

Neurowissenschaftler zeigen, wie die Kommunikation zwischen Gehirnregionen besser funktionieren kann

Selektive Kommunikation zwischen verschiedenen Hirnregionen ist entscheidend für die Hirnfunktion. Aber die schwache und spärliche Konnektivität beziehungsweise Vernetzung des Gehirns ist dafür eine große Hürde. In den vergangenen zehn Jahren haben Neurowissenschaftlerinnen und Neurowissenschaftler verschiedene Mittel identifiziert, mit denen dieser Einschränkung entgegengewirkt werden kann. Jetzt haben Wissenschaftler aus dem Iran, Deutschland und Schweden eine neue Rolle der bidirektionalen Verbindungen bei der Beschleunigung der Kommunikation zwischen Gehirnregionen identifiziert. Ihre Ergebnisse haben sie nun im Fachjournal PLoS Computational Biology vorgestellt.

Schwache und spärliche Konnektivität kann im Wesentlichen auf zwei Arten bekämpft werden: entweder durch Synchronie oder durch Schwingungen, so genannte Oszillationen. Im synchronen Modus produzieren viele Neuronen ihre Aktionspotentiale gleichzeitig, wenn sie Reize weiterleiten. Zusammen haben sie im nachgeschalteten Netzwerk eine stärkere Wirkung als einzeln. Im Oszillationsmodus dagegen erhöhen Netzwerkschwingungen die effektive Konnektivität periodisch, indem sie die Membranpotentiale der nachgeschalteten Neuronen, die die Reize empfangen, modulieren.

Die Schwingungen müssen aber in den Sender- und Empfängernetzwerken synchron sein. „Es ist eine offene Frage, wie solche synchronen Schwingungen im Gehirn entstehen können. Vor einiger Zeit haben wir vorgeschlagen, dass die Resonanzeigenschaft neuronaler Netzwerke genutzt werden kann, um synchrone Schwingungen zu erzeugen“, sagt Ad Aertsen vom Bernstein Center Freiburg (BCF) der Albert-Ludwigs-Universität. Resonanz in einem neuronalen Netzwerk bedeutet: Wenn dieses Netzwerk bei einer bestimmten Frequenz stimuliert wird, beginnt es zu schwingen – und der Input hat eine viel größere Wirkung. Diese Idee wird als „Communication through Resonance“ (CTR) bezeichnet.

Die CTR warf jedoch ein Problem auf: Es braucht mehrere Schwingungszyklen, um die Resonanz im Netzwerk aufzubauen. Zudem muss eine solche Resonanz in jedem nachgeschalteten Netzwerk erneut erzeugt werden. Das bedeutet, dass die Kommunikation über Netzwerke hinweg recht langsam ist. „Wir dachten, dass Synchronie und Oszillationen schnelle beziehungsweise langsame Kommunikationsmodi bieten. Und beide können in verschiedenen Situationen eingesetzt werden. Aber wir blieben bei diesem Thema skeptisch“, erklärt Arvind Kumar von der Königlichen Technischen Hochschule (KTH) Stockholm/Schweden.

Eine Möglichkeit, die Kommunikation zu beschleunigen, besteht darin, die Zeit für den Aufbau der Resonanz zu verkürzen. Zu diesem Zweck konzentrierte sich die Gruppe auf die anatomische Beobachtung von bidirektionalen Verbindungen zwischen Hirnarealen. Das heißt, nicht nur Neuronen vom Sendernetz projizieren zu Empfängerneuronen, sondern manche Neuronen vom Empfängernetz projizieren auch zurück zum Sendernetz. „Solche bidirektionalen Verbindungen sind selten, aber sie reichen aus, um eine Schleife zwischen Sender- und Empfängernetzwerk zu unterstützen“, erklärt Alireza Valizadeh vom Institute for Advanced Studies in Basic Sciences in Zanjan/Iran. Eine wichtige Folge einer solchen Schleife ist, dass in weniger Zyklen eine Resonanz

aufgebaut werden kann. Noch wichtiger ist, dass die Schleife das Signal verstärken kann und es nicht notwendig ist, Resonanz in nachfolgenden Netzwerken aufzubauen. Hedyeh Rezaei, Doktorandin an der Zanzan-Universität und Gaststudentin am BCF im Rahmen ihres Forschungsprojekts, sagt: „Es ist bemerkenswert, dass eine solche Schleife von Verbindungen zwischen nur einem Resonanzpaar von Sender- und Empfängernetzwerken die Netzwerkkommunikation mindestens um den Faktor zwei beschleunigen kann.“

Diese neuen Erkenntnisse unterstützen die Idee der Communication through Resonance, bilanziert Ad Aertsen: „Wichtig ist, dass diese Ergebnisse die bidirektionalen Verbindungen zwischen Hirnregionen einer neuartigen Funktion zuteilen, nämlich um die Kommunikation zwischen ihnen schneller und zuverlässiger zu gestalten.“

Originalpublikation

Rezaei H, Aertsen A, Kumar A, Valizadeh A (2020). Facilitating the propagation of spiking activity in feedforward networks by including feedback. PLOS Computational Biology. 16(8): e1008033.
<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008033>

Zum Weiterlesen

Hahn G, Bujan AF, Frégnac Y, Aertsen A, Kumar A (2014). Communication through resonance in spiking neuronal networks. PLoS Computational Biology 10(8): e1003811.

Hahn G, Ponce-Alvarez A, Deco G, Aertsen A, Kumar A (2019) Portraits of communication in neuronal networks. Nature Reviews Neuroscience 20(2): 117-27.