

Artículo

La Interocepción en el Procesamiento Emocional: de la Sensación a la Psicopatología

Claudia Pizarro , Francisco Ceric 

Universidad del Desarrollo, Chile

INFORMACIÓN

Recibido: Julio 18, 2022
Aceptado: Diciembre 20, 2022

Palabras clave

Interocepción
Emociones
Trastornos psiquiátricos
Alexitimia
Depresión
Ansiedad

RESUMEN

La percepción de los cambios del cuerpo, definido como Interocepción, es un elemento clave dentro de las investigaciones actuales. El presente artículo de revisión, tiene como objetivo caracterizar el rol de la Interocepción en el procesamiento emocional. Primero, describimos los principales modelos interoceptivos y sus métodos de medición. Luego, delimitamos de forma general los mecanismos de la Interocepción atípica. Los resultados indican que la investigación en el área no ha sido sistemática, por tanto, la definición de lo interoceptivo ha sido lo “no” exteroceptivo. También la medición del concepto ha tenido limitaciones que deben ser resueltas en la medida de lo posible. Finalmente, se llegó a la conclusión de que los mecanismos interoceptivos atípicos son un factor común que se relaciona con la sintomatología presente en diferentes trastornos emocionales tales como la alexitimia, depresión, ansiedad y trastornos somáticos.

Interoception in Emotional Processing: From Sensation to Psychopathology

ABSTRACT

The perception of body changes, defined as interoception, is a key element in current research. The present review article aims to characterize the role of interoception in emotional processing. First, we describe the main interoceptive models and their measurement methods. Then, we delimit in a general way the mechanisms of atypical interoception. The results indicate that research in the area has not been systematic, which has led to the widespread practice of extending the definition of interoceptive as “not exteroceptive”. It has also, in a more restricted way, been described as simply a physiological pathway. This has led to the measurement of interoception having certain limitations that must be resolved wherever possible. Finally, it is concluded that atypical interoceptive mechanisms are a common factor related to the symptomatology present in different emotional disorders such as alexithymia, depression, anxiety, and somatic disorders.

Keywords:

Interoception
Emotions
Psychiatric disorders
Alexithymia
Depression
Anxiety disorders

de integración para toda la actividad aferente homeostática, y por lo tanto, es esencial para el mantenimiento de los equilibrios cardiovascular, respiratorio, energético (alimentación y glucosa) y de fluidos (electrolitos y agua) (Saper, 2002). También el PB se proyecta a la sustancia gris periacueductal (PAG; el centro motor homeostático mesencefálico) y al hipotálamo (el centro motor homeostático diencefálico), que guían la actividad autonómica, neuroendocrina y conductual dirigida a objetivos (Craig, 2003). En este sentido, existe una base de índole neuroanatómico y el funcionamiento de una parte del proceso de la interocepción depende del desarrollo y la indemnidad de estas zonas funcionales.

Procesamiento, Interpretación e Integración. Un segundo nivel de complejidad, refleja el impacto de las señales aferentes viscerales y otras formas de procesamiento sensorial sobre el proceso cognitivo y los comportamientos. Este nivel no necesariamente incluye una conciencia perceptual de las señales interoceptivas (Quadt et al., 2018). Esta dimensión ha sido medida, por ejemplo, a través de experimentos de sincronización cardíaca, en donde, es posible comprobar por ejemplo una interacción e integración de información sensorial, en la que las señales interoceptivas pueden modular la valoración de la amenaza o incluso el comportamiento racialmente sesgado de forma dependiente del contexto (Azevedo et al., 2017).

De lo Inconsciente a lo Consciente. Un tercer nivel de complejidad, refiere más directamente a la percepción de las señales interoceptivas, el modelo de base es el propuesto por Garfinkel y Critchley (2013) conocido como el modelo tripartito de la Interocepción que alude a la dimensión psicológica y se compone de tres facetas de la capacidad interoceptiva, la precisión interoceptiva entendida como la exactitud con la que uno percibe su estado interno, la sensibilidad interoceptiva como el informe subjetivo de las señales interoceptivas y la metaconciencia

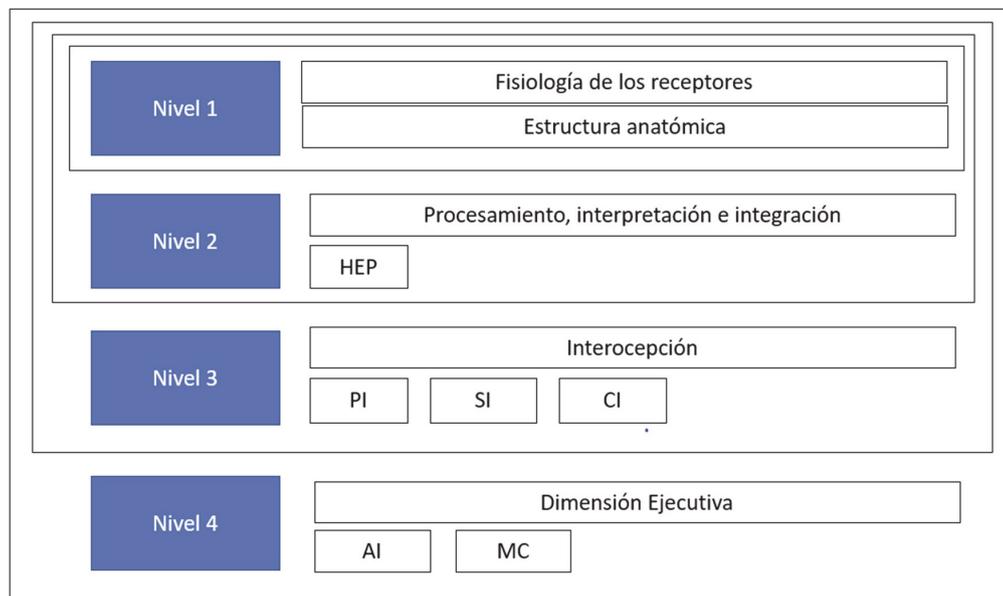
interoceptiva, entendida como la correspondencia entre las medidas anteriores. Estas tres dimensiones se han medido a través de las tareas de detección cardíaca (Quadt et al., 2018). Tras esta descripción se han propuesto diversas variantes del modelo (Khalsa et al., 2018; Murphy, Catmur & Bird, 2019), entre estos, se destaca un modelo reciente que plantea la necesidad de distinguir entre la precisión interoceptiva y la atención hacia la información interoceptiva (Murphy et al., 2019). A partir de esto, se propone una estructura dimensional de 2x2 de la interocepción que refleja tanto lo que se mide (precisión versus atención) como la forma de medición (rendimiento objetivo versus autoinforme) (Murphy et al., 2019). En este sentido, el modelo tripartito de Garfinkel y Critchley (2013) puede entenderse como el grado en que las medidas de precisión y sensibilidad (autoinforme) se correlacionan entre sí tanto en la dimensión objetiva como de autoinforme (Ver Figura 2).

Medición de la Interocepción

Tareas Experimentales. En general, se reconoce que la medición de la interocepción representa un gran desafío (Quigley et al., 2021), esto por dos razones; primero, por la dificultad de medir directamente y/o de manipular las señales interoceptivas en seres humanos debido a que las aferencias interoceptivas son finas y están dispersas de forma difusa y en segundo lugar, existe una suerte de integración multisensorial en las modalidades interoceptivas, en consecuencia, si bien las señales interoceptivas están disociadas entre sí también pueden asociarse unas con otras.

Las señales interoceptivas surgen a partir de cuatro sistemas: cardiovascular, respiratorio, gastrointestinal y urogenital. Entre estos, el cardiovascular ha surgido como el principal foco de estudio de la interacción entre vísceras y el cerebro (Critchley y

Figura 2.
Modelo multidimensional interoceptivo.



Nota. La figura 2 ilustra la idea de la Interocepción como un proceso dinámico y multinivel, estos niveles interactúan entre sí y van de menor a mayor complejidad. HEP: potencial evocado del corazón; PI: precisión interoceptiva; SI: sensibilidad interoceptiva; CI: conciencia interoceptiva; AI: atención interoceptiva; MC: modelo computacional.

Harrison, 2013), en especial por conexiones bidireccionales entre estos dos (Tsakiris, 2017). La mayoría de los estudios sobre la percepción de la interocepción, basados en la precisión perceptual de las señales internas, se han efectuado por rendimiento en tareas de recuentos de latidos cardiacos. En este tipo de procedimientos, se les pide a los participantes que cuenten sus latidos sin ninguna ayuda física a lo largo de una serie de intervalos (Schandry, 1981). La diferencia entre la medición objetiva y la estimación de los participantes se considera como la medida de la sensibilidad interoceptiva. Si bien esta tarea es fácil de implementar, su validez ha sido cuestionada en repetidas ocasiones. En primer lugar, aproximadamente el 40% de los individuos normales no pueden percibir conscientemente sus latidos (Khalsa et al., 2009), por tanto, estas mediciones podrían no ser idóneas para cuantificar la sensibilidad interoceptiva en todos los individuos. Por otro lado, los latidos del corazón también pueden percibirse a través de lo exteroceptivo (como la vibración de la pared torácica, entre otros), lo que puede afectar el grado de percepción de los latidos del corazón por la vía interoceptiva (Brewer, Murphy y Bird, 2021).

Aunque las pruebas cardíacas descritas anteriormente son las medidas más utilizadas para evaluar explícitamente la capacidad interoceptiva, se destaca la idea de evaluar más dominios interoceptivos menos explícitos que las señales cardiacas. No obstante, no es menor mencionar que cada tarea existente que evalúe la precisión interoceptiva tendrá sus propias limitaciones independientemente de la modalidad.

La Interocepción en la Salud Mental

El punto de partida de este apartado es que una Interocepción atípica se asocia con deficiencias en diferentes procesos psicológicos, y además, estas deficiencias son puntos de convergencia que caracterizan una amplia gama de condiciones del ámbito de la psicopatología (Barrett & Simmons, 2015; Murphy et al., 2017; Khalsa et al., 2018). A continuación se busca exponer una visión general en torno al papel de la Interocepción en el procesamiento emocional.

El Papel de la Interocepción en el Procesamiento Emocional

La experiencia emocional consciente está estrechamente ligada a los cambios en las sensaciones corporales. Es más la experiencia emocional debe ser, por su naturaleza, fisiológica (Pace-Schott et al., 2019). A modo de resumen, los primeros teóricos de la Interocepción la asociaron con los procesos emocionales, sugiriendo que las emociones eran el resultado de las reacciones fisiológicas a eventos en el ambiente (James, 1884). Posteriormente, Damasio (1994) propone que las reacciones fisiológicas y sus respuestas emocionales en conjunto dan como resultado los marcadores somáticos que pueden informar a futuro la toma de decisiones. Junto con esto, en la literatura se aborda que los procesos interoceptivos y emocionales comparten sustratos neuronales subyacentes. Así mismo, las deficiencias emocionales acompañan a la mayoría de los trastornos mentales (Quadt et al., 2018) actuando como una posible vía que vincula la Interocepción con la salud mental.

Los estudios de neuroimagen apoyan la noción de que la Interocepción y la emoción están entrelazadas (Wiens, 2005;

Herbert y Pollatos, 2012), así mismo, ambos procesos se llevan a cabo en estructuras cerebrales superpuestas tales como la ínsula y la corteza cingulada anterior (Craig, 2008). En esta línea, Craig (2002) sugiere que la Interocepción debe redefinirse para reflejar tanto la condición fisiológica del cuerpo, como la percepción de la respuesta del cuerpo a diferentes estímulos y su impacto en la experiencia emocional de uno. Sugiriendo que una mayor precisión en la percepción de las señales del cuerpo puede facilitar la regulación de las respuestas emocionales, ya que los cambios corporales en curso pueden detectarse con mayor exactitud.

Actualmente, hay evidencia de que las respuestas interoceptivas se asocian con emociones discretas inmediatas (Verdejo-García y Bechara, 2009; Critchley y Garfinkel, 2017). Por ejemplo, la precisión interoceptiva, puede constituir una condición previa positiva para la autorregulación eficaz del comportamiento impulsado por la emoción en individuos sanos (Füstös et al., 2013). Investigaciones recientes han sugerido que existe una asociación entre la sensibilidad de una persona a sus propios latidos y la intensidad de la emoción que experimenta (Herbert, Pollatos, Schandry, 2007; Pollatos, Traut-Mattausch, Schroeder y Schandry, 2007).

Así mismo, la conciencia interoceptiva desempeña un papel en muchas capacidades de orden superior como la memoria, el aprendizaje, la toma de decisiones y el procesamiento de emociones. Por tanto, un déficit en esta medida podría aumentar la dificultad para identificar las emociones, lo que a su vez, puede incidir en el riesgo de dificultades en la regulación emocional (Critchley y Garfinkel, 2017; Kever et al., 2015). En consecuencia, varios estudios (Pollatos, Gramann y Schandry, 2007; Füstös et al., 2013) realizados en población general han encontrado que un déficit en la conciencia interoceptiva se asocia con mayores niveles de alexitimia que definida como un déficit en el procesamiento cognitivo de la emoción y la incapacidad de representar mentalmente las emociones, lo que limita la capacidad de regulación emocional a través de los procesos cognitivos (Jakubczyk et al. 2020); junto con una menor diferenciación en las emociones de otros (Terasawa et al., 2014), menos empatía (Grynberg y Pollatos, 2015), entre otros. Además, otros estudios han informado de que las medidas de la precisión de la percepción de los latidos del corazón se correlacionan positivamente con las medidas de los rasgos afectivos, como la tendencia a la ansiedad general (Pollatos et al., 2009, Stewart et al., 2001). La evidencia en su totalidad apoya la noción de que la monitorización y la representación central de las señales corporales desempeñan un papel fundamental en la emoción.

Procesamiento Interoceptivo Desregulatorio a la Baja

Algunas investigaciones (Brewer, Cook y Bird, 2016; Shah, Hall, Catmur y Bird, 2016) han examinado la relación entre la capacidad interoceptiva y la alexitimia, un constructo subclínico, tradicionalmente caracterizado por las dificultades para identificar y describir las propias emociones. Actualmente, la evidencia sugiere que la alexitimia puede estar asociada a dificultades para percibir algunas señales interoceptivas no afectivas, como la propia frecuencia cardíaca. Por lo tanto, es posible que el deterioro que experimentan las personas con alexitimia sea común a todos los aspectos interoceptivos (Murphy, Catmur, y Bird, 2018). En

resumen, este cuadro se caracterizaría de manera más asertiva a un fallo general en la interocepción (Brewer, Cook, y Bird, 2016).

La interocepción a la baja también ha sido asociada con los síntomas sociales, sensoriales y de autorepresentación en el trastorno autista (TEA) (Quattrocki y Friston, 2014). Si bien los autores, suponen que una fisiopatología temprana en el sistema de la oxitocina podría interrumpir la asimilación de las señales interoceptivas y las señales exteroceptivas dentro de los modelos generativos del “yo”, sus pruebas empíricas que apoyan esta teoría hablan de un procesamiento interoceptivo anormal y de los consiguientes fallos en el aprendizaje socioemocional en el TEA. Este último es un trastorno generalizado del desarrollo que engloba un grupo de trastornos del neurodesarrollo caracterizados por profundos déficits de comunicación social y verbal, comportamientos motores estereotipados, intereses restringidos y anomalías cognitivas (Quattrocki y Friston, 2014; Fernandez y Scherer, 2017). Sin embargo, la literatura al respecto no es concluyente (Brewer, Cook y Bird, 2016).

La evidencia de los vínculos conceptuales entre la alexitimia y la interocepción ha posibilitado afirmar que la interocepción atípica representa una alteración central en los trastornos psiquiátricos (Brewer, Murphy y Bird, 2021). Esta afirmación se ha basado en la idea de que al parecer los déficits interoceptivos representan un “factor de riesgo” para el desarrollo de trastornos mentales graves, no obstante, aún quedan varios asuntos pendientes (Brewer et al, 2021), ya que, no todos los estudios son consistentes con una relación entre la alexitimia y la precisión interoceptiva; por ejemplo, los resultados de un estudio (Nicholson, Williams, Carpenter y Kallitsounaki, 2019) apoyan en parte las teorías que hacen referencia a la importancia del procesamiento interoceptivo alterado en el desarrollo del TEA. No obstante, si bien las alteraciones de la precisión interoceptiva pueden estar presentes en niños con TEA, al crecer estas dificultades se resuelven con el tiempo y podrían estar ausentes en la edad adulta (no así las dificultades con la lectura de la mente y el procesamiento de las emociones, que permanecen alteradas a lo largo de la vida en el TEA).

Por otro lado, las alteraciones de la conciencia corporal también han sido implicadas en la depresión. Algunos estudios han revelado que los individuos con trastorno depresivo mayor (MDD; por sus siglas en inglés) muestran alteraciones relacionadas con la sensación, interpretación e integración de las señales corporales internas (Barrett, Quigley y Hamilton, 2016, Eggart et al., 2019, Bonaz et al., 2021, Dunne, Flores, Gawande y Schuman-Olivier, 2021). Los datos empíricos sobre la relación entre la depresión y el procesamiento interoceptivo han aumentado considerablemente en la última década. Los estudios de imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI) demuestran que los pacientes con MDD no medicados muestran una menor activación de la ínsula en relación con voluntarios control sanos mientras: (a) atienden las sensaciones cardíacas, estomacales y de la vejiga (Avery et al., 2014); (b) son expuestos a imágenes de alimentos apetitivos (Simmons et al., 2016). En segundo lugar, el MDD se ha relacionado con un rendimiento conductual anormal en las tareas de recuento de los latidos del corazón (Eggart et al., 2019), sin embargo, esta relación podría no ser lineal. Un estudio (Dunn et al., 2007) examinó la precisión objetiva de la percepción de los latidos del corazón en voluntarios

control, en voluntarios moderadamente deprimidos y en una muestra clínica más gravemente deprimida. Los participantes moderadamente deprimidos demostraron una percepción de los latidos del corazón menos precisa que el grupo de voluntarios control. Sin embargo, contrariamente a lo esperado la muestra clínica con depresión más severa obtuvo mejores resultados que la muestra moderadamente deprimida y equivalentes a los voluntarios control.

Finalmente, es posible concluir que las disfunciones interoceptivas pueden afectar a todo el sistema y están implicadas en la expresión de síntomas psicológicos y físicos en los diferentes trastornos adquiridos y neurológicos abordados.

Procesamiento Interoceptivo Desregulatorio al Alza

Otro caso interesante para revisar se asociaría a un aumento de la atención sobre los estímulos internos en detrimento de los externos. En esta línea, diferentes estudios han investigado la relación entre la Interocepción y la ansiedad (Pollatos, Traut-Mattausch, Schroeder, y Schandry, 2007; Paulus y Stein, 2010; Paulus, 2013; Büttiker, Weissenberger, Ptacek, y Stefano, 2021). La ansiedad es un estado emocional asociado a un componente cognitivo de aumento de la atención sobre la amenaza a la integridad del individuo, junto con una compleja respuesta de excitación simpática, y diferentes comportamientos dirigidos a evitar estímulos o contextos que predicen una amenaza para el individuo (Paulus, 2013).

Los datos empíricos indican que: (a) la percepción de las señales viscerales (conciencia interoceptiva) desempeña un papel importante en la fisiopatología de los trastornos de ansiedad (Pollatos et al., 2007); (b) existe una relación positiva entre la conciencia interoceptiva y el rasgo de ansiedad (Pollatos et al., 2007); (c) dado que percibir estados corporales compatibles con la excitación simpática en ausencia de desencadenantes externos puede inducir por sí mismo la ansiedad (Paulus, 2013) es posible que los errores de comunicación entre el cerebro y el cuerpo representan un componente clave de la ansiedad, donde las sensaciones corporales pueden ser sub, sobre o mal interpretadas (Paulus y Stein, 2010) (d) varios trastornos de ansiedad se han asociado a la alteración de la respiración, la percepción de la respiración y la respuesta a las manipulaciones de la respiración (Paulus, 2013).

En este sentido, un posible modelo explicativo plantea que la ansiedad es el resultado de una mayor respuesta anticipatoria a las posibles consecuencias adversas, que se manifiesta en un mayor procesamiento de la corteza insular anterior. En concreto, cuando los individuos ansiosos reciben señales corporales no pueden diferenciar fácilmente entre las que se asocian a posibles consecuencias aversivas (o placenteras) y las que forman parte de una aferente interoceptiva que fluctúa constantemente (Paulus y Stein, 2010). En concordancia con este modelo, estudios en humanos han sugerido que la corteza insular tiene un papel central en la integración y representación de las señales cardiorrespiratorias y otras señales interoceptivas (Craig, 2002; Cameron, 2009). Los estudios de neuroimagen funcional han revelado que la ínsula es una región viscerosensorial clave (Craig, 2009). Es más, en pacientes clínicos con trastornos de ansiedad, como el trastorno de pánico, la fobia específica, el trastorno de ansiedad social y el

trastorno de ansiedad generalizada, se ha informado con frecuencia de una sobre actividad anormal en la ínsula (Brooks y Stein, 2015; Duval, Javanbakht y Liberzon, 2015; Paulus y Stein, 2010).

La principal conclusión es que el aumento de atención sobre el cuerpo no necesariamente conduce a una percepción precisa de las señales corporales. Una segunda conclusión es que puede estar asociada a percepciones erróneas de los estados internos del cuerpo (Leonidou et al., 2020).

Conclusión

El presente trabajo ha descrito en base a la investigación actual que la Interocepción ha sido definida y conceptualizada de manera no sistemática. Esto ha llevado a la práctica generalizada de extender la definición interoceptiva como lo no exteroceptivo, asociado netamente al procesamiento de las señales del cuerpo y de forma más reduccionista a las vías fisiológicas implicadas. Esto es problemático dado que este concepto es un proceso multifacético que se apoya en diferentes vías fisiológicas y funciona en diferentes niveles tanto temporales como funcionales. Este hecho ha conllevado una dificultad en la medición de las dimensiones interoceptivas, las cuales además de estar empíricamente alejadas, captan fenómenos que en la práctica están poco relacionados. Esto refleja una baja en las medidas de confiabilidad y validez en las interpretaciones de los resultados.

En segundo lugar, más allá de las limitaciones descritas anteriormente, es posible vincular la Interocepción a la experiencia emocional típica y atípica. En esta línea, se presentó evidencia de que la Interocepción atípica era un factor común entre los trastornos emocionales abordados, así mismo se delimitó de forma general los mecanismos que la relacionaban con la sintomatología en las psicopatologías descritas. Si bien, aún quedan varias cuestiones pendientes, es posible concluir que es altamente probable que los déficit en el proceso interoceptivo representen un factor de riesgo general para el desarrollo de diferentes trastornos mentales en el ámbito emocional. En este sentido, las alteraciones o cambios en las capacidades podrían predisponer el desarrollo de diferentes trastornos psicológicos y/o funcionar como una condición comórbida al trastorno (como el caso de la alexitimia). Por otra parte, se propone la idea de componente cognitivo asociado a la atención interoceptiva sobre las señales interoceptivas que podría modular ciertos síntomas presentes en los trastornos ansioso y somáticos.

Finalmente, cabe destacar que Interocepción se presenta como un puente entre lo biológico y lo psicológico configurándose como una zona de convergencia para comprender las diferencias individuales. Es por esto, que los futuros trabajos empíricos deberían investigar los factores que determinan qué manifestaciones de psicopatología se producen tras una Interocepción atípica, y si los distintos dominios y dimensiones interoceptivas se asocian con distintos resultados a nivel clínico. Así mismo, se debe avanzar en la identificación de marcadores interoceptivos para el diagnóstico y el pronóstico, junto con nuevos objetivos de intervención, con el objetivo de avanzar los tratamientos psicológicos, conductuales y farmacológicos para el manejo de psicopatologías complejas.

Conflicto de Intereses

No existe conflicto de intereses.

Agradecimientos

Este artículo está enmarcado en el proyecto FONDECYT Regular N°1212036, financiado por la ANID.

Referencias

- Avery, J. A., Drevets, W. C., Moseman, S. E., Bodurka, J., Barcalow, J. C., & Simmons, W. K. (2014). Major depressive disorder is associated with abnormal interoceptive activity and functional connectivity in the insula. *Biological Psychiatry*, 76(3), 258-266. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.11.027>
- Azevedo, R. T., Garfinkel, S. N., Critchley, H. D., & Tsakiris, M. (2017). Cardiac afferent activity modulates the expression of racial stereotypes. *Nature Communications*, 8(1), 13854. <https://doi.org/10.1038/ncomms13854>
- Barrett, L., & Simmons, W. (2015). Interoceptive predictions in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 16, 419-429. <https://doi.org/10.1038/nrn3950>
- Barrett, L. F., Quigley, K. S., & Hamilton, P. (2016). An active inference theory of allostasis and interoception in depression. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1708), 20160011. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0011>
- Bonaz, B., Lane, R. D., Oshinsky, M. L., Kenny, P. J., Sinha, R., Mayer, E. A., & Critchley, H. D. (2021). Diseases, disorders, and comorbidities of interoception. *Trends in Neurosciences*, 44(1), 39-51. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.09.009>
- Brewer, R., Cook, R., & Bird, G. (2016). Alexithymia: A general deficit of interoception. *Royal Society Open Science*, 3(10), 150664. <https://doi.org/10.1098/rsos.150664>
- Brewer, R., Murphy, J., & Bird, G. (2021). Atypical interoception as a common risk factor for psychopathology: A review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 130, 470-508. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.07.036>
- Brooks, S. J., & Stein, D. J. (2015). A systematic review of the neural bases of psychotherapy for anxiety and related disorders. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 17(3), 261-279. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2015.17.3/sbrooks>
- Büttiker, P., Weissenberger, S., Ptacek, R., & Stefano, G. B. (2021). Interoception, trait anxiety, and the gut microbiome: A cognitive and physiological model. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 27, e931962. <https://doi.org/10.12659/MSM.931962>
- Cameron, O. G. (2009). Visceral brain-body information transfer. *NeuroImage*, 47(3), 787-794. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.05.010>
- Ceunen, E., Vlaeyen, J. W. S., & Diest, I. van (2016). On the origin of interoception. *Frontiers in Psychology*, 7, 743. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00743>
- Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(8), 655-666. <https://doi.org/10.1038/nrn894>
- Craig, A. D. (2003). Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Current Opinion in Neurobiology*, 13(4), 500-505. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(03\)00090-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(03)00090-4)
- Craig, A. (2008). Interoception and emotion: A neuroanatomical perspective. In M. Lewis, J. M. Haviland-Jones, & L. F. Barrett (Eds.), *Handbook of emotions* (pp. 272-292). New York: The Guilford Press.
- Craig, A. D. (2009). How do you feel-now? The anterior insula and human awareness. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 59-70. <https://doi.org/10.1038/nrn2555>

- Critchley, H. D., & Harrison, N. A. (2013). Visceral influences on brain and behavior. *Neuron*, 77(4), 624-638. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.02.008>
- Critchley, H., & Garfinkel, S. (2017). Interoception and emotion. *Current Opinion in Psychology*, 17, 7-14. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.04.020>
- Chen, W. G., Schloesser, D., Arensdorf, A. M., Simmons, J. M., Cui, C., Valentino, R., ... Langevin, H. M. (2021). The emerging science of interoception: Sensing, integrating, interpreting, and regulating signals within the self. *Trends in Neurosciences*, 44(1), 3-16. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.10.007>
- Damasio, A. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason and the human brain*. New York: Grosset/Putman.
- Dunn, B. D., Dalgleish, T., Ogilvie, A. D., & Lawrence, A. D. (2007). Heartbeat perception in depression. *Behaviour Research and Therapy*, 45(8), 1921-1930. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2006.09.008>
- Dunne, J., Flores, M., Gawande, R., & Schuman-Olivier, Z. (2021). Losing trust in body sensations: Interoceptive awareness and depression symptom severity among primary care patients. *Journal of Affective Disorders*, 282, 1210-1219. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.12.092>
- Duval, E. R., Javanbakht, A., & Liberzon, I. (2015). Neural circuits in anxiety and stress disorders: a focused review. *Therapeutics and clinical risk management*, 11, 115-126. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S48528>
- Eggart, M., Lange, A., Binsler, M. J., Queri, S., & Müller-Oerlinghausen, B. (2019). Major depressive disorder is associated with impaired interoceptive accuracy: A systematic review. *Brain Sciences*, 9(6), 131. <https://doi.org/10.3390/brainsci9060131>
- Fernandez, B. A., & Scherer, S. W. (2017). Syndromic autism spectrum disorders: moving from a clinically defined to a molecularly defined approach. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 19(4), 353-371. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2017.19.4/sscherer>
- Füstös, J., Gramann, K., Herbert, B. M., & Pollatos, O. (2013). On the embodiment of emotion regulation: interoceptive awareness facilitates reappraisal. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(8), 911-917. <https://doi.org/10.1093/scan/nss089>
- Garfinkel, S. N., & Critchley, H. D. (2013). Interoception, emotion and brain: new insights link internal physiology to social behaviour. Commentary on: "Anterior insular cortex mediates bodily sensibility and social anxiety" by Terasawa et al. (2012). *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(3), 231-234. <https://doi.org/10.1093/scan/nss140>
- Grynberg, D., & Pollatos, O. (2015). Perceiving one's body shapes empathy. *Physiology & Behavior*, 140, 54-60. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.12.026>
- Herbert, B. M., & Pollatos, O. (2012). The body in the mind: on the relationship between interoception and embodiment. *Topics in cognitive science*, 4(4), 692-704.
- Herbert, B. M., Pollatos, O., & Schandry, R. (2007). Interoceptive sensitivity and emotion processing: An EEG study. *International Journal of Psychophysiology*, 65(3), 214-227. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.04.007>
- Jakubczyk, A., Trucco, E. M., Klimkiewicz, A., Skrzyszewski, J., Suszek, H., Zaorska, J., ... Kopera, M. (2020). Association between interoception and emotion regulation in individuals with alcohol use disorder. *Frontiers in Psychiatry*, 10, 1028.
- James, W. (1884). What is an emotion? *Mind*, 9, 188-205. <https://doi.org/10.1093/mind/os-IX.34.188>
- Keiver, A., Pollatos, O., Vermeulen, N., & Grynberg, D. (2015). Interoceptive sensitivity facilitates both antecedent- and response-focused emotion regulation strategies. *Pers Individ Differ*, 87, 20-23. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.07.014>
- Khalsa, S. S., Rudrauf, D., Sandesara, C., Olshansky, B., & Tranel, D. (2009). Bolus isoproterenol infusions provide a reliable method for assessing interoceptive awareness. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 72(1), 34-45. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.08.010>
- Khalsa, S., Adolphs, R., Cameron, O. G., Critchley, H. D., Davenport, P. W., Feinstein, J. S., (...) & Paulus M., (2018). Interoception and mental health: A roadmap. *Biological Psychiatry. Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 3(6), 501-513. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2017.12.004>
- Leonidou, C., Pollatos, O., & Panayiotou, G. (2020). Emotional responses to illness imagery in young adults: Effects of attention to somatic sensations and levels of illness anxiety. *Biological Psychology*, 149, 107812. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.107812>
- Murphy, J., Brewer, R., Catmur, C., & Bird, G. (2017). Interoception and psychopathology: A developmental neuroscience perspective. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 23, 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.12.006>
- Murphy, J., Catmur, C., & Bird, G. (2018). Alexithymia is associated with a multidomain, multidimensional failure of interoception: Evidence from novel tests. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(3), 398-408. <https://doi.org/10.1037/xge0000366>
- Murphy, J., Catmur, C., & Bird, G. (2019). Classifying individual differences in interoception: Implications for the measurement of interoceptive awareness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26, 1467-1471. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01632-7>
- Nicholson, T., Williams, D., Carpenter, K., & Kallitsounaki, A. (2019). Interoception is impaired in children, but not adults, with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(9), 3625-3637. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04079-w>
- Oppenheimer, S., & Cechetto, D. (2016). The insular cortex and the regulation of cardiac function. *Comprehensive Physiology*, 6, 1081-1133. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140076>
- Pace-Schott, E. F., Amole, M. C., Aue, T., Balconi, M., Bylsma, L. M., Critchley, H., ... & VanElzaker, M. B. (2019). Physiological feelings. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 103, 267-304. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.05.002>
- Paulus, M. P., & Stein, M. B. (2010). Interoception in anxiety and depression. *Brain Structure and Function*, 214(5), 451-463. <https://doi.org/10.1007/s00429-010-0258-9>
- Paulus, M. P. (2013). The breathing conundrum: Interoceptive sensitivity and anxiety. *Depression and Anxiety*, 30(4), 315-320. <https://doi.org/10.1002/da.22076>
- Pollatos, O., Gramann, K., & Schandry, R. (2007). Neural systems connecting interoceptive awareness and feelings. *Hum Brain Mapp*, 28, 9-18. <https://doi.org/10.1002/hbm.20258>
- Pollatos, O., Traut-Mattausch, E., Schroeder, H., & Schandry, R. (2007). Interoceptive awareness mediates the relationship between anxiety and the intensity of unpleasant feelings. *Journal of Anxiety Disorders*, 21(7), 931-943. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2006.12.004>
- Pollatos, O., Traut-Mattausch, E., & Schandry, R. (2009). Differential effects of anxiety and depression on interoceptive accuracy. *Depression and Anxiety*, 26(2), 167-173. <https://doi.org/10.1002/da.20504>
- Quigley, K. S., Kanoski, S., Grill, W. M., Barrett, L. F., & Tsakiris, M. (2021). Functions of interoception: From energy regulation to experience of the self. *Trends in neurosciences*, 44(1), 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.09.008>

- Quadt, L., Critchley, H., & Garfinkel, S. (2018). The neurobiology of interoception in health and disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1428, 112-128. <https://doi.org/10.1111/nyas.13915>
- Quattrocki, E., & Friston, K. (2014). Autism, oxytocin and interoception. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 47, 410-430. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.09.012>
- Saper, C. B. (2002). The central autonomic nervous system: Conscious visceral perception and autonomic pattern generation. *Annual Review of Neuroscience*, 25(1), 433-469. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.25.032502.111311>
- Simmons, W. K., Burrows, K., Avery, J. A., Kerr, K. L., Bodurka, J., Savage, C. R., & Drevets, W. C. (2016). Depression-related increases and decreases in appetite: Dissociable patterns of aberrant activity in reward and interoceptive neurocircuitry. *American Journal of Psychiatry*, 173(4), 418-428. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2015.15020162>
- Schandry, R. (1981). Heart beat perception and emotional experience. *Psychophysiology*, 18(4), 483-488. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb02486.x>
- Shah, P., Hall, R., Catmur, C., & Bird, G. (2016). Alexithymia, not autism, is associated with impaired interoception. *Cortex*, 81, 215-220. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.03.021>
- Stewart, S. H., Buffett-Jerrott, S. E., & Kokaram, R. (2001). Heartbeat awareness and heart rate reactivity in anxiety sensitivity: A further investigation. *Journal of Anxiety Disorders*, 15(6), 535-553. [https://doi.org/10.1016/S0887-6185\(01\)00080-9](https://doi.org/10.1016/S0887-6185(01)00080-9)
- Terasawa, Y., Moriguchi, Y., Tochizawa, S., & Umeda, S. (2014). Interoceptive sensitivity predicts sensitivity to the emotions of others. *Cognition and Emotion*, 28, 1435-1448. <https://doi.org/10.1080/0269931.2014.888988>
- Tsakiris, M. (2017). The multisensory basis of the self: From body to identity to others. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70(4), 597-609. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1181768>
- Vaitl, D. (1996). Interoception. *Biological Psychology*, 42, 1-27.
- Verdejo-García, A., & Bechara, A. (2009). A somatic marker theory of addiction. *Neuropharmacology*, 56(Suppl 1), 48-62. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2008.07.035>
- Leupoldt, A. von, Vovk, A., Bradley, M. M., Keil, A., Lang, P. J., & Davenport, P. W. (2010). The impact of emotion on respiratory-related evoked potentials. *Psychophysiology*, 47(3), 579-586. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00956.x>
- Wiens, S. (2005). Interoception in emotional experience. *Current Opinion in Neurology*, 18(4), 442-7. <https://doi.org/10.1097/01.wco.0000168079.92106.99>