



# La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) como medida Objetiva de la Atención Sostenida en el Salón de Clase.

## The Variability of Heart Rate (HRV) as an Objective Measurement of Sustained Attention in the Classroom.

Ubaldo Rodríguez-De Ávila<sup>1</sup>, Isaac Campos Braga<sup>2</sup>, Carmelina Paba Barbosa<sup>3</sup>, Mario André Leocadio-Miguel<sup>4</sup>, John Fontanelle-Araujo<sup>5</sup>

**Tipología:** artículo de investigación tecnológica

**Para citar este artículo:** Rodríguez-De Ávila U, Campos-Braga I, Leocadio-Miguel M, Fontanelle-Araujo J. La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) como medida Objetiva de la Atención Sostenida en el Salón de Clase. Duazary. 2019 mayo; 6(2): 395 - 402. Doi: <https://doi.org/0.21676/2389783X.3201>

Recibido en octubre 31 de 2017

Aceptado en diciembre 27 de 2017

Publicado en línea en 04 de septiembre de 2019

### RESUMEN

El objetivo que se propone en el presente informe es probar la hipótesis teórica de que el tiempo de atención sostenida en los estudiantes en el salón de clase puede ser medida por la respuesta autonómica de la VFC. 10 sujetos participaron del experimento. La VFC fue observada por medio del análisis de series temporales en segmentos de cinco (5) minutos hasta completar la ventana de observación para medias móviles simples de 60 minutos. Se analizaron las series RR en los dominios de tiempo, de frecuencia e índices no lineares.

**Palabras Clave:** Estudiantes; Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca; Atención Sostenida.

1. Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia. [rodriguez.ubaldo@gmail.com](mailto:rodriguez.ubaldo@gmail.com) - <http://orcid.org/0000-0001-5907-001X>

2. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Brasil. [isaacc@neuro.ufrn.br](mailto:isaacc@neuro.ufrn.br) - <https://orcid.org/0000-0003-2604-2877>

3. Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia [carmelinapaba@gmail.com](mailto:carmelinapaba@gmail.com) - <https://orcid.org/0000-0002-9928-2970>

4. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Brasil. [miguel.ml.mario@gmail.com](mailto:miguel.ml.mario@gmail.com) - <http://orcid.org/0000-0002-7248-3529>

5. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Brasil. [johnfontenelearaujo@gmail.com](mailto:johnfontenelearaujo@gmail.com) - <http://orcid.org/0000-0002-8022-2425>

## ABSTRACT

The objective proposed in this report is to test the theoretical hypothesis that the time of attention sustained by students in the classroom can be measured by the autonomic response of the VFC. 10 subjects participated in the experiment. HRV was observed by means of the analysis of time series in segments of five (5) minutes until completing the observation window for simple moving averages of 60 minutes. The RR series were analyzed in the time, frequency and non-linear index domains.

**Keywords:** Students; Heart Rate Variability; Sustained Care.

## INTRODUCCIÓN

La *Atención* es un aspecto central y fundamental de la cognición, del intelecto, de integración neuronal y de procesos de aprendizaje en contextos educativos; y se define como la capacidad de generar, dirigir y mantener un estado de activación adecuado para el procesamiento correcto de la información<sup>1,2,3,4</sup>.

La *Atención Sostenida*, es un elemento de la cognición que activa ciertos procesos del organismo que permiten al ser humano mantenerse alerta o permanecer o estado de vigilancia frente a ciertos estímulos, prolongando este estado por periodos de tiempos variables<sup>5,6</sup>.

Varios estudios buscaron determinar el tiempo límite de manutención de la Atención Sostenida durante los procesos enseñanza/aprendizaje en el salón de clase.

En 1976, Johnstone y Percival<sup>7</sup> realizaron estudios para medir la atención de los estudiantes durante 90 clases diferentes. Las experiencias de Johnstone y Percival consistieron en usar observadores externos que registraron la atención de manera subjetiva. Una disminución de la atención fue observada en los primeros cinco minutos y otra alrededor de los 10 a 18 minutos.

Varios estudios sobre los procesos enseñanza-aprendizaje en el salón de clase indican que la atención de los alumnos disminuye en los primeros 10 a 15 minutos. Por ejemplo, Benjamin relata que cuando una clase comienza la mayoría de los estudiantes están atentos, pero

la atención dura solamente 10 minutos<sup>8</sup>; esto también fue demostrado por el trabajo de McKeachie & Svinicki<sup>9</sup>.

Adicionalmente, Wilson & Korn en un texto sobre cómo está la atención de los estudiantes más allá de los 10 minutos (“Attention During Lectures: Beyond Ten Minutes”)<sup>10</sup>, revisaron varias investigaciones con diferentes tipos de medida de la atención: Anotaciones de los estudiantes; observaciones de los alumnos durante las clases y autoinformes de atención del estudiante y las medidas fisiológicas de la atención utilizada por Bligh.

Bligh, midió la frecuencia cardíaca con cuatro (4) estudiantes durante la clase. La frecuencia cardíaca fue considerada como un indicador de excitación, que es un componente de la atención<sup>10</sup>. Él observó una reducción en la frecuencia cardíaca durante una clase de 40 minutos.

Otros estudios utilizaron la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) para discriminar la carga de trabajo (o demanda de tareas) influenciada por los niveles de la atención<sup>11</sup>. Los resultados de éste estudio explican que tanto la demanda de tareas en cuanto a la operación de los procesos de atención resultan en cambios de la VFC. Y recientemente, otro estudio concluye que las medidas de VFC ofrecen informaciones sobre la Atención Sostenida y en las alteraciones en la regulación emocional y comportamental<sup>12</sup>.

Por otro lado, la VFC es entendida como la variación que ocurre en la serie de intervalos de tiempo entre los latidos cardíacos consecutivos (intervalo RR)<sup>14</sup> que permiten evaluar la

interacción entre el Sistema Nervioso Simpático y el Sistema Nervioso Parasimpático que refleja la capacidad del corazón de adaptarse a los cambios en las condiciones fisiológicas<sup>15</sup>. Esos cambios, también establecen una relación con el comportamiento humano<sup>16,17,18</sup>, lo que es una fuente importante de la VFC<sup>19,20</sup>; más allá de los procesos psicológicos y emocionales<sup>13</sup>

La VFC, según el Equipo de Tareas para la Prodrización de la medida de la VFC, pueden ser analizadas en bandas de frecuencia<sup>19</sup>, medidas de tiempo y medidas no lineares como, por ejemplo, Entropía Aproximada<sup>21</sup>; la cual es una medida de evaluación del grado de regularidad en el análisis de datos de series temporales<sup>19</sup>, lo cual ayuda a establecer el predominio del sistema simpático o parasimpático en el análisis de la VFC<sup>14,21,22,23</sup>.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Tipo de Investigación

El estudio es de tipo cuantitativo. Se basa en el abordaje metodológico de interacciones grupales en ambientes ecológicamente naturales<sup>24</sup>. La metodología de exposición utilizada por parte del profesor fue el estilo clásico; durante un tiempo de más de 60 minutos por cada clase. En cada clase, tres estudiantes quedaron conectados el Sistema de Detección de la Atención Basado en la VFC.

### Participantes

Participaron 10 sujetos. Estudiantes de Ingeniería Biomédica de la Universidad Federal do Rio Grande do Norte. 50% mujeres y 50% hombres (edad media: 26,7±5,38).

### Instrumentos

Se diseñó un Sistema de Detección de la Atención Basado en la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (ADS-VHR1 – Attention Detection System base on the Variability of Heart Rate). El cual es una plataforma para prototipos

electrónicos de hardware libre y una placa única, proyectada con un microcontrolador, con puerta de entrada y salida integrada y lenguaje de programación patrón. El sistema está compuesto de un microprocesador Arduino Uno; un sensor de pulso; un Módulo Tarjeta SD Card; Um Protoboard; un Psh-button para marcación de evento.

Tres prototipos del ADS-VHR1 fueron construidos en ésta primera fase. Y se recogió la información durante 4 sesiones de clase convencionales en el mes de junio de 2018.

### Procedimiento

La VFC fue observada por medio del análisis de series temporales en segmentos de cinco (5) minutos hasta completar la ventana de observación para medias móviles simples de 60 minutos. Se analizaron las series de los intervalos RR en los dominios de tiempo, de frecuencia e índices no lineares.

Los datos fueron grabados en el computador y por medio del software Kubios® (Kubios HRV), se analizaron todas las series RR. El Kubios® es un software libre ampliamente usado para el análisis de la VFC, que incluye opciones de corrección de artefactos para las series de intervalos RR. Y para el procesamiento estadístico, se utilizó el Paquete Estadístico de las Ciencias Sociales –SPSS (Statistical Package for the Social Sciences –SPSS) y Microsoft Excel para Windows. Se informó sobre las medidas de tendencia central, de distribución y regresión lineal simple.

### Declaración sobre aspectos éticos

El presente informe es resultado parcial de la Tesis Doctoral: Atención Sostenida y Aprendizaje en el salón de Clase: Modulación de la Personalidad, Emoción y Cronotipo. Realizado en el *Laboratório de Neurobiologia e Ritmicidade Biológica*, de la *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*. Aprobado por la “*Comissão Nacional de Ética em Pesquisa* -

CONEP, con *Certificado de Apresentação para Apreciação Ética* –CAAE, No. 88028218.0.0000.5537.

Igualmente, el presente trabajo fue realizado con apoyo de la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

## RESULTADOS

El ADS-VHR1 fue sometido a un proceso de validación, el cual fue comparado con el sistema LabChart, utilizado para el registro de Electro-Cardiograma en la investigación y la actividad clínica. La tabla 1 muestra los valores de tendencia central y de dispersión. En el estudio se registraron durante 10 minutos y 20 segundos los pulsos cardiacos con los dos sistemas al mismo tiempo, en un solo sujeto en reposo y sentado.

Además se realizó una prueba de normalidad, a partir del test Kolmogorov-Smirnov para muestras grandes ( $N > 30$ ), los criterios fueron:  $P \text{ Valor} \geq \alpha$  aceptar  $H_0 =$  Los datos tienen distribución normal;  $P \text{ Valor} < \alpha$  aceptar  $H_1 =$  Los datos NO tienen distribución normal (Tabla 2). Los valores para todos los casos fueron de  $P < 0,05$ , por tanto se concluye que los datos presentan distribución Normal. Se decidió hacer la comparación a partir de una Prueba T para muestras relacionadas, se concluye que no existe diferencia significativa entre los sistemas LabChart y ADS-VHR1 (ver tabla 2)

A continuación se muestran las medidas de tiempo de la VFC: **Mean RR** – Media de los intervalos RR; **Mean HR** – Media de la Frecuencia Cardíaca; **RMSSD** – *Root Mean Square of the Successive Differences*: Raíz cuadrada de la media del cuadrado de las diferencias entre intervalos RR consecutivos. Éste parámetro ofrece una cuantificación de las variaciones abruptas de la variabilidad. También se muestran los porcentajes de poder (%power) de las medidas de Frecuencia (muy baja –VLF; baja –LF; y alta frecuencia –HF). Y también se

muestran los índices no lineares de la VFC: Variabilidad a corto plazo (SD1); variabilidad a largo plazo (SD2) y entropía aproximada (ApEn), y al mismo tiempo se muestra el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), que representa una medida de ajuste del modelo estadístico lineal generalizado, en relación a VFC en una serie temporal.

**A:** Mean RR – Media de los intervalos RR.. **R2**= 0,7986. **B:** Mean HR – Media de la frecuencia cardíaca. **R2**= 0,6001. **C:** RMSSD – *Root Mean Square of the Successive Differences*: Raíz cuadrada de la media del cuadrado de las diferencias entre intervalos RR consecutivos. **R2**= 0,2281. **D:** Medida de la Frecuencia (% power) de la VFC. **VLF:**  $R^2=0,1401$  Média=6,86; **LF:**  $R^2=0,3082$  Média=57,63; **HF:**  $R^2=0,3619$  Média=35,42

## DISCUSIÓN

Con lo mostrado en la figura 1B, se demuestra que los valores de la frecuencia cardíaca están dentro de lo esperado para las personas en reposo y la figura 1C demuestra que la variación abrupta ocurre principalmente a partir de los 40 minutos. Además, el análisis espectral (figura 1D) demuestra que hay un descenso de la razón LF/HF entre 0 y 20 minutos y entre 25 y 40 minutos, lo que sugiere un mayor compromiso cognitivo de los estudiantes durante ese período, seguido del aumento entre los 20 y 25 minutos y 40 y 45 minutos, sugiriendo la dispersión de la atención en esos momentos. Además de lo anterior, las medidas no lineares SD1 y SD2 (figuras 2A y 2B) muestran la variabilidad de corto y largo plazo en aumento, lo que sugiere un predominio de control variable del sistema nervioso parasimpático y el simpático. Se confirman los estudios de iniciales de Johnstone y Percival<sup>7</sup>, donde se verificó la disminución de la atención alrededor de los 10 a 18 minutos. Igualmente el presente estudio concuerda con las observaciones de McKeachie & Svinicki<sup>9</sup> y el caso de Blig relatado<sup>10</sup>.

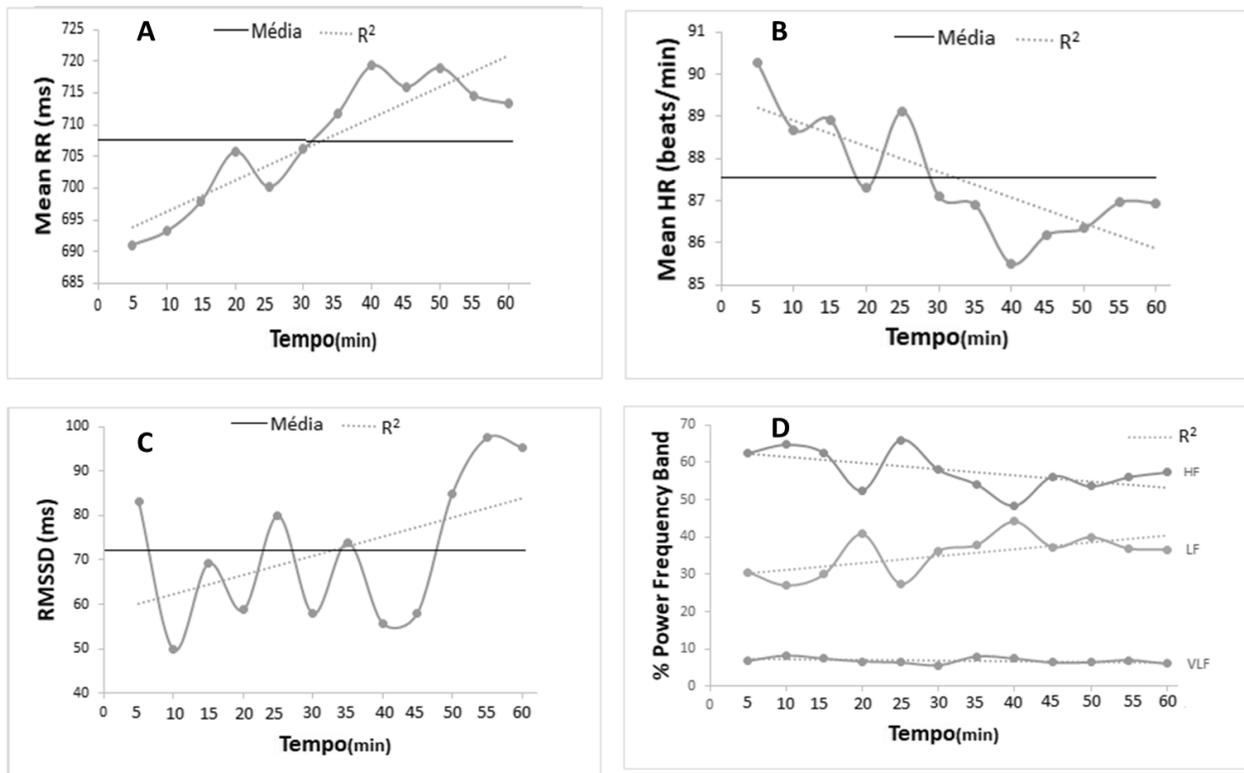
**Tabla 1.** Descripción de datos de los sistemas

	Mínimo	Máximo	Media		DP
LabChart	685	926	808,313		51,7682
Arduino7	680	932	809,338		52,1423
Arduino4	672	940	810,303		52,8632

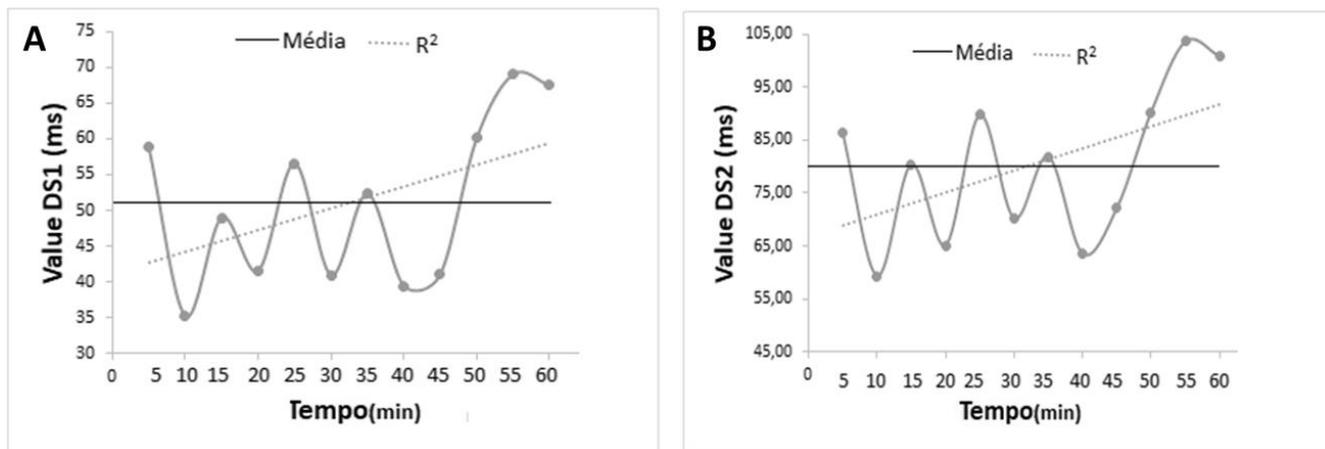
N=767 pulsos (10`20``)

**Tabla 2.** Prueba t para muestras relacionadas de los Sistemas

	N	R	t	Sig.
LabChart - ADS-VHR1 (prototipo 1)	767	0,997	-6,569	P<0,01
LabChart - ADS-VHR1 (prototipo 2)	767	0,987	-6,478	P<0,01



**Figura 2.** Medida de tiempo y de frecuencia de la VFC.



**Figura 2.** Medidas no lineares de la VFC (SD1 y SD2) da VFC.

A. **SD1:** variabilidad a corto prazo.  $R^2 = 0,2281$

B. **SD2:** variabilidad a largo plazo.  $R^2 = 0,2682$ .

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Se declara que no existe ningún conflicto de interés en la realización del presente estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nobre AC, Kastner S. *The Oxford Handbook of Attention*. 2014; Oxford: Oxford University Press
2. Yoo K, Rosenberg M, Hsu W, Zhang S, Li C, Scheinost D, Constable T, Chun M. Connectome-based predictive modeling of attention: Comparing different functional connectivity features and prediction methods across datasets. *NeuroImage*. 2018; 167 (2018): 11–22. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.11.010>
3. Rohr C, Arora A, Cho I, Katlariwala P, Dimond D, Dewey D, Bray S. Functional network integration and attention skills in young children. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2018; 30 (2018): 200–211. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.03.007>
4. Onley A, Risko E, D`mello S, Graesser A. Attention in Educational Contexts: The Role of the Learning Task in Guiding Attention. In *The Handbook of Attention*, eds Fawcett, J., Risko, E. & Kingstone, A. (London: Mit Press). 2015: 623–641.
5. Hernández A. *Procesos Psicológicos Básicos*. (1ra ed.). 2014. Mexico: Red Tercer Milenio.
6. Bunce D., Flens E. Neiles K. How Long Can Students Pay Attention in Class? A Study of Student Attention Decline Using Clickers. *Journal of Chemical Education*. 2010; 87(12): Doi: <https://doi.org/10.1021/ed100409p>
7. Herrera J, Cid N, Pinilla C, Quezada S, Santana. P. *Atención selectiva, atención sostenida, inhibición y flexibilidad cognitiva en niñas y adolescentes de 12 a 14 años con TDAH predominio de falta de atención*. (1ra Ed). 2016; Concepción: Universidad Católica De La Santísima.

<http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1161/Nicole%20Cid%20RIVERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. Benjamin LT Jr. Lecturing. In S. F. Davis, W. Buskist (Eds.), *The teaching of psychology: Essays in honor of Wilbert J. McKeachie and Charles L. Brewer* (2002; pp. 57–67). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
9. McKeachie WJ, Svinicki M. McKeachie's teaching tips: Strategies, research, and theory for college and university teachers (2006; 12th ed.). Boston: Houghton-Mifflin.
10. Wilson K, Korn JH. Attention During Lectures: Beyond Ten Minutes. *Teaching of Psychology*. 2007; 34(2): 84–89. Doi: <https://doi.org/10.1080/00986280701291291>
11. Chang YC, Huang SL. The influence of attention levels on psychophysiological responses. *International Journal of Psychophysiology*. 2012; 86(2012): 39–47. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.09.001>
12. Griffiths K, Quintana D, Hermens D, Spooner C, Tsang T, Clarke S, Kohn M. Sustained attention and heart rate variability in children and adolescents with ADHD. *Biological Psychology*. 2017; 124 (2017): 11–20. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.01.004>
13. Shaffer F, Venner J. Heart rate variability anatomy and physiology. *Biofeedback*. 2013; 41(2013): 13–25. Doi: <http://doi:10.5298/1081-5937-41.1.05>
14. Aranda C, De la Cruz B, Naranjo J. Effects of different automatic filters on the analysis of heart rate variability with Kubios HRV software. *Arch Med Deporte*. 2017; 34(4): 196–200. [http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or02\\_aranda\\_ingles.pdf](http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or02_aranda_ingles.pdf)
15. Porges SW. Orienting in a defensive world: mammalian modifications of our evolutionary heritage: a polyvagal theory. *Psychophysiology*. 1995; 32 (1995), 301–318. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8986.1995.tb01213.x>.
16. Porges SW. The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *International Journal of Psychophysiology*. 2001; 42 (2001): 123–146. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8760\(01\)00162-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8760(01)00162-3).
17. Porges SW. The Polyvagal Perspective. *Biol Psychol*. 2007; 74 (2): 116–143. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2006.06.009>.
18. Fonfría A, Poy R, Segarra P, López R, Esteller A, Ventura C, et al. Variabilidad de la tasa cardíaca (HRV) y regulación emocional. *FÒRUM DE RECERCA*. 2011; 16 (2011): 903–013. <http://hdl.handle.net/10234/77387>
19. Holzman J, Bridgett D. Heart rate variability indices as bio-markers of top-down self-regulatory mechanisms: A meta-analytic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2017; 74 (2017): 233–255. Doi: <http://doi:10.1016/j.neubiorev.2016.12.032>
20. Capuana LJ, Dwyan J, Tays WJ, Elmers JL, Witherspoon R, Segalowitz S. Factors influencing the role of cardiac autonomic regulation in the service of cognitive control. *Biol. Psychol*. 2015; 102 (2014): 88–97. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.07.015>.

21. Yentes J, Hunt N, Schmid K, Kaipust J, McGrath D, Stergiou N. The Appropriate Use of Approximate Entropy and Sample Entropy with Short Data Sets". *Journal Articles*. 2013; Paper 44. Doi: <http://doi:10.1007/s10439-012-0668-3>
22. Pincus SM. Approximate entropy as a measure of system complexity. *Proc Natl Acad Sci*. 1991; 88 (1991): 2297-2301. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11607165>
23. Pincus SM, Gladstone IM, Ehrenkranz RA. Regularity statistic for medical data analysis. *Journal of Clinical Monitoring*. 1991; 7(4): 335-345. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF01619355>
24. Dikker S, Wan L, Davidesco I, Kaggen L, Oostrik M, McClintock J., ... et al. Brain-to-Brain Synchrony Tracks Real-World Dynamic Group Interactions in the Classroom. *Current Biology*. 2017; 27(2017): 1–6. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2017.04.002>