

Artículo de revisión

La capacidad de los neonatos de regular sus estados de conciencia y la habituación ¿marcadores tempranos de dificultades en el desarrollo?

Neonatal capacity of regulation of behavioral states and habituation
¿Early markers of neurodevelopment impairment?

Vania Aldrete-Cortez^{1*}, Mayte Mota-Becerra², Silvia A. Tafoya^{1,3} y César Casasola²

1 Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Desarrollo, Escuela de Psicología, Universidad Panamericana. Ciudad de México, México.

2 Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

3 Departamento de Psiquiatría y Salud Mental, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Resumen

Desde la etapa neonatal, la detección temprana de marcadores conductuales de alteraciones sutiles en el neurodesarrollo, es un campo todavía en crecimiento. El objetivo de esta revisión es describir los mecanismos que subyacen a la conducta del neonato durante la aplicación de la subescala de habituación que forma parte de la *Neonatal Behavioral Assessment Scale* (NBAS), con especial énfasis en la vía visual. Se destacan el papel de la habituación y la regulación de los estados de conciencia como los mecanismos fundamentales durante el primer estímulo y del segundo al décimo estímulo, en dicha escala. Estos procesos representan una capacidad fundamental para la adaptación del recién nacido y se discuten sus posibles implicaciones en el desempeño cognitivo posterior.

Palabras clave: habituación, estados de conciencia, NBAS, neonato, neurodesarrollo

Abstract

Since the neonatal stage, early detection of behavioral markers of subtle impairments in neurodevelopment is a field still under growth. The objective of this review is to describe the mechanisms underlying neonatal behavior during the habituation scale of NBAS, that emphasizes the visual pathway. The role of habituation and the regulation of behavioral states are highlighted during the first stimuli and the second to ten stimuli, during performance of NBAS. Those processes represent a fundamental capacity for newborns' adaptation and are discussed in line to later cognitive performance.

Keywords: habituation, behavioral states, NBAS, newborn, neurodevelopment

Introducción

Desde hace muchos años, los profesionales que estudian al individuo en desarrollo pretenden generar el conocimiento suficiente para la detección temprana, prevención y manejo rehabilitatorio de las secuelas neurológicas de origen perinatal. Para prevenir dichas secuelas, es necesario detectar a los individuos con riesgo en el periodo neonatal y estudiarlos longitudinalmente hasta la expresión clínica de las secuelas que permita su diagnóstico y, confirmar así, el origen perinatal de las mismas (Ugartechea-Hernández et al., 1982).

Generalmente, las lesiones motoras son fáciles de detectar en estos organismos, debido a que son suficientemente intensas para conducir a deficiencias serias, ya sea motoras o mentales. En contraste, es más difícil detectar la expresión clínica de las secuelas neurológicas sutiles en el neonato, las cuales conllevan a repercusiones en el neurodesarrollo que son menos severas; pero no por eso, menos importantes, como los problemas de conducta o de aprendizaje detectados hasta la etapa escolar (Aldrete-Cortez, Carrillo-Mora, Mansilla-Olivares, Schnaas y Esquivel-Ancona, 2014; Ugartechea-Hernández et al., 1982). Debido a esto, recientemente se han intentado encontrar marcadores tempranos de dichas conductas mediante el uso de tec-

nología de alto costo y baja cobertura, como los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (Aldrete-Cortez, et al., 2015; Geva y Feldman, 2008). Sin embargo, el uso de este tipo de tecnología en contextos con pocos recursos no es factible. Si a esto se le añade la carga abrumadora de trabajo de los neonatólogos, que disponen de pocos minutos para revisar al bebé; una evaluación clínica que consuma poco tiempo para la detección temprana de secuelas neurológicas sutiles resulta una necesidad de enorme importancia.

Brazelton desarrolló una evaluación de la conducta neonatal, la *Neonatal Behavioral Assessment Scale* (NBAS), que es considerada estándar de oro para su campo (Brazelton y Nugent, 1995); una de las razones es que ésta ha sido ampliamente correlacionada con el desempeño cognitivo en la niñez (Meher, Hernandez-Andrade, Basheer y Lees, 2015). Sin embargo, para un examinador experto, la duración de la aplicación y la calificación pueden tomar de unos 30 a 50 minutos, tiempo que no es factible en un contexto como el antes señalado. No obstante, en el NBAS se incluyó la subescala de habituación, cuya aplicación dura aproximadamente 5 minutos. Básicamente consiste en que mientras el bebé se encuentra dormido, se observa la disminución de su respuesta ante un estímulo como la luz, un sonido como un sonajero y ante la estimulación táctil del pie (Brazelton y Nugent, 1995).

* Correspondencia y solicitud de sobretiros: Dra. Vania Aldrete-Cortez. Augusto Rodin 498, Insurgentes Mixocac, Benito Juárez, C.P. 03920. Ciudad de México, México. Teléfono Fax 54821600 ext 5621. E-mail: valdrete@gmail.com

Por lo tanto, resulta de particular interés la subescala de habituación, por el bajo costo, corto tiempo de aplicación y porque permite conocer una habilidad fundamental para el recién nacido: la capacidad de eludir o captar estímulos por medio de los cambios de su estado, ya sea hacia un estado de habituación o un estado de sueño; si esta habilidad se dimensiona, resulta impresionante en los neonatos. Brazelton observó que un recién nacido frágil sufre una gran disminución en su capacidad para controlar sus estados. Ese tipo de bebés tienen un umbral tan bajo que, junto con su incapacidad para habituarse a estímulos perturbadores o repetitivos, fácilmente se sobrecargan. Entonces, es probable que se desorganicen; que interrumpan su respiración, que incrementen su actividad o empiecen a llorar para eludir estos estímulos abrumadores. De este modo, su oportunidad para asimilar y aprender a partir de su entorno se encuentra en serio peligro (Brazelton y Nugent, 1995).

Debido a lo antes citado, el objetivo de este trabajo es describir los mecanismos que subyacen a la conducta del bebé durante la aplicación de la subescala de habituación del NBAS. Es de nuestro especial interés conocer qué sucede en dos momentos: ante el primer estímulo, ya sea que el bebé se despierte o continúe dormido, y del segundo al décimo estímulo, que logre o no la habituación. Creemos que la comprensión de dichos mecanismos facilitará el establecimiento de los elementos necesarios para el desarrollo de planes de prevención e intervención de neonatos de riesgo, sobre todo los que se encuentren en ambientes estresantes como en las unidades de cuidados intensivos (UCIN), lo que promoverá las bases para un mejor neurodesarrollo.

La habituación en la NBAS

La escala NBAS, desarrollada por Brazelton en los 70's, es considerada a la fecha una de las evaluaciones más completas del comportamiento del recién nacido. Contiene siete subescalas: social-interactivo, sistema motor, organización del estado, regulación del estado, sistema nervioso autónomo, reflejos, y la subescala de habituación que, en su conjunto, permiten examinar los efectos de una variedad de factores de riesgo perinatales, ofreciendo al final una descripción de las fortalezas, respuestas adaptativas y posibles vulnerabilidades del bebé evaluado (Batram, Barlow y Wolke, 2015).

De manera específica, la habituación es uno de los paradigmas más utilizados en la investigación del desarrollo pre y post natal, debido a que representa una forma de aprendizaje básico cuya falta puede ser indicador de la exposición del feto a condiciones de riesgo neurológico, por lo que ofrece información acerca del funcionamiento del sistema nervioso central (SNC) (Leader, Baillie, Martin y Vermeulen, 1982; Thompson, 2009). Actualmente es considerada un importante predictor del desarrollo cognitivo (Gaultney y Gigras, 2005; Madison, Madison y Adubato, 1986).

La aplicación de la subescala de habituación del NBAS se debe realizar al mes de edad corregida, cuando el neonato se encuentre dormido (de preferencia sueño ligero o somnoliento). Para observar la disminución de la respuesta ante la luz, hay que administrar la luz directamente a los ojos del bebé durante uno o dos segundos. Cuando la respuesta se desvanece y después desaparece, se esperan cinco segundos y se presenta otra vez el estímulo hasta diez veces. Después, se administra el ítem en el que se hace sonar una campanilla a 25-30 cm del oído durante un segundo aproximadamente, teniendo la precaución de no variar la intensidad del sonido. Finalmente, se observa la disminución de la respuesta ante la estimulación táctil del pie mediante la administración de un "pinchazo". Se coge con firmeza el talón del bebé y con un punzón romo estéril se estimula la planta del pie con un discreto pinchazo. Se practican solo 5 estimulaciones en el mismo pie (Brazelton y Nugent, 1995). En este artículo, se analizarán los mecanismos que subyacen a la habituación ante la administración del estímulo luminoso.

Respuestas al primer estímulo de la subescala de habituación del NBAS

Los estados de conciencia: la base fisiológica para la detección de los estímulos

Ante el primer estímulo de la subescala de habituación del NBAS, se requiere describir la capacidad del neonato de detectar y seleccionar los estímulos. Estos mecanismos son esenciales para regular la información que llega al organismo (Glejzer, 2017; Verbruggen, McLaren y Chambers, 2014). Durante la etapa neonatal, la regulación de la información se logra gracias al establecimiento de los estados de conciencia, ya sea sueño o vigilia, para lo cual la formación reticular juega un papel primordial, por lo que se le considera la base fisiológica para la detección y procesamiento de los estímulos

que llegan al organismo (Coenen, 1995; Steriade, McCormick y Sejnowski, 1993).

La formación reticular es una malla de núcleos y tractos en el tallo cerebral que en forma rostral se extienden hacia la corteza cerebral y en forma dorsal hacia la médula espinal. Se conforma por dos sistemas o grupos de neuronas encargados de regular el ciclo sueño-vigilia. Primero, el sistema activador reticular ascendente (SARA), regula el estado de vigilia al estimular a toda la corteza cerebral. En él participan núcleos colinérgicos, glutamatérgicos, noradrenérgicos y del hipotálamo, el núcleo tuberomamilar que produce histamina y se proyectan a los núcleos intralaminares del tálamo, y de ahí, hacia la corteza cerebral para estimularla y llevarla a la condición de vigilia (Coenen, 1995; Steriade, McCormick y Sejnowski, 1993).

El segundo sistema de la formación reticular se compone por grupos de neuronas y fibras que van a inducir y regular el estado de sueño. En esta regulación participan neuronas serotoninérgicas que se proyectan del tallo cerebral hacia el tálamo y la corteza cerebral. Asimismo, el núcleo supraquiasmático del hipotálamo recibe información sobre los cambios de luz en el ambiente que, al recibir información de poca luz, activa regiones del hipotálamo para inhibir la producción de histamina, hipocretinas y la actividad del *locus coeruleus*. Así también, el área preóptica del hipotálamo y las neuronas GABAérgicas participan en la inhibición de la histamina, del *locus coeruleus* y de los núcleos colinérgicos que forman parte del SARA y participan en el estado de vigilia; aunque algunos núcleos colinérgicos se observan activos durante el sueño paradójico. Además, neuronas GABAérgicas participan en la inhibición de motoneuronas *alfa* de la médula espinal para provocar la relajación muscular. Finalmente, el núcleo reticular del tálamo filtra el paso de la información del tálamo a la corteza y viceversa durante el sueño profundo (Berridge y Waterhouse, 2003; Coenen, 1995; Siegel, 1990).

Entonces, debido a que la subescala de habituación del NBAS se aplica durante el estado de sueño, cabe la inquietud de describir, primero, si se detectan estímulos durante el sueño, y segundo, qué se requiere para que el neonato continúe dormido ante la estimulación durante la subescala de habituación.

Detección de estímulos durante el sueño

Primero, tanto en el estado de sueño como en la vigilia, la información del medio es codificada en impulsos eléctricos por los órganos sensoriales, y se transfiere al tálamo y luego a las áreas corticales correspondientes según la modalidad sensorial. En el caso de la información visual, bajo circunstancias de alerta, se ha registrado que el radio de transmisión de entrada (registro y codificación del mensaje por los receptores periféricos) y de salida (llegada de la información a la corteza) es de 1 y 0,7 respectivamente (Coenen, 1995).

Ahora bien, bajo circunstancias de sueño, el radio de transferencia entre la entrada del estímulo y la salida decrece de 1 a 0,4 ó 0,3, respectivamente. Así también, se observa una amplitud menor de los componentes de los potenciales relacionados a eventos durante el sueño en comparación con la vigilia (Coenen, 1995). García-Austt, Bogatz y Vanzulli (1962) demostraron que durante el sueño se presentan respuestas en los potenciales evocados visuales y auditivos. Es decir, tanto en el estado de sueño como en el de vigilia, los órganos periféricos codifican el estímulo sensorial de la misma manera, aunque en el estado de sueño, la información que llega a la corteza es mucho menor que la que llega durante el estado de vigilia (Coenen, 1995).

Evaluación de los estímulos

A pesar de que la información del estímulo que llega a la corteza es menor y que no existe una percepción consciente durante el sueño, las actividades cognitivas no se encuentran completamente excluidas. Esto es debido a que la información que logra pasar del núcleo reticular del tálamo y alcanza los niveles corticales, es suficiente para que se realice una evaluación superficial inconsciente del estímulo; de hecho, suceden procesos como percepción, evaluación y reconocimiento del estímulo, que permiten establecer si dicho estímulo es relevante para que el sujeto se despierte. El umbral para despertar ante estímulos relevantes es más bajo en comparación con estímulos menos relevantes, aunque los estímulos sean físicamente idénticos. Un ejemplo de estímulos que poseen un umbral muy bajo son todos los estímulos relacionados con el sistema nervioso autónomo (Ángeles-Castellanos, Rodríguez, Salgado y Escobar, 2007; Coenen, 1995; Coulon, Buudde y Pape, 2012; Steriade et al., 1993).

Entonces, durante la aplicación del primer estímulo de la escala de habituación del NBAS se puede observar la capacidad del sujeto de continuar dormido. Si el sujeto no logra continuar dormido es posible que sea debido a la inmadurez de su SNC, que no le permite evaluar el estímulo y determinar

que no es importante para despertar; es necesario destacar que en esta explicación sólo se consideran variables fisiológicas y se excluyen todas las variables ambientales que deben estar constantes durante la aplicación de la NBAS. Parte de dicha inmadurez del SNC se refleja en los bebés con riesgos perinatales que presentan una desorganización en la arquitectura del sueño neonatal: mayor monto de sueño tranquilo y menor monto de sueño activo, por lo que es más factible que esos bebés se despierten con mayor facilidad por presentar más monto de sueño tranquilo, sueño durante el cual es más fácil despertar. Por lo anteriormente descrito, se especula que la capacidad de establecer, mantener y regular los estados de conciencia es un pilar fundamental durante el neurodesarrollo (Aldrete-Cortez et al, 2014; Aldrete-Cortez et al, 2015; Weisman, Magori-Cohen, Louzoun, Eidelman y Feldman, 2011; Yiallourou, Wallace, Miller y Horne, 2016). Debido a estos motivos, se considera importante detallar el proceso de la organización de los estados de conciencia durante la etapa neonatal.

Los estados de conciencia de los recién nacidos

Brazelton ha impulsado la idea de que los recién nacidos son competentes, activos, dotados de excelentes capacidades para comunicar sus necesidades y establecer una interacción con su entorno. Una de las primeras capacidades que le permiten al bebé interactuar con su entorno es a través del establecimiento y transición adecuada de sus estados de conciencia (Brazelton y Nugent, 1995; Nugent, 1995).

De esta forma, los estados de conciencia del recién nacido constituyen la matriz básica o la plataforma en la que se inscriben todas sus reacciones, tanto sensoriales como motoras; esta capacidad permite captar o eludir los estímulos a través del estado de alerta o de sueño. Primero, el bebé puede captar los estímulos a través de su estado de alerta; por lo tanto, se considera una respuesta conductual del recién nacido. El estado de alerta, más allá del efecto transitorio de atender a la información y procesar la experiencia, determina las posibilidades del bebé para engancharse en el contexto social y adquirir nuevas habilidades (Brazelton y Nugent, 1995; Harkness et al., 2007). Segundo, el estado de conciencia de sueño del bebé, le permite eludir los estímulos aversivos y así continuar dormido. Es importante que durante el estado de sueño el bebé logre establecer adecuadamente todas las etapas del sueño neonatal. Es decir, que el bebé presente el monto adecuado de sueño activo versus sueño tranquilo; lo que será esencial para que sucedan procesos importantes para el desarrollo del SNC como la creación de circuitos neuronales durante el sueño activo (Graven y Browne, 2008).

El establecimiento y transición adecuada de los estados de conciencia del bebé se ven afectados por el ambiente, más aún si es un ambiente estresante. Ante esto, los cuidadores contribuyen a la estabilización y consolidación de los estados de conciencia, aunque la forma en cómo contribuyen está definida por los aspectos culturales. Por ejemplo, las madres de EEUU promueven un estado de alerta a través de la constante excitación debida a diversos aparatos electrónicos que producen sonidos, luces y movimiento, los cuales estimulan muchos sentidos al mismo tiempo. Estos bebés se encuentran a merced de la estimulación sensorial, es decir, cuando ya no hay estímulos es momento de dormir, o cuando las madres realizan una serie de acciones para que el bebé se relaje y logre llegar a un estado de sueño, por ejemplo, cantar, hablar, mecer, abrazar o proporcionar chupones. Estas acciones u objetos actúan como moderadores de los estados de conciencia, dificultando el ejercicio de la autorregulación de sus estados. En contraste, las madres Koreanas están más preocupadas en proveer a sus bebés un ambiente tranquilo con pocos estímulos sensoriales, incluso duermen con sus hijos. De esta forma, a las mamás se les facilita ser sensibles a las expresiones de sus hijos, y los bebés determinan por ellos mismos cuando tienen necesidad de dormir; lo que facilita el ejercicio de autorregular sus estados de conciencia (Harkness et al., 2007).

En ese sentido, Brazelton y Nugent (1995) añaden que los bebés pueden asimilar estímulos suaves de una sola modalidad sensorial. Si se respeta dicha necesidad, el bebé aprenderá a asimilar estímulos más complejos, aunque no siempre sucede esto, por ejemplo, en un ambiente estresante como una UCIN en donde recibe muchos estímulos a la vez. Entonces, será fundamental que el bebé no sólo logre establecer adecuadamente sus estados de conciencia; sino también, que sea capaz de sustraerse a estímulos negativos mientras duerme; para esto, es esencial la habituación.

Respuestas del segundo al décimo estímulo de la subescala de habituación del NBAS

Lo que sucede durante la aplicación del segundo al décimo estímulo son todos los procesos relacionados con la habituación. Antes de comenzar a describir dichos procesos, es pertinente considerar algunos factores ambientales que modifican el umbral del bebé ante la estimulación sensorial, entre estos destacan la experiencia previa ante el estímulo, factores perinatales, fatiga, hora de estimulación; factores que son modificables (Brazelton y Nugent, 1995). Sin embargo, a estos se suman las diferencias individuales que, desde la teoría del temperamento, son el reflejo del “equipo biológico” con el que el bebé reacciona ante el ambiente, y no son modificables, por lo que es pertinente describirlas con más detalle (O’Gorman, 1977).

Diferencias individuales: reactividad

Las diferencias individuales ante la habituación, que podrían considerarse como “la reactividad de los sujetos ante los estímulos”, forman parte del modelo de temperamento desarrollado por M.K. Rothbart desde los 80’s. De forma que, la reactividad se relaciona estrechamente con los diferentes umbrales de excitación o inhibición, características que permiten menor o mayor rapidez para que se llegue a la habituación (O’Gorman, 1977). La *reactividad* es la latencia y la intensidad de la reacción; y *autorregulación* comprende las estrategias para modular esas reacciones y regresar al sistema al estado basal (Frick et al., 2017; Rothbart, 1981, 2007; Rothbart, Ellis y Posner, 2004; Schuetz, Eiden, Colder, Huestis y Leonard, 2017).

Rothbart en su modelo de temperamento describió tres factores fundamentales, dos de los cuales son aspectos de la reactividad: afectividad negativa y extroversión/afectividad positiva. La afectividad negativa se constituye por frustración, miedo, incomodidad y tristeza, mientras que la extroversión/afectividad positiva se relaciona con emocionalidad positiva, niveles de alta aproximación hacia los estímulos, altos niveles de actividad, bajos niveles de timidez, impulsividad, afecto positivo, placer intenso y afiliación (Frick et al., 2017; Kay, Mrsiske, Suomi y Higley, 2010; Lin, Crnic, Luecken y Gonzales, 2014).

La afectividad negativa ha sido objeto de diversos estudios, se ha reportado que los bebés con altos niveles de afectividad negativa son más excitables; por lo tanto, se observan más reactivos y vulnerables ante las condiciones del ambiente. Estos bebés presentan mayor nivel de cortisol, que irrumpe en el desarrollo normal de diversos circuitos neuronales, incluyendo el eje hipotálamo-pituitaria adrenal y el autoinmune (Luecken, MacKinnon, Jewell, Crnic y Gonzales, 2015), lo que afecta otras esferas del desarrollo y podría afectar los tiempos de habituación.

Por otro lado, los bebés con altos niveles de afectividad positiva se habitúan más rápido (O’Gorman, 1977). Esto se relaciona con una habilidad exitosa de afrontar estímulos adversos y facilita la adaptación, inclusive fisiológica, pues se observa menor reactividad fisiológica ante los estímulos estresantes y una recuperación fisiológica completa después del estrés (Lu y Wang, 2017). Por ello, tanto la afectividad negativa como la afectividad positiva se consideran aspectos fundamentales en los orígenes de los patrones de respuesta de los individuos.

Habituación

A partir del segundo estímulo comienza a darse el proceso de habituación. El interés alrededor de este concepto es debido a que es una forma fundamental de plasticidad en el SNC que se refleja en cambios en la conducta (Thompson, 2009).

Definición de habituación y sensibilización

La habituación es una conducta definida como la disminución progresiva de la respuesta de un organismo a un estímulo específico, disminución que no se debe a la fatiga (Gonzales-Frankenberger et al., 2008; Holmes et al., 2014; Rankin et al., 2009). Durante la habituación, el organismo deja de responder al estímulo a pesar de percibirlo, debido a que en los receptores primarios se incrementa el umbral ante la repetición del estímulo, para finalmente bloquear la transmisión de impulsos de las neuronas sensoriales a las neuronas motoras (Domjan, 2010; Gonzales-Frankenberger et al., 2008). Asimismo, la habituación se considera la expresión más simple de un aprendizaje implícito de tipo no asociativo, en el que el organismo aprende sobre las propiedades de un único estímulo (Domjan, 2010; Lacruz, 2006; Solís y López-Hernández, 2009).

En el caso de la subescala de habituación del NBAS, se puede observar la disminución progresiva de la respuesta del recién nacido ante la luz. Se observa una curva que coincide con lo planteado por Holmes et al. (2014), que se caracteriza generalmente por un decremento rápido y pronunciado en los primeros dos o tres estímulos, seguidos por una tasa lenta y pequeña de decremento conforme se siguen repitiendo los estímulos. De hecho, la habituación puede producirse durante el sueño ligero, tal como se realiza en la subescala del NBAS. Durante el sueño, la habituación continúa, sin embargo, en grados menores a los que se observa en vigilia, ya que no se realiza una integración sensorial consciente. La recepción sensorial continúa realizándose en niveles superficiales de sueño y, por consiguiente, la transmisión de la información no está interrumpida (García-Austt et al., 1962).

En paralelo a la habituación se encuentra la sensibilización, que se observa más en conductas de defensa. La sensibilización incrementa la posibilidad de respuesta a un estímulo, por ejemplo, cuando un animal recibe repetidas veces un estímulo inocuo, aprende a habituarse a él. Pero si es un estímulo aversivo, el animal suele aprender a responder de manera más energética, y no solo a dicho estímulo, sino también a otros, aunque no sean aversivos. Es decir, un estímulo aplicado en una vía produce una variación en la intensidad de la respuesta de otra vía (Kandel, 2001). La habituación y la sensibilización son formas del aprendizaje que generan un incremento o disminución de las respuestas y se sugiere trabajan de forma independiente, pero en paralelo, lo que se conoce como teoría del proceso dual (Gluck, Mercado y Myer, 2009; Groves y Thompson, 1970).

Teoría del proceso dual de la habituación

La teoría del proceso dual, de Groves y Thompson, asume que cualquier estímulo puede resultar en dos procesos independientes en el SNC; por un lado, la habituación y, por otro lado, la sensibilización, que son posibles por el estímulo (E) que provoca una respuesta (R). La repetición de los estímulos genera un decremento de la transmisión sináptica lo que se puede calificar como memoria (Groves y Thompson, 1970; Thompson, 2009). Este tipo de aprendizaje se puede describir de forma sencilla en los reflejos. Un reflejo involucra dos eventos importantes, un E provocador y una R correspondiente. Los reflejos son mediados por tres neuronas, que el estímulo activa: 1) una neurona sensorial, que envía el mensaje a la médula espinal en la que participa 2) una interneurona y de ahí a 3) las neuronas motoras que activan el músculo involucrado (Guyton, Hall y Guyton, 2006). A partir de este modelo se determinaron las propiedades biológicas de la habituación en un gran número de reflejos y en distinto número de especies (Martínez-Stack y Bouzas-Riño, 1991). Sin embargo, en la especie que se ha descrito extensamente es en la *Aplysia californica* por Kandel y colaboradores (Kandel, 2001).

Bases biológicas de la habituación

Uno de los primeros investigadores que determinó las propiedades de la habituación desde un análisis celular fue Charles Sherrington en 1906, quien observó una disminución de la intensidad de la respuesta del reflejo de flexión de patas de mamíferos. Dedujo un cambio entre conexiones neuronales por decremento en la eficacia sináptica en las vías de las neuronas motoras, que fueron activadas de manera repetida, por lo que postuló que la depresión sináptica era la base biológica a nivel celular de la habituación (Castellucci y Kandel, 1974; Kandel, 2001).

La base biológica a nivel neuroanatómico de la habituación se plantea como la asociación entre un E provocador y una R correspondiente (Domjan, 2010), que incluye las tres neuronas antes mencionadas. Sin embargo, en la literatura se plantea que este tipo de aprendizaje en mamíferos requiere redes neuronales más complejas (Castellucci, Pinsker, Kupfermann y Kandel, 1970). Brackbill (1971) añadió que, para observar una habituación normal, es necesaria la integridad de la corteza cerebral, debido a su papel como centro de integración de la información, fenómeno que fue observado por Davis y Gendelman (1977) al reportar que tras la descerebración en ratas se alteraba la habituación. A este respecto, Hernández-Peón, uno de los psicofisiólogos mexicanos más influyentes, demostró la participación de la actividad eléctrica de áreas del tallo cerebral (como la formación reticular) a medida que se establecía la habituación (Drucker-Colín, 1999; Hernández-Peón, 1960). A esto se añade la evidencia planteada por Suarez (2004) quien describe que los fetos con patologías en el SNC presentan mayor dificultad para habituarse, o bien, no logran hacerlo. Holloway y Parsons (1971) señalaron que el daño cerebral genera una reducción en la extensión de la respuesta de habituación. Por su parte, Hutt, Hutt, Lee y Ounsted (1965) observaron que niños con autismo, no reflejan conducta de habituación ni patrones de electroencefalograma de habituación normales. Eisenberg, Coursin y Rupp

(1966) observaron los tiempos de habituación en neonatos con sospecha de algún posible daño cerebral, fue del doble que el analizado en niños controles. Slater, Carrick, Bell y Roberts (1999) describieron que niños con riesgo de retraso cognitivo tardan más en habituarse en comparación con los niños que procesan más rápido y eficientemente la información.

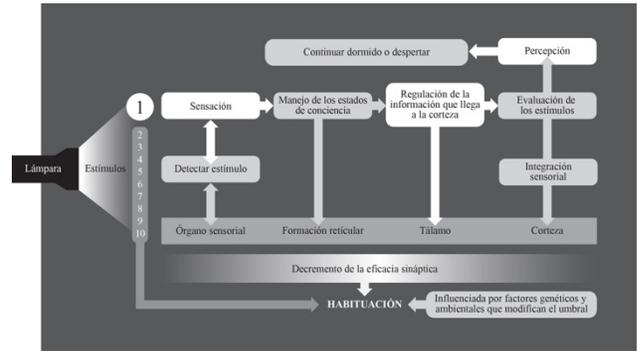


Figura 1. Procesos implicados durante la aplicación de la subescala de habituación del NBAS

Por lo antes señalado, parece factible pensar que en un nivel de análisis de los sistemas sensoriales y de integración de la información es necesario considerar otros factores durante la ejecución de la subescala de habituación del NBAS (ver Figura 1), además de la habituación en sí misma, como la mielinización de las vías sensoriales, los factores que afectan al umbral, la detección y el filtro adecuado de las señales, la integridad y activación de la formación reticular, de las motoneuronas, de los sistemas de asociación de la corteza, la activación o inhibición de los efectores, y finalmente, la regulación apropiada de los estados de conciencia. Por lo tanto, la subescala de habituación del NBAS puede ser una herramienta útil para determinar algunos marcadores de alteraciones posiblemente sutiles en el desarrollo, aunque para establecer esto último faltarían desarrollar estudios de seguimiento.

Discusión

La detección temprana de signos de alarma en el desarrollo patológico es un campo interesante y en crecimiento para los profesionales de la salud. Desde el punto de vista neurológico, los indicadores de riesgo en el periodo neonatal están muy bien definidos; en contraste con los marcadores tempranos conductuales pues, desde esa perspectiva, falta mucho por definir (Canals, Esparo y Fernandez-Ballart, 2006).

La conducta del bebé durante sus primeros años es una señal importante de la organización del SNC, reflejo de procesos afectivos y cognitivos básicos que aseguran la interacción del infante con su medio (Als, 1988). Las redes de neuronas que componen el SNC en humanos, son capaces de codificar la relación entre eventos biológicamente significativos y así seleccionar las respuestas que apoyen a los individuos hacia una supervivencia exitosa. Esto es posible gracias a las pautas que el ambiente marca y a las cuales el ser humano debe adaptarse (Gluck et al., 2009; Lewontin, 2000). Entonces, el organismo configura su conducta ante ciertos eventos a través del control conductual que le permite procesar adecuadamente los estímulos del entorno y generar una estrategia para responder adecuadamente (Jahromi, Putnam y Stifer, 2004). Algunos mecanismos que sirven al control conductual son el aprendizaje, la memoria, la orientación de la atención y la habituación. La habituación surge entonces, como una manera en la cual el organismo tiene la capacidad de responder de manera adecuada y funcional a los estímulos que se le presentan (aversivos o idóneos), permitiéndole así conservar su supervivencia (Domjan, 2010). Este mismo autor señala que, no sólo promueve la adaptación y supervivencia de los organismos, sino también, les permite procesar información más compleja del ambiente, y darle más sentido a lo que ocurre en el entorno.

Por otro lado, un pobre manejo de los estados de conciencia se asocia con un incremento de riesgo para presentar problemas de conducta (Ohgi, Takahashi, Nugent, Arisawa y Akiyama, 2003), observándose que los fetos que muestran mayor reactividad ante la estimulación materna en la etapa neonatal van a presentar conductas caracterizadas por una menor capacidad de organizar sus estados y un incremento de irritabilidad (DiPietro, Costigan y Pressman, 2002; DiPietro, Ghera y Costigan, 2008; DiPietro, et al., 2010). Dado que se ha reportado dificultad en la transición de los estados de conciencia de alerta (Aldrete-Cortez et al., 2015) en los bebés con restricción de

crecimiento intrauterino, posiblemente, estas dificultades en la etapa neonatal sean precursoras de las dificultades en el neurodesarrollo, ampliamente descritas en población de riesgo perinatal, por lo que resulta importante su detección temprana y el esclarecimiento de los mecanismos involucrados.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no presentar conflicto de intereses.

Agradecimientos

Se desea agradecer el apoyo de CONACYT-SNI por las becas 65590 y 73097.

Referencias

- Aldrete-Cortez, V., Carrillo-Mora, P., Mansilla-Olivares, A., Schnaas, L., & Esquivel Ancona, F. (2014). De la regulación emocional y cognitiva a la autorregulación en el primer año de vida. *Anuario de Psicología*, 44(2), 199-212.
- Aldrete-Cortez, V., Schnaas, L., Poblano, A., Carrillo-Mora, P., Olivares-Peña, E., Bello-Muñoz, J.C., Guzmán-Huerta, M., Mansilla-Olivares, A. (2015). Effects of Late-onset fetal growth restriction in the organization of behavioral state in infants. *International Pediatrics*, 57(5) 902-908 doi: 10.1111/iped.12628.
- Als, H. (1988). Modelos de conducta infantil: ¿Análogos de ulteriores dificultades de organización? In F. H. Duffy & N. Geschwind (Eds.) *Dislexia: aspectos psicológicos y neurológicos*. Barcelona: Labor.
- Ángeles-Castellanos, M., Rodríguez, K., Salgado, R., & Escobar, C. (2007). Cronobiología médica. Fisiología y fisiopatología de los ritmos biológicos. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 50(6), 238-241.
- Bartram, S. C., Barlow, J., & Wolke, D. (2015). The Neonatal Behavioral Assessment Scale (NBAS) and Newborn Behavioral Observations system (NBO) for supporting caregivers and improving outcomes in caregivers and their infants. *The Cochrane Library*.
- Berridge, C. W., & Waterhouse, B. D. (2003). The locus coeruleus-noradrenergic system: modulation of behavioral state and state-dependent cognitive processes. *Brain Research. Brain Research Reviews*, 42(1), 33-84.
- Brackbill, Y. (1971). The role of the cortex in orienting: Orienting reflex in an anencephalic human infant. *Developmental Psychology*, 5(2), 195.
- Brazelton, T. B., & Nugent, J. K. (1995). *Neonatal behavioral assessment scale*. Cambridge University Press.
- Canals, J., Esparo, G., & Fernandez-Ballart, J. D. (2006). Neonatal behaviour characteristics and psychological problems at 6 years. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway)*, 95(11), 1412-1417. doi: 10.1080/08035250600760790
- Castellucci, V. F., & Kandel, E. R. (1974). A quantal analysis of the synaptic depression underlying habituation of the gill-withdrawal reflex in *Aplysia*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 71(12), 5004-5008.
- Castellucci, V. F., Pinsker, H., Kupfermann, I., & Kandel, E. R. (1970). Neuronal mechanisms of habituation and dishabituation of the gill-withdrawal reflex in *Aplysia*. *Science*, 167(3926), 1745-1748.
- Coenen, A. M. (1995). Neuronal activities underlying the electroencephalogram and evoked potentials of sleeping and waking: implications for information processing. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 19(3), 447-463.
- Coulon, P., Budde, T., & Pape, H. C. (2012). The sleep relay--the role of the thalamus in central and decentral sleep regulation. *Pflugers Archiv: European Journal of Physiology*, 463(1), 53-71. doi: 10.1007/s00424-011-1014-6
- Davis, M., & Gendelman, P. M. (1977). Plasticity of the acoustic startle response in the acutely decerebrate rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 91(3), 549-563.
- DiPietro J. A., Costigan, K. A., & Pressman, E. K. (2002). Fetal state concordance predicts infant state regulation. *Early Human Development*, 68(1), 1-13.
- DiPietro, J.A., Ghera, M.M., & Costigan, K.A. (2008). Prenatal origins of temperamental reactivity in early infancy. *Early Human Development*, 84(9), 569-575. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2008.01.004
- Dipietro, J. A., Kivlighan, K. T., Costigan, K. A., Rubin, S. E., Dorothy, E., Henderson, J. L., & Pillion, J. P. (2010). Prenatal antecedents of newborn neurological maturation. *Child Development*, 81(1), 115-130. doi:10.1111/j.1467-8624.2009.01384.x.Prenatal
- Domjan, M. (2010). Conducta provocada, habituación y sensibilización. In M. Domjan (Ed.), *Principios de aprendizaje y conducta*. México: Wadsworth, Cengage learning.
- Drucker-Colin, R. (1999). Neurophysiology of habituation and internal inhibition (discoveries made by Hernandez-Peon in the 1950s). *Brain Research Bulletin*, 50(5-6), 435.
- Eisenberg, R. B., Coursin, D. B., & Rupp, N. R. (1966). Habituation to an acoustic pattern as an index of differences among human neonates. *Journal of Auditory Research*, 6(3), 239-248.
- Frick, M. A., Forslund, T., Fransson, M., Johansson, M., Bohlin, G., & Brocki, K. C. (2017). The role of sustained attention, maternal sensitivity, and infant temperament in the development of early self-regulation. *British Journal of Psychology*, n/a-n/a. doi: 10.1111/bjop.12266
- García-Austt, E., Bogacz, J., & Vanzulli, A. (1962). Regulación de los flujos sensoriales en el hombre. *Revista de Medicina de la Universidad de Navarra*, VI, 243-256.
- Gaultney, J. F., & Gingras, J. L. (2005). Fetal rate of behavioral inhibition and preference for novelty during infancy. *Early Human Development*, 81(4), 379-386.
- Geva, R., & Feldman, R. (2008). A neurobiological model for the effects of early brainstem functioning on the development of behavior and emotion regulation in infants: implications for prenatal and perinatal risk. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 49(10), 1031-1041. doi: 10.1111/j.1469-7610.2008.01918.x
- Glejzer, C. (2017). Dispositivos del aprendizaje. In C. Glejzer (Ed.), *Las bases biológicas del aprendizaje*. Argentina: Universidad de Buenos Aires. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras.
- Gluk, M., Mercado, E., & Myer, C. (2009). *Aprendizaje y memoria. Del cerebro al comportamiento*. México: McGraw-Hill.
- Gonzalez-Frankenberger, B., Harmony, T., Ricardo-Garcell, J., Porrass-Kattz, E., Fernandez-Bouzas, A., Santiago, E., & Avelilla-Ramirez, G. (2008). Habituation of visual evoked potentials in healthy infants and in infants with periventricular leukomalacia. *Clinical Neurophysiology*, 119(12), 2879-2886. doi: 10.1016/j.clinph.2008.08.020
- Graven S.N., Browne J.V. (2008). Sleep and brain development. The critical role of sleep in fetal and early neonatal brain development. *Newborn and Infant Nursing Reviews*, 8(4), 173-79.
- Groves, P. M., & Thompson, R. F. (1970). Habituation: a dual-process theory. *Psychological Review*, 77(5), 419.
- Guyton, A. C., Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2006). *Tratado de fisiología médica*. España: Elsevier.
- Harkness, S., Super, C. M., Moscardino, U., Rha, J.-H., Blom, M., Huitrón, B., . . . Axia, G. (2007). Cultural models and developmental agendas: Implications for arousal and self-regulation in early infancy. *Journal of Developmental Processes*, 2(1), 5-39.
- Hernández-Peón, R. (1960). Neurophysiological correlates of habituation and other manifestations of plastic inhibition. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 13, 101-114.
- Holmes, G., Herdegen, S., Schuon, J., Cyriac, A., Lass, J., Conte, C., . . . Calin-Jageman, R. J. (2014). Transcriptional analysis of a whole-body form of long-term habituation in *Aplysia californica*. *Learning & Memory*, 22(1), 11-23. doi: 10.1101/lm.036970.114
- Holloway, F. A., & Parsons, O. A. (1971). Habituation of the orienting reflex in brain damaged patients. *Psychophysiology*, 8(5), 623-634.
- Hutt, S. J., Hutt, C., Lee, D., & Ounsted, C. (1965). A behavioural and electroencephalographic study of autistic children. *Journal of Psychiatric Research*, 3(3), 181-197.
- Jahromi, L. B., Putnam, S. P., & Stifter, C. A. (2004). Maternal regulation of infant reactivity from 2 to 6 months. *Developmental Psychology*, 40(4), 477-487. doi: 10.1037/0012-1649.40.4.477
- Kandel, E. (2001). *Principios de neurociencia*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Kay, D. B., Marsiske, M., Suomi, S. J., & Higley, J. D. (2010). Exploratory factor analysis of human infant temperament in the rhesus monkey. *Infant Behavior & Development*, 33(1), 111-114. doi: 10.1016/j.infbeh.2009.11.005

- Lacruz, M. (2006). *Estudio neurofisiológico de la memoria declarativa en el hombre*. Dissertation doctoral No publicada, Universidad Complutense de Madrid, España.
- Leader, L. R., Baillie, P., Martin, B., & Vermeulen, E. (1982). Fetal habituation in high-risk pregnancies. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 89(6), 441-446.
- Lewontin, R. C. (2000). La adaptación. In R. C. Lewontin (Ed.), *Genes, organismo y ambiente: Las relaciones de causa y efecto en biología*. Barcelona: Gedisa.
- Lin, B., Crnic, K. A., Luecken, L. J., & Gonzales, N. A. (2014). Maternal prenatal stress and infant regulatory capacity in Mexican Americans. *Infant Behavior & Development*, 37(4), 571-582. doi: 10.1016/j.infbeh.2014.07.001
- Lu, W., & Wang, Z. (2017). Physiological adaptation to recurrent social stress of extraversion. *Psychophysiology*, 54(2), 270-278. doi: 10.1111/psyp.12777
- Luecken, L. J., MacKinnon, D. P., Jewell, S. L., Crnic, K. A., & Gonzales, N. A. (2015). Effects of prenatal factors and temperament on infant cortisol regulation in low-income Mexican American families. *Developmental Psychobiology*, 57(8), 961-973. doi: 10.1002/dev.21328
- Madison, L. S., Madison, J. K., & Adubato, S. A. (1986). Infant behavior and development in relation to fetal movement and habituation. *Child Development*, 57(6), 1475-1482.
- Martínez-Stack, J., & Bouzas-Riaño, A. (1991). La habituación fenómeno básico del aprendizaje. *Investigación Psicológica*, 1, 47-74.
- Meher, S., Hernandez-Andrade, E., Basheer, S. N., & Lees, C. (2015). Impact of cerebral redistribution on neurodevelopmental outcome in small-for-gestational-age or growth-restricted babies: a systematic review. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 46(4), 398-404. doi: 10.1002/uog.14818
- Nugent, J. K. (2013). The competent newborn and the neonatal behavioral assessment scale: T. Berry Brazelton's legacy. *Journal of Child and Adolescent Psychiatric Nursing*, 26(3), 173-179. doi: 10.1111/jcap.12043
- O'Gorman, J. (1977). Individual differences in habituation of human physiological responses: A review of theory, method, and findings in the study of personality correlates in non-clinical populations. *Biological Psychology*, 5(4), 257-318. doi: doi.org/10.1016/0301-0511(77)90017-5
- Ohgi, S., Takahashi, T., Nugent, J. K., Arisawa, K., & Akiyama, T. (2003). Neonatal behavioral characteristics and later behavioral problems. *Clinical Pediatrics*, 42(8), 679-686. doi: 10.1177/000992280304200803
- Rankin, C. H., Abrams, T., Barry, R. J., Bhatnagar, S., Clayton, D. F., Colombo, J., . . . Thompson, R. F. (2009). Habituation revisited: an updated and revised description of the behavioral characteristics of habituation. *Neurobiology of Learning and Memory*, 92(2), 135-138. doi: 10.1016/j.nlm.2008.09.012
- Rothbart, M. K. (1981). Measurement of temperament in infancy. *Child Development*, 569-578.
- Rothbart, M. K. (2007). Temperament, development, and personality. *Current Directions in Psychological Science*, 16(4), 207-212.
- Rothbart, M. K., Ellis, L. K., & Posner, M. I. (2004). Temperament and self-regulation. *Handbook of Self-Regulation: Research, Theory, and Applications*, 2, 441-460.
- Schuetz, P., Eiden, R. D., Colder, C. R., Huestis, M. A., & Leonard, K. E. (2017). Prenatal Risk and Infant Regulation: Indirect Pathways via Fetal Growth and Maternal Prenatal Stress and Anger. *Child Development*. doi: 10.1111/cdev.12801
- Siegel, J. M. (1990). Mechanisms of sleep control. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 7(1), 49-65.
- Slater, A., Carrick, R., Bell, C., & Roberts, E. (1999). *Can measures of infant information processing predict later intellectual ability*. Blackwell Publishers Malden.
- Solís, H., & López-Hernández, E. (2009). Neuroanatomía funcional de la memoria. *Archivos de Neurociencias*, 14(3), 176-187.
- Steriade, M., McCormick, D. A., & Sejnowski, T. J. (1993). Thalamocortical oscillations in the sleeping and aroused brain. *Science*, 262(5134), 679-685.
- Suárez, M. N. (2004). *Habitación fetal a la estimulación vibroacústica reiterada*. Dissertation Doctoral No publicada, Universidad de La Laguna, España.
- Thompson, R. F. (2009). Habituation: a history. *Neurobiology of Learning and Memory*, 92(2), 127-134. doi: 10.1016/j.nlm.2008.07.011
- Ugartechea-Hernandez, J. C., Jurado-García, E., García-García, M. A., Chavez-Guerrero, E., Mandujano-Valdes, M., & Alcaraz-Pimentel, Y. (1982). [Spinal reflexes during sleep in normal newborn infants]. *Gaceta Médica de México*, 118(12), 485-492.
- Verbruggen, F., McLaren, I. P., & Chambers, C. D. (2014). Banishing the control homunculi in studies of action control and behavior change. *Perspectives on Psychological Science*, 9(5), 497-524.
- Weisman O., Magori-Cohen R., Louzoun Y., Eidelman A.I, Feldman R. (2011). Sleep-wake transitions in premature neonates predict early development. *Pediatrics*, 128(4), 706-14.
- Yiallourou S. R., Wallace E. M., Miller S. L., Horne R. S. (2016). Effects of intrauterine growth restriction on sleep and the cardiovascular system: The use of melatonin as a potential therapy? *Sleep Medicine Review*, 26, 64-73.