i dislessici.

Periodico per le professioni biomediche a carattere tecnico – scientifico – professionale

Direttore responsabile: Francesco Paolo SELLITTI

Direttore di redazione: Antonio ALEMANNO

Comitato di redazione:

Editors: Antonio ALEMANNO, Mario CORIASCO,
Simone URIETTI, Annamaria VERNONE,
Sergio RABELLINO, Francesco SCIACCA,
Alessandro CICERALE, Chiara MARTINI

Journal manager e ICT Admin: Simone URIETTI, Annamaria VERNONE

Book manager: Francesco P. SELLITTI, Mario CORIASCO

Graphic Design Editor Francesco P. SELLITTI, Mario CORIASCO,
Sergio RABELLINO

Comitato scientifico:

Prof. Roberto ALBERA	Dott. Federico D'AGATA	Dott. Grazia Anna NARDELLA
Dott. Alberto BALDO	Dott. Patrizio DI DENIA	Dott. Salvatore PIAZZA
Prof. Nello BALOSSINO	Dott. Chiara FERRARI	Prof. Lorenzo PRIANO
Prof. Paolo BENNA	Prof. Diego GARBOSSA	Ing. Sergio RABELLINO
Prof. Mauro BERGUI	Dott. Luciana GENNARI	Dott. Elisa RUBINO
Dott. Salvatore BONANNO	Dott. Gianfranco GRIPPI	Dott. Saverio STANZIALE
Prof. Gianni Boris BRADAC	Prof. Caterina GUIOT	Dott. Lorenzo TACCHINI
Dott. Gianfranco BRUSADIN	Dott. Chiara MARTINI	Dott. Ersilia TROIANO
Prof. Alessandro CICOLIN	Prof. Alessandro MAURO	Dott. Irene VERNERO
Dott. Mario Gino CORIASCO	Dott. Sergio MODONI	

SOMMARIO / TABLE OF CONTENTS Numero 1, Volume 2 - 2018

1	<i>Indagine delle abitudini e dei comportamenti alimentari durante lo svezzamento di soggetti affetti da DCA</i> <i>Survey of eating habits and behaviors during weaning of subjects with ED</i>	S. Forli, A. Barale, L. Pennacchi
22	<i>Indagine in merito alla gestione alimentare del paziente pediatrico</i> <i>Survey on the food management of pediatric patients</i>	B. M. Baldacci, A. Barale
39	<i>Misure elettrofisiologiche dell'efficacia della riabilitazione attraverso neurofeedback in una popolazione afasica</i> <i>Electrophysiological measures of efficacy in neurofeedback rehabilitation of aphasic patients</i>	S. Vighetti, A. Piedimonte, E. Carlino, E. Frisaldi, M. T. Molo
49	<i>Tecniche di Breath - Hold a confronto nel trattamento del carcinoma mammario</i> <i>Breath - Hold Techniques compared in the breast cancer treatment</i>	C. Macaudo, E. Infusino, D. Miccolis, A. Montagnoli, C. Dionisi

Periodico per le professioni biomediche a carattere tecnico - scientifico - professionale

SOMMARIO / TABLE OF CONTENTS Numero 1, Volume 2 - 2018

- 67 *Tecniche di radiologia convenzionale e TC nell'impingement di anca, guidate da uno studio biomeccanico applicato*
Conventional radiology and CT techniques in hip impingement, guided by an applied biomechanical study

T. Prioeschi, W. Abdullah, L. Della Sala

Misure elettrofisiologiche dell'efficacia della riabilitazione attraverso neurofeedback in una popolazione afasica

Electrophysiological measures of efficacy in neurofeedback rehabilitation of aphasic patients

^{1,2} Sergio Vighetti, ^{1,2} Alessandro Piedimonte, ¹ Elisa Carlino, ¹ Elisa Frisaldi, ² Maria Teresa Molo

¹ Dipartimento di Neuroscienze, Università degli Studi di Torino

² Fondazione Carlo Molo

Abstract

Obiettivo. Il seguente studio si propone la valutazione di un protocollo clinico di neurofeedback di 20 sedute su pazienti affetti da afasia attraverso una misurazione quantitativa delle frequenze cerebrali (qEEG) effettuata all'inizio ed alla fine del trattamento e confrontando il risultato tra tre gruppi di pazienti: un gruppo sperimentale che ha effettuato vere sedute di neurofeedback, un gruppo placebo ed un gruppo di storia naturale.

Materiali e metodi. 30 pazienti sono stati divisi in modo casuale in tre gruppi (N = 10): un gruppo sperimentale che ha seguito vere sessioni di neurofeedback (Neurofeedback Verum, NFV), un gruppo placebo che ha effettuato sessioni di finto neurofeedback osservando un video registrato (Neurofeedback Placebo, NFP) ed un gruppo di storia naturale che non ha seguito alcun tipo di neurofeedback (Natural History, NH). Le sessioni di neurofeedback, della durata di 20 minuti e della frequenza di due volte a settimana, sono state impostate sull'aumento delle frequenze alpha (8-12 Hz) e beta (12-20 Hz). Tutti i pazienti sono stati testati, attraverso il qEEG, prima dell'inizio della terapia (TEST) e subito dopo la sua conclusione (RETEST).



Risultati. Nel solo gruppo NFV è stato osservato un aumento delle frequenze beta 1 (12-20 Hz) sulla derivazione T5 e della frequenza beta 2 (16-20 Hz) sulla derivazione T3. Negli restanti due gruppi di controllo, placebo (NFP) e storia naturale (NH), non è stato rilevato alcun cambiamento a livello del qEEG.

Discussioni. L'aumento nelle frequenze beta 1 e beta 2 a livello del lobo temporale sinistro ottenuto nel solo gruppo sperimentale NFV indica una possibile influenza del trattamento sulle aree danneggiate dallo stroke nei pazienti afasici: è stato dimostrato come il ritmo beta, soprattutto beta 2 sia legato al livello attentivo-cognitivo cerebrale, nonché dell'elaborazione del linguaggio e come questa banda di frequenza sia una misura del danno cerebrale nei pazienti afasici, dove risulta deficitaria soprattutto a livello centrale e posteriore dell'emisfero sinistro (includendo dunque le derivazioni temporali).

Conclusioni. Nonostante il neurofeedback venga usato nel trattamento di diversi disturbi neuropsichiatrici non sono ancora presenti studi sistematici, in particolare nei disturbi afasici.

Il presente studio rappresenta il primo tentativo di standardizzare un protocollo terapeutico di neurofeedback e confrontare risultati oggettivi ottenuti attraverso il qEEG tra un gruppo sperimentale ed un gruppo placebo.

Parole chiave: afasia, neurofeedback, qEEG

English Abstract

Objective. The following study investigated the effects, measured by a quantitative analysis of the cerebral frequencies (qEEG) of a clinical protocol consisting of 20 neurofeedback sessions on patients affected by aphasia divided in three groups: one experimental group who received real neurofeedback session, a placebo group and a natural history group.

Materials and methods. 30 patients have been randomly divided in three groups (N = 10): one experimental group who received real neurofeedback sessions (Neurofeedback Verum, NFV), a placebo group who observed registered videos instead of real neurofeedback recordings (Neurofeedback Placebo, NFP) and a natural history group who didn't receive any kind treatment (Natural History, NH). The neurofeedback sessions, 20 minutes long and two times per week, were based on the increase of alpha (8-12 Hz) as well as beta (12-20 Hz) frequencies. All patients were tested with qEEG before the beginning of the therapy (TEST) and after the end of the therapy (RETEST).

Results. An increase of the frequencies beta 1 (12-20 Hz) in T5 and beta 2 (16-20 Hz) in T3 has been observed only in the group NFV while no change in the qEEG has been observed in the placebo (NFP) or natural history (NH) group.

Discussions. The increase in beta 1 and 2 frequencies in the left temporal lobe only in the experimental group NFV indicates a possible influence of the treatment on the damaged areas after the stroke in aphasic patients. Indeed, it has been shown how the beta rhythm, in particular

beta 2, is linked to the cognitive-attentive cerebral level but also to the elaboration of language. Furthermore, this frequency band is a measure of the brain damage in aphasic patients where is less represented in the central and posterior areas of the left hemisphere (thus including the temporal electrodes).

Conclusions. Even though neurofeedback is used in the treatment of different neuropsychiatric disorders, there are still no systematic studies on this technique, in particular in aphasic patients. The present study represents the first step in standardizing a clinical neurofeedback protocol and collect objective data from qEEG in experimental as well as placebo groups.

Keywords: aphasia, neurofeedback, qEEG

Introduzione

Il termine afasia definisce un disturbo acquisito del linguaggio dovuto al danneggiamento delle strutture cerebrali che partecipano alla comprensione ed alla produzione del linguaggio (Gainotti, 1996). Il disturbo afasico viene rilevato a seguito di un danno cerebro-vascolare, di un trauma cranio-encefalico oppure più raramente di una neoplasia. In particolare, l'afasia si presenta con maggiore frequenza a seguito di un ictus cerebrale (definito anche "stroke") ovvero un disordine vascolare che porta alla morte di cellule cerebrali a livello delle strutture corticali e sottocorticali dell'emisfero sinistro ovvero l'emisfero dominante per ciò che riguarda le capacità linguistiche umane (Basso et al., 1985).

Secondo i dati più recenti del 2013, l'ictus cerebrale rappresenta la seconda causa di morte e la terza causa di disabilità a livello mondiale nonché la prima causa di disabilità negli anziani ed ha una prevalenza che raggiunge il 5% se si considera l'ictus ischemico ed il 2% se ci si riferisce all'ictus di tipo emorragico (www.iso-spread.it).

L'incidenza dell'afasia a seguito di uno stroke è molto variabile ma si situa tra il 20 ed il 30% (Brust et al., 1976; Laska et al., 2001; Engelter et al., 2006).

I danni e dunque i deficit che seguono lo stroke dipendono dalla grandezza della lesione ma anche dalla sua posizione ed a livello fisiologico questo danno è il risultato della perdita di parti di circuiti neuronali complessi e connessioni verso aree legate e funzioni cognitive, motorie e sensoriali (Hasbini et al., 2000).

Inoltre, Il recupero neurologico che avviene a seguito di tale lesione si pensa sia un diretto risultato della plasticità cerebrale che porta ad una riparazione e riorganizzazione di tali circuiti (Bayona et al, 2005). Il neurofeedback si propone come tecnica in grado di velocizzare questo processo di riorganizzazione cerebrale.

Tradizionalmente utilizzato come tecnica per tenere sotto controllo gli stati d'ansia ed aumentare il rilassamento muscolare, il biofeedback classico prende nell'ultimo decennio la forma di "neurofeedback" (NF). Il NF ha come target principale le funzioni cognitive ed in generale l'autoregolazione cerebrale attraverso lo studio dei segnali elettroencefalografici (EEG) ed è

anche per questo motivo che viene spesso definito come “EEG biofeedback” (Nelson, 2007). In una classica sessione di NF differenti frequenze, specificate dal terapeuta, vengono trasformate in indizi visivi o uditivi per permettere all’utente di adattare consapevolmente la sua attività cerebrale verso determinate soglie desiderate.

In particolare, stimolare specifiche bande di frequenza, specialmente sulle aree danneggiate dallo stroke, porta ad un aumento del metabolismo corticale e dunque ad un miglioramento della riorganizzazione cerebrale post-stroke (Nelson, 2007).

Nonostante le potenzialità della tecnica, soprattutto nel caso del recupero a seguito di uno stroke, pochi studi si sono concentrati nella standardizzazione di un protocollo sperimentale validato anche attraverso il confronto con un gruppo a cui venga somministrata una procedura placebo (Renton, Tibbles&Topolovec-Vranic, 2017).

Il seguente studio si propone di valutare l’efficacia di un protocollo clinico di NF su una popolazione di pazienti affetti da afasia attraverso una misurazione quantitativa delle frequenze cerebrali attraverso l’EEG (qEEG) effettuata all’inizio ed alla fine della terapia.

In particolare, nei pazienti afasici è stata osservata una riduzione di potenza delle frequenze Beta a livello dell’emisfero sinistro a seguito di ictus di tipo ischemico o emorragico (Szelies et al., 2002; Spironelli et al., 2013).

Sulla base della letteratura precedente, il protocollo descritto in seguito è stato mirato all’aumento delle frequenze Beta (12-20 Hz) sul lato cerebrale lesionato di questi pazienti (il lato sinistro) per dieci settimane.

Materiali e Metodi

I pazienti sono stati reclutati direttamente attraverso la Fondazione Carlo Molo di Torino, inviati da due centri afferenti: Laboratorio Sperimentale Afasia ed il Centro Afasia CIRP (Torino). Tutti i pazienti hanno aderito volontariamente al trattamento terapeutico e lo studio è stato approvato dalla commissione scientifica della Fondazione Carlo Molo.

I pazienti ($n = 30$; età media \pm dev. st. = 53.3 ± 11.2) sono stati divisi in modo casuale in tre gruppi (ognuno con $N = 10$): un gruppo sperimentale che ha seguito vere sessioni di neurofeedback (Neurofeedback Verum, NFV), un gruppo placebo che ha effettuato sessioni di finto neurofeedback osservando un video registrato (si vedano indicazioni in seguito concernenti il gruppo Neurofeedback Placebo, NFP) ed un gruppo di storia naturale che non ha seguito alcun tipo di neurofeedback (Natural History, NH).

Tutti e tre i gruppi sono stati seguiti per 10 settimane. Per il gruppo NFV e NFP, sono state effettuate 20 sessioni di terapia (vera o placebo) con la cadenza di due volte a settimana (tutti i lunedì e venerdì allo stesso orario). Le sessioni di neurofeedback duravano 20 minuti in totale con pause di 2 minuti ogni 5 minuti di attività per fare riposare gli occhi e non affaticare l’attenzione dei pazienti.

A tutti i partecipanti del gruppo NFP, alla fine dello studio, è stata data la possibilità di effettuare 20 sessioni di neurofeedback in modo da non escludere nessun paziente dai possibili benefici della terapia.

Tutti i pazienti sono stati testati, attraverso il qEEG, prima dell'inizio della terapia (TEST) e subito dopo la sua conclusione (RETEST). Si veda la Figura 1 per una rappresentazione del protocollo sperimentale.

Tutti i pazienti, nella fase di TEST e RETEST, si sono seduti su una sedia appoggiando le spalle allo schienale e l'EEG (Galileo EEG; EBNeuro S.p.A.) è stato registrato da 19 punti sullo scalpo calcolati in accordo con il sistema internazionale 10-20 e corrispondenti alle principali aree cerebrali frontali, centrali, parietali, temporali ed occipitali (Fz, FP1, FP2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, Cz, P3, P4, Pz, T3, T4, T5, T6, O1, O2).

L'impedenza in ogni punto è stata abbassata preparando la cute per restare al di sotto di 5 K Ω ed il voltaggio in ogni derivazione è stato calcolato in base ai punti di riferimento montati sulle orecchie uniti in un'unica riferimento (common ears reference) attraverso il software proprietario e l'elettrodo rappresentante la terra è stato piazzato su FPZ. In figura 2 è visibile una rappresentazione delle derivazioni indagate con l'EEG. La frequenza di campionamento del segnale è stata settata a 512 Hz. Sia durante la fase di TEST che di RETEST la registrazione del segnale cerebrale è avvenuta facendo restare i soggetti ad occhi aperti per 5 minuti.

Le sedute di neurofeedback sono state effettuate attraverso il software "THERA PRAX" (neuroCare Group GmbH, Monaco, Germania). Durante ogni seduta di neurofeedback, sono stati montati gli elettrodi F3, C3, P3 e T3 di modo da lavorare sulle frequenze registrate dall'emisfero sinistro.

La media dei voltaggi registrati in queste derivazioni è stata scomposta attraverso una FFT nelle frequenze di base delta (0.1-4 Hz), theta (4-8 Hz), alpha (8-12 Hz) e beta (12-20 Hz) che sono state a loro volta trasformate in barre di diverso colore e presentate su di uno schermo posto di fronte al paziente a circa 50 cm di distanza. In particolare, le barre legate alle frequenze più basse sono state colorate di blu (theta) e verde (delta) mentre le frequenze più alte sono state colorate di rosso (alpha) e giallo (beta).

Il compito di ogni paziente del gruppo NFV ed NFP è stato quello di "cercare di alzare le barre con colori caldi ovvero le barre rosse e gialle", lavorando dunque sull'innalzamento delle frequenze deficitarie dopo lo stroke.

Per i partecipanti del gruppo NFP il video del monitor collegato agli elettrodi è stato sostituito con un video registrato di una precedente sessione sperimentale di neurofeedback di un paziente scelto a caso. I pazienti di questo gruppo placebo pur adoperandosi per alzare le barre rosse e gialle, osservavano dunque dei cambiamenti casuali rispetto a questi colori.

Bisogna ricordare che tutti i pazienti di questo gruppo, alla fine dello studio hanno avuto la possibilità di partecipare al 20 vere sedute di neurofeedback per dare loro la possibilità di trarre beneficio dalla tecnica.

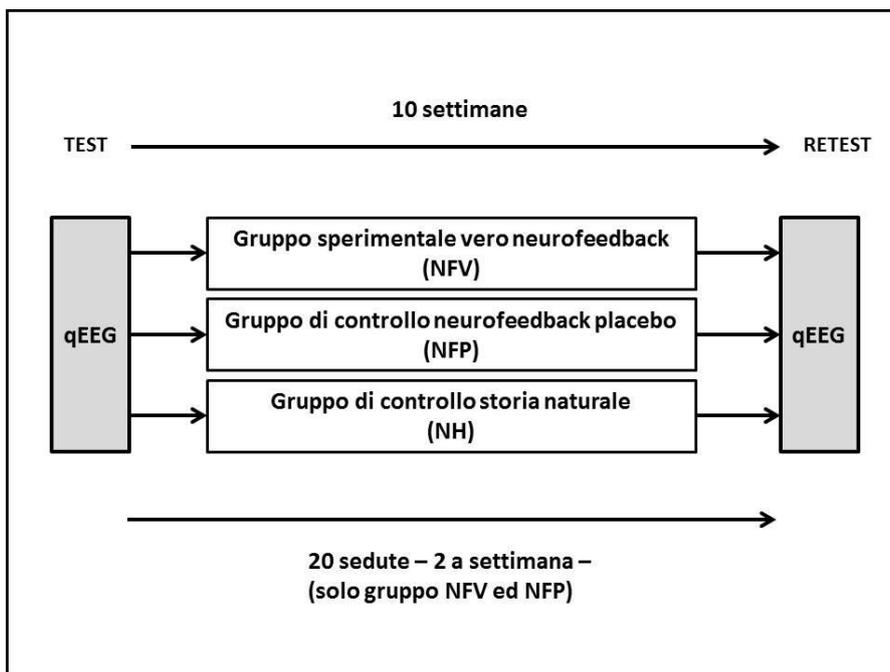


Figura 1: Rappresentazione grafica del protocollo sperimentale.

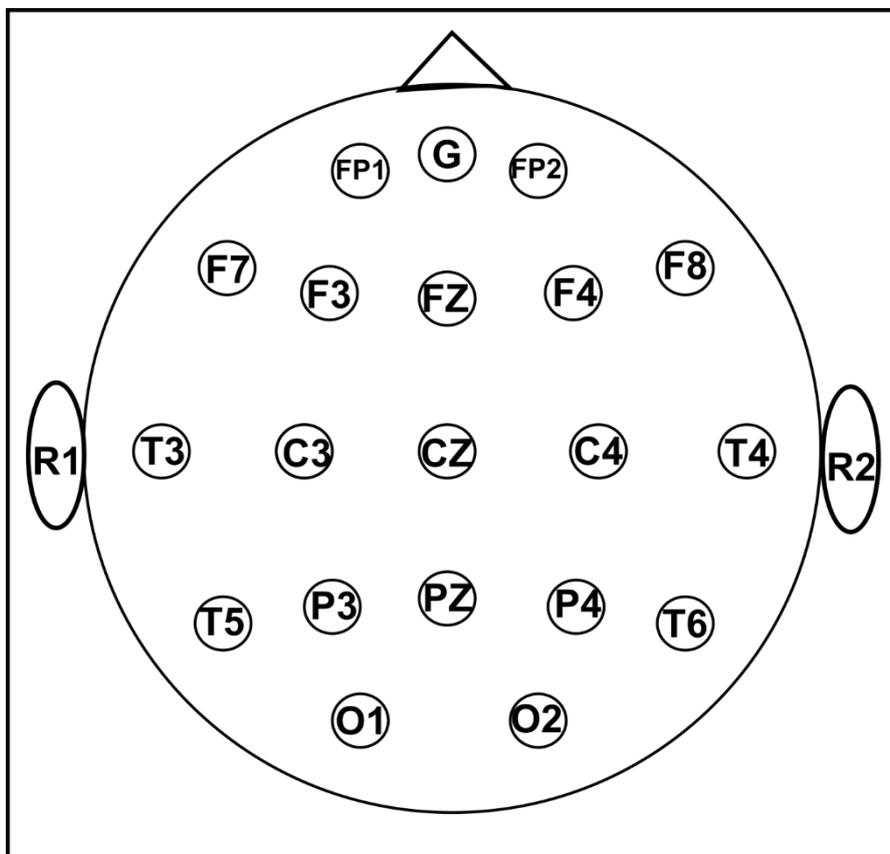


Figura 2: Montaggio classico a 19 canali secondo il sistema internazionale 10-20. G = elettrodo di terra, R1 = Referenza di sinistra, R2= referenza di destra.

Risultati

Tutte le analisi del segnale EEG e le statistiche sono state effettuate attraverso un software proprietario (Galstat; EBNeuro S.p.A.). Il segnale grezzo dell'EEG è stato innanzitutto filtrato con un filtro di banda passante tra 0 a 30 Hz per evitare possibili segnali di interferenza esterni. Il segnale è stato inoltre pulito attraverso la rimozione dei segmenti di tracciato dove il voltaggio eccedeva $\pm 75 \mu\text{V}$ seguendo una metodica confermata dalla letteratura (Carlino et al., 2015). L'analisi matematica inerente il qEEG ha diviso le forme d'onda complesse registrate in bande di frequenza discrete attraverso la trasformazione di Fourier (Fast Fourier Transform, FFT) trasformando dunque il segnale EEG (segnale nel dominio del tempo) in uno spettro di frequenza dove ogni singola frequenza viene descritta dalla sua potenza (rapporto del quadrato dell'ampiezza sulla frequenza).

La differenza tra il primo (TEST) e l'ultimo esame (RETEST) EEG sono state confrontate in tutti e tre i gruppi NFV, NFP e NH nelle diverse derivazioni attraverso test T. di Student per dati appaiati (Galstat, EBNeuro S.p.A.). Il livello di significatività è stato settato al di sotto di 0.05.

I risultati hanno mostrato come le 20 sedute di neurofeedback abbiano portato nel solo gruppo NFV ad un aumento delle frequenze beta 1 (12-20 Hz) sulla derivazione T5 e della frequenza beta 2 (16-20 Hz) sulla derivazione T3, dunque nel lobo temporale sinistro (si veda Figura 3 per una rappresentazione grafica di questa differenza). Negli altri due gruppi placebo (NFP) e storia naturale (NH) non è stato rilevato alcun cambiamento a livello del qEEG nelle 10 settimane intercorse tra la fase di TEST e la fase di RETEST.

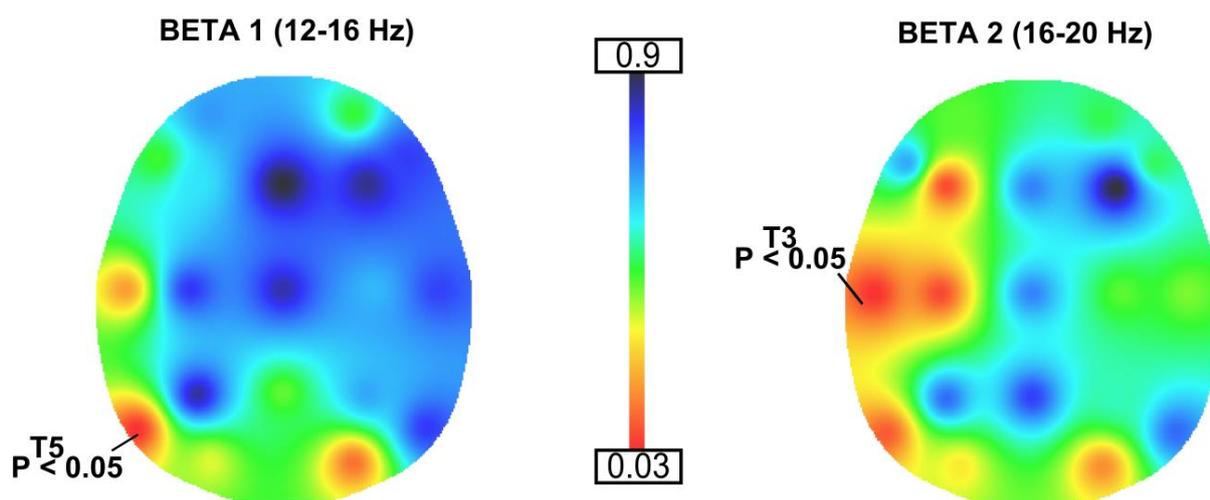


Figura 3: Rappresentazione sullo scalpo degli aumenti di potenza nella frequenza beta (12-20Hz) nel gruppo NFV. A sinistra, aumento delle frequenze nella banda beta 1 (12-16 Hz); a destra aumento delle frequenze nella banda beta 2 (16-20 Hz). In centro, barra della significatività: i colori rosso scuro corrispondono ad una significatività inferiore a 0.05. Da notare che nonostante diverse tendenze verso la significatività nell'emisfero sinistro, solo sugli elettrodi T3 e T5 i test T. di Student si sono rivelati significativi.

Discussione

L'obiettivo del presente studio è stato quello di comprendere gli effetti cognitivi del neurofeedback attraverso un'analisi quantitativa delle frequenze cerebrali (qEEG) prima e dopo un trattamento riabilitativo di 10 settimane.

Nel gruppo sperimentale, il neurofeedback si è dimostrato efficace nel miglioramento, dal punto di vista neurofisiologico, dell'attività cerebrale rilevata dal qEEG, soprattutto a livello dell'emisfero sinistro (lesionato nei pazienti afasici reclutati). Inoltre, non è stato possibile osservare gli stessi risultati nel gruppo placebo che ha effettuato un trattamento simile ma senza alcun reale procedimento di neurofeedback e nel gruppo storia naturale che non ha seguito nessun trattamento.

Incorporare un gruppo placebo è di fondamentale importanza perché è stato ripetutamente dimostrato come il semplice contesto che accompagna una terapia possa portare ad esiti positivi indipendenti dalla terapia stessa (Benedetti, 2014). Il confronto, dunque, tra gruppo sperimentale e gruppo placebo permette di valutare l'efficacia degli effetti specifici di un trattamento (in questo caso il cambiamento del qEEG a seguito di 20 sedute di neurofeedback) dagli effetti aspecifici dello stesso (ovvero la semplice aspettativa positiva di miglioramento legata all'inclusione in un nuovo tipo di trattamento per l'afasia).

In particolare, nel solo gruppo sperimentale NFV è stato possibile osservare un aumento delle frequenze beta 1 (12-16 Hz) e beta 2 (16-20 Hz) a livello del lobo temporale sinistro alla fine delle 10 settimane di trattamento. Questo dato è interessante perché è stato dimostrato come il ritmo beta, soprattutto beta 2 (detto anche "high beta" o "beta alto"), sia legato alla reattività ed alla capacità di allertare l'organismo (Ray& Cole, 1985) ed è un indice attendibile dell'arousal corticale, ovvero del livello attentivo-cognitivo cerebrale, nonché dell'elaborazione del linguaggio (Weiss&Rapplesberger, 1998; Spironelli&Angrilli, 2010). Per esempio, è stato osservato come la banda beta 2 rappresenti un marker affidabile della dominanza emisferica sinistra per il linguaggio nei bambini, negli adulti e negli anziani (Spironelli&Angrilli, 2010). Inoltre, lo stesso gruppo di ricerca ha dimostrato come questa banda di frequenza sia una misura del danno cerebrale nei pazienti afasici, dove risulta deficitaria soprattutto a livello centrale e posteriore dell'emisfero sinistro (includendo dunque le derivazioni temporali) ed indicando una diminuzione dell'arousal nelle regioni deputate all'elaborazione e produzione linguistica (Spironelli et al., 2013).

Infine, i nostri dati elettrofisiologici sull'aumento delle bande beta 1 e beta 2 in T3 e T5 sono in linea con gli studi di associazione tra strutture cerebrali e funzioni cognitive che hanno dimostrato come il segnale elettrofisiologico proveniente da T3 rifletta l'attività dell'area di Wernicke mentre il segnale registrato su T5 rifletta l'attività del giro mediale temporale sinistro, entrambe strutture fondamentali per produrre e comprendere un linguaggio fluente (Homann, Herman & Purdy, 1997).

In generale, i risultati del nostro studio confermano i dati della letteratura sopra citati e dimostrano come 20 sedute di neurofeedback impostate sull'aumento delle frequenze alpha e

beta possano portare a dei miglioramenti dell'attività cerebrale quantificabile grazie al qEEG. Inoltre, il protocollo sperimentale utilizzato nello studio mostra, per la prima volta come si possa valutare oggettivamente un percorso di neurofeedback su una popolazione di pazienti afasici e confrontare questi risultati con un gruppo di controllo (placebo), aprendo dunque le porte ad una futura standardizzazione di questi protocolli di riabilitazione.

Conclusioni

Il neurofeedback è una tecnica di riabilitazione neurocognitiva basata sulla misurazione dell'attività cerebrale mediante l'utilizzo dell'elettroencefalogramma (EEG) e la sua auto-modulazione, da parte del paziente, attraverso il feedback in tempo reale dell'attività elettrofisiologica mostrata sullo schermo di un computer. Il neurofeedback è stato utilizzato ampiamente nel trattamento di diversi disturbi neuropsichiatrici come la depressione e l'ansia ed i suoi effetti sono stati descritti sia a livello clinico sia a livello cerebrale (Rossiter et al., 1995; Linden et al., 1996; Jensen et al., 2007; Foks et al., 2005). Tuttavia, non sono ancora presenti studi sistematici sui possibili effetti del neurofeedback a livello cerebrale nel campo dei disturbi a seguito di uno stroke (Renton, Tibbles&Topolovec-Vranic, 2017) ed in particolare nei disturbi afasici. In questo senso, il presente studio rappresenta il primo tentativo di standardizzare un protocollo terapeutico di neurofeedback e confrontare risultati oggettivi ottenuti attraverso il qEEG tra un gruppo sperimentale ed un gruppo placebo. Dati i risultati positivi, lo studio prosegue ampliando la casistica al fine di poter estendere e confermare i dati significativi elettrofisiologici emersi da questo studio pilota.

Riferimenti bibliografici

- [1] Basso, A., Capitani, E., Laiacona, M., & Luzzatti, C. (1980). Factors Influencing Type and Severity of Aphasia. *Cortex*, 16(4), 631-636. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(80\)80011-6](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(80)80011-6)
- [2] Benedetti, F. (2014). Placebo effects: from the neurobiological paradigm to translational implications. *Neuron*, 84(3), 623-637. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.10.023>
- [3] Brust, J. C., Shafer, S. Q., Richter, R. W., & Bruun, B. (1976). Aphasia in acute stroke. *Stroke*, 7(2), 167-174.
- [4] Carlino, E., Torta, D. M. E., Piedimonte, A., Frisaldi, E., Vighetti, S., & Benedetti, F. (2015). Role of explicit verbal information in conditioned analgesia. *European Journal of Pain (London, England)*, 19(4), 546-553. <https://doi.org/10.1002/ejp.579>
- [5] Engelter, S. T., Gostynski, M., Papa, S., Frei, M., Born, C., Ajdacic-Gross, V., ... Lyrer, P. A. (2006). Epidemiology of aphasia attributable to first ischemic stroke: incidence, severity, fluency, aetiology and thrombolysis. *Stroke*, 37(6), 1379-1384. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000221815.64093.8c>
- [6] Foks, M. (2005). Neurofeedback training as an educational intervention in a school setting: How the regulation of arousal states can lead to improved attention and behaviour in children with special needs. *Educ. Child Psychol.*, 22, 67-77.

-
- [7] Gainotti, G. (1996). Evoluzione del concetto di afasia. In *Manuale di neuropsicologia* (pagg. 185–210). Bologna: Zanichelli.
- [8] Hasbani, M. J., Underhill, S. M., Erausquin, G. D., & Goldberg, M. P. (2000). Synapse Loss and Regeneration: A Mechanism for Functional Decline and Recovery after Cerebral Ischemia? *The Neuroscientist*, 6(2), 110–119. <https://doi.org/10.1177/107385840000600208>
- [9] Homan, R. W., Herman, J., & Purdy, P. (1987). Cerebral location of international 10–20 system electrodeplacement. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 66(4), 376–382. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(87\)90206-9](https://doi.org/10.1016/0013-4694(87)90206-9)
- [10] Laska, A. C., Hellblom, A., Murray, V., Kahan, T., & Von Arbin, M. (2001). Aphasia in acute stroke and relation to outcome. *Journal of Internal Medicine*, 249(5), 413–422.
- [11] Linden, M., Habib, T., & Radojevic, V. (1996). A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities. *Biofeedback and Self-Regulation*, 21(1), 35–49.
- [12] Nelson, L. A. (2007). The Role of Biofeedback in Stroke Rehabilitation: Past and Future Directions. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 14(4), 59–66. <https://doi.org/10.1310/tsr1404-59>
- [13] Jensen, M., Grierson RN, C., Tracy-Smith PhD, V., Bacigalupi, S., & Othmer, S. (2007). Neurofeedback Treatment for Pain Associated with Complex Regional Pain Syndrome Type I. *Journal of Neurotherapy*, 11, 45–53. https://doi.org/10.1300/J184v11n01_04
- [14] Ray, W. J., & Cole, H. W. (1985). EEG activity during cognitive processing: influence of attentional factors. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 3(1), 43–48.
- [15] Renton, T., Tibbles, A., & Topolovec-Vranic, J. (2017). Neurofeedback as a form of cognitive rehabilitation-therapy following stroke: A systematic review. *PloSOne*, 12(5), e0177290. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177290>
- [16] Rossiter, D. T. R., & Theodore J. La Vaque PhD, M., BS. (1995). A Comparison of EEG Biofeedback and Psychostimulants in Treating Attention Deficit/Hyperactivity Disorders. *Journal of Neurotherapy*, 1(1), 48–59. https://doi.org/10.1300/J184v01n01_07
- [17] Spironelli, C., & Angrilli, A. (2010). Developmental aspects of language lateralization in delta, theta, alpha and beta EEG bands. *Biological Psychology*, 85(2), 258–267. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.07.011>
- [18] Spironelli, C., Manfredi, M., & Angrilli, A. (2013). Beta EEG band: a measure of functional brain damage and language reorganization in aphasic patients after recovery. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 49(10), 2650–2660. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.05.003>
- [19] Szelies, B., Mielke, R., Kessler, J., & Heiss, W. D. (2002). Prognostic relevance of quantitative topographical EEG in patients with post stroke aphasia. *Brain and Language*, 82(1), 87–94.
- [20] Teasell, R., Bayona, N. A., & Bitensky, J. (2005). Plasticity and Reorganization of the Brain Post Stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 12(3), 11–26. <https://doi.org/10.1310/6AUM-ETYW-Q8XV-8XAC>
- [21] Weiss, S., & Rappelsberger, P. (1998). Left frontal EEG coherence reflects modality independent language processes. *Brain Topography*, 11(1), 33–42.
-