

Trabajo Fin de Grado

Bases cerebrales de la Teoría de la Sensibilidad al Refuerzo: replicación de estudios de RM estructural

Autora

Ana Esther Guillermo Borraz

Director/es

Jesús Adrián Ventura

Grado en Psicología

Curso: 2023/2024



Facultad de
Ciencias Sociales
y Humanas - Teruel
Universidad Zaragoza

RESUMEN

La teoría de la sensibilidad al refuerzo (RST) ha constituido un marco conceptual fundamental para explorar la relación entre la personalidad y el sistema nervioso central, sin embargo, existe poca evidencia en humanos de la relación entre las medidas de autoinforme de la sensibilidad al castigo y su relación con áreas cerebrales. En el presente estudio investigamos la posible relación entre las estructuras asociadas al castigo (amígdala e hipocampo) y las escalas BIS y SP, así como las posibles diferencias entre mujeres y hombres en un grupo de 172 adultos jóvenes sanos. Nuestros resultados no mostraron una correlación significativa entre las dos escalas utilizadas y la amígdala y el hipocampo. No obstante, al analizar los coeficientes de correlación en hombres, obtuvimos una correlación positiva significativa en la amígdala izquierda para la escala SP y BIS. Sin embargo, a la hora de realizar los mismos cálculos en el grupo de mujeres, obtuvimos correlaciones significativas negativas en la amígdala izquierda y derecha y el hipocampo derecho, pero únicamente con la escala SP. Estos resultados nos muestran un patrón diferencial en función del sexo y una posible vía de estudio en próximas investigaciones.

Palabras clave: Resonancia magnética, sensibilidad al castigo, amígdala, hipocampo

ABSTRACT

Reinforcement sensitivity theory (RST) has provided a fundamental conceptual framework for exploring the relationship between personality and the central nervous system, yet there is little evidence in humans for the relationship between self-report measures of sensitivity to punishment and their relationship to brain areas. In the present study we investigated the possible relationship between punishment-associated structures (amygdala and hippocampus) and the BIS and SP scales, as well as possible

differences between women and men in a group of 172 healthy young adults. Our results showed no significant correlation between the two scales used and the amygdala and hippocampus. However, when analysing the correlation coefficients in men, we obtained a significant positive correlation in the left amygdala for the SP and BIS scales; however, when performing the same calculations in the group of women, we obtained significant negative correlations in the left and right amygdala and the right hippocampus, but only with the SP scale. These results show us a differential pattern depending on gender and a possible avenue for further research.

Keywords: Magnetic resonance imaging, sensitivity to punishment, amygdala, hippocampus

INTRODUCCIÓN

La Teoría de la Sensibilidad al Refuerzo (RST, por sus siglas en inglés) de Gray ha constituido un marco conceptual fundamental para explorar la relación entre la personalidad y el sistema nervioso central. Dentro de la RST, el Sistema de Inhibición Conductual (BIS, por sus siglas en inglés) y el Sistema de Lucha-Huída-Congelamientos (FFFS, por sus siglas en inglés), han recibido una atención considerable debido a su papel en la respuesta a estímulos aversivos y su relación con el afecto negativo y la ansiedad/pánico (Gray y McNaughton, 2000; McNaughton y Corr, 2004). Estos dos sistemas se han relacionado tradicionalmente con el sistema septo-hipocampal, aunque a través de las últimas revisiones de la teoría RST sabemos que la amígdala también juega un papel fundamental a la hora de iniciar la conducta de aproximación defensiva (McNaughton & Corr, 2004).

Entre las escalas más utilizadas para detectar y medir diferencias individuales en el funcionamiento del BIS/FFFS tenemos la escala de Sensibilidad al Castigo (SP) del Sensitivity to Punishment and Sensitivity to Reward Questionnaire (Torrubia et al., 2001), y la escala BIS/BAS desarrollada por Carver y White (1994). Por lo general, estas dos medidas suelen mostrar correlaciones fuertes entre sí, así como con las medidas de ansiedad y miedo (Caseras et al., 2003).

A pesar de la importancia del modelo Gray en la comprensión de la ansiedad humana, existe poca evidencia en humanos de la relación entre las medidas de autoinforme que evalúan la actividad del BIS/FFFS y su relación con áreas del cerebro. Algunos de los estudios de morfometría basada en el vóxel (VBM) no han encontrado ninguna correlación entre el volumen de sustancia gris y una medida relacionada con el BIS, como la escala de evitación de daños del TCI (Pezawas et al., 2005), sin embargo otros han reportado una correlación positiva entre la actividad del sistema BIS/FFFS y

los volúmenes del hipocampo y la amígdala (Barros-Loscertales et al, 2006), o han encontrado asociaciones con medidas BIS/FFFS en la amígdala (Iidaka et al., 2006 ; Adrián-Ventura et al., 2019b) o en el hipocampo (Cherbuin et al., 2008; Levita et al., 2014). Por su parte estudios basados en neuroimagen funcional también han corroborado que las medidas relacionadas con el BIS/FFFS se asociaban con una mayor actividad de la amígdala derecha ante caras temerosas en el caso del estudio de Bishop et al. (2004) y de la amígdala bilateral y el hipocampo en el caso del estudio de Etkin et al (2004), así mismo en el caso de imágenes aversivas (Most et al., 2006) se mostraba correlación con la amígdala a nivel bilateral. Tras la variabilidad de los resultados previos consideramos que es importante llevar a cabo nuevos estudios para esclarecer dichas discrepancias.

En los últimos años, se ha prestado una atención creciente a la distinción del sistema de castigo entre mujeres y hombres. Investigaciones recientes han señalado diferencias significativas en la actividad BIS/FFFS en función del sexo, lo que añade una dimensión importante al entendimiento de este sistema en la regulación del comportamiento humano. Chowdhury et al. (2019) observaron que las mujeres tienden a mostrar una mayor rapidez en el aprendizaje para evitar el castigo, mientras que los hombres exhiben una sensibilidad mayor cuando el castigo puede evitarse con cierta seguridad. Esta diferencia en la sensibilidad del BIS/FFFS según el sexo ha sido documentada por varios estudios (Stoyanova y Hope, 2012), que reportan consistentemente puntajes más altos en mujeres que en hombres (Carver y White, 1994; Leone et al., 2001; Pagliaccio et al., 2016; Ma-Kellams y Wu, 2020). Sin embargo, es importante señalar que no todos los estudios han arrojado resultados uniformes (Li et al., 2014), lo que sugiere la necesidad de una exploración más detallada y una comprensión más matizada de las diferencias de género en la sensibilidad del BIS/FFFS.

Con todo lo anteriormente mencionado, podemos asumir la importancia de continuar con estudios que correlacionen las estructuras neurales con los rasgos de personalidad, de tal manera que podamos tener una visión más amplia de cómo estos rasgos nos pueden ayudar a entender el funcionamiento cognitivo, así como posibles trastornos neuropsicológicos

Así pues, el presente estudio pretende investigar, en humanos, las regiones cerebrales asociadas a la sensibilidad al castigo representadas en la RST. En concreto, el objetivo es analizar los correlatos cerebrales de la sensibilidad al castigo en una muestra amplia de adultos jóvenes a través de la implementación técnicas de RM más avanzadas que en los estudios anteriores (p. ej. escáner de 3T y uso de SPM12/CAT12). Con esto pretendemos obtener datos más robustos que nos permitan aportar nuevas evidencias a este campo.

Partiendo de la base de la RST, esperamos obtener una correlación positiva entre las escalas SP y BIS y las estructuras de la amígdala y el hipocampo en la muestra general. Así mismo, también esperamos obtener una correlación positiva entre estas dos estructuras y la dimensión SP para el grupo de hombres, de tal manera que podamos corroborar anteriores estudios (Barros-Loscertales et al, 2006).

MÉTODO Y MATERIALES

Participantes

Se estudio a 172 adultos jóvenes (71 hombres, 101 mujeres) con edades comprendidas entre los 18 y los 30 años (edad media =22,20; DE= 2,895). La mayoría de ellos eran estudiantes universitarios (90,7%) dado que los participantes fueron reclutados

en el campus universitario de la Universitat Jaume I, así mismo ninguno de ellos reportaba un diagnóstico a nivel psiquiátrico o neurológico previo.

Antes de la realización del estudio se obtuvo el consentimiento informado de los participantes, así como la aprobación por parte del Comité Ético de la Universitat Jaume I y del Comité Ético de Aragón (CEICA).

Materiales

Para evaluar las diferencias individuales en la sensibilidad al castigo, se emplearon dos cuestionarios estandarizados: el cuestionario de Sensibilidad al Castigo y a la Recompensa (SPSRQ, por sus siglas en inglés) y la escala BIS/BAS.

El Cuestionario de Sensibilidad al Castigo y a la Recompensa (SPSRQ), desarrollado por Torrubia et al. (2001), es un formulario de 48 ítems diseñado para evaluar estas dos dimensiones de la personalidad. Cada ítem debe contestarse con “Sí” o “No” cubriendo temas como el miedo, la búsqueda de recompensas, la competitividad y la evitación del castigo.

Por otro lado, la escala BIS/BAS creada por Carver y White (1994) está compuesta por 20 ítems los cuales permiten medir cuatro factores: sistema de inhibición (BIS), sistema de recompensa (RR), Impulso/accionamiento (D) y búsqueda de diversión/placer (FS). Los participantes evalúan el grado de precisión con que cada oración los describe utilizando una escala Likert de cuatro puntos, que va desde “Totalmente de acuerdo”, hasta “Totalmente en desacuerdo”.

Ambos cuestionarios fueron contestados de manera online a través de Qualtrics antes de la sesión de resonancia.

Adquisición y preprocesamiento de imágenes por RM

Los datos anatómicos de resonancia magnética se obtuvieron utilizando un escáner de 3T General Electric Signa Architect (Waukesha, WI, EE. UU). Se adquirió una secuencia BRAVO ponderada en T1 de alta resolución que abarcaba todo el cerebro (TE = 3,28 ms, TR = 8,52 ms, FOV = 240 mm, flip angle = 12°, matriz = 256 × 256, tamaño de vóxel = 0,5 × 0,5 mm, espacio entre cortes = 0,5 mm, grosor de corte = 1 mm, duración de la secuencia = 4:17 min). Se utilizó una bobina de 24 canales, mientras que el plano de exploración fue estrictamente sagital. Se colocó a los participantes en decúbito supino dentro del escáner de MRI y se les inmovilizó la cabeza con almohadillas para reducir el movimiento involuntario.

El análisis de VBM (Voxel-Based Morphometry) se llevó a cabo utilizando la Computational Anatomy Toolbox (CAT12; v12.8, r1885; www.neuro.uni-jena.de/cat/) bajo el software Statistical Parametric Mapping (SPM12; v777; www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm12/) en Matlab R2018b (v9.5).

Las imágenes se reorientaron primero a la línea de la comisura anterior-posterior y se preprocesaron utilizando el módulo de segmentación de CAT12. Siguiendo el protocolo estándar de preprocesamiento, se realizaron los siguientes pasos: 1) Segmentación: las imágenes originales se segmentaron en sustancia gris (sg), sustancia blanca (sb) y líquido cefalorraquídeo (LCR) utilizando los mapas de probabilidad tisular incluidos en SPM; 2) registro y regularización afines basados en la plantilla espacial proporcionada por el ICBM); 3) normalización de los segmentos de GM a la plantilla del Instituto Neurológico de Montreal (MNI); y 4) Modulación: se aplicó una modulación por los componentes afines y no lineales (por defecto en SPM) derivados de la normalización espacial MNI.

Posteriormente, se verificó la calidad de los datos resultantes mediante el módulo CAT12 para la comprobación de la homogeneidad de la muestra. Se constató que los resultados no mostraban valores atípicos en el volumen cerebral.

Estadística y reproducibilidad

Dado que el objetivo principal del presente estudio era examinar las diferencias en el volumen de SG del hipocampo y la amígdala en función del SP y BIS, se realizaron análisis de región de interés (ROI). Se siguió el procedimiento estándar del CAT12 (módulo “ROI Tools”): 1) estimación del volumen medio de sustancia gris (en ml) de cada región incluida en el atlas Neuromorphometrics para cada participante en su espacio nativo; y 2) selección de cuatro ROIs claves en el sistema de castigo: amígdala e hipocampo derechos e izquierdos.

A continuación, se realizaron correlaciones parciales (basadas en las hipótesis a priori) utilizando IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0 (Armonk, NY: IBM Corp), incluyendo como variables los volúmenes de SG de las estructuras citadas y las puntuaciones de las escalas de SP y BIS, controlando la edad, el TIV y los años de educación. Adicionalmente, en el análisis de la variable BIS, se incluyó la escala de activación conductual (BAS) como covariable, mientras que en el análisis de la variable SP, se controló la sensibilidad a la recompensa (SR). Este enfoque permitió aislar la influencia específica de las variables de interés y garantizar que las correlaciones observadas reflejaban de manera más precisa la relación propuesta por la hipótesis.

Dado que utilizamos cuatro ROIs para los análisis de las escalas (amígdala e hipocampo derechos e izquierdos), el umbral estadístico para comparaciones múltiples ($P < 0.05$ FWE) se fijó en $P < 0.0125$. Por último, dado que en estudios anteriores (Barrós - Loscertales et al., 2006a) la muestra estaba únicamente compuesta por hombres, decidimos realizar nuevas correlaciones donde dividimos la muestra por sexo.

RESULTADOS

Descriptivos

La puntuación media de los participantes en la escala BIS fue de 21.66 (DE = 3.49), y su consistencia interna fue aceptable (α de Cronbach = 0.75). La puntuación media en la escala SP fue de 11.05 (DE= 5.42), y su consistencia interna fue buena (α de Cronbach = 0.86).

Cuando estos mismos análisis los realizamos en el grupo de mujeres y de hombres obtenemos los siguientes resultados: para el grupo de mujeres obtuvimos una media de 22.92 para la escala BIS (DE=3.13) y una consistencia interna aceptable (α de Cronbach = 0.75), por otro lado, en la escala SP nos encontramos con una media de 11.89 (DE = 5.49), con una consistencia interna buena (α de Cronbach = 0.86). En el caso de los hombres la media para la escala BIS fue de 19.87 (DE= 3.19), con una consistencia interna aceptable (α de Cronbach = 0.7) y para la escala SP la media fue de 9.86 (DE =5.11) con una consistencia interna buena (α de Cronbach = 0.84)

Análisis de volumetría cerebral

Para probar la hipótesis central de este estudio que proponía una correlación positiva entre el volumen cerebral de las estructuras relacionadas con el castigo, y las escalas BIS y SP, realizamos correlaciones parciales en toda la muestra. Estas correlaciones se establecieron entre el volumen de las cuatro ROIs y las puntuaciones obtenidas en las escalas anteriormente mencionadas.

Los resultados del análisis no mostraron ninguna correlación significativa ni para la escala de SP ni par la BIS en la muestra general. Sin embargo, al desglosar los datos por sexo, se encontramos diferencias significativas. En el caso de los hombres, al utilizar las escalas BIS y SP obtuvimos una correlación positiva y significativa para la amígdala

izquierda. Así mismo, en el caso de la utilización de la escala BIS, también obtuvimos correlación positiva y significativa para la amígdala derecha. No obstante, tras aplicar el ajuste de Bonferroni, solo la amígdala izquierda con escala SP mantuvo una correlación positiva significativa ($P < 0.0125$). En el caso de las mujeres cuando se utilizaba la escala SP se obtenían correlaciones negativas y significativas en la amígdala a nivel bilateral y en el hipocampo derecho, sin embargo, en la utilización de la escala BIS, no se consiguieron obtener ningún tipo de correlación significativa. No obstante, tras aplicar el ajuste de Bonferroni, ninguna de estas correlaciones llegó a ser significativa ($P < 0.0125$).

Estos resultados, que se detallan en las tablas 1 y 2, sugieren que las estructuras cerebrales relacionadas con el castigo pueden tener una relación diferenciada con los sistemas BIS y SP, dependiendo del sexo y de la región cerebral específica analizada

Tabla 1. Correlaciones parciales (r) entre ROI a priori y puntuaciones en la escala SP (controlando por edad, TIV, SR y años de educación)

Región	Hemisferio	Toda la nuestra (N=172)	Hombres (N= 71)	Mujeres (N=101)
Amígdala	Izquierdo	-0.067	0.276*	-0.222
Amígdala	Derecho	-0.080	0.199	-0.190
Hipocampo	Izquierdo	-0.066	0.095	-0.125
Hipocampo	Derecho	-0.116	0.076	-0.202

*Contrastes unilaterales (una cola); * $P < 0,05$ Bonferroni corregido.*

Tabla 2. Correlaciones parciales (r) entre ROI a priori y puntuaciones en la escala BIS (controlando por edad, TIV, BAS y años de educación)

Región	Hemisferio	Toda la nuestra (N=172)	Hombres (N= 71)	Mujeres (N=101)
Amígdala	Izquierdo	0.006	0.255	-0.092
Amígdala	Derecho	-0.045	0.217	-0.147
Hipocampo	Izquierdo	-0.042	0.078	-0.064
Hipocampo	Derecho	-0.062	0.077	-0.111

*Contrastes unilaterales (una cola); * $P < 0,05$ Bonferroni corregido.*

DISCUSIÓN

En el presente estudio, nos propusimos investigar la relación entre las áreas cerebrales claves relacionadas con el sistema de castigo (amígdala e hipocampo) y las escalas BIS y SP en una muestra de 172 adultos jóvenes sanos. Además, exploramos las diferencias de sexo asociadas a este mismo objetivo. Se utilizaron las medidas obtenidas con los cuestionarios SPSRQ y BIS/BAS, así como datos de resonancia magnética estructural de cada participante.

Los resultados obtenidos a través de la muestra general no nos reportaron ningún tipo de correlación significativa, resultados que apoyan el estudio anteriormente realizado por Pezawas et al. (2005), sin embargo, aunque los resultados obtenidos apunten hacia la misma dirección debemos de tener en cuenta que las medidas para evaluar el castigo no han sido las mismas, ya que en el caso del estudio de Pezawas et al. (2005) se utilizó la escala de evitación a los daños del TCI y nosotros utilizamos las escalas SP y BIS.

Por otro lado, buscamos posibles correlaciones positivas entre la amígdala y el hipocampo y las dimensiones SP y BIS para el grupo de hombres, donde nuestro estudio solo corrobora parcialmente esa hipótesis, obteniendo únicamente una correlación positiva y significativa en la amígdala izquierda para la escala SP, resultados previamente reportados en el estudio de Adrián-Ventura et al. (2019). Por otro lado, en la utilización de la escala BIS se obtuvieron correlaciones positivas y significativas para ambas amígdalas (derecha e izquierda). Estos resultados reportan datos que apoyan lo ya obtenido en el estudio de Barros –Loscertales (2006), donde se podía observar como la escala SP reportaba correlaciones positivas y significativas para la amígdala a nivel bilateral, y donde nosotros para esa misma escala solo obtuvimos ese tipo de correlaciones para la amígdala izquierda, sin embargo, en la utilización de la

escala BIS obtuvimos la misma correlación que dicho estudio, así mismo estos resultados también irían en consonancia a lo obtenido por Adrián-Ventura et al. (2019) y su obtención de una correlación positiva y significativa para la escala SP.

Las discrepancias entre nuestro estudio y el de Adrián-Ventura et al. (2019) se basan principalmente en las diferencias obtenidas en la muestra general donde él si obtuvo correlaciones positivas y significativas con respecto la amígdala izquierda para toda la muestra, sin embargo, los resultados obtenidos en la segmentación por sexo si fueron los mismos una vez corregidos por contrastes unilaterales. Esta diferencia de resultados podría deberse a diferentes cuestiones metodológicas: por un lado, nos encontraríamos con las diferencias de instrumentos para la obtención de las imágenes cerebrales, donde en el caso de Adrián-Ventura et al. (2019) se utilizó un escáner de 1.5 T, y una segmentación a través del VBM8 y nosotros optamos por la utilización de un escáner 3T con una segmentación a través del CAT12, de tal manera que optamos por un escáner más avanzado y robusto de tal manera que se obtuvieran resultados más precisos. El otro punto para tener en cuenta es que en el caso de Adrián-Ventura et al. (2019) se utilizó el sexo como covariable para controlar los posibles efectos del tamaño cerebral, y nosotros utilizamos el TIV, covariable que se ha visto más correcta para controlar estos posibles efectos (Sanchis-Segura et al., 2019), así mismo en la utilización de la escala SP no se covario la escala SR, aspecto que nuestro estudio si contemplo y controlo.

A pesar de todas estas discrepancias, ambos estudios nos aportan un aspecto importante: Para obtener efectos robustos es necesario contar con una muestra compuesta por hombres, ya que a la hora de aplicar el ajuste de Bonferroni la única muestra que sobrevivía a alguno de estos ajustes es la amígdala izquierda para el grupo de hombres. Además, todo ello es consistente con estudios previos que señalan diferencias globales

en el volumen del hipocampo y la amígdala entre hombres y mujeres (Caviness et al., 1996). Finalmente cabe mencionar que a pesar de que las mujeres reporten mayores niveles de ansiedad estos resultados no correlacionan con mayores volúmenes de la amígdala, sin embargo, en el caso de los hombres si existe una relación directa entre la dimensión BIS/FFFS y el volumen de la amígdala, esto nos hace preguntarnos si es posible que en el caso de las mujeres operen otro tipo de mecanismos conductuales.

Cabe mencionar las posibles limitaciones que puedan existir y que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, la muestra utilizada carecía de heterogeneidad a nivel educativo, ya que la mayoría de los participantes eran estudiantes universitarios. Por ello, sería beneficioso contar con una muestra más grande y diversa en futuros estudios para ampliar la generalización de los hallazgos. Estas limitaciones abren nuevas cuestiones para explorar en investigaciones futuras, incluyendo la incorporación de muestras más variadas, donde se pueda contar con mayor variabilidad a nivel poblacional, ampliando así el campo de nivel de estudios o el nivel de rango de edad, o contando con el examen de otros factores que puedan influir en la relación entre la sensibilidad al castigo y las estructuras cerebrales. También sería interesante contar con nuevas escalas más actualizadas para medir esta sensibilidad al castigo, como podría ser la escala RST-PQ ya adaptada al español (Contreras et al., 2022), de tal manera que estuviera sujeta a menos críticas y pudiera reportar nuevos hallazgos.

REFERENCIAS

- Adrián-Ventura, J., Costumero, V., Parcet, M. A., & Ávila, C. (2019). Linking personality and brain anatomy: a structural MRI approach to Reinforcement Sensitivity Theory. *Social Cognitive And Affective Neuroscience*, 14(3), 329-338. <https://doi.org/10.1093/scan/nsz011>
- Barrós-Loscertales, A., Meseguer, V., Sanjuán, A., Belloch, V., Parcet, M., Torrubia, R., & Ávila, C. (2006). Behavioral Inhibition System activity is associated with increased amygdala and hippocampal gray matter volume: A voxel-based morphometry study. *NeuroImage*, 33(3), 1011-1015. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.07.025>
- Bishop, S. J., Duncan, J., & Lawrence, A. D. (2004). State Anxiety Modulation of the Amygdala Response to Unattended Threat-Related Stimuli. *The Journal Of Neuroscience/The Journal Of Neuroscience*, 24(46), 10364-10368. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2550-04.2004>
- Carver, C. S., & White, T. L. (1994). Behavioral inhibition, behavioral activation, and affective responses to impending reward and punishment: The BIS/BAS Scales. *Journal Of Personality And Social Psychology*, 67(2), 319-333. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.67.2.319>
- Caviness, V. S., Kennedy, D. N., Richelme, C., Rademacher, J., & Filipek, P. A. (1996). The Human Brain Age 7–11 Years: A Volumetric Analysis Based on Magnetic Resonance Images. *Cerebral Cortex*, 6(5), 726-736. <https://doi.org/10.1093/cercor/6.5.726>
- Cherbuin, N., Windsor, T. D., Anstey, K. J., Maller, J. J., Meslin, C., & Sachdev, P. S. (2008). Hippocampal volume is positively associated with behavioural inhibition

(BIS) in a large community-based sample of mid-life adults: the PATH through life study. *Social Cognitive And Affective Neuroscience*, 3(3), 262-269.

<https://doi.org/10.1093/scan/nsn018>

Chowdhury, T. G., Wallin-Miller, K. G., Rear, A. A., Park, J., Diaz, V., Simon, N. W., & Moghaddam, B. (2019). Sex differences in reward- and punishment-guided actions. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 19(6), 1404-1417.

<https://doi.org/10.3758/s13415-019-00736-w>

Contreras, M., Cupani, M., & Corr, P. (2022). The Psychometric Properties of the Spanish Reinforcement Sensitivity Theory – Personality Questionnaire (RST-PQ) and its Relationship with Everyday Behaviors. *The Spanish Journal Of Psychology*, 25. <https://doi.org/10.1017/sjp.2022.5>

Corr, P. J. (2004). Reinforcement sensitivity theory and personality. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews/Neuroscience And Biobehavioral Reviews*, 28(3), 317-332. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2004.01.005>

Etkin, A., Klemenhagen, K. C., Dudman, J. T., Rogan, M. T., Hen, R., Kandel, E. R., & Hirsch, J. (2004). Individual Differences in Trait Anxiety Predict the Response of the Basolateral Amygdala to Unconsciously Processed Fearful Faces. *Neuron*, 44(6), 1043-1055. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.12.006>

Iidaka, T., Matsumoto, A., Ozaki, N., Suzuki, T., Iwata, N., Yamamoto, Y., Okada, T., & Sadato, N. (2006). Volume of left amygdala subregion predicted temperamental trait of harm avoidance in female young subjects. A voxel-based morphometry study. *Brain Research*, 1125(1), 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.09.015>

- Levita, L., Bois, C., Healey, A., Smyllie, E., Papakonstantinou, E., Hartley, T., & Lever, C. (2014). The Behavioural Inhibition System, anxiety and hippocampal volume in a non-clinical population. *Biology Of Mood & Anxiety Disorders*, 4(1), 4. <https://doi.org/10.1186/2045-5380-4-4>
- Li, Y., Qiao, L., Sun, J., Wei, D., Li, W., Qiu, J., Zhang, Q., & Shi, H. (2014). Gender-specific neuroanatomical basis of behavioral inhibition/approach systems (BIS/BAS) in a large sample of young adults: A voxel-based morphometric investigation. *Behavioural Brain Research*, 274, 400-408. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.08.041>
- Ma-Kellams, C., & Wu, M. S. (2020). Gender, behavioral inhibition/activation, and emotional reactions to negative natural and social events. *Personality And Individual Differences*, 157, 109809. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2019.109809>
- McNaughton, N., & Corr, P. J. (2004). A two-dimensional neuropsychology of defense: fear/anxiety and defensive distance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews/Neuroscience And Biobehavioral Reviews*, 28(3), 285-305. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2004.03.005>
- McNaughton, N., & Gray, J. A. (2000). Anxiolytic action on the behavioural inhibition system implies multiple types of arousal contribute to anxiety. *Journal Of Affective Disorders*, 61(3), 161-176. [https://doi.org/10.1016/s0165-0327\(00\)00344-x](https://doi.org/10.1016/s0165-0327(00)00344-x)
- Most, S. B., Chun, M. M., Johnson, M. R., & Kiehl, K. A. (2006). Attentional modulation of the amygdala varies with personality. *NeuroImage*, 31(2), 934-944. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.031>

- Pagliaccio, D., Luking, K. R., Anokhin, A. P., Gotlib, I. H., Hayden, E. P., Olino, T. M., Peng, C., Hajcak, G., & Barch, D. M. (2016). Revising the BIS/BAS Scale to study development: Measurement invariance and normative effects of age and sex from childhood through adulthood. *Psychological Assessment*, 28(4), 429-442. <https://doi.org/10.1037/pas0000186>
- Pezawas, L., Meyer-Lindenberg, A., Drabant, E. M., Verchinski, B. A., Munoz, K. E., Kolachana, B. S., Egan, M. F., Mattay, V. S., Hariri, A. R., & Weinberger, D. R. (2005). 5-HTTLPR polymorphism impacts human cingulate-amygdala interactions: a genetic susceptibility mechanism for depression. *Nature Neuroscience*, 8(6), 828-834. <https://doi.org/10.1038/nn1463>
- Sanchis-Segura, C., Ibañez-Gual, M. V., Adrián-Ventura, J., Aguirre, N., Gómez-Cruz, Á. J., Avila, C., & Forn, C. (2019). Sex differences in gray matter volume: how many and how large are they really? *Biology Of Sex Differences*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13293-019-0245-7>
- Stoyanova, M., & Hope, D. A. (2012). Gender, gender roles, and anxiety: Perceived confirmability of self report, behavioral avoidance, and physiological reactivity. *Journal Of Anxiety Disorders*, 26(1), 206-214. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2011.11.006>
- Torrubia, R., Ávila, C., Moltó, J., & Caseras, X. (2001). The Sensitivity to Punishment and Sensitivity to Reward Questionnaire (SPSRQ) as a measure of Gray's anxiety and impulsivity dimensions. *Personality And Individual Differences*, 31(6), 837-862. [https://doi.org/10.1016/s0191-8869\(00\)00183-5](https://doi.org/10.1016/s0191-8869(00)00183-5)