

BASES NEUROFISIOLÓGICAS DE LA INTEROCEPCIÓN

P. QUIRÓS, G. GRZIB, Y P. CONDE
Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Resumen

La interocepción ha estado presente en la Psicología en áreas como la Psicofísica, Emoción, Aprendizaje y Biofeedback. Sin embargo, en la actualidad continúa el debate en torno a la posibilidad de la percepción consciente de los estímulos procedentes de las vísceras.

En este artículo se revisan los principales conocimientos sobre los fundamentos neurofisiológicos de la interocepción. En primer lugar se considera al Sistema Nervioso Autónomo como un sistema sensorial, se analizan los diferentes tipos de interoceptores, así como la representación cortical de la información aferente. En este contexto, el dolor es considerado como ejemplo de sensación visceral consciente. En segundo lugar, se exponen los estudios sobre interocepción en diferentes sistemas orgánicos, haciendo especial énfasis en la percepción de los eventos cardíacos. Finalmente, se hacen algunas consideraciones sobre la dificultad que supone la investigación de la interocepción y se exponen algunas razones por las cuales es tan difícil de demostrar.

Palabras clave: Interocepción, percepción cardíaca, neuronas aferentes viscerales, dolor visceral, vías sensoriales.

Abstract

Psychology has implicated interoception in fundamental topics, such as Psychophysical, Emotion Theory, Learning and Biofeedback in the Autonomic Nervous System. However, until today, evidence for conscious perception of visceral function is sparse.

This article is a revision for its evidence based on neurophysiological knowledge and experimental findings. We start considering the Autonomic Nervous System as a sensorial system, analyzing types of sensors, neural transmission and cortical representation of information. In this context, pain is taken as an example of conscious visceral sensation. In a second moment, evidence based on studies of perception of functions of different organic systems are revised, making a special point for cardiac perception as the area with the most extensive investigation. Final considerations concern some of the difficulties in this area of investigation and some suggestions are made about the reason why conscious interoception is so difficult to demonstrate.

Key words: Interoception, cardiac perception, visceral afferent neurons, visceral pain, sensory pathways.

Introducción

El término interocepción se refiere a la percepción consciente de los estímulos generados por las vísceras. La actividad de los órganos viscerales se experimenta directamente cuando surge alguna anomalía que supone dolor para el individuo, por lo demás, los órganos viscerales

permanecen silenciosos, no hay ninguna razón para prestarles atención. Esta puede ser una de las razones de que la investigación sobre interocepción haya sido ignorada durante mucho tiempo.

El debate en torno a la significación de la interocepción es, sin embargo, antiguo. Por ej., los experimentos psicofísicos de Fechner (1860) iban encaminados a si podían percibirse señales interoceptivas y en qué grado. Boring (1915 a,b) investigó en sus experimentos la capacidad de los individuos para percibir procesos viscerales. La interocepción jugó también un papel central en la teoría de emoción desarrollada por James-Lange (1920). Para James (1884), la experiencia emocional sólo puede tener lugar si se producen una serie de cambios corporales que son percibidos por el organismo. Lange (1885/1887) destacó fundamentalmente los cambios vasomotores implicados en el proceso emocional. Cannon (1927) criticó severamente la teoría de James-Lange argumentando que no había suficiente evidencia fisiológica para la interocepción diferencial postulada en esta teoría, debido a que los organismos no cuentan con un número suficiente de aferentes. La dura crítica realizada por Cannon supuso una pérdida de interés en los procesos interoceptivos como prerequisites necesarios en la experiencia emocional. Schachter y Singer (1962) fueron los primeros en reconsiderar estos conceptos. En su teoría de emoción, la percepción por parte del individuo de un estado de activación fisiológica inespecífica requiere, para experimentarla como emoción, una interpretación dependiente de la situación. Pero, quizás la contribución más importante al estudio de la interocepción provenga del condicionamiento clásico. Las repetidas demostraciones de reflejos interoceptivos proporcionaron apoyo a la hipótesis de la existencia de un sistema encargado de transmitir las señales aferentes interoceptivas al SNC. Comparados con la gran cantidad de estudios sobre condicionamiento clásico (véase por ej. Bykov 1954/1957, Chernigovskiy 1960/1967, Razran 1961, Adám 1967 y Newman 1974), los relacionados con el condicionamiento instrumental de respuestas autonómicas fueron en principio escasos debido a la creencia de que dicho condicionamiento no era posible. Sin embargo, a partir de los años 70 ha habido un cúmulo de datos en contra de tal afirmación (véase DiCara y Miller, 1968; Katkin y Murray, 1968; Kimmel, 1967; Miller, 1969). Esto último trajo consigo el desarrollo de técnicas de biofeedback, haciendo énfasis en el uso del feedback sensorial como un mediador del autocontrol visceral adquirido. Las relaciones entre percepción visceral y autocontrol visceral fueron establecidas por Brener en su modelo de control voluntario (Brener, 1977) quien afirmó que las personas a las que se entrena en discriminar una respuesta visceral presentarán una mejora en su habilidad para controlar esta respuesta así como una mejora en su habilidad para identificar ocurrencias específicas de ella. Para poder comprobar esta hipótesis de Brener, los investigadores del biofeedback se han interesado en el desarrollo de métodos que permitan valorar las diferencias individuales en autopercepción visceral.

Sistema Nervioso Autónomo como Sistema Aferente (sensorial)

El Sistema Nervioso Autónomo (SNA) es el regulador y coordinador de importantes actividades corporales, incluyendo la digestión, temperatura corporal, presión sanguínea, y muchos aspectos de la conducta emocional. Tradicionalmente se ha considerado como un sistema eferente, sin embargo, existe un SNA aferente altamente especializado.

Los sistemas sensoriales se pueden dividir, según el tipo de información que reciben, en: exteroceptivos, propioceptivos e interoceptivos.

Los exteroceptivos comprenden los cinco sentidos clásicos: visión, audición, olfato, gusto, y tacto. Se clasifican como exteroceptivos porque los estímulos que recogen se encuentran en el exterior del organismo.

Los propioceptivos responden a estímulos generados por el movimiento muscular, o a cambios

en la tensión muscular. Se encuentran tanto en la musculatura estriada como lisa, es decir, en tendones, músculos, articulaciones, en el corazón, en los vasos sanguíneos y en la pared del tracto intestinal. En general, se incluyen también, dentro de esta categoría, los receptores vestibulares y los relacionados con los movimientos oculares.

Por último, los interoceptores son los receptores sensoriales que se encuentran en las vísceras. Los principales interoceptores en el hombre son los mecanorreceptores (señalan cambios en deformación celular inducidos por presión, estiramiento o tensión, dentro de ellos podríamos incluir a los barorreceptores, que responderían específicamente a estímulos de presión), los quimiorreceptores (reaccionan a diversas sustancias químicas), los termorreceptores (detectan cambios en temperatura), los osmorreceptores (sensibles a la concentración osmótica del plasma sanguíneo) y se podría añadir un 5º tipo: los receptores de volumen que regulan el volumen de los fluidos corporales (Adám, 1980). A estos habría que añadir los nocioreceptores o receptores de dolor. Hay dudas, sin embargo, sobre la existencia de receptores específicos del dolor, como se comentará más tarde. Estas clasificaciones, de todos modos, son arbitrarias. Hay autores que sólo admiten la existencia de mecanorreceptores y quimiorreceptores. Se cuestiona también la especificidad de los interoceptores a diferentes energías físicas. Paintal, por ej. demostró que los mecanorreceptores del estómago responden también a estímulos químicos. Zotterman encontró que los termorreceptores de la lengua eran sensibles a ciertos estímulos químicos (cfr. Adám, 1980).

Desde el punto de vista de la fisiología, se puede hacer una distinción entre los receptores sensoriales que recogen información distal (telerreceptores) y aquellos que recogen información próxima, es decir, del propio cuerpo (receptores somestésicos). Los sistemas somestésicos comprenden los sentidos propiamente cutáneos o de la piel, los receptores musculares, abdominales, respiratorios y cardiovasculares.

Vías aferentes

Las neuronas cuyos axones recogen información desde el exterior, desde la periferia o de estructuras internas son las neuronas de primer orden. Los cuerpos celulares de estas neuronas se sitúan fuera del SNC en ganglios (la única excepción es el sistema visual; de hecho, la retina forma parte del encéfalo). A nivel medular constituyen los ganglios de la raíz dorsal. Los ganglios de los nervios craneales que contienen los cuerpos celulares de las neuronas de dichos nervios están situados a nivel del tronco encefálico.

En la médula, la sensibilidad somatosensorial es conducida a centros superiores por tres tipos de vías aferentes con una organización diferente:

Una de estas vías está constituida por tractos que ascienden a ambos lados dorsolateralmente y que, una vez que cruzan al lado contralateral, constituyen el *sistema lemniscal*. En esta vía se encuentran los axones más largos del organismo. Se trata de una vía rápida de tan sólo tres neuronas: neurona de primer orden a nivel del ganglio de la raíz dorsal de la médula, neurona de segundo orden a nivel de la parte caudal del tronco encefálico y neurona de tercer orden a nivel del núcleo ventro-posterolateral del tálamo. Este sistema conduce la sensibilidad del tacto de discriminación fina. La información sensorial en torno a la distensión inocua de ciertas vísceras, incluyendo la vejiga y el recto, así como el paso de la orina y heces y la finalización del acto de la micción y defecación se transmite posiblemente por este tracto (Willis, 1986).

La segunda vía es el *sistema espino-talámico* que lleva las sensaciones groseras de tacto, dolor y temperatura. Las neuronas de segundo orden se sitúan, en este caso, a nivel del segmento de ingreso de la médula en el lado contralateral, o de segmentos inmediatamente superiores o inferiores. La mayoría de las fibras suben por el lado contralateral, haciendo una o varias sinapsis más antes de llegar al tálamo. Esta vía presenta conexiones a nivel del bulbo

y con estructuras del mesencéfalo, especialmente con la sustancia gris periacueductal, estableciendo circuitos de control del dolor en los primeros relevos.

La tercera vía aferente es la que concierne a la sensibilidad visceral. Es conducida por un tracto filogenéticamente más antiguo, a la que algunos autores denominan *tracto archiespino-talámico*, otros simplemente sistema visceral. Es de carácter lento, difuso en cuanto a espacio y tiempo y poco específico respecto a la modalidad. Esta vía presenta múltiples sinapsis en niveles sucesivamente más altos de la médula espinal y del tronco encefálico en su ruta hacia el diencefalo, especialmente hacia el hipotálamo. Tiene además numerosos axones colaterales hacia las vías que conducen la sensibilidad somática consciente. Este sistema conduce la regulación de las vísceras y el dolor visceral.

A nivel troncoencefálico se sitúan los nervios craneales. A este nivel ocurre entrada de información somatosensorial y también de información procedente de la vista, oído, olfato y equilibrio. La sensibilidad correspondiente al área torácica es conducida por aferencias de los nervios glosofaríngeo (IX) y, especialmente, vago (X). Estas vías terminan en el bulbo en un auténtico centro de control autónomo. Sobre este centro las estructuras superiores ejercen únicamente un papel modulador.

Principales aferentes viscerales

Las neuronas aferentes que recogen información desde los órganos viscerales situados en las cavidades torácicas, abdominales y pélvicas y que tienen sus cuerpos celulares en el ganglio de la raíz dorsal de la médula espinal, o en los correspondientes ganglios de los nervios vago y glosofaríngeo, son llamadas *neuronas aferentes viscerales*. Estas neuronas aferentes convierten los cambios locales físicos y químicos que ocurren en los órganos viscerales en señales eléctricas y transportan esta información al neuroeje (médula espinal y tronco encefálico inferior). Son las encargadas de poner en comunicación el sistema visceral con el SNC. Las neuronas aferentes están implicadas en la regulación de órganos y sistemas (función homeostática), en la generación de sensaciones viscerales, incluyendo el dolor visceral y en la formación de sentimientos emocionales.

El SNC recibe información de los órganos internos por medio de los aferentes viscerales. Jänig (1996) distingue entre aferentes viscerales espinales y aferentes viscerales vagales, debido a que los términos aferentes simpáticos y parasimpáticos implican, según él, interpretaciones funcionales erróneas.

Aferentes vagales. Las fibras nerviosas aferentes en el nervio vago suponen alrededor del 80-85%. Se proyectan viscerotópicamente al núcleo del tracto solitario (NTS). Neuronas de segundo orden en el NTS se proyectan a diversos lugares del tronco encefálico, hipotálamo y amígdala, estableciendo vías neurales bien organizadas que son la base para la regulación de los distintos órganos. Es probable que la mayoría de los aferentes vagales no alcancen nunca la consciencia, a pesar de todo, están implicados en sentimientos generales, como el hambre, la saciedad, la náusea, etc. En cuanto al papel que tienen respecto a la generación del dolor, existen algunas dudas. Generalmente se ha asumido que no están implicados, pero esto se ha cuestionado con respecto al corazón por Mehler y Gebhart (1992) y hay algunas indicaciones de que aferentes vagales no mielinizados que inervan la mucosa de la tráquea y del esófago están implicados en el malestar y posible dolor (Jänig, 1996).

Aferentes espinales. Este tipo de aferentes se proyectan desde las vísceras a la médula espinal torácica, lumbar y sacra a través de los nervios esplácnicos. Las proyecciones espinales desde los diferentes órganos se organizan segmentalmente, no están presentes organizaciones viscerotópicas de estas proyecciones en el asta dorsal. Este tipo de aferentes se ven implicados en la generación del dolor. También están implicados en reflejos extraespinales, espinales y,

probablemente, en reflejos orgánicos específicos, por ej. del corazón y de los riñones (DiBona, 1982; Kopp y DiBona, 1992; Malliani, 1982). La mayoría de las neuronas en la médula espinal que son excitadas sinápticamente por aferentes viscerales reciben "input" sináptico convergente adicional de aferentes somáticos profundos y superficiales (piel). Las neuronas víscero-somáticas son, o bien interneuronas locales, o bien se proyectan a otros segmentos espinales o a estructuras cerebrales supraespinales (tronco encefálico y tálamo).

Comparados con el alto número de aferentes de otras regiones, por ej. los aferentes somáticos, el número de aferentes viscerales es muy pequeño. Además la mayoría de estos aferentes viscerales están normalmente "silenciosos" y sólo comienzan a dispararse bajo condiciones muy específicas (por ej. inflamación de algún órgano). En la especie humana, las fibras aferentes superan en gran número a las fibras eferentes en el sistema vegetativo. Esto puede ser una indicación de que en este sistema se da una mayor prioridad a la información centrípeta que centrífuga, ya que, como hemos mencionado anteriormente, la principal función de los aferentes viscerales es contribuir a la supervivencia del organismo

Representación Cortical

Nuestro conocimiento acerca del procesamiento cortical de la información interoceptiva aferente así como su repercusión sobre la consciencia, es muy escaso. No está nada claro qué regiones de la corteza están implicadas en la sensibilidad visceral. En el volumen de Cervero y Morrison (1986), uno de los más extensos sobre la neurofisiología de los aferentes viscerales, no se discute, por ej., el procesamiento en el SNC de señales aferentes más allá de lo que ocurre en el tronco encefálico (Jordan y Spyer, 1986).

Sin embargo, existe alguna evidencia de que los aferentes interoceptivos se proyectan a distintas regiones corticales y pueden afectar tanto a la consciencia como a la conducta (Reed, Harver y Katkin 1990). Esta evidencia procede de experimentos que emplean procedimientos de condicionamiento pavloviano; de registros de desincronización cortical (EEG) y registros específicos de potenciales evocados sensoriales.

Con respecto a los reflejos condicionados, los centros nerviosos superiores no sólo reciben impulsos aferentes que se originan en diversas partes del cuerpo, sino que también los analizan y los diferencian (Adám, 1967; Bykov, 1954/1957). En el hombre, por ej., la estimulación del estómago mediante electrodos, situados a 8 cm de distancia y estimulados de forma separada con una demora de 105 mseg., da como resultado sensaciones discriminables según los lugares (Razran, 1961).

El estudio de la desincronización cortical proporciona las bases para una "psicofísica objetiva" (Adám, 1967, 1978). Los estudios en el hombre indican que algún procesamiento de información interoceptiva en los centros superiores no consigue alcanzar la consciencia. Por ej., la desincronización cortical elicitada por el inflado de un globo en el estómago no está asociada con experiencia consciente (Adám, 1967). De forma similar, el llenado de globos en el intestino elicita patrones de activación pero, en la mayoría de ensayos, estos patrones de activación no están acompañados de ninguna sensación de malestar (Adám, 1967).

La organización de terminaciones de procesos viscerales en el cerebro y las implicaciones de estos hallazgos para la conducta se ha examinado con potenciales evocados medidos directamente de la corteza en animales, o desde el cuero cabelludo en humanos. Se han registrado, por ej., potenciales evocados en animales desde el tálamo, el hipotálamo posterior y la formación reticular siguiendo a la estimulación de nervios vagales, espláncnicos y pélvicos (Andrews, 1986; Adám, 1967; Chernigovski, 1960/1967; Newman, 1974). Prácticamente llega información al córtex de cada órgano (Chernigovski, 1960/1967). Diversos campos receptivos sensoriales se proyectan a distintas áreas en la formación reticular (Adám, 1967) y todas las

modalidades de sensación visceral se representan en el complejo ventrobasal del tálamo. Impulsos aferentes desde las vísceras abdominales se distribuyen desde el tálamo a las áreas somatosensoriales 1 y 2 (Newman, 1974).

Chernigovskiy (1960/1967) encontró estudiando la corteza cerebral del gato, mediante potenciales evocados, que había una discreta representación visceral, comparándola con las proyecciones de los sentidos exteroceptivos y vestibular. Dentro de esta discreta representación visceral, una zona amplia correspondía al nervio vago.

El dolor como principal ejemplo de sensación visceral consciente

Las sensaciones viscerales dependen de su presencia en la corteza cerebral. Bajo condiciones de salud, pueden elicitar sensaciones distintas no dolorosas desde aquellos órganos que son regulados en el contexto social de la conducta humana (por ej. órganos evacuatorios) y los que requieren reflejos protectores especiales, como por ej. las entradas de los tractos respiratorios y gastrointestinal. Estas sensaciones son componentes integrales de la regulación neural de los órganos que llevan a la conducta apropiada y a la supresión o aumento de la actividad orgánica (por ej. continencia o evacuación) (Jänig, 1996).

En general, las actividades aferentes elicítadas durante la regulación de la mayoría de los órganos viscerales no están acompañadas de sensaciones viscerales y sentimientos aversivos. Sin embargo, aquellos eventos que ponen en peligro a los órganos viscerales y, por tanto, al organismo, pueden llevar al malestar y al dolor. Estas sensaciones se pueden elicitar desde prácticamente todos los órganos viscerales y cumplen una función biológica: mantener la supervivencia del organismo.

La existencia de receptores específicos de dolor (nocioceptores) es puesta en duda. Por ej., según Jänig (1996) en los órganos evacuatorios es casi imposible separar las neuronas aferentes espinales con supuestas funciones nociocaptivas de las implicadas en la regulación orgánica. La misma clase funcional de neuronas aferentes tomaría parte en todos los procesos. El dolor visceral procedente de estos órganos podría estar asociado con una alta intensidad de descargas en las neuronas aferentes viscerales, con el grado de su reclutamiento y con el reclutamiento de algunos aferentes de umbral alto. Según Malliani (1982) sucedería lo mismo en el caso del corazón. Estas interpretaciones no son, sin embargo, aceptadas por todos los autores. Por ej. investigaciones realizadas por Cervero (1982) referentes a los aferentes viscerales procedentes del sistema biliar del hurón, o de Cervero y Sann (1989) respecto a la uretra en el cerdo guineano han mostrado que muchos aferentes espinales pueden activarse sólo a presiones intraluminales altas que están normalmente asociadas con dolor. Estas neuronas aferentes probablemente tienen sólo función nociocaptiva. Baker, Coleridge, Coleridge y Nerdrum (1980) parecen haber encontrado en el corazón un pequeño grupo de neuronas aferentes que responden preferentemente a la bradiquinina (una sustancia productora de dolor) y tienen umbrales más bien altos para estímulos mecánicos. Sengupta, Kauvar y Goyal (1989) y Sengupta, Saha y Goyal (1990) han encontrado que el esófago está inervado por aferentes viscerales de umbrales altos y bajos. Se debe tener, por tanto, cuidado cuando se generalice de un órgano a otro (Cervero y Jänig, 1992). Es posible, sin embargo, que los estudios mencionados se concentren sobre poblaciones de aferentes viscerales espinales que sólo actúen bajo condiciones patológicas y que normalmente estén "silenciosos".

El dolor es una de las sensaciones viscerales que le resulta más familiar al hombre. Los principales factores capaces de inducir dolor en las estructuras viscerales son: 1) distensión y contracción anormal de las paredes musculares de los órganos huecos; 2) estiramiento rápido

de la cápsula de órganos viscerales sólidos como el hígado, bazo y páncreas; 3) anoxia abrupta de los músculos viscerales; 4) formación y acumulación de sustancias productoras de dolor; 5) acción directa de estímulos químicos (de especial significación en el esófago y estómago); tracción o compresión de ligamentos y vasos; 7) estados inflamatorios; 8) necrosis de algunas estructuras (miocardio, páncreas). Algunos de estos factores pueden ser concomitantes e interactuar en muchas condiciones clínicas.

En 1888, Ross describió dos formas de dolor visceral: dolor “esplácnico”, derivado directamente de una víscera y dolor “somático”, una forma de dolor visceral sentido en una parte del cuerpo alejada de la víscera que lo originó. El dolor “esplácnico” de Ross fue denominado posteriormente dolor visceral “verdadero” y al dolor “somático”, dolor visceral “referido”

Mackenzie (1909) ofreció una interpretación que se considera clásica del dolor referido. Según este autor, los impulsos sensoriales procedentes de las vísceras al llegar a la médula espinal pueden crear un “foco irritable” dentro de la sustancia gris. Esta área de irritación podría ser responsable de la activación de neuronas sensoriales somáticas y del disparo de reflejos somáticos y viscerales. Esta interpretación se ha llamado “teoría de la facilitación convergente”.

Ruch (1946) propuso una tesis diferente: algunos aferentes viscerales que favorecen las sensaciones de dolor convergen con los aferentes de dolor cutáneos, finalizando sobre la misma neurona en algunos puntos de la vía sensorial. La primera oportunidad para esto es en el tracto espino-talámico. Los impulsos resultantes cuando alcanzan el cerebro se interpretan como procedentes de la piel, una interpretación que se ha aprendido de experiencias previas en las que el mismo tracto de fibras fue estimulado por aferentes cutáneos. A esta teoría se la conoce como “teoría de la proyección convergente”. Si bien la segunda parte de la teoría de Ruch no se ha podido comprobar experimentalmente, sus principales postulados, especialmente aquellos que predicen la existencia de convergencia viscero-somática en la médula espinal, han recibido considerable apoyo experimental.

No se han encontrado vías que lleven exclusivamente información sensorial visceral referente al dolor. Esto indica que el “verdadero” dolor visceral no se debe a la activación de canales sensoriales viscerales específicos, sino que es más probable que sea consecuencia de la extensión de la lesión visceral a regiones inervadas por nervios somáticos cuya estimulación conduce a experiencias restringidas y bien localizadas de dolor profundo. Por tanto, la excitación de los receptores viscerales sensoriales evoca siempre experiencias sensoriales que son mal localizadas, pobremente discriminadas y referidas a estructuras somáticas.

Estudios de la médula espinal torácica han proporcionado un considerable apoyo experimental a los modelos tradicionales de convergencia viscero-somática, pero también han revelado nuevos mecanismos neurofisiológicos que pueden explicar algunas de las características clínicas de la sensación visceral referida (Cervero y Tattersall, 1986). El dolor visceral procedente de las vísceras abdominales superiores es mediado por muy pocas fibras aferentes viscerales contenidas en los nervios esplácnicos. Estos aferentes primarios excitan neuronas de segundo orden en la médula espinal, las cuales generan una gran divergencia dentro de la médula espinal y del tronco encefálico implicando algunas veces largos circuitos supraespinales. Tal “input” divergente puede activar sistemas diferentes y, de este modo, disparar las reacciones generales características de la nociocepción visceral: un dolor difuso y mal localizado referido a áreas somáticas, reflejos viscero-viscerales que alteran el control autonómico de las vísceras y reflejos viscero-somáticos que producen espasmos musculares prolongados.

En general, las sensaciones viscerales que conocemos son sensaciones generales. Esta característica de las sensaciones viscerales parece explicarse debido al hecho de que las proyecciones viscerales ascendentes son las más antiguas filogenéticamente, las más lentas y polisinápticas, así como las más difusas respecto a la transmisión del lugar, momento y modalidad de la estimulación.

Estudio de la interocepción en diferentes sistemas orgánicos

La interocepción de los aferentes viscerales se ha estudiado fundamentalmente en tres sistemas orgánicos diferentes: cardiovascular, respiratorio y gastrointestinal. Recientemente ha surgido otra rama de investigación en la cual se estudian las influencias aferentes del sistema endocrino sobre el SNC.

Interocepción cardiovascular

La interocepción cardiovascular ocupa un lugar destacado en el estudio de la interocepción y se considera precursora de otras ramas de la investigación. Esto se debe principalmente a:

- 1) El corazón es un órgano visceral central o principal con la propiedad de tener una respuesta recurrente y regular.
- 2) Es una respuesta que se registra fácilmente y no resulta ambigua
- 3) Existen receptores aferentes viscerales bien documentados situados en el miocardio y en la vasculatura periférica.

Se asume, por tanto, que la percepción de la actividad cardiaca podría servir de modelo para la percepción de sensaciones viscerales en otros sistemas.

Interoceptores cardiovasculares

La información sensorial desde los receptores cardiacos se transmite al SNC a través de fibras aferentes vagales y simpáticas.

Las fibras *aferentes vagales* se pueden dividir en función de la localización de sus receptores y de las características de las fibras en:

- a) fibras mielinizadas auriculares
- b) fibras mielinizadas ventriculares
- c) receptores cardíacos con fibras no mielinizadas

Los receptores auriculares vagales con fibras mielinizadas se dividen en tipo A y tipo B. Los receptores tipo A producen una serie de impulsos durante la sístole auricular, en respuesta a la presión generada sobre las paredes auriculares. Los receptores tipo B generan impulsos durante la diástole auricular son sensores de estiramiento de adaptación lenta que responden a los cambios pulsátiles en el llenado auricular y a cambios estáticos y dinámicos de la tensión sobre la pared auricular. Estos receptores tienen un papel reflejo regulatorio de gran importancia

Los receptores ventriculares vagales con fibras mielinizadas descargan en fase con la elevación de la presión ventricular.

Las fibras vagales mielinizadas inervan, de este modo, todas las cámaras del corazón, además del tronco coronario. Su capacidad de respuesta a los estímulos mecánicos indica su predominante naturaleza mecanosensitiva, aunque también se pueden excitar con diversas drogas (Paintal, 1964).

Los receptores vagales con fibras no mielinizadas, tanto auriculares como ventriculares, presentan una frecuencia de impulso más baja si se las compara con las fibras mielinizadas. Las terminaciones auriculares parecen responder tanto al llenado como a la contracción, mientras que en el caso de los receptores ventriculares, la presión diastólica final parece representar un evento más importante que la sistólica. Todas estas fibras aferentes no mielinizadas se pueden excitar de forma marcada con sustancias químicas. Este tipo de fibras parecen mediar reflejos cardiovasculares de una naturaleza únicamente inhibitoria.

Las fibras simpáticas aferentes también se pueden dividir basándose en la distribución de sus receptores en aferentes auriculares y ventriculares, las cuales pueden ser mielinizadas y

no mielinizadas. En animales anestesiados bajo condiciones de descanso aparentemente normales, las fibras nerviosas simpáticas aferentes presentan una actividad de impulso tónico en relación con eventos hemodinámicos normales y específicos. Su mecanosensibilidad a estímulos naturales puede ser extrema y no se han encontrado en este sentido diferencias importantes entre fibras mielinizadas y no mielinizadas (Malliani, Recordati y Schwartz, 1973).

El papel de las fibras aferentes simpáticas en la transmisión de información nociceptiva ha surgido de experimentos tanto con humanos como con animales. El dolor cardiaco parece deberse a una excitación extrema de una población espacialmente restringida de fibras aferentes simpáticas, aunque es difícil determinar si el estímulo adecuado en la producción de dolor es principalmente mecánico, químico o una mezcla de ambos (Malliani, Lombardi y Pagani, 1986).

En cuanto a las sensaciones no dolorosas procedentes del corazón, es un tema objeto de numerosa investigación. Gran parte de ella, sobre todo en los últimos 20 años, se ha centrado en el desarrollo de métodos que permitan valorar de forma fiable el conocimiento que tienen los sujetos de las sensaciones procedentes de su latido cardiaco. Casi todas las personas parecen haber experimentado sensaciones de taquicardia en situaciones determinadas, sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente, las vísceras (y entre ellas por supuesto el corazón), en condiciones de salud, están silenciosas y es lógico que así sea. Por otra parte, no se ha podido probar que los receptores que inician las "supuestas" percepciones del latido cardiaco se localicen en el corazón. Por ej., la taquicardia puede estimular receptores de la pared del pecho, esto puede ocurrir con las arritmias especialmente cuando algunos de los latidos se acompañan de mecanismos anormales (Malliani y cols., 1986). Las fibras aferentes vagales con sus terminaciones mecanosensibles pueden proporcionar una vía rápida de información para los movimientos cardiacos anormales.

Percepción de la actividad cardiaca

El interés científico en el estudio de la percepción cardiaca procede fundamentalmente del campo del biofeedback (Brener, 1977). Se asumió que un prerrequisito para el control voluntario de las respuestas viscerales era que el sujeto pudiera identificar ocurrencias específicas de ella. Si se incrementaba la capacidad interoceptiva de los sujetos, aumentaría también el control sobre la respuesta visceral. Este supuesto se valoró en primer lugar en el área de la percepción cardiaca, por las razones que hemos mencionado anteriormente. Aunque se ha comprobado que la discriminación de las funciones autonómicas no es necesariamente un prerrequisito para el autocontrol, este modelo proporcionó un gran impulso al desarrollo de experimentos que han sido decisivos en la investigación sobre interocepción, en particular en el desarrollo de métodos para la valoración de la percepción cardiaca.

Los procedimientos que se han venido utilizando para medir la percepción de la actividad cardiaca se pueden dividir en tres grupos: cuestionarios, tareas de rastreo del latido cardiaco y tareas de discriminación (bien de la tasa cardiaca o del latido cardiaco).

Los *cuestionarios* (Mandler, Mandler y Uviller, 1958) han sido los procedimientos que más críticas han recibido debido a que más bien lo que miden es la tendencia de los sujetos a utilizar ítems léxicos para describir estados internos, referentes en especial a ansiedad general.

Las *tareas de rastreo* (MacFarland, 1975; Schandry, 1981), aunque resulten un procedimiento más objetivo que los cuestionarios, tampoco se han librado de las críticas. Las principales se centran en que los sujetos pueden estar empleando la frecuencia característica de su propia tasa cardiaca para dar la respuesta, sin hacer ninguna referencia a los latidos cardiacos actuales (la tarea del sujeto en este caso consiste en apretar una llave de forma sincrónica a cada latido cardiaco en el caso de MacFarland, o de contar los latidos cardiacos que se producen en un intervalo de tiempo determinado en el caso de Schandry).

Los *procedimientos de discriminación* son los que a priori resultan más objetivos, sin embargo, presentan también sus dificultades. En el caso de la discriminación de tasa cardíaca (Ashton, White y Hodgson, 1979), los sujetos tienen que discriminar variaciones en el nivel de la tasa que se producen entre dos intervalos temporales. En el caso de la discriminación del latido cardíaco (Brener y Jones, 1974; Whitehead, Drescher y Blackwell, 1977; Katkin, Blascovich y Goldband, 1981; Brener y Kluitse, 1988; Brener, Liu y Ring, 1993) tiene que juzgarse si estímulos externos que se presentan a intervalos temporales diferentes con respecto a la onda R de su ECG son simultáneos o no, en relación con las sensaciones procedentes de su latido cardíaco. En este tipo de procedimientos uno de los mayores inconvenientes es el bajo porcentaje de sujetos que logra realizar con éxito la tarea (concretamente en el procedimiento desarrollado por Whitehead y cols.). Una dificultad importante es la determinación de cuáles deben ser los intervalos óptimos a los que deben situarse los estímulos externos respecto a la onda R del ECG para que el sujeto los juzgue como sincrónicos con su latido cardíaco. En este sentido, Brener Liu y Ring, (1993) desarrollaron el método de los estímulos constantes que, en este momento, quizás resulte la contribución más prometedora al campo de la medición de la percepción cardíaca (véase Quirós, Grzib, Conde, 1998).

Una cuestión central en el tema de la percepción cardíaca tiene que ver con los mecanismos implicados en dicha percepción, ¿cuál es el origen de las señales viscerales aferentes?, ¿cómo se transmiten y representan en el SNC?. Jones, Jones, Rouse, Scott y Caldwell (1987) han sugerido que muchas de las "sensaciones cardíacas" que los sujetos detectan y de las cuales son conscientes pueden estar mediadas por el sistema somatosensorial más que por un sistema aferente visceral, como sería el caso de los barorreceptores. Schandry Bestler y Montoya (1993) llevaron a cabo un experimento en el que se manipulaba de forma sistemática la posición corporal mediante una mesa que permitía diversos grados de inclinación, y de la carga de ejercicio físico a través de una bicicleta ergométrica. Encontraron que un parámetro que aparentemente juega un papel muy importante en la percepción cardíaca es el impulso (momento) procedente del volumen de sangre eyectado en cada latido cardíaco. Las vibraciones mecánicas estimulan probablemente a los receptores somatosensoriales en el tórax, los cuales transmiten esta información a centros superiores. En apoyo de esta idea se encuentran los resultados de que las personas con corazones más grandes (por ej., los atletas) que tienen un volumen de eyección superior, son mejores percibiendo el latido cardíaco que las personas con corazones más pequeños (Jones y Hollandsworth, 1981). Las personas obesas son peores percibiendo el latido cardíaco que las personas de peso normal. Aquí también los receptores somatosensoriales podrían estar implicados debido a que, en las personas obesas, el exceso de tejido adiposo probablemente "ahogue" las vibraciones mecánicas. En este sentido también se podría explicar que los hombres sean mejores en las tareas de percepción del latido cardíaco que las mujeres, ya que estas últimas presentan un mayor porcentaje de grasa corporal que los hombres. Rouse, Jones y Jones (1988) igualando dicho porcentaje en el grupo de hombres y en el de mujeres no encontraron diferencias significativas en la percepción del latido cardíaco.

Existen pocos estudios que se hayan ocupado de la relación entre representación en el SNC de la actividad cardíaca y percepción de dicha actividad. Schandry, Sparrer y Weitkunat (1986) usaron el método de los potenciales evocados del latido cardíaco y encontraron que la actividad cardíaca origina un potencial evocado en la corteza que es comparable al componente N100 observado en la estimulación sensorial externa. Si a los sujetos se les entrena para mejorar su percepción cardíaca, hay un notable incremento en la amplitud de componente N100 del potencial evocado del latido cardíaco para estos sujetos. Según Vaitl (1996) el tiempo (200-400 mseg. después de la onda R del ECG) y ocurrencia de un potencial evocado del latido cardíaco dentro de un ciclo cardíaco proporciona una nueva evidencia de que la fuerza de la contracción del corazón es el estímulo distal real para la percepción cardíaca.

Resumiendo los resultados encontrados en los experimentos que acabamos de mencionar, el factor crítico en la percepción del latido cardíaco parece ser la acción mecánica del corazón y la transmisión de estos impulsos mediante receptores somatosensoriales que se localizan en el tórax.

La percepción cardíaca tendría que ser mejor en los sujetos con alguna patología cardíaca. Se supone que estos pacientes son más sensibles a procesos que surgen en el corazón. La investigación interoceptiva no ha proporcionado, sin embargo evidencia de esto. Experimentos realizados tanto en el laboratorio como estudios de campo han llegado a la conclusión de que la percepción de la actividad cardíaca en un día normal tiende a ser extremadamente imprecisa, incluso si los cambios en tasa cardíaca son considerables. Esta imprecisión se ha encontrado tanto en pacientes cardíacos como en sujetos sin ningún tipo de alteración cardíaca (Myrtek, Stiels, Herrmann, Brügger, Müller, Höppner y Fichtler, 1995; Hartl, 1995).

Representación de los procesos cardiovasculares en el Sistema Nervioso Central

Si existe una representación de los procesos cardiovasculares en el SNC, los cambios en el sistema cardiovascular afectarán a los procesos corticales. La investigación en esta área comenzó con una hipótesis formulada por Lacey y Lacey en 1978. Básicamente esta hipótesis establecía que los cambios producidos en el sistema cardiovascular, particularmente incrementos en la presión sanguínea podrían, bajo ciertas condiciones, ejercer una influencia inhibitoria en los procesos corticales. Los estudios llevados a cabo a partir de los años 80 con sujetos humanos llevan a la conclusión de que la actividad barorreceptora puede jugar un papel decisivo como una interfaz entre eventos cardiovasculares y procesos nerviosos centrales (Vaitl, 1996). En esta área se ha avanzado considerablemente cuando se ha logrado la estimulación crítica-temporal de los barorreceptores y el registro sincrónico de la actividad del EEG. La estimulación de los barorreceptores se consiguió mediante dos métodos diferentes:

a) Estimulación transmural con la ayuda de una cámara de presión colocada en el cuello del sujeto, con lo que se logra la activación o desactivación de los barorreceptores incrementando o disminuyendo la presión en la cámara. Modificaciones posteriores de este procedimiento permiten una estimulación más precisa, incluso con un único ciclo cardíaco (por ej., entre dos latidos cardíacos), durante diferentes fases y a diferentes niveles de actividad de los barorreceptores (por ej., durante la sístole y la diástole).

b) Cambiando la posición corporal con la ayuda de una mesa que se puede inclinar, lo que permite la redistribución de sangre en el cuerpo. Los barorreceptores en el área del seno carótido y los mecanorreceptores cardiopulmonares en las aurículas y los ventrículos pueden, de este modo, activarse o desactivarse.

Estos métodos, aunque diferentes, llegan a los mismos resultados: al mismo tiempo que tiene lugar la estimulación barorreceptora, se producen cambios en el EEG que parecen indicar una inhibición de los procesos corticales. Se observa un incremento en la positividad o una disminución en la negatividad de los potenciales de ondas lentos en la corteza (variación negativa contingente) que se interpreta como signo de inhibición cortical. Los fenómenos son lateralizados. Si ocurre estimulación barorreceptora en un lado, el incremento en la positividad se observa más fuerte en las áreas de la corteza ipsilateral que contralateral (Rau, 1992). Estos resultados son consistentes con los obtenidos en experimentos con animales (Vaitl y Gruppe, 1992).

Los potenciales relacionados con eventos también proporcionan evidencia de interacción entre los procesos nerviosos centrales y cardiovasculares. En sincronía con los latidos cardíacos individuales, se observan en el EEG los llamados potenciales evocados del latido cardíaco. Ocurren al comienzo de cada ciclo cardíaco y son disparados por el latido cardíaco (representado por el complejo QRS del ECG). Schandry, Sparrer y Weitkunat (1986); Weitkunat y Schandry

(1995) investigaron la relación entre aferentes cardiacos y potenciales evocados encontrando componentes en los potenciales evocados que son comparables a los obtenidos por medio de la estimulación externa (acústica, visual, táctil). Los potenciales evocados del latido cardiaco ocurren en particular en las áreas frontales de la corteza, con una latencia de 200-400 mseg. siguiendo a la onda R del ECG. Sin embargo, las amplitudes fueron considerablemente menores (1-2 mV) que las observadas en los potenciales evocados externamente. Vaitl y Gruppe (1991) obtuvieron resultados similares empleando una demodulación compleja de las señales del EEG puras para demostrar que, dentro de un ciclo cardiaco dado y en la misma ventana temporal (después de la onda T del ECG), la actividad eléctrica cerebral se incrementa en la banda de frecuencias alfa.

En relación con las áreas cerebrales implicadas en el procesamiento de las sensaciones procedentes del latido cardiaco, no hay datos concluyentes. Por ej., Katkin y Reed (1984); Katkin (1985); Katkin, Cestaro y Weitkunat (1991) han argumentado que el hemisferio cerebral derecho está más implicado en el procesamiento de cognitivo de la aferencia cardiaca. Brener y Ring (1989) no han llegado, sin embargo, a conclusiones definitivas sobre este asunto. Han encontrado que quizás haya una superioridad del hemisferio derecho en el procesamiento de juicios de simultaneidad en general, o en el procesamiento de estímulos táctiles en particular (los estímulos externos que el sujeto tenía que juzgar como simultáneos con el latido cardiaco eran, en este estudio, estímulos vibratorios presentados bien en el brazo derecho o en el izquierdo), pero no evidencia adicional de que el hemisferio derecho esté implicado de forma preferencial en el procesamiento de las sensaciones procedentes del latido cardiaco.

La propuesta de que el hemisferio derecho está más implicado en el procesamiento de la actividad cardiaca sería consistente con los datos de los potenciales evocados cardiacos (Schandry, Sparrer y Weitkunat, 1986; Katkin, Cestaro y Weitkunat, 1991). Los cuales sugieren una mayor implicación del hemisferio derecho en el procesamiento de la aferencia cardiaca. Sería también compatible con la observación de que las sensaciones cardiacas son referidas más frecuentemente en el brazo izquierdo que en el derecho (por ej. en la angina). Dichas sensaciones cardiacas referidas se explican, en opinión de Brener y Ring (1995), en términos de la hipótesis de Ruch de proyección convergente, ya mencionada anteriormente. Durante la transmisión de información desde la periferia a estructuras sensoriales superiores se produce una convergencia de aferentes cardiacos con aferentes somatosensoriales. Esta convergencia da como resultado que los sujetos localicen las sensaciones cardiacas en aquellas partes del cuerpo que comparten trayectorias aferentes con el corazón. Debido a que las sensaciones cutáneas están representadas más precisamente que las sensaciones viscerales y, por tanto, son más discriminables, las sensaciones que ocurren en las vísceras se refieren a la piel.

Resumiendo podemos decir que no se ha encontrado una clara superioridad del hemisferio derecho en cuanto al procesamiento de las sensaciones procedentes del latido cardiaco. Parece ser que esta superioridad es general para todos los juicios que impliquen simultaneidad entre dos estímulos.

Interocepción respiratoria

A diferencia del sistema cardiovascular, la estimulación de los receptores del pulmón puede causar una variedad de sensaciones en el hombre. Aunque las vías aferentes implicadas en estas experiencias no están totalmente determinadas (Widdecombe, 1986) parece claro que sensaciones como tirantez en el pecho e irritación bronquial resultan de la percepción de actividad vagal aferente (Fillenz y Widdecombe, 1972; Guz, 1977).

Hay tres tipos de mecanorreceptores pulmonares cuyos impulsos se transmiten al SNC sobre vías vagales:

1) receptores de estiramiento de adaptación lenta localizados principalmente en los bronquios y en las vías aéreas superiores, los cuales descargan en fase con la inspiración.

2) "receptores irritantes" de adaptación rápida, los cuales se estimulan por el inflado rápido y profundo del pulmón. Se localizan en las capas mucosales de la tráquea y vías respiratorias.

3) terminaciones de receptores tipo J, los cuales se sitúan en el intersticio en el tejido de colágeno. Los receptores tipo J se estimulan mediante alteraciones en el volumen intersticial que sigue a incrementos en la presión capilar pulmonar (edema pulmonar) y por irritantes fuertes (Paintal, 1977, 1986).

Los mecanorreceptores pulmonares pueden favorecer sensaciones de presión, flujo, ventilación y desplazamiento del volumen del pulmón, pero estas sensaciones emergen más probablemente de aferentes musculares respiratorios (Guz, 1977; Widdicombe, 1986).

En general, cuando uno comienza a ser consciente del tracto bronquial o el tórax es como resultado del ejercicio físico, agotamiento, cuerpos extraños inhalados o perturbaciones de la función pulmonar. Los fisiólogos y los especialistas de pulmón han pretendido medir desde hace tiempo la habilidad de los humanos para percibir y estimar cambios en el flujo de aire bronquial. La obstrucción de las vías aéreas es de gran importancia clínica (por ej., en el asma bronquial). La simulación de tal obstrucción se produce experimentalmente forzando al paciente a respirar a través de una pieza adaptada a la boca, con diferentes grados de resistencia al flujo de aire. Los resultados demuestran que existen grandes diferencias individuales en la habilidad para detectar diferentes grados de resistencia al flujo del aire. Harver, Katkin y Bloch (1993) encuentran que los hombres son mejores que las mujeres en la realización de esta tarea. También se ha encontrado, en relación con sujetos sanos, que los asmáticos tienen una elevada tendencia a subestimar el grado de resistencia respiratoria.

Interocepción gastrointestinal

Los interoceptores gastrointestinales incluyen un amplio grupo de receptores que están al servicio del esófago, hígado, estómago, páncreas, intestino grueso y delgado, colon y recto. Estos receptores se excitan por distensión mecánica, variaciones de temperatura y sustancias químicas. La mayoría de sus impulsos son transportados por fibras no mielinizadas del vago, nervios espláncnicos y pélvicos. El estómago, páncreas e hígado contienen también, al parecer, receptores "sensibles a la glucosa", osmorreceptores, y receptores "polisensoriales" sensibles a estimulación mecánica y a uno o más estímulos químicos (Andrews, 1986). La mayor parte de las sensaciones del canal alimentario proceden de mecanorreceptores gástricos. Las vísceras abdominales y sus uniones están dotadas de un alto grado de sensibilidad. Los órganos abdominales y pélvicos están provistos de un amplio espectro de fibras que van desde fibras mielinizadas de gran diámetro a fibras no mielinizadas de pequeño diámetro. La mayoría de los aferentes estomacales son transportados por los nervios espláncnicos, pero una alta proporción de fibras mielinizadas de pequeño diámetro del estómago se encuentran también en el vago. Los receptores de estiramiento gástricos se encuentran en "serie" con elementos contráctiles de los músculos lisos, especialmente en las paredes del estómago y de la vejiga urinaria (Andrews, 1986; Iggo, 1986; Newman, 1974). Otros receptores gástricos, incluyendo mecano-rreceptores de los intestinos, señalan el paso o la presencia de contenidos gástricos (Paintal, 1986).

Adám en 1976 mostró que en animales experimentales se producía una desincronización en el EEG si sus intestinos gruesos se estimulaban con un estímulo que producía dilatación. En la investigación sobre interocepción gastrointestinal hay dos cuestiones de gran interés. Una de ellas se refiere a la determinación del umbral absoluto y, la otra, a si las señales procedentes del tracto gastrointestinal pueden influir en la conducta aunque los sujetos no informen de ninguna sensación.

Los trabajos más importantes en esta área proceden del laboratorio de Hölzl. Encuentran que si el rectosigmoideo de los pacientes se dilata suavemente con un balón, el procesamiento de la información suele ser preconscious. Los sujetos no son capaces de proporcionar descripciones exactas de las sensaciones o de su intensidad. Para que indiquen que han sentido algo, el estímulo que produce dilatación tiene que alcanzar una determinada intensidad. Por encima de este umbral crítico los sujetos comienzan a proporcionar estimaciones fiables de la intensidad y localización del estímulo que causa la dilatación.

Interocepción en el sistema endocrino

Los sistemas nervioso e inmunológico interactúan y hacen posible la adaptación continua del organismo a las demandas cambiantes del ambiente. Las hormonas producidas por la corteza adrenal son importantes como moduladores de los procesos nerviosos centrales. Hasta ahora se conocen mucho mejor los efectos eferentes de estas hormonas. La investigación sobre interocepción se ha fijado como meta en años recientes la determinación de la significación que puedan tener estas hormonas como aferentes. Son conocidas las influencias moduladoras de las hormonas periféricas sobre los procesos nerviosos centrales transmitiendo información desde la periferia a estructuras de la pituitaria, el hipotálamo y el hipocampo (Jacobson y Sapolsky, 1991). El descubrimiento en el cerebro de un sistema de recepción doble para los corticoides conduce a cuestiones sobre las consecuencias sensoriales y el significado funcional de este sistema (De Kloet, Joels, Oitzl y Sutanto 1991). Estudios clínicos han mostrado que el umbral de percepción estaba alterado en los pacientes con un nivel de cortisol patológico y mejoraba después de la sustitución de corticoides. El uso de una aproximación conductual (incluyendo administración sistemática de sustancias hormonales agonistas y antagonistas) ha hecho posible sólo recientemente estudiar las influencias aferentes de hormonas periféricas sobre procesos del SNC.

Consideraciones finales

La interocepción debe luchar con numerosos obstáculos. Uno de ellos tiene que ver con los fuertes mecanismos homeostáticos: la principal función de los aferentes viscerales es precisamente mantener el funcionamiento normal de órganos y sistemas. Existe también el problema de la conducción de estas señales aferentes. Las vías que llevan la información visceral son las más antiguas filogenéticamente, las más lentas y polisinápticas y las más difusas respecto a la transmisión del lugar, momento y modalidad de la estimulación. La excitación de los aferentes viscerales evoca siempre experiencias sensoriales que son mal localizadas, pobremente discriminadas y referidas a estructuras somáticas. Nos encontramos asimismo con el espacio relativamente pequeño dedicado a los aferentes viscerales en la corteza cerebral.

La interocepción, como hemos mencionado anteriormente, se ha estudiado principalmente en el sistema cardiovascular. La mayoría de los esfuerzos en los últimos años en esta área se han centrado en el desarrollo de métodos que permitan valorar el conocimiento que tienen los sujetos de las sensaciones procedentes de su latido cardiaco. Una de las mayores dificultades con la que se han enfrentado los distintos métodos es el "problema mediacional". La respuesta cardiaca está influida por una serie de ajustes mediados por la respiración y por la musculatura estriada. Es posible por tanto que los cambios que se perciben en la respuesta cardiaca se deban a un aprendizaje del control de la respiración o de la musculatura estriada. Este problema resulta especialmente significativo en los métodos de discriminación del latido cardiaco (particularmente en el método desarrollado por Brener y Jones, 1974). Por tanto, se

ha tratado de controlar, con mayor o menor fortuna, estas variables. Un segundo problema se refiere a los conocimientos previos a la fase experimental que pueda tener un sujeto sobre la frecuencia y el ritmo cardiaco, lo que puede llevar a dar respuestas correctas con independencia de la percepción verdadera (esto se haría sobre todo patente en los métodos de rastreo del latido cardiaco).

La mayoría de los métodos de discriminación se enfrentan también con el problema del bajo porcentaje de sujetos que logra una discriminación superior al azar. En opinión de Brener y Ring (1995) esto se debe a que estos procedimientos no son válidos, fundamentalmente debido a la elección errónea de los intervalos a los que se sitúan los estímulos externos que el sujeto tiene que juzgar como simultáneos o no simultáneos respecto a su latido cardiaco. No se han tenido en cuenta las diferencias individuales que existen respecto al lugar donde se localizan las sensaciones procedentes del corazón. De esta manera, ese bajo porcentaje puede deberse, no a que el sujeto sea incapaz de discriminar su latido cardiaco, sino a que los estímulos externos, supuestamente no coincidentes con su latido cardiaco, él los percibe como coincidentes (por ej. procedimiento de Whitehead, Drescher y Blackwell, 1977). Para estos autores, se debe permitir al sujeto elegir el intervalo que considere idóneo (proponen seis intervalos que cubren el rango de 0 a 500 mseg.) e inspeccionar esos intervalos todas las veces y durante tanto tiempo como considere oportuno (procedimiento de Brener y Kluitse, 1988).

Cabe preguntarse también, respecto a este bajo porcentaje de sujetos que logra discriminar con éxito su latido cardiaco, si no existirá un umbral de sensibilidad cardioceptiva (del mismo modo que hemos mencionado anteriormente en el caso de la interocepción en el sistema gastrointestinal). Si esto es así, los individuos comenzarán a percibir la acción del corazón a un cierto nivel de actividad y esta percepción continuará a niveles superiores de actividad. En este sentido, Rädler y Schandry (1988) encontraron evidencia de que a un cierto nivel de funcionamiento cardiodinámico (el nivel "umbral") los latidos cardiacos empezaban a ser un estímulo interoceptivo fácilmente discriminable para la mayoría de los sujetos (se debe tener en cuenta que los autores utilizan, en este caso un procedimiento de rastreo del latido cardiaco).

Al referirnos a la percepción de la actividad cardiaca, es importante conocer las fuentes sensoriales que utiliza el sujeto para hacer la discriminación del latido cardiaco. Por lo general, los procedimientos para examinar la percepción visceral no proporcionan datos que permitan conclusiones firmes. Para Brener (1977) la interocepción no es ni siquiera un prerrequisito en la detección de respuestas viscerales. Un individuo podría por ej., sentir la acción del corazón a través de las consecuencias aferentes de cambios pulsátiles sobre mecanorreceptores intracardiacos, sobre barorreceptores en el arco aórtico o cuerpo carótido, sobre mecanorreceptores en los músculos del tórax, un miembro o un dedo, sobre receptores auditivos vía acciones pulsátiles sobre las trompas de Eustaquio, e incluso, sobre los ojos viendo movimiento en alguna parte del cuerpo. La detección de señales presentadas a través de cualquiera de estas modalidades permitiría al individuo discriminar la actividad del corazón. Los sujetos, por otra parte, puede que no perciban los latidos individuales sino la tasa cardiaca. Aunque la tasa cardiaca es una medida que se deriva de los latidos en el tiempo, es posible que un sujeto sea sensible no a los latidos individuales, sino al patrón o ritmo de los latidos en el tiempo.

Como se desprende de lo que acabamos de exponer, el tema de la interocepción es sumamente complejo y necesitado de investigación para poder llegar a conclusiones firmes y definitivas.

Referencias

- Adám, (1967). *Interoception and behavior* Budapest: Akadémiai Kiadó.
Adám, G. (1978). Visceroception, awareness, and behavior. En G.E. Schwartz y D. Shapiro (Eds.). *Consciousness*

- and self-regulation: Advances in research and theory.* 2 (pp. 199-213). New York: Plenum Press.
Adám, (1980). *Perception, consciousness, memory, reflections of a biologist.* Budapest: Akadémiai Kiadó.

- Andrews, P.L.R. (1986). Vagal afferent innervation of the gastrointestinal tract. En F. Cervero y J.F.B. Morrison (Eds.). *Visceral Sensation. Progress in brain research*, 67 (pp. 207-225). Amsterdam: Elsevier.
- Ashton, R., White, K.D., y Hodgson, G. (1979). Sensitivity to heart rate: A Psychophysical study. *Psychophysiology*, 16 (5), 463-466.
- Baker, D.G., Coleridge, H.M., Coleridge, J.C.G., y Nerdrum, T. (1980). Search for a cardiac nociceptor: stimulation by bradykinin of sympathetic afferent nerve endings in the heart of the cat. *Journal of Physiology*, 306, 519-536.
- Boring, E.G. (1915a). The sensation of the alimentary canal. *American Journal of Psychology*, 26, 1-57.
- Boring, E.G. (1915b). The thermal sensitivity of the stomach. *American Journal of Psychology*, 26, 485-494.
- Brener, J. (1977). Visceral perception. En J. Beatti y H. Legewie (Eds.). *Biofeedback and behavior* (pp. 235-259). New York: Plenum Press.
- Brener, J., y Jones, J.M. (1974). Interoceptive discrimination in intact humans: Detection of cardiac activity. *Physiology and behavior*, 13, 763-767.
- Brener, J., y Kluitse C. (1988). Heartbeat detection: Judgement of the simultaneity of external stimuli and heartbeats. *Psychophysiology*, 25, (5), 554-561.
- Brener, J., Liu, X., y Ring, C. (1993). A method of constant stimuli for examining heartbeat detection: Comparison with the Brener-Kluitse and Whitehead methods. *Psychophysiology*, 30, 657-665.
- Brener, J., y Ring, C. (1995). Sensory and perceptual factors in heart beat detection. En D. Vaitl y R. Schandry (Eds.). *From the heart to the brain. The psychophysiology of circulation - brain interaction*. (pp. 193-221). Frankfurt Main: Peter Lang-Verlag.
- Brener, J., y Ring, C. (1989). Judgements of the simultaneity of tactile stimuli and heart beat sensations. *Psychophysiology*, 26 (Supl.3A), S16 (Abstract).
- Bykov, K.M. (1957). *The cerebral cortex and the internal organs*. New York: Chemical Publishing. (Original publicado en 1954).
- Cannon, W.B. (1927). The James-Lange theory of Emotion: A critical examination and alternative Theory. *American Journal of Physiology*, 79, 433-465.
- Cervero, F. (1982). Afferent activity evoked by natural stimulation of the biliary system in the ferret. *Pain*, 13, 137-151.
- Cervero, F., y Jänig, W. (1992). Visceral nociceptors: a new world order? *Trends in Neuroscience*, 15, 374-378.
- Cervero, F., y Morrison, J.F.B. (Eds.) (1986). *Visceral Sensation. Progress in brain research*, 67. Amsterdam: Elsevier.
- Cervero, F., y Sann, H. (1989). Mechanically evoked responses of afferent fibres innervating the guinea-pig's ureter: an in vitro study. *Journal of Physiology*, 412, 245-266.
- Cervero, F., y Tattersall, J.E.H. (1986). Somatic and visceral sensory integration on the thoracic spinal cord. En F. Cervero y J.F.B. Morrison (Eds.). *Visceral Sensation. Progress in brain research*, 67 (pp. 189-205). Amsterdam: Elsevier.
- Chernigovskiy, V.M. (1967). *Interoceptors*. Whashington, D.C.: American Psychological Association (Original publicado en 1960).
- De Koet, E.R., Joels, M., Oitzl, M., y Sutanto, W. (1991). Implication of brain corticosteroid receptor diversity for the adaption syndrome concept. En G. Jasmin y M. Cantin (Eds.). *Stress revisited .1. Neuroendocrinology of stress*, 14 (pp. 104-132). Basel: Karger.
- Dibona, G.F. (1982). The functions of the renal nerves. *Review of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, 94, 75-181.
- DiCara, L.V., y Miller, N.E. (1968). Changes in heart rate instrumentally learned by curarized rats as evidence responses. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 65, 8-12.
- Fechner, G. (1860). *Elemente der Psychophysik* (Erster Teil). Leipzig: Breitkopf y Härtel.
- Fillenz, M., y Widdecombe, J.C. (1972). Receptors of the lungs and airways. En E. Neil (Ed.). *Handbook of sensory physiology: vol. 3. Enteroceptors* (pp. 81-112). Berlin: Springer-Verlag.
- Guz, A. (1977). Respiratory sensations in man. *British Medical Bulletin*, 33, 169-174.
- Hartl, L. (1995). A clinical approach to cardiac perception. En D. Vaitl y R. Schandry (Eds.). *From the heart to the brain. The psychophysiology of circulation-brain interaction*. (pp. 251-267). Frankfurt Main: Peter Lang-Verlag.
- Harver, A., Katkin, E.S., y Bloch, E. (1993). Signal-detection outcomes on heartbeat and respiratory resistance detection tasks in male and female subject. *Psychophysiology*, 30, 223-230.
- Iggo, A. (1986). Afferent C-fibers and visceral sensation. En F. Cervero y J.F.B. Morrison (Eds.), *Visceral Sensation. Progress in brain research*, 67 (pp. 29-36). Amsterdam: Elsevier.
- Jacobson, L., y Sapolsky, R. (1991). The role of the hippocampus in feedback regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis. *Endocrine Reviews*, 12, 118-134.
- James, W. (1884). What is an emotion?. *Mind*, 9, 188-205.
- James, W. y Lange, C.G. (1920). *The emotions*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Jänig, W. (1996). Neurobiology of visceral afferent neurons: neuroanatomy, functions, Organ regulations and sensations. *Biological Psychology*, 42, 29-51.
- Jones, G.E., Jones, K.R., Rouse, C.H., Scott, D.M., y Caldwell, J.A. (1987). The effect of body position on the perception of cardiac sensations: an experiment and theoretical implications. *Psychophysiology*, 24, 300-311.
- Jones, G.E., y Hollandsworth, J.G. (1981). Heart rate discrimination before and after exercise-induced augmented cardiac activity. *Psychophysiology*, 18, 252-257.
- Jordan, D., y Spyer, K.M. (1986). Brainstem integration of cardiovascular and pulmonary afferent activity. En F. Cervero y J.F.B. Morrison (Eds.). *Visceral Sensation. Progress in brain research*, 67 (pp. 295-314). Amsterdam: Elsevier.
- Katkin, E.S. (1985). Blood, sweat and tears: Individual differences in autonomic self-perception. *Psychophysiology*, 22, 125-137.

- Katkin, E.S., Blascovich, J., y Goldband, S. (1981). Empirical assessment of visceral self-perception: Individual and sex differences in the acquisition of heartbeat discrimination. *Journal of Personality and Social Psychology*, 40, (6), 1095-1101.
- Katkin, E.S., Cestaro, V.L., y Weitkunat, R. (1991). Individual differences in cortical evoked potentials as a function of heart beat detection ability. *International Journal of Neuroscience*, 61, 269-276.
- Katkin, E.S., y Murray, E.N. (1968). Instrumental conditioning of autonomically mediated behavior: Theoretical and methodological issues. *Psychological Bulletin*, 70, 52-68.
- Katkin, E.S., y Reed, S.D. (1988). Cardiovascular asymmetries and cardiac perception. *International Journal of Neuroscience*, 39, 45-52.
- Kimmel, H.D. (1967). Instrumental conditioning of autonomically mediated behavior. *Psychological Bulletin*, 67, 337-345.
- Kopp, U.C., y Dibona, G.F. (1992). The neural control of renal function. En D.W. Seldin y G. Giebisch (Eds.). *The kidney: physiology and pathophysiology* (2ª ed.) (pp 1157-1204). New York: Raven Press.
- Lange, C.G. (1887). *Über Gemütsbewegungen*. Leipzig: Thomas (original publicado en 1885).
- MacFarland, R.A. (1975). Heart rate perception and heart rate control. *Psychophysiology*, 12, (4), 402-405.
- McKenzie, J. (1909). *Symptoms and their interpretation*. London: Shaw and sons.
- Malliani, A. (1982). Cardiovascular sympathetic afferent fibers. *Review of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, 94, 11-74.
- Malliani, A., Lombardi, F., y Pagani, M. (1986). Sensory innervation of the heart. En F. Cervero y J.F.B. Morrison (Eds.). *Visceral Sensation. Progress in brain research*, 67 (pp. 39-48). Amsterdam: Elsevier.
- Malliani, A., Recordati, G., y Schwartz, P.J. (1973). Nervous activity of afferent cardiac sympathetic fibers with atrial and ventricular ending. *Journal Physiology*, 229, 457-469.
- Mandler, G., Mandler, J.M., Uviller, E.T. (1958). Autonomic feedback: The perception of autonomic activity. *Journal of Abnormal Social Psychology*, 56, 367-373.
- Mehler, S.T., y Gebhart, G. F. (1992). A critical review of the afferent pathways and the potential chemical mediators involved in cardiac pain. *Neuroscience*, 48, 501-524.
- Miller, N.E. (1969). Learning of visceral and glandular responses. *Science*, 163, 434-445.
- Myrtek, M., Stiels, W., Hermann, J.M., Brügner, G., Müller, W., Höpper, V., Fichtler, A. (1995). Emotional arousal, pain, and ECG changes during ambulatory monitoring in patients with cardiac neurosis and controls: methodological considerations and first results. En D. Vaitl y R. Schandry (Eds.). *From the heart to the brain. The psychophysiology of circulation – brain interaction*. Frankfurt Main: Peter Lang-Verlag.
- Newman, P.P. (1974). *Visceral afferent functions of the nervous system*. London: Edward Arnold.
- Paintal, A.S. (1964). Effects of drugs on vertebrate mechanoreceptors. *Pharmacological Review*, 16, 341-380.
- Paintal, A.S. (1977). Thoracic receptors connected with sensation. *British Medical Bulletin*, 33, 169-174.
- Paintal, A.S. (1986). The visceral sensations – some basic mechanisms. En F. Cervero y J.F.B. Morrison (Eds.). *Visceral Sensation. Progress in brain research*, 67 (pp. 3-19). Amsterdam: Elsevier.
- Quirós, P., Grzib, G., y Conde, P. (1998). Detección del latido cardiaco: implementación del método de los estímulos constantes (en preparación).
- Rädler, U., y Schandry, R. (1988). The influence of physical load on heartbeat perception (abstract). *Psychophysiology*, 2, 153
- Rau, H. (1992). Die psychologische und psychophysiologische Bedeutung der Barorezeptoren beim Menschen. Habilitationsschrift der Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften der Universität Tübingen.
- Razran, G. (1961). The observable unconscious and the inferable conscious in current Soviet psychophysiology: interoceptive conditioning, semantic conditioning, and the orienting reflex. *Psychological Review*, 68, 81-147.
- Reed, S.D., Harver, A., y Katkin, E.S. (1990). Interoception. En J.T. Cacioppo y L.G. Tassinary (Eds.), *Principles of psychophysiology. Physical, social, and inferential elements* (pp 253-291). Cambridge: Cambridge University Press.
- Rouse, C.H., Jones, G.H., y Jones, K.R. (1988). The effect of body composition and gender on cardiac awareness. *Psychophysiology*, 25, 400-407.
- Ruch, T.C. (1946). Visceral sensation and referred pain. En J.F. Fulton (Ed.). *Howell Textbook of Physiology* (15ª ed.). Philadelphia: Saunders.
- Schachter, S., y Singer, J.E. (1962). Cognitive, social and physiological determinants of the emotional state. *Psychological Review*, 69, 379-399.
- Schandry, R. (1981). Heart beat perception and emotional experience. *Psychophysiology*, 18, (4), 483-488.
- Schandry, R., Bestler, M., y Montoya, P. (1993). On the relation between cardiodynamics and heartbeat perception. *Psychophysiology*, 30, 467-474.
- Schandry, R., Sparrer, B., y Weitkunat, R. (1986). From the heart to the brain: a study of heartbeat contingent scalp potentials. *International Journal of Neurosciences*, 30, 261-275.
- Sengupta, J.N., Kauvar, D., y Goyal, R.K. (1989). Characteristic of vagal esophageal tension-sensitive afferent fibers in the opossum. *Journal of Neurophysiology*, 61, 1001-1010.
- Sengupta, J.N., Saha, J.K., y Goyal, R.K. (1990). Stimulus-response function studies of esophageal mechanosensitive nociceptors in sympathetic afferents of opossum. *Journal of Neurophysiology*, 64, 796-812.
- Vaitl, D. (1996). Interoception. *Biological Psychology*, 42, 1-27.
- Vaitl, D., y Gruppe, H. (1991). Baroreceptor stimulation and changes in EEG and vigilance. En P.B. Persson y H.R. Kirchheim (Eds.). *Baroreceptor reflexes: integrated functions and clinical aspect* (pp. 293-313). Berlin: Springer.
- Weitkunat, R., Schandry, R. (1995). Cortical evoked potentials and heartbeat perception. En D. Vaitl y R.

- Schandry (Eds.). *From the heart to the brain. The psychophysiology of circulation-brain interaction*. Frankfurt Main: Peter Lang-Verlag.
- Whitehead, W.E., Drescher, V.M., Heiman, P., y Blackwell, B. (1977). Relation of heart rate control to heartbeat perception. *Biofeedback and Self-Regulation*, 2, 371-392.
- Widdecombe, J.C. (1986). Sensory innervation of lungs and airways. En F. Cervero y J.F.B. Morrison (Eds.). *Visceral Sensation, Progress in brain research*. 67 (pp. 207-255). Amsterdam: Elsevier.
- Willis, W.D., Jr. (1986). Visceral inputs to sensory pathways in the spinal cord. En F. Cervero y J.F.B. Morrison (Eds.). *Visceral Sensation, Progress in brain research*. 67 (pp. 207-255). Amsterdam: Elsevier.