Brain Imaging with Functional Near-Infrared Spectroscopy in Educational Research

Nežka Sajinčič1\*, Anna Sandak1,2, Jakub Sandak1,3, Andreja Istenič Starčič4,5

1 InnoRenew CoE, Livade 6, 6310 Izola, Slovenia, [nezka.sajincic@innorenew.eu](mailto:nezka.sajincic@innorenew.eu), anna.sandak@innorenew.eu, jakub.sandak@innorenew.eu

2 Faculty of Mathematics, Natural Sciences and Information Technologies, University of Primorska, Glagoljaška 8, 6000 Koper, Slovenia, anna.sandak@famnit.upr.si

3 Andrej Marušič Institute, University of Primorska, jakub.sandak@upr.si

4 Faculty of Education, University of Primorska, Cankarjeva 5, 6000 Koper, Slovenia

5 Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia, andreja.starcic@gmail.com

\*Corresponding author

The most frequently used functional neuroimaging methods in educational research are electro-encephalography (EEG) and functional magnetic resonance imaging (fMRI) (van Atteveldt et al., 2018), which have provided many insights into brain function during learning and teaching. While each method brings different advantages, studies using these imaging techniques are low in ecological validity, meaning that their findings cannot be generalized to real-life settings (Lewkowicz, 2001). Because of the methods’ constraints, the stimuli and tasks that are used are highly controlled and relatively simple, and the environment in which the studies take place is artificial and isolated (van Atteveldt et al., 2018). This not only broadens the gap between experimental settings and real life but also severely limits the behaviours and populations that can be studied.

Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) is an alternative brain monitoring technique that can overcome some limitations of EEG and fMRI and has gained popularity among researchers and clinicians during the last 30 years (Boas et al., 2014). fNIRS takes advantage of the relative transparency of skin and bones to electromagnetic radiation in the near infrared range (650–950 nm). It non-invasively transmits light through the scalp, skull, and cerebrospinal fluid to measure concentration changes of oxygenated, deoxygenated, and total haemoglobin in the brain tissue (Pinti et al., 2018). fNIRS is characterized by relatively high temporal and spatial resolution, low cost, portability, and movement tolerability. Consequently, this enables studies in more naturalistic settings, with populations that struggle to remain motionless (e.g., infants), as well as procedures that involve mobility and interactivity (Boas et al., 2014). This approach may be useful in the field of educational neuroscience for assessment of brain functioning during learning and teaching. Learning analytics importantly inform teaching practice capturing learner’s state during the learning process (Istenič Starčič, 2019). The goal of the presentation is to examine the suitability of fNIRS use in education research and provide proof of concept examples.

**Keywords:** functional near-infrared spectroscopy (fNIRS), functionalneuroimaging, educational research,ecological validity, electro-encephalography (EEG), functional magnetic resonance imaging (fMRI)

**Acknowledgements:** The authors gratefully acknowledge the European Commission for funding the InnoRenew project (grant agreement #739574) under the Horizon2020 Widespread-Teaming programme and the Republic of Slovenia for funds from the European Regional Development Fund.

REFERENCES

Boas, D.A., Elwell, C.E., Ferrari, M., Taga, G. 2014. Twenty years of functional near-infrared spectroscopy: introduction for the special issue. NeuroImage. 85, 1–5. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.11.033.

Istenič Starčič, A. 2019. Human learning and learning analytics in the age of artificial intelligence. Br J Educ Technol, 50(6), 2974–2976. doi:10.1111/bjet.12879

Lewkowicz, D.J. 2001. The concept of ecological validity: What are its limitations and is it bad to be invalid. Infancy. 2, 437–450. https://doi.org/10.1207/S15327078IN0204\_03

Pinti, P., Tachtsidis, O., Hamilton, A., Hirsch, J., Aichelburg, C., Gilbert, S., Burgess, P. W. 2018. The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. Ann N Y Acad Sci. 1–28. doi: 10.1111/nyas.13948.

van Atteveldt, N., van Kesteren, M.T.R., Braams, B., Krabbendam, L., 2018. Neuroimaging of learning and development: improving ecological validity. Frontline Learn Res. 6, 186–203. doi:10.14786/flr.v6i3.366

Imaging Cerebrale con Spettroscopia Funzionale nel Vicino Infrarosso nella Ricerca Educativa

Nežka Sajinčič1\*, Anna Sandak1,2, Jakub Sandak1,3, Andreja Istenič Starčič4,5

1 InnoRenew CoE, Levade 6, 6310 Isola, Slovenia, [nezka.sajincic@innorenew.eu](mailto:nezka.sajincic@innorenew.eu), anna.sandak@innorenew.eu, jakub.sandak@innorenew.eu

2 Facoltà di Matematica, Scienze Naturali e Tecnologie Informatiche, Università del Litorale, Glagoljaska 8, 6000 Capodistria, Slovenia, anna.sandak@famnit.upr.si

3 Instituto Andrej Marušič, Università del Litorale, Cankarjeva 5, 6000 Capodistria, Slovenia, jakub.sandak@upr.si

4 Facoltà di Studi Educativi, Università del Litorale, Cankarjeva 5, 6000 Capodistria, Slovenia

5 Facoltà di Ingegneria Civile e Geodesia, Università di Lubiana, Jamova 2, 1000 Lubiana, Slovenia, andreja.starcic@gmail.com

\*Autore corrispondente

I metodi di neuroimaging funzionale più frequentemente usati nella ricerca educativa sono l’elettroencefalografia (EEG) e la risonanza magnetica funzionale (fMRI) (van Atteveldt et al., 2018), che hanno fornito molte informazioni sulla funzione cerebrale durante l'apprendimento e l'insegnamento. Anche se questi metodi hanno diversi vantaggi, gli studi che utilizzano queste tecniche di imaging hanno una bassa validità ecologica, il che significa che i loro risultati non possono essere generalizzati alla vita reale (Lewkowicz, 2001). A causa dei limiti di questi metodi, gli stimoli e le attività utilizzate sono altamente controllate e relativamente semplici, e l'ambiente in cui si svolgono gli studi è artificiale ed isolato (van Atteveldt et al., 2018). Ciò non solo allarga il divario tra le impostazioni sperimentali e la vita reale, ma limita fortemente anche i comportamenti e le popolazioni che possono essere studiate.

La spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso (fNIRS) è una tecnica di monitoraggio cerebrale alternativa che può superare alcuni limiti di EEG e fMRI e ha guadagnato popolarità tra ricercatori e clinici negli ultimi 30 anni (Boas et al., 2014). Essa sfrutta la relativa trasparenza della pelle e delle ossa alle radiazioni elettromagnetiche nel campo del vicino infrarosso (650-950 nm) e trasmette in modo non invasivo la luce attraverso il cuoio capelluto, il cranio, e il fluido cerebrospinale per misurare le variazioni di concentrazione dell’emoglobina ossigenata, deossigenatae totale, nel tessuto cerebrale (Pinti et al., 2018). fNIRS è caratterizzata da una risoluzione spaziale e temporale relativamente elevata, basso costo, portabilità e tollerabilità nei movimenti. Di conseguenza, ciò consente studi in contesti più realistici, con popolazioni che hanno difficoltà a rimanere immobili (ad esempio neonati), nonché procedure che includono mobilità e interattività (Boas et al., 2014). Questo approccio può essere utile nel campo delle neuroscienze educative per la valutazione del funzionamento cerebrale durante l'apprendimento e l'insegnamento. Il “learning analytics” ispira in modo importante la pratica dell'insegnamento nel catturare lo stato dello studente durante il processo di apprendimento (Istenič Starčič, 2019). L’obiettivo della presentazione è esaminare l'idoneità dell’utilizzo della fNIRS nella ricerca educativa e fornire esempi di prove concettuali.

**Parole chiave:** spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso (fNIRS), neuroimaging funzionale, ricerca educativa,validità ecologica, elettroencefalografia (EEG), risonanza magnetica funzionale (fMRI)

**Ringraziamenti:** Gli autori ringraziano la Commissione Europea per il finanziamento del progetto InnoRenew (grant agreement #739574) nell'ambito del programma Widespread-Teaming Horizon 2020 e la Repubblica di Slovenia per i fondi da parte del Fondo europeo di sviluppo regionale.

RIFERIMENTI

Boas, D.A., Elwell, C.E., Ferrari, M., Taga, G. 2014. Twenty years of functional near-infrared spectroscopy: introduction for the special issue. NeuroImage. 85, 1–5. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.11.033.

Istenič Starčič, A. 2019. Human learning and learning analytics in the age of artificial intelligence. Br J Educ Technol, 50(6), 2974–2976. doi:10.1111/bjet.12879

Lewkowicz, D.J. 2001. The concept of ecological validity: What are its limitations and is it bad to be invalid. Infancy. 2, 437–450. https://doi.org/10.1207/S15327078IN0204\_03

Pinti, P., Tachtsidis, O., Hamilton, A., Hirsch, J., Aichelburg, C., Gilbert, S., Burgess, P. W. 2018. The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. Ann N Y Acad Sci. 1–28. doi: 10.1111/nyas.13948.

van Atteveldt, N., van Kesteren, M.T.R., Braams, B., Krabbendam, L., 2018. Neuroimaging of learning and development: improving ecological validity. Frontline Learn Res. 6, 186–203. doi:10.14786/flr.v6i3.366