

El Sistema Reticular del Tronco Cerebral

Dr. Denis A. Buxton Hopkin,

Anestesiólogo Consultante del Charity Cross Hospital, Medical School, Universidad de Londres, Inglaterra.

G. S. Coghill, un anatomista americano, trabajando con salamandras en distintas fases de desarrollo, fue el primero en dar importancia al retículo neuronal, como conector de los sistemas sensitivo y motor en la formación de respuestas de la conducta.

Aún cuando los componentes sensitivo y motor estuvieran completamente desarrollados, no aparecía actividad refleja alguna a estímulos externos, hasta que diversas células procedentes del mesodermo crecían para unir los dos sistemas. A medida que aumentaba la complejidad de estas células así lo hacían la variación y límite de las respuestas de este animal en evolución. Coghill sugirió entonces que esta red neuronal o "neuropil" transportaba información sensitiva al sistema motor, pero que la respuesta definitiva dependía del tipo de impulsos llevados a través de este "neuropil", así como de la existencia de un componente inhibitorio.

Con estos trabajos Coghill anticipó la base de los conceptos modernos de la actividad nerviosa que ponen de relieve la necesidad de un complejo proceso integrativo

de mayor significancia que el concepto de la actividad nerviosa que presenta al sistema nervioso como una serie de centros ganglionares unidos por largos axones, a la manera de una central telefónica.

EL SISTEMA RETICULAR

El sistema reticular del cerebro tiene muchos de los aspectos del "neuropil" de Coghill. Anatómicamente se encuentra entre los largos tractos principales sensitivo y motor, no bien definido en parte, pero familiar a muchos de nosotros como la Formación Reticular. Cranealmente llega casi hasta los núcleos centrales del tálamo y caudalmente se extiende hasta el extremo inferior del bulbo raquídeo, continuándose en la cuerda espinal como los tractos Reticulo-Espinales.

Estudios microscópicos practicados por Ramón y Cajal hace más de cincuenta años revelaron que esta región estaba compuesta por innumerables células nerviosas de distintos tamaños, agrupadas íntimamente y dotadas de una ramificación compleja de interconexiones que el nombre "retículo" describe tan exactamente. Ramón y Cajal tam-

Trabajo leído el 6 de abril de 1964, durante las Conferencias dadas por el Dr. Hopkin, en la Sala de Conferencias de la Maternidad No. 1 del I.M.S.S., Cortesía del British Council de la Ciudad de México.

bién describió la existencia de fibras colaterales que penetraban en este retículo desde las principales vías ascendentes lemniscales y descendentes motoras o tractos piramidales.

La significancia de estas observaciones escapó a la vista de los fisiólogos, como luego veremos, hasta que el desarrollo de técnicas con microelectrodos y circuitos amplificadores hicieron posible la exploración de esta región.

No disponemos de tiempo para discutir aspectos anatómicos en detalle, pero sí podemos decir que ahora se ha aceptado de una manera general que:

1. Todas las fuentes de influjos aferentes al sistema nervioso central, bien vengan del "Medio Interior" o del "Medio Exterior" comunican con el sistema reticular. Por ejemplo, en adición a las vías del lemnisco, los núcleos aferentes craneales y espinales envían colaterales relacionados con todas las modalidades de sensación. En el extremo inferior del bulbo recibe fibras del lemnisco espinal y en un nivel más alto las que vienen de los núcleos del accesorio, vago y glosofaríngeo con una contribución de los núcleos grácil y cuneato. En la protuberancia el fascículo reticular ascendente es interrumpido por los núcleos pontinos, recibiendo aquí también participación del auditorio, vestibular y trigémino. El cerebelo también contribuye en gran parte.
2. Aunque en lo que a la extensión craneal del sistema se refiere, su certeza anatómica termina en el núcleo medial del tálamo, investigaciones neurofisiológicas revelan una proyección difusa a todas las áreas del cortex cerebral, así como al hipocampo y otras muchas estructu-

ras cerebrales, incluyendo el hipotálamo.

3. Existe, sin embargo, una firme conexión anatómica entre el Sistema Límbico (Rincencéfalo o Hipocampo — "El Cerebro Primitivo"), el hipotálamo y la formación reticular del cerebro medio. Existen, también, circuitos neuronales que conectan estas tres estructuras. Los principales impulsos aferentes de este sistema parece que parten del sistema reticular, el cual, como ya hemos visto, transporta un amplio margen de modalidades sensitivas, incluyendo dolor somático e impulsos de origen visceral.

De esta manera, el hipotálamo es un punto nodal de dos circuitos neuronales, uno conectando el sistema límbico y el otro con el cerebro medio y el sistema reticular.

Los estados emocionales y sus componentes autonómicos (vasomotor y endócrino), llegan a ser más inteligibles cuando se considera este circuito, y el impacto sobre el mismo del Sistema Reticular ascendente aparece inmediatamente evidente.

No es necesario recordarles a ustedes las consecuencias emocionales, vasomotoras y endócrinas del dolor de origen somático o del estímulo irritante aplicado a las terminaciones nerviosas autonómicas que siguen a una herida, bien sea accidental o de origen quirúrgico.

Muchos libros han sido dedicados al estudio del "stress" con particular énfasis en su origen endócrino. Reilly y sus colaboradores en Francia han insistido durante más de treinta años en su base neural, y los recientes descubrimientos anatómicos parecen confirmar esta hipótesis. En este estado de "stress" el hipotálamo ocupa una posición clave que facilita la conversión de influjos sensitivos diferentes en actividad autonómica y endócrina dedicada a mantener la integridad del individuo.

CONSIDERACIONES HISTOLOGICAS

Han sido efectuados extensos estudios histológicos del Sistema Reticular, pero solamente nos es posible hacer breves referencias a los mismos. La densidad celular y tamaño, varían. Anteriores investigadores del sistema reticular presuponían que su comportamiento multisináptico exigía la presencia de un predominio celular de cortos axones y conexiones dendríticas múltiples. Sin embargo, los estudios de Schiebels han mostrado que células con axones cortos son raras, predominando las de axon largo. No obstante, estos axones poseen múltiples colaterales cuya presencia explica el retraso de la transmisión sináptica, característica del sistema reticular. Por ejemplo, una célula en el núcleo magnocelular de la médula oblongada con sus axones colaterales y ramificaciones dendríticas, y con una interacción potencial equivalente a un disco cilíndrico de cuatrocientos micrones de diámetro y cien micrones de altura puede influir sobre otras cuatromil células nerviosas en la formación reticular.

Es posible también hacer una importante distinción en la disposición celular de las áreas medial y lateral de la formación reticular. Axones y dendritas en el área lateral marchan en una dirección transversa, mientras en el área medial su disposición es en dirección vertical. Por otra parte, colaterales de los tractos sensitivos terminan, principalmente, en las regiones laterales.

Éstas observaciones sugieren que las partes laterales están más vinculadas con las funciones receptoras y asociativas, mientras las regiones mediales son responsables de las funciones ectoras.

Propiedades Fisiológicas. La Reacción de Alerta

Frecuentemente se hace referencia a los sistemas reticular ascendente y descendente,

implicando, incorrectamente con ello, una separada organización. Esto se debió, en parte, al descubrimiento por Magoun de áreas en la Formación Reticular ponto-medular que ejercían una influencia reguladora descendente sobre el tono muscular. Se mostró un área lateral grande que ejercía una influencia facilitadora en naturaleza, mientras otra medial más pequeña, era inhibitoria. Otras influencias inhibitorias se proyectaban desde el núcleo caudal, vestibular y el cortex cerebral y cerebelo. Una observación fortuita durante la investigación de este sistema descendente fue la que condujo a Moruzzi y Magoun a descubrir la esencial contribución que la parte ascendente de la Formación Reticular juega en la iniciación y regularización del estado consciente.

Estos investigadores fueron los primeros en observar que la estimulación del sistema ascendente (particularmente en la vecindad del hipotálamo dorsal y región subtalámica) inducían cambios electroencefalográficos durante la transición del estado de sueño al de alerta.

Efectos similares fueron obtenidos mediante estímulos aplicados a los nervios sensitivos periféricos.

Este fenómeno recibió el nombre de "Reacción de Alerta". Es de importancia el señalar que cambios electroencefalográficos ocurrían en una gran extensión del cortex persistiendo por algún tiempo después de la cesación del estímulo. Por otra parte, siempre se acompañaban de una respuesta general de alerta. Estudios subsiguientes establecieron que si las áreas reticulares responsables de esta reacción eran destruidas, la estimulación de las vías sensitivas no se seguía ni de respuesta electroencefalográfica ni de reacción de alerta, permaneciendo el animal en estado comatoso. Otro punto de interés emergió también de los estudios con electrodos implantados. La conducción

al cortex, por las vías clásicas sensitivas, tenía un periodo más corto de latencia que la conducción por el sistema reticular. Esto se explicó por la naturaleza multisináptica del sistema reticular, envolviendo retraso en el pasaje de un impulso, y en parte da una explicación del bien conocido hecho de que cuando nos despertamos de un sueño no sabemos el origen del estímulo responsable de ello, a menos que continúe actuando por algún tiempo.

Estos hallazgos son aplicables a los seres humanos, y el examen cerebral de cinco sujetos que murieron después de existir por varios meses en un estado de estupor irreversible, reveló cambios degenerativos en las regiones supuestas responsables del despertar, cuando se trabajó con animales.

Otros Puntos Fisiológicos—Endócrino, Vasomotor y Respiratorio

La íntima conexión del Sistema Reticular con el Hipotálamo sugiere una posible función integradora sobre la actividad endocrina y vasomotora. Han sido mostradas áreas considerables en la formación reticular ponto-medular concernientes con la actividad vasomotora, e íntimamente relacionadas a éstas existen otras de las que emana considerable actividad respiratoria.

El centro vomitivo se encuentra situado en la formación reticular medular dorso-lateral. El acto del vómito implica actividad nerviosa sorática y autonómica de diferentes clases: salivación; cambios en la frecuencia y amplitud del pulso y tono vasomotor; contracción espasmódica del diafragma y músculos voluntarios del abdomen; inhibición de la respiración. La ocurrencia de estos fenómenos en un período corto de tiempo ofrece una clara ilustración de las complejas conexiones interneuronales de la Formación Reticular. Por otra parte, náusea y vómito pueden hacer acto de presen-

cia, pudiendo encontrarse su origen en la vista, el olfato, trastornos auditivos, dolor, así como también disturbios nerviosos viscerales: evidencia confirmativa, si la misma es necesaria, del amplio espectro del acceso sensitivo al sistema reticular.

Siendo imposible considerar todo esto con más detalle, creo que se ha dicho lo suficiente para subrayar el interés e importancia que esta región del sistema nervioso central tiene para el Anestesiista. El resto de nuestro tiempo debe, por consiguiente, ser dedicado a una rápida revisión de la acción de las drogas Anestésicas y sedativas sobre esta parte del cerebro.

Consideraciones Farmacológicas

El descubrimiento de la contribución indispensable de la Reacción de Alerta al estado consciente, fue una tentadora invitación a investigar la acción de hipnóticos, sedativos y agentes anestésicos sobre el Sistema Reticular.

EFECTOS DE ANESTESICOS Y OTROS MEDIOS DE ABOLIR LA CONCIENCIA

Pronto se estableció que la anestesia general o cualquier medio que interfería con el metabolismo celular deprime o abole la actividad en el A.R.S.

Nembutal, éter, cianuro sódico (bloqueando la utilización del oxígeno) o insulina (causando hipoglucemia) reducían o abolían la respuesta de alerta a estímulos externos.

Sin embargo, las respuestas corticales en animales anestesiados no era desconocida. Adrian y Moruzzi en 1939 demostraron la constante llegada de estímulos a las zonas sensitivas corticales, en animales que fueron anestesiados con diferentes agentes. También observaron respuestas motoras a lo largo de los tractos piramidales. La intensi-

dad variaba con la profundidad de la anestesia, pero cuando ésta excedía un cierto grado aparecían movimientos involuntarios de los miembros.

Ello parece señalar que el Sistema Reticular Ascendente es muchas más veces susceptible a la acción depresora de anestésicos que las vías clásicas sensitivas o el cortex cerebral.

Una vez que la conciencia ha sido abolida la presencia de movimientos involuntarios en respuesta a estímulos dolorosos no indica necesariamente el retorno de la misma. Es bien sabido que enfermos que luchan durante la inducción de la anestesia con éter no retienen estos recuerdos. Por otra parte, éter en concentraciones muy bajas, aproximadas a las que borran la respuesta de alerta en animales, producen analgesia clínica. La técnica de éter analgesia descubierta por Artusio en Nueva York es otro ejemplo. Sus pacientes responden a la palabra hablada durante la anestesia pero no guardan imágenes de dolor o disconfort.

Modernas técnicas explotan también esta susceptibilidad del Sistema Reticular a los anestésicos. Técnicas con relajantes dependen en su éxito del mantenimiento de un plano muy ligero de anestesia con óxido nítrico y un poco de demerol, mientras que el movimiento muscular reflejo es suprimido por medio de parálisis muscular.

Un método alternativo consiste en controlar el movimiento reflejo por medio de demerol intravenoso u otros opiáceos en lugar de profundizar el plano de anestesia y añadir por tanto mayor depresión celular.

El sistema reticular también muestra sensibilidad a la concentración de sustancias neuro-humorales y endócrinas en la corriente sanguínea.

El bióxido de carbono ofrece un ejemplo. La hiperventilación vigorosa a través de un

absorbedor del bióxido de carbono en estudiantes de medicina conscientes, y sin sedación alguna, indujo pérdida de la conciencia con cambios electroencefalográficos similares a los encontrados durante el sueño. Este trabajo debido a Grey y otros, en Liverpool, provee la base para su técnica anestésica, que depende únicamente de óxido nítrico, oxígeno e hiperventilación para abolir la conciencia, añadiendo curare para producir la relajación muscular. Bióxido de carbono en exceso puede también inducir narcosis, como ya demostró Nunn y sus colegas en la Facultad de Anestesia, inhalando bióxido de carbono hasta el punto de la inconsciencia.

Una observación de Selye sobre los efectos sedativos de ciertas sustancias de origen endócrino condujo a la aparición del anestésico esteroide hidroxidione. La amfetamina es un poderoso estimulante reticular que induce estados de alerta, y Martha Vogt, de Edilburgo, ha revelado un contenido elevado de noradrenalina en el cerebro medio, sugiriendo que esta área responde a catecolaminas.

ACCION DE LAS FENOTIAZINAS

Más información de interés para el anestesista ha emergido de las investigaciones de drogas tranquilizantes y psicotrópicas, y de su acción sobre el sistema reticular en cuestión. En un principio existió considerable confusión ya que los cambios electroencefalográficos registrados durante la transición del estado de alerta al de sueño o viceversa, en respuesta a drogas, no guardaban una correlación con los cambios de conducta observados en los animales.

Por ejemplo, se expuso que la atropina y la physostigmina producían, respectivamente, un bloqueo y estimulación de las respuestas de alerta mediante una acción so-

bre el sistema reticular. P. B. Bradley, de Birmingham, Inglaterra, mostró que estos efectos no se acompañaban, en realidad, de los correspondientes cambios de conducta en animales y que los cambios E.E.G. aparecían de una acción directa de las drogas en el mecanismo colinérgico del cortex cerebral.

Sin embargo, aún permanecía la impresión de que en adición a los anestésicos muchos tranquilizantes, especialmente los derivados de la fenotiazina, tenían una directa acción depresora sobre el sistema reticular, y a esto se debe en parte la reputación adquirida por estas drogas como "potenciadores" de los efectos de las drogas anestésicas y analgésicas tales como la morfina. Bradley y sus colaboradores en una serie de investigaciones aclararon la situación demostrando la diferencia de acción existente entre las drogas de la fenotiazina y anestésicas, estableciendo para las primeras un tipo de acción hasta ahora desconocido, pero con considerables implicaciones.

Ya se ha hecho referencia a la extensa contribución al Sistema Reticular por medio de colaterales de las vías sensitivas clásicas y de los núcleos sensitivos craneales. Ha sido también observado que la disposición de axones y dendritas en las partes laterales de la formación reticular es una dirección transversa, sugestivo ello de que puedan desempeñar una función aferente, en contradicción a las fibras más mediales que están dispuestas en una manera horizontal más en relación con una función efectora.

Bradley pudo demostrar que la clorpromazina (y otras fenotiazinas como la promazina) parecían interferir con el influjo sensitivo en el sistema reticular, en el punto donde las colaterales hacían contacto con neuronas de la formación reticular. Sin embargo no pudo demostrar ninguna acción depresora de la clorpromazina sobre el aisla-

do cerebro, y solamente una limitada depresión de la reacción de alerta en la Formación Reticular se evocaba por la estimulación sensitiva periférica. La acción de los barbitúricos, por otra parte, era directa, e incrementadas dosis de los mismos abolían la misma reacción por estimulación periférica.

Esta distinción entre la acción de los barbitúricos y la fenotiazina queda claramente demostrada en el siguiente experimento.

Por medio de un microelectrodo insertó en una sola neurona de la formación reticular pudo observar que este respondía, en separadas ocasiones, a estímulos sensitivos de diferente origen.

Demostró también que en el animal consciente y no sedado podía en diferentes ocasiones evocarse actividad de esta misma neurona, golpeando ligeramente la pata delantera y la nariz, mostrando así la naturaleza específica de las neuronas en el sistema reticular y su capacidad para responder a estímulos sensitivos de diferente origen.

Después de la administración de 2 miligramos por kilo de clorpromazina (dosis que en animales deprime también la reacción de alerta a estímulos periféricos) la neurona continuaba respondiendo como antes, pero esta vez con una intensidad más reducida. Es significativo que el incremento de la dosis en cinco veces su original, no intensificaba la acción depresora, y siempre se obtuvo respuesta, es decir, su actividad nunca pudo abolirse completamente.

Sin embargo, si se daba una pequeña dosis subanestésica de thipentona (5 mg/kg.) (insuficiente para dejar inconsciente a un animal no sedado) desaparecía toda actividad en la neurona por un período de 20 minutos, después del cual reaparecía la lenta descarga como antes.

Estos resultados justifican la hipótesis de Bradley de que la clorpromazina y otras

fenotiazinas similares deprimen la actividad evocada por los impulsos aferentes a la formación reticular, probablemente en la unión de colaterales aferentes con las neuronas laterales reticulares, sugiriendo así que en este punto se implicaba un mecanismo no colinérgico, ya que la clorpromazina no tiene acción sobre transmisores colinérgicos en otras partes del cerebro.

Este es un nuevo tipo de actividad y es por sí mismo, capaz de explicar las múltiples y variadas acciones centrales de la clorpromazina y compuestos similares las cuales pueden resumirse como sigue:

1. *Intensificación de la acción de sedativos, hipnóticos y agentes anestésicos.*
Secundaria depresión del mecanismo de alerta incrementa su susceptibilidad a la acción de agentes que normalmente abolen su actividad.
2. Depresión del tono encefálico general reduce la atención y la respuesta emocional al medio ambiente —particularmente a través de depresión secundaria del sistema límbico— sin marcada acción hipnótica. Esta propiedad es de gran valor en la sedación preoperatoria ya que disminuye la aprensión y miedo, y si se combina con pequeñas dosis de hipnóticos induce a un estado ideal de somnolienta indiferencia.
3. Otras actividades, somática y autonómica evocadas por el influjo aferente en el sistema reticular son correspondientemente reducidas con grandes resultados.
 - a) La actividad respiratoria espasmódica es reducida. Todos los derivados de la fenotiazina tienen propiedades supresoras de la tos. Los disturbios respiratorios quedan grandemente reducidos.
 - b) El tono muscular aparece reducido —acción que ha sido explotada en el tratamiento del tétano con la clorpromazina. También es reducida la respuesta a la tracción sobre el peritoneo parietal, rigidez muscular (y en el sujeto consciente, náusea).
 - c) El tono vasomotor está también deprimido así como la intensidad de las respuestas vasomotoras. La presión sanguínea puede registrar una caída, y esta propiedad ha sido considerada como una desventaja, pero provisto que el mantenimiento del volumen sanguíneo es efectivo no resulta perjudicial.
 - d) La sensibilidad del centro vomitivo aparece deprimida y todas las fenotiazinas tienen propiedades antieméticas.
 - e) Existen informes clínicos y experimentales que dan a estas drogas propiedades preservativas del shock. Lo previenen mejor que lo curan. Sin duda, estos efectos se relacionan con la capacidad de la clorpromazina de actuar como un filtro o pantalla a los asaltos masivos sobre el tronco cerebral de impulsos aferentes somáticos y autonómicos los cuales aparecen como resultado de hemorragia o heridas, reduciendo de esta manera la intensidad de las respuestas —especialmente vasomotoras y endócrinas— y permitiendo que las medidas convencionales tomadas sean efectivas. Estas propiedades son también de gran importancia en el tratamiento de heridas de cabeza graves.

Mucho se ha dicho para indicar el gran interés que el Sistema Reticular tiene para la Anestesia. Las nuevas ideas sobre su relación con el mecanismo de la conciencia

son de extraordinario valor, pues por sí solas señalan la posibilidad de que en el futuro el anestesista pueda utilizar una técnica que, además de abolir el dolor, ejerza un control sobre la respuesta a un traumatismo, sea el que fuere, y sobre los disturbios metabó-

licos depresivos post-operatorios que el cirujano francés Leriche llamó "La Maladie post operations". Este concepto abre un amplio campo de interés para el Anestesista y sugiere nuevos horizontes para futuras investigaciones.



A NUESTROS LECTORES:

HACEMOS de su conocimiento que a partir del presente número hemos formado una nueva Sección en nuestra Revista, que pensamos será de interés para los Anestesiólogos mexicanos. Se titula: CIENCIAS BÁSICAS.

El título por sí mismo, habla de la importancia de esta Sección que vendrá a ser para algunos, una especie de lectura para recordar Temas que en ciertas facetas se han olvidado, para otros, una actualización de los problemas de Anatomía y Fisiología en Anestesia, tan necesarios para el mejora-

miento de nuestra diaria labor. Y para todos, queremos que esto sea un motivo de invitación para despertar ideas o inquietudes y nos escriban, enviándonos algún artículo de esta naturaleza, una sugestión, una idea, o bien una solicitud sobre algún tema que en especial deseen que se trate.

Deseamos para el mantenimiento de esta Sección, la colaboración, muy particularmente, de los Servicios de Anestesiología de las Instituciones Hospitalarias de toda la República.

Atentamente,
LA DIRECCIÓN.