



## BRAIN EFFECTS OF SPORTS PRACTICE: RELATIONSHIP BETWEEN SEDENTARY LIFESTYLES AND VOLUME IN THE BRAIN REWARD SYSTEM

*Autora: Jessica González Remitti  
Tutora: Anna Miró Padilla*

---

### 1. INTRODUCTION

Physical activity constitutes a relevant factor in people's health, since it improves their state of health, preventing diseases such as diabetes, obesity, and cardiovascular diseases, as well as providing psychological benefits (Barbosa & Urra, 2018). Nowadays, obesity is the biggest public health problem of the 21st century (Martínez et. al, 2019). Therefore, it is important to understand the mechanisms associated with behavioral regulation in relation to physical activity and sedentary lifestyles (Knab & Lightfoot, 2010). The present research examines the relationship between brain volume of the reward system and sedentary time.

**The aim of this study is to investigate the differences in grey matter volume (GM) in the brain regions of the reward system as a function of sedentary time.** The reward system is responsible for mediating the subjective sensation of pleasure in the organism and for obtaining reward (Mantero, 2018), reacting to rewarding actions such as doing sports. Motivation is related to the reward system, since it directs behaviour to achieve goals and rewards (Valenzuela, 2016), leading the person to perform actions in order to approach or move away from that reward. Thus, **we expect to observe volume differences in SG in the participants' reward system depending on the time they spend sitting.**

### 2. METHODS

#### A. PARTICIPANTS

The present study had 40 volunteers (40 women, average age= 23,20; SD= 2,747; range= 18-29 years old). None of the participants had previous psychiatric or neurological problems. The research project was approved by the Universitat Jaume I Ethics Committee and all participants signed an informed consent before participating and received monetary compensation for their time and effort.

#### B. PHYSICAL ACTIVITY

The time devoted to physical exercise by the subjects was self-reported using the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) and, in addition, with the use of an accelerometer (Triaxial accelerometer GENEactiv), which had to be worn for 7 days 24 hours a day. The accelerometer is an activity bracelet that measures the time (in minutes)

of movement and sedentary time, it records and stores the amount and level of physical activity performed by the person during that time (Aguilar M.J. et al., 2018).

### C. MRI ACQUISITION

Anatomical MRI data were acquired using a 3T General Electric Signa Architect scanner (Waukesha, WI, USA). A high-resolution T1 BRAVO sequence was acquired, covering the whole brain (TE = 3.28 ms, TR = 8.52 ms, FOV = 240 mm, phase FOV = 100%, flip angle = 12°, inversion time = 450 ms, intensity correction = "PURE", matrix = 256 × 256, voxel size = 0.5 × 0.5 mm, inter-slice spacing = 0.5 mm, slice thickness = 1 mm, number of images = 384, sequence length = 4:17 min). Participants were placed in a supine position in the MRI scanner, and their heads were immobilized with cushions to reduce involuntary motion.

### D. IMAGE PREPROCESSING

Computational Anatomy Toolbox (CAT12) for Statistical Parametric Mapping (SPM12) package was used to perform voxel-based morphometric analysis. We followed standard CAT12 preprocessing: 1) segmentation of the images into GM, white matter (WM) and cerebrospinal fluid; 2) affine registration to a standard ICBM template; 3) DARTEL normalization to the MNI template; and 4) modulation by linear and non-linear components derived from the spatial normalization. Then, the total intracranial volume (TIV) of each participant was extracted. Finally, images were smoothed using an 8 mm Gaussian filter.

### E. STATISTICAL ANALYSIS

A regression analysis was carried out including the GM of the regions of interest (ROIs) as a dependent variable and sedentary time (SedTime; in minutes) as an independent one, adding the TIV as covariate of no interest. Based on the hypothesis, a total of 8 ROIs (from both hemispheres) were selected for analysis: nucleus accumbens, orbitofrontal prefrontal cortex, medial and anterior cingulate cortex, since these structures are key areas in the reward system. They were defined using CAT12 by the Probabilistic Atlas Neuromorphometrics. Next, the IBM SPSS software (v25) was used to calculate partial correlations based on the GM volumes of the selected ROIs, adding the TIV as a covariate, and to determine if there were statistically significant differences in the GM volume in the reward system based on sedentary time (in minutes). Since 8 ROIs were used for the analyzes, the statistical threshold for multiple comparisons ( $p < 0.05$  FWE) was set at  $p < 0.00625$  (Bonferroni Correction).

## 3. RESULTS

The results yielded a significant negative correlation between sedentary time and GM volume in the left medial cingulate cortex (lMCC) ( $p < 0.00625$  FWE). Pearson's correlation analysis resulted in  $r = -0.440$  with a significance (bilateral) of  $p = 0.005$ . This result indicates that participants with greater sedentary time, had less GM volume in the lMCC.

#### 4. DISCUSSION

In this research, structural neuroimaging data were used to investigate the differences in grey matter (GM) brain volume in the reward system of the 40 participants depending on the time they spent sitting and resting (their level of sedentary behaviour). The literature indicates that reward is a central component in the development of goal-directed behaviour (Haber & Knutson, 2010), and motivation plays an essential role in the reward system, since before reaching the reward, people must feel motivated to carry out actions that move them closer or further from it (Mantero, 2018).

The results of this study show a negative correlation between medial cingulate cortex (MCC), GM volume and sedentary time (in minutes). According to Vogt (2016), the MCC is involved in action-reinforcement associations and selection based on the amount of reward or aversive properties of a potential movement and is therefore related to information processing in relation to decision-making. It is involved in reward-based decision-making and cognitive activity associated with intentional motor control.

Ultimately, the MCC plays a role in anticipation/expectation and task switching before choosing a specific movement (Vogt, 2016). Given the results of this study, more sedentary subjects have a lower MCC volume, which could indicate that they are less motivated to perform motivated actions that involve movements that lead to a reward. In other words, the longer the time spent sitting and resting is, the lower the levels of grey matter in MCC are, which suggests that is more likely that the person will be less motivated to perform reward-getting movements.

*Autora: Jessica González Remitti*

*Tutora: Anna Miró Padilla*

## INTRODUCCIÓN

La actividad física → previene enfermedades (diabetes, obesidad, enfermedades cardiovasculares, etc. y aporta beneficios psicológicos (Barbosa & Urra, 2018). En la actualidad la obesidad es el problema de salud pública más grave del siglo XXI (Martínez et al., 2019) y es por ello que es importante comprender los mecanismos asociados a la regulación de la conducta en relación con la actividad física y el sedentarismo (Knab & Lightfoot, 2010).

## MÉTODOS

### A. PARTICIPANTES

N= 40 personas (20 mujeres, media de edad= 23,20; DE= 2,747; rango= 18-29 años). Sin problemas psiquiátricos o neurológicos previos.

El proyecto de investigación → aprobado por el Comité de Ética de la Universitat Jaume I.  
 → consentimiento informado antes de participar.  
 → compensación monetaria por su tiempo y esfuerzo.

### B. ACTIVIDAD FÍSICA



Triaxial accelerometer GENEactiv.

### C. ADQUISICIÓN DE RESONANCIA MAGNÉTICA (RM)

**MRI escáner:** 3T General Electric Signa Architect (Waukesha, WI, EE. UU.). Se adquirió una secuencia BRAVO en T1 de alta resolución, que cubría todo el cerebro (TE = 3,28 ms, TR = 8,52 ms, FOV = 240 mm, FOV de fase = 100%, ángulo de giro = 12°, tiempo de inversión = 450 ms, intensidad corrección = "PURO", matriz = 256 × 256, tamaño de vóxel = 0,5 x 0,5 mm, espacio entre cortes = 0,5 mm, grosor de corte = 1 mm, número de imágenes = 384, longitud de secuencia = 4:17 min).

### D. PREPROCESADO DE IMÁGENES

Mediante el programa Computational Anatomy Toolbox (CAT12) para el paquete Statistical Parametric Mapping (SPM12) se realizó el análisis morfométrico basado en vóxel siguiendo el preprocesado estándar del CAT12.

### E. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

1º Análisis de regresión → SG de las regiones de interés (RIs) como VD y el tiempo sedentario (SedTime; en minutos) como VI añadiendo el VTI como covariables de no interés.

2º Análisis de un total de 8 RIs (bilaterales), que son áreas clave en el sistema de recompensa: núcleo accumbens, córtex prefrontal orbitofrontal, córtex cingulado medial y anterior.

3º Se definieron las RIs usando el CAT12 mediante el Atlas probabilístico Neuromorphometrics.

4º Software IBM SPSS (v25) → cálculo de correlaciones parciales en base a los volúmenes de SG de las RIs seleccionadas (con VTI como covariable) y determinar si había diferencias estadísticamente significativas en el volumen de SG en el sistema de recompensa en función del tiempo sedentario (en minutos). El umbral estadístico, al ser 8 RIs, para comparaciones múltiples (p <0.05 FWE) se estableció en p <0.00625 (Bonferroni Correction).

**OBJETIVO:** investigar las diferencias en el volumen de sustancia gris (SG) de las regiones cerebrales del sistema de recompensa, en función del tiempo de sedentarismo. Dicho sistema es el encargado de mediar la sensación subjetiva de placer y de la obtención de la recompensa (Mantero, 2018). La motivación tiene relación con el sistema de recompensa, ya que dirige el comportamiento para conseguir objetivos y recompensas (Valenzuela, 2016) llevando a la persona a realizar acciones para aproximarse o alejarse a dicha recompensa.

**HIPÓTESIS:** se espera observar diferencias de volumen en SG en el sistema de recompensa de los participantes en función del tiempo que pasen sentados.

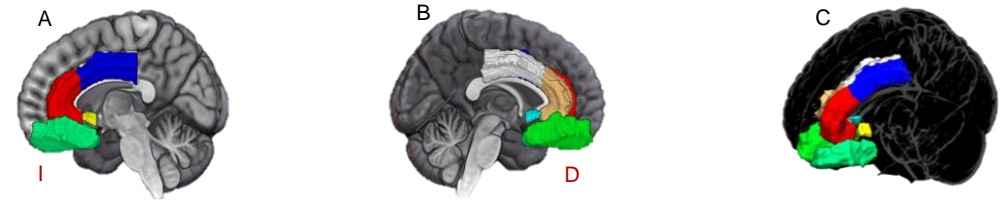


Figura 1 | (A) Plano sagital medial del hemisferio izquierdo, donde se muestra el volumen cerebral de las 8 regiones de interés (RIs) seleccionadas en este estudio y que forman parte del sistema de recompensa: núcleo accumbens, córtex prefrontal orbitofrontal, córtex cingulado medial y anterior; (B) Plano sagital medial del hemisferio derecho mostrando las 8 RIs seleccionadas; y (C) parcelación de las 8 RIs seleccionadas del sistema de recompensa. I= izquierda. D= derecha.

## RESULTADOS

Variables de control	Correlaciones	Mean of total minutes of the sedentary time								
		Left Anterior Cingulate Gyrus	Right Anterior Cingulate Gyrus	Left Middle Cingulate Gyrus	Right Middle Cingulate Gyrus	Left Accumbens	Right Accumbens	Left Medial Orbitall Gyrus	Right Medial Orbitall Gyrus	
TIV	Mean of total minutes of the sedentary time	1,000	-.234	-.246	<b>-.440</b>	-.259	.135	-.812	.047	-.139
	Significance (Bilateral)		.151	.132	<b>.005</b>	.112	.412	.844	.777	.368

Tabla 1 | Resultados del análisis de correlaciones parciales calculadas mediante SPSS (v25) entre el volumen de SG de las 8 RIs seleccionadas y la media (en minutos) del tiempo de sedentarismo, controlando por VTI. El umbral estadístico se estableció en p<0.00625 (Bonferroni Correction). TIV= Total Intracranial Volume (VTI en español).

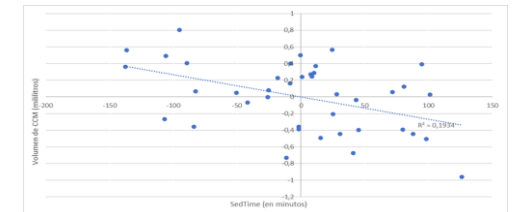


Figura 2 | El diagrama de dispersión y R2 se muestra solo con fines de visualización. Se trata de la correlación negativa entre el tiempo de sedentarismo, en minutos, (de -150 minutos a +150 minutos respecto a la media) y el volumen de la corteza cingulada medial. p <0.00625 (Bonferroni Correction). N = 40.

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran una correlación negativa entre el volumen de SG de la corteza cingulada medial (CCM) y el tiempo (en minutos) de sedentarismo. De acuerdo con Vogt (2016), la CCM está involucrada en asociaciones de acción-refuerzo y selección basada en la cantidad de recompensa o propiedades aversivas de un movimiento potencial, por lo que está relacionada con el procesamiento de la información en relación con la toma de decisiones basada en la recompensa y en la actividad cognitiva asociada con el control motor intencional.

En definitiva, el CCM desempeña un papel en la anticipación/expectativa y en el cambio de tarea antes de elegir un movimiento específico (Vogt, 2016). Dados los resultados, los sujetos más sedentarios presentan un menor volumen en CCM, lo que podría indicar que presentan una menor motivación para realizar acciones motivadas que implican movimientos que conduzcan a una recompensa. Dicho de otra forma, cuantos más minutos se esté sentado, menores son los niveles de sustancia gris en CCM, lo que sugiere que, menor motivación tendrá la persona para realizar movimientos de obtención de recompensa.

## 5. REFERENCES

- Aguilar, M.J., Sánchez, A.M., Barrilao, G., Rodríguez, R., Noack, J., & Pozo, M.D. (2014). Descripción del acelerómetro como método para valorar la actividad física en los diferentes periodos de la vida: revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 29(6), 1250-1261. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.29.6.7410>
- Barbosa, S., Urrea, A. (2018). Influencia del deporte y la actividad física en el estado de salud físico y mental: una revisión bibliográfica. *Revista Katharsis*, N 25, enero-junio 2018, pp.141-159.
- Haber, S.N., & Knutson, B. (2010). The reward circuit: linking primate anatomy and human imaging. *Neuropsychopharmacology: official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 35(1), 4–26. <https://doi.org/10.1038/npp.2009.129>
- Knab, M., & Lightfoot, T. (2010). Does the difference between physically active and couch potato lie in the dopamine system? *International journal of biological sciences*, 6(2), 133.
- Mantero Suárez, G. (2018). Sistema de recompensa del cerebro y neuronas del placer [Trabajo fin de grado, Universidad de Sevilla].
- Martínez, L., Jiménez, A., Tarraga, L., Madrona, F. & Tárraga, P.J. (2019). Obesidad: una epidemia en la sociedad actual. Análisis de los distintos tipos de tratamiento: motivacional, farmacológico y quirúrgico. *JONNPR*;4(11):1112-54. DOI: 10.19230/jonnpr.3209
- Valenzuela I. (2016). ¿Cómo funciona el sistema de recompensa del cerebro? *Vix*, revista digital. [En línea]. [Consultado en abril de 2018]. Disponible en: <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/5190/como-funciona-el-sistema-de-recompensadel-cerebro>.
- Vogt B. A. (2016). Midcingulate cortex: Structure, connections, homologues, functions and diseases. *Journal of chemical neuroanatomy*, 74, 28–46. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2016.01.010>