

HACIA UN ÍNDICE NEUROFISIOLÓGICO PARA MEDIR EL APOYO COGNITIVO DEL DISEÑO DEL AULA

TOWARDS A NEUROPHYSIOLOGICAL INDEX TO MEASURE COGNITIVE SUPPORT FOR CLASSROOM DESIGN

Juan Luis Higuera-Trujillo
 ETSIE/ Instituto I3B/ UPV

Adrián Colomer Granero
 Instituto I3B/ UPV

Valeriana Naranjo Ornedo
 Instituto I3B/ UPV

Carmen Llinares Millán
 ETSIE/Instituto I3B/ UPV

INTRODUCCIÓN

Son muchos los estudios que han demostrado que los estímulos físicos del aula (como el color, la iluminación, o la acústica) influyen en las funciones cognitivas determinantes del aprendizaje (Choi et al., 2014). En estos estudios se modifican las características de diseño del aula y se miden los niveles cognitivos (atención y memoria) del sujeto.

¿Cómo se miden estos niveles cognitivos? El sistema tradicional de medición basado en test psicométricos resulta incompleto ya que los estados cognitivo-emocionales se caracterizan por respuestas no sólo psicológicas, sino también fisiológicas (Izar, 1992). La medición neurofisiológica permite registrar datos confiables que son difíciles o imposibles de obtener con herramientas tradicionales.

¿Qué señales neurofisiológicas utilizar? Existe una gran variedad de registros neurofisiológicos (señales cerebrales, de sudoración de la piel, o del ritmo cardíaco) con correlación con los procesos cognitivos, y todas ellas con diferentes métricas asociadas con el sistema simpático o parasimpático.

Pero, ¿qué conjunto de métricas neurofisiológicas se debe utilizar para analizar la relación entre el diseño del aula y la respuesta del sujeto?

OBJETIVO

Identificar las señales neurofisiológicas con mayor capacidad de predicción del rendimiento cognitivo de un sujeto (atención y memoria) dadas unas características de diseño de aula.

MATERIAL Y MÉTODOS

50 alumnos participaron en una experiencia en aulas virtuales. Se desarrollaron 34 configuraciones distintas de diseño, con cambios en la forma del aula (altura y anchura), color (tono y saturación) e iluminación (iluminancia y temperatura del color). Los sujetos debían realizar las tareas de atención y memoria mientras se les monitorizaba a nivel neurofisiológico (Figura 2).

Medición psicológica

- Tarea de atención.** El sujeto debía reaccionar con un click de ratón lo antes posible ante un estímulo auditivo y evitar hacerlo ante otros cuatro (Seidman et al., 1998). Se medía tiempo de reacción y errores cometidos.
- Tarea de memoria.** El sujeto debía escuchar 3 audios de 15 palabras y repetirlas en un tiempo máximo de 30 seg. (Alonso et al., 2004). Se median los aciertos.

Medición neurofisiológica

- Variabilidad del ritmo cardíaco (HRV):** mide variaciones en los intervalos entre latidos.
- Electroencefalograma (EEG):** mide variaciones en la actividad eléctrica de la superficie del cuero cabelludo.
- Actividad electrodérmica (EDA):** mide variaciones en la sudoración de la piel.

Posteriormente se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman para obtener la relación entre ambos sistemas de medición.

RESULTADOS

Se observan las siguientes relaciones:

- HRV:** relación entre las métricas de HRV vinculadas con el sistema simpático (LF y el ratio LF/HF) y las respuestas derivadas del desempeño de las pruebas de atención y memoria. A medida que se reduce el tiempo de reacción o los errores, y por lo tanto mejora la atención, aumentan los niveles de actividad del sistema simpático, medido con HRV. Se observa también que a mayor actividad del sistema simpático o del estado de alerta mejor desempeño de la prueba de memoria.
- EEG:** correlaciones significativas entre las métricas de EEG y las tareas realizadas, especialmente con los errores cometidos en la prueba de atención. A mayor activación registrada por el EEG se reduce el tiempo de reacción y los errores cometidos en la prueba de atención y mejora el desempeño de la tarea de memoria.
- EDA:** correlaciones significativas entre EDA (actividad física), vinculada con el nivel de alerta, y el tiempo de reacción de la prueba de atención. Al incrementar la actividad física, disminuye el tiempo de reacción, con lo que mejora la atención.

CONCLUSIONES

La relación entre la respuesta psicológica y neurofisiológica ante un diseño dado implica que es posible obtener un índice neurofisiológico o una combinación de varias métricas capaz de caracterizar la respuesta cognitiva de un sujeto ante un espacio arquitectónico.

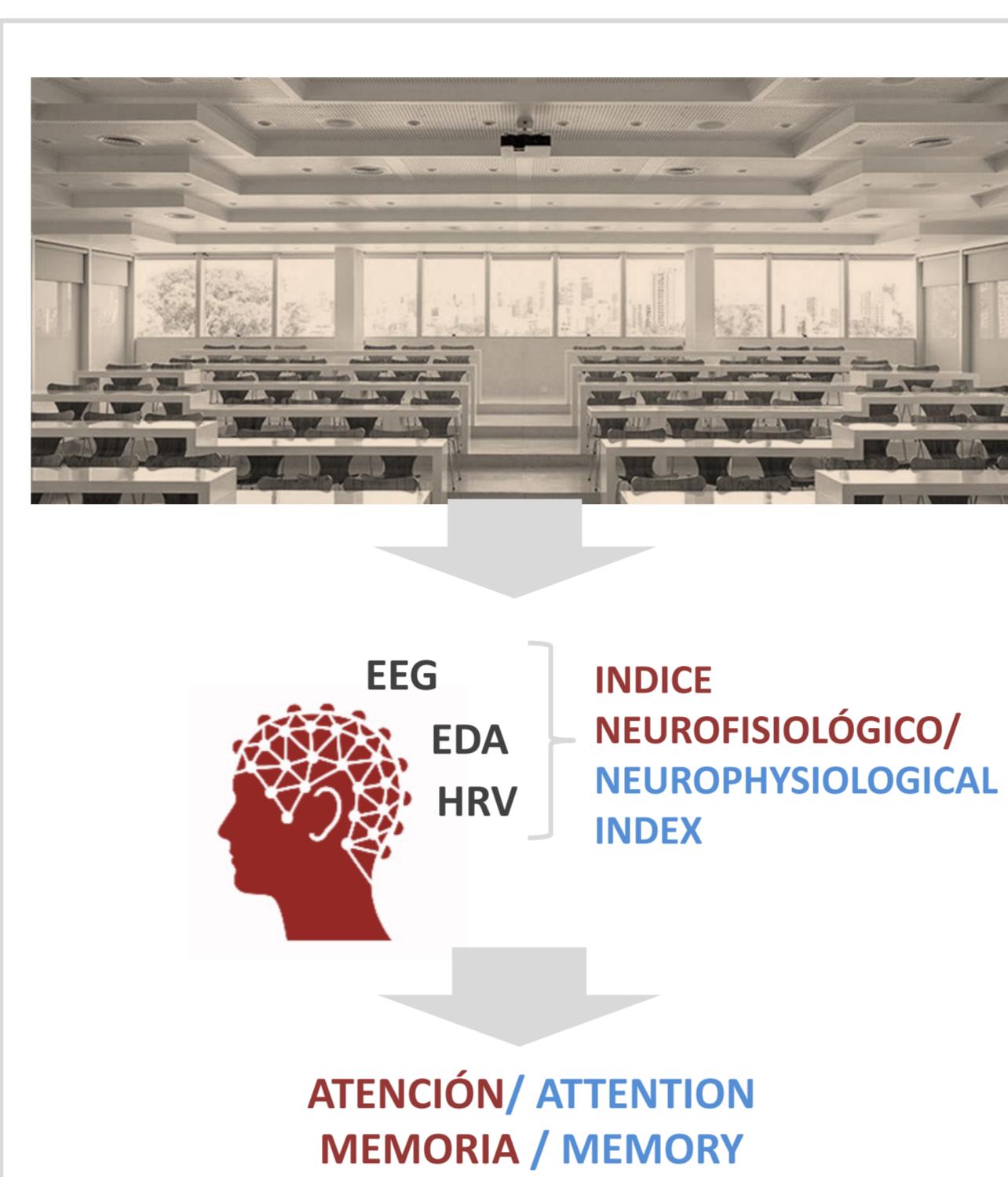


Figura 1/Figure 1. Planteamiento general del trabajo./General approach



Figura 2/Figure 2. Medición psicológica (izq.) y neurofisiológica (dcha)/ Psychological (left) and neurophysiological (right) measurements

RESPUESTA NEUROFISIOLÓGICA	RESPUESTA PSICOLÓGICA			
	ATENCIÓN		MEMORIA	
	Tiempo Reacción	Errores	Aciertos	
HRV HF	Coef.correl. Sig.	-0.41 0.375	0.027 0.553	0.039 0.400
HRV LF	Coef.correl. Sig.	-0.125** 0.006	-0.099* 0.030	0.154** 0.001
HRV LF/HF	Coef.correl. Sig.	-0.090* 0.050	-0.171** 0.000	0.141** 0.002
EEG C3 Beta	Coef.correl. Sig.	-0.075 0.086	-0.192** 0.000	0.157** 0.000
EEG Cz Beta	Coef.correl. Sig.	-0.231** 0.000	-0.147** 0.001	0.028 0.522
EEG Cz HighBeta	Coef.correl. Sig.	-0.079 0.071	-0.113** 0.009	-0.019 0.659
EEG Fz HighBeta	Coef.correl. Sig.	-0.081 0.063	-0.195** 0.000	0.067 0.122
EEG F3 HighBeta	Coef.correl. Sig.	-0.144** 0.001	-0.151** 0.001	0.109* 0.012
EDA Física	Coef.correl. Sig.	-0.099* 0.045	0.066 0.180	0.093 0.059

Tabla 1/Table 1. Correlación (Spearman) entre las respuestas psicológicas y neurofisiológicas (*p < 0.05, **p < 0.01) / Correlation (Spearman) between psychological and neurophysiological responses (*p < 0.05, **p < 0.01).

BIBLIOGRAFÍA/ BIBLIOGRAPHY

- Alonso, et al., (2004). Índices de producción de falso recuerdo y falso reconocimiento para 55 listas de palabras en castellano. *Psicothema*, 16(3), 357–362
- Choi, et al., (2014). Effects of the physical environment on cognitive load and learning: towards a new model of cognitive load. *Educational Psychology Review*, 26(2), 225–244.
- Izard, C. E. (1992). Basic emotions, relations among emotions, and emotion cognition relations. *Psychological Review*, 99(3), 561–565.
- Seidman, et al. (1998). A functional magnetic resonance imaging study of auditory vigilance with low and high information processing demand. *Neuropsychology*, 12(4), 505–518.

AGRADECIMIENTOS/ ACKNOWLEDGMENTS

Ayuda BIA2017-86157-R financiada por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por ERDF A way of making Europe; y ayuda PRE2018-084051 financiada por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por ESF Investing in your future. / Grant BIA2017-86157-R funded by MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 and by ERDF A way of making Europe; Grant PRE2018-084051 funded by MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 and by ESF Investing in your future.

INTRODUCTION

Many studies have shown that the physical stimuli of the classroom (such as color, lighting, or acoustics) influence the cognitive functions that determine learning (Choi et al., 2014). In these studies, classroom design features are modified and the cognitive levels (attention and memory) of the subject are measured.

How are these cognitive levels measured? The traditional measurement system based on psychometric tests is incomplete since cognitive-emotional states are characterized by not only psychological but also physiological responses (Izar, 1992). Neurophysiological measurement allows recording reliable data that are difficult or impossible to obtain with traditional tools.

Which neurophysiological signals to use? There is a wide variety of neurophysiological recordings (brain signals, skin sweating, or heart rate) with correlation to cognitive processes, and all of them with different metrics associated with the sympathetic or parasympathetic system.

But which set of neurophysiological metrics should be used to analyze the relationship between classroom design and subject response?

OBJECTIVE

To identify the neurophysiological signals that are most predictive of a subject's cognitive performance (attention and memory) given classroom design characteristics.

MATERIALS AND METHODS

50 students participated in a virtual classroom experience. 34 different design configurations were developed, with changes in classroom shape (height and width), color (hue and saturation) and lighting (illuminance and color temperature). Subjects were required to perform attention and memory tasks while being monitored at the neurophysiological level (Figure 2).

Psychological measurement

- Attention task. The subject had to react with a mouse click as quickly as possible to one auditory stimulus and avoid reacting to four others (Seidman et al., 1998). Reaction time and errors were measured.
- Memory task. The subject had to listen to 3 audios of 15 words and repeat them in a maximum time of 30 sec. (Alonso et al., 2004). The correct answers were measured.

Neurophysiological measurement

- Heart rate variability (HRV): measures variations in the intervals between heartbeats.
- Electroencephalogram (EEG): measures variations in the electrical activity of the scalp surface.
- Electrodermal activity (EDA): measures variations in skin sweating.

Subsequently, Spearman's correlation coefficient was applied to obtain the relationship between both measurement systems.

RESULTS

The following relationships are observed:

- HRV: relationship between HRV metrics linked to the sympathetic system (LF and LF/HF ratio) and responses derived from attention and memory test performance. As reaction time or errors are reduced, and thus attention improves, levels of sympathetic system activity, as measured by HRV, increase. It is also observed that the higher the activity of the sympathetic system or alertness, the better the performance of the memory test.
- EEG: significant correlations between EEG metrics and the tasks performed, especially with the errors made in the attention test. The greater the activation recorded by the EEG, the shorter the reaction time and the fewer the errors made in the attention test and the better the performance in the memory task.
- EDA: significant correlations between EDA (phasic activity), linked to the level of alertness, and reaction time in the attention test. Increasing phasic activity, decreases reaction time, thus improving attention.

CONCLUSIONS

The relationship between the psychological and neurophysiological response to a given design implies that it is possible to obtain a neurophysiological index or a combination of several metrics capable of characterizing the cognitive response of a subject to an architectural space.