ENCYCLOPÉDIE
sur le développement
des jeunes enfants

État du système nerveux autonome : Une plateforme du domaine de la neurophysiologie consacrée aux émotions, aux sentiments et à l'engagement social

Stephen W. Porges, Ph.D.

Trauma Research Consortium, Kinsey Institute, Indiana University Bloomington and Department of Psychiatry, University of North Carolina Chapel Hill, États-Unis

Septembre 2022

Introduction et sujet

Comment la physiologie influence-t-elle les processus mentaux et le comportement? Je me suis posé cette question lors de mon étude des enfants, dès la naissance, y compris ceux présentant des problèmes de développement, notamment la prématurité,[1] le syndrome de l'X fragile,[2] le trouble du spectre de l'autisme,[3] le mutisme sélectif,[4] le syndrome d'Ehlers-Danlos[5] et le syndrome de Prader-Willi,[6] avec un intérêt commun, soit l'identification des mécanismes qui interviennent dans la régulation du comportement et des émotions. Sur la base de mes

©2022-2026 ABILIO | ÉMOTIONS

recherches, j'ai mis au point la Théorie polyvagale,[7,8,9] qui consiste à explorer comment les circuits du système nerveux participant à la régulation de nos organes corporels influencent les réponses émotionnelles et les comportements envers les autres et l'environnement.

Il existe aujourd'hui une abondance d'études qui documentent que la régulation de l'état comportemental et émotionnel passe par le système nerveux autonome, à savoir différentes voies neuronales partant du tronc cérébral qui communiquent avec les organes de notre corps, formant ainsi une « autoroute » à double sens entre notre cerveau et notre organisme. Lorsque ce système fonctionne de façon optimale, nous pouvons nous auto-réguler et inciter les autres à co-réguler grâce au comportement social.

Problèmes

L'étude parallèle de la neurophysiologie, des émotions et du comportement social pendant le développement de l'enfant conduit à des questions se rapportant à comment ces domaines fonctionnels sont interreliés. Fondamentalement, quels mécanismes physiologiques régulent-ils les émotions et la socialité ou les compromettent-ils? Quelles informations la connaissance de la neuroanatomie, de la biologie évolutive et de la régulation de l'état du système nerveux autonome nous apportent-elles pour pouvoir mieux comprendre la régulation émotionnelle et la socialité lors du développement de l'enfant?

Contexte de la recherche

La Théorie polyvagale souligne l'importance de la transition évolutive depuis les anciens reptiles, désormais éteints et qui étaient asociaux, jusqu'aux mammifères dotés de compétences sociales. Nous sommes des mammifères et nous partageons avec cette classe de vertébrés un tronc cérébral quasiment identique composé de structures neuronales qui contrôlent et régulent notre système nerveux autonome. Les structures neuronales du tronc cérébral régulent les mécanismes fondamentaux de survie qui maintiennent les fonctions de soutien vital sans recourir aux structures cérébrales supérieures (plus évoluées) que requièrent la conscience et l'intentionnalité. L'anatomie du tronc cérébral des mammifères est très semblable à celle des reptiles, qui a été remanié et modifié au fil de l'évolution pour soutenir non seulement le système de défense, mais aussi d'autres processus, notamment le plaisir de jouer et l'intimité.

Bien que le cerveau des mammifères, particulièrement les humains, soit bien développé (gros cortex), son architecture diffère de celle des autres vertébrés (ayant évolué avant les

©2022-2026 ABILIO | ÉMOTIONS

mammifères). La taille du cortex présente une grande variation d'un mammifère à l'autre. Au fur et à mesure du développement des compétences relatives au comportement volontaire, à l'apprentissage, à la résolution des problèmes et à la socialité sélective, la taille du cortex augmente. Les reptiles ont un cortex très petit et les vertébrés qui les ont précédés, comme les amphibiens et les poissons, n'ont pas de cortex.

Il est possible de conceptualiser l'évolution comme un processus développemental très lent, qui se déroule sur des centaines de millions d'années, et lors duquel s'effectue une diversification des espèces ou groupes d'organismes. Au cours de ce processus, l'architecture du cerveau subit des changements majeurs, mais certaines parties de cet organe semblent relativement constantes au sein des vertébrés, notamment le tronc cérébral. Toutefois, malgré ces modifications, les processus de survie fondamentaux régulés par les mécanismes dictés par le tronc cérébral persistent, même chez l'être humain moderne, afin de fonctionner hors de notre conscience. Ces mécanismes de survie font permuter l'état physiologique par réflexe ou perturbent les processus homéostatiques qui contribuent au bon état de santé, à la croissance et au rétablissement. Une menace entraîne une altération de l'homéostasie afin de stimuler des stratégies biocomportementales de défense (par exemple, des comportements de lutte/fuite coûteux sur le plan métabolique ou des réactions de feinte ou simulation de la mort, peu exigeantes d'un point de vue énergétique, mais potentiellement mortelles) qui sont médiées par un système de défense ancestral commun aux vertébrés très anciens et observées chez l'être humain, comme la simulation en cas de menace. Ce système archaïque était adapté aux anciens vertébrés qui ne possédaient pas un grand cortex qui se serait rapidement dégradé en cas de chute du taux de saturation du sang en oxygène. Les petits rongeurs (des mammifères) ont modifié ce vieux système de défense pour adopter la simulation de la mort en s'immobilisant pendant de courtes périodes afin de faire croire aux prédateurs actifs qu'ils sont morts. Des réponses similaires ont été rapportées chez des adultes qui ont survécu à des abus sévères pendant l'enfance.

D'un point de vue fonctionnel, lorsque notre système nerveux autonome soutient efficacement l'homéostasie, des signaux sont acheminés de nos organes par les nerfs sensoriels jusqu'au tronc cérébral, d'où ils sont envoyés vers les structures cérébrales supérieures qui stimulent un état de conscience que nous interprétons comme un sentiment de sécurité.[10] En cas de perturbation de l'homéostasie, des signaux en provenance de nos organes sont dans ce cas interprétés comme un sentiment de menace. Un sentiment de menace déclenche un éventail d'émotions qui implique le

système limbique défini par des structures situées au-dessus de l'ancien tronc cérébral, hors des zones corticales intervenant dans la conscience. Le processus par lequel les états du corps sont sciemment détectés s'intitule intéroception (ou intéroceptivité).

Questions-clés de la recherche

Pouvons-nous justifier que les indices spécifiques de la sécurité apaisent par réflexe le système nerveux autonome pour optimiser la régulation émotionnelle, la socialité, l'apprentissage et l'état de santé, tous reliés aux processus homéostatiques? Les états du système nerveux autonome constituent-ils des indicateurs fiables d'un sentiment de sécurité ou de menace?

Résultats récents de la recherche

La Théorie polyvagale propose que l'état du système nerveux autonome fonctionne comme une variable médiatrice qui contribue à déterminer si : nous ressentons des émotions positives et nous nous engageons socialement; nous adoptons une réaction de défense par des comportements de combat/lutte ou de fuite; ou nous nous immobilisons et nous nous dissocions, en feignant la mort, par une réponse de simulation, telle une souris dans la gueule d'un chat. Ces exemples illustrent les trois circuits autonomes fonctionnels, présents chez les mammifères,[9] décrits ci-dessous :

1. Le circuit vagal ventral qui régule l'apaisement de la branche du nerf vague, un nerf crânien dont une ramification est reliée au tronc cérébral et au cœur. Cette voie a la capacité de ralentir la fréquence cardiaque et est liée à la régulation neuronale des muscles striés du visage et de la tête pour former un système d'engagement social qui permet la propagation de l'état du système nerveux autonome par le visage et les cordes vocales. En outre, ce circuit peut contrôler le fonctionnement des circuits les plus primaires, afin qu'ils demeurent hors des états de défense pour favoriser les activités prosociales que sont le jeu et l'intimité.
2. Le système orthosympathique qui intervient dans la mobilité, ce qui est commun à plusieurs espèces de vertébrés qui ont évolué avant les mammifères. Chez ces derniers, si ce système coûteux sur le plan métabolique est débordé, il s'arrête et désinhibe le système vagal dorsal ancestral.
3. Le système vagal dorsal ancestral est commun à quasiment tous les vertébrés. En cas de mobilisation dans un mécanisme de défense, ce système fonctionne de manière à conserver

les ressources métaboliques et à réduire la quantité de sang oxygéné (riche en oxygène) qui parvient jusqu'au cerveau. Chez les mammifères, bien qu'adaptatif pour de courtes périodes, il est potentiellement mortel.

Ces circuits, intervenant en parallèle à l'évolution, s'organisent de manière hiérarchique avec l'apparition de nouveaux circuits qui inhibent les plus anciens. En situation de menace, les besoins en matière de survie résultent d'un point de vue fonctionnel en une perturbation systématique de cette organisation hiérarchique où les circuits plus anciens sur le plan de l'évolution sont à présent désinhibés pour optimiser la survie. Le neurologue John Hughlings Jackson a intitulé ce processus « dissolution »[11] : il a utilisé cette construction pour décrire « l'évolution inverse » (ou inversée) que l'on observe suite à des lésions cérébrales dues à une maladie ou à une blessure.

Cette hiérarchie est bidirectionnelle et, par l'entremise de la neuroception, les signes de sécurité peuvent atténuer, et les signes de danger peuvent amplifier les réactions déclenchées par la menace. Le terme « neuroception » est employé pour désigner la détection qu'effectue le système nerveux sur les zones cérébrales impliquées dans les comportements volontaires et conscients. Bien que les structures cérébrales supérieures puissent intervenir dans la neuroception, ce processus n'est pas corrélé à la conscience, qui nécessiterait un certain délai nécessaire à la prise de décision pour déterminer la source des signes (ou signaux) détectés. Cette prise de décision est connectée dans un circuit de neuroception pour assurer la réalisation rapide d'un ajustement pour optimiser la survie. Par exemple, si une personne entend un bruit fort, elle cesse ses activités et tente de déterminer la source et l'importance du bruit.

Les organismes vivants issus de l'évolution sont tous pratiquement dotés d'une neuroception pour faire face à une menace, mais seuls les mammifères ont une neuroception axée sur les situations de sécurité qui détecte les signes de sécurité pour inhiber par réflexe les réactions déclenchées par la menace. L'observation d'une mère qui apaise son bébé en pleurs d'une voix mélodique (prosodique) en est un exemple éloquent. Les pleurs du bébé reflètent un état physiologique de menace qui a résulté en une perturbation de l'homéostasie. Lorsque la mère parle d'une voix douce à son bébé ou lui chante une berceuse, il se calme. Un apaisement s'observe au niveau du comportement, du tonus musculaire et même, par un mécanisme dépendant du système nerveux autonome, de la fréquence cardiaque.[12] Un apaisement similaire est constaté sous l'effet d'une voix prosodique visant à calmer les animaux domestiques (chiens, chats et chevaux).

Lacunes de la recherche

La Théorie polyvagale offre une perspective d'étude de la façon dont l'état du système nerveux autonome intervient dans les sentiments, les émotions et la socialité. Elle propose un moyen de mesure des paramètres associés à l'état du système nerveux autonome qui permettrait de fournir un indice des caractéristiques que sont la socialité et les sentiments de sécurité. Elle conduirait également à la pose d'hypothèses axées sur les propriétés de régulation du système nerveux autonome qui constitueraient de potentiels facteurs intermédiaires importants intervenant dans le dérèglement émotionnel, les difficultés sociales et les processus mentaux altérés. Pour tester ces hypothèses, il est essentiel d'utiliser des mesures précises et objectives du fonctionnement de l'homéostasie, du stress et des sentiments de sécurité. De plus, en raison du caractère bidirectionnel de la hiérarchie qui caractérise les états du système nerveux autonome, des stratégies thérapeutiques et de nouvelles méthodologies d'intervention avec lesquelles ces états constitueraient la base des interventions pourraient être testées en vue d'améliorer la santé tant mentale que physique.

Conclusions et implications

Le répertoire comportemental humain est fortement influencé par l'état du système nerveux autonome. La régulation neuronale de cet état suit une trajectoire développementale qui peut être perturbée par la maladie ou des expériences vécues en tout début de vie, y compris la prématurité et un accouchement difficile. Par ailleurs, les mauvaises expériences vécues aux tout premiers stades du développement peuvent réajuster sur le plan fonctionnel le système nerveux autonome de sorte qu'il adopte un état de menace chronique. La Théorie polyvagale confère une perspective optimiste qui présume que de nombreuses propriétés défensives qui émergent spontanément en résultat d'un système nerveux autonome réglé à un état défensif permanent puissent être gérées par des interventions thérapeutiques qui actionnent un circuit de neuroception de sécurité au moyen de signaux de sécurité ayant un fort effet d'apaisement.

La région du tronc cérébral qui régule le nerf vague ventral intervenant dans l'apaisement a évolué et joue également un rôle dans la régulation neuronale des muscles striés du visage et de la tête. Ce processus active la mise en place d'une vocalise et d'une expression faciale qui diffusent de façon fonctionnelle l'état du système nerveux autonome vers des membres de la même espèce afin de les informer si s'approcher peut ou non constituer un danger. Ce lien entre l'état du système nerveux autonome et les structures qui permettent la dissémination de

l’émotion détecte les mécanismes neuroanatomiques et neurophysiologiques qui soutiennent la co-régulation et la socialité. Les thérapeutes et les éducateurs qui travaillent avec des enfants présentant un verrouillage chronique d’un système nerveux autonome dans un état de menace adoptent de plus la compréhension de ce lien. Ces connaissances conduiront à la conviction que de nombreux comportements perturbés représentent des propriétés émergentes du système nerveux autonome positionné dans un état de défense non volontaire et que des punitions ou des récompenses ne peuvent pas modifier.

Références

1. Porges SW, Davila MI, Lewis GF, Kolacz J, Okonmah-Obazee S, Hane AA, Kwon KY, Ludwig RJ, Myers MM, Welch MG. Autonomic regulation of preterm infants is enhanced by Family Nurture Intervention. *Developmental Psychobiology* 2019;61(6):942-952.

2. Kolacz J, Raspa M, Heilman KJ, Porges SW. Evaluating sensory processing in fragile X syndrome: Psychometric analysis of the brain body center sensory scales (BBCSS). *Journal of Autism and Developmental Disorders* 2018;48(6):2187-2202.

3. Porges SW, Bazhenova OV, Bal E, Carlson N, Sorokin Y, Heilman KJ, Cook EH, Lewis GF. Reducing auditory hypersensitivities in autistic spectrum disorder: preliminary findings evaluating the listening project protocol. *Frontiers in Pediatrics* 2014;2:80.

4. Heilman KJ, Connolly SD, Padilla WO, Wrzose, MI, Graczyk PA, Porges SW. Sluggish vagal brake reactivity to physical exercise challenge in children with selective mutism. *Development and Psychopathology* 2012;24(1):241-250.

5. Bulbena A, Baeza-Velasco C, Bulbena-Cabré A, Pailhez G, Critchley H, Chopra P, Mallorquí-Bagué N, Frank C, Porges S. Psychiatric and psychological aspects in the Ehlers–Danlos syndromes. *American Journal of Medical Genetics. Part C, Seminars in Medical Genetics* 2017;175(1):237-245.

6. Manning KE, Beresford-Webb JA, Aman LCS, Ring HA, Watson PC, Porges SW, Oliver C, Jennings SR, Holland AJ. Transcutaneous vagus nerve stimulation (t-VNS): a novel effective treatment for temper outbursts in adults with Prader-Willi syndrome indicated by results

©2022-2026 ABILIO | ÉMOTIONS

from a non-blind study. *PloS one* 2019;14(12):e0223750.

7. Porges SW. Orienting in a defensive world: Mammalian modifications of our evolutionary heritage. A polyvagal theory. *Psychophysiology* 1995;32(4):301-318.

8. Porges SW. *The polyvagal theory: neurophysiological foundations of emotions, attachment, communication, and self-regulation*. New York: WW Norton; 2011.

9. Porges SW. Polyvagal theory: a biobehavioral journey to sociality. *Comprehensive Psychoneuroendocrinology* 2021;7:100069.

10. Porges SW. Polyvagal theory: The science of safety. *Frontiers in Integrative Neuroscience* 2022;16: 871227.

11. Jackson JH. The Croonian lectures on evolution and dissolution of the nervous system. *British Medical Journal* 1884;1(1215):703-707.

12. Kolacz J, daSilva EB, Lewis GF, Bertenthal BI, Porges SW. Associations between acoustic features of maternal speech and infants' emotion regulation following a social stressor. *Infancy* 2022;27(1):135-158.

©2022-2026 ABILIO | ÉMOTIONS