

Fenster zum Gehirn: Was Epilepsie über neuronale Netzwerke, Schlaf und Gedächtnis verrät

Epilepsie gilt als wissenschaftliches Modell zur Entschlüsselung grundlegender neurophysiologischer Mechanismen des menschlichen Gehirns. Moderne EEG-Verfahren, insbesondere invasive Ableitungen bei Menschen mit Epilepsie, ermöglichen einzigartige Einblicke in neuronale Netzwerke, Hirnrhythmen und die Dynamik zwischen pathologischer und physiologischer Aktivität. Forschungsergebnisse zeigen, dass epileptische Aktivität eng mit denselben neuronalen Oszillationen verknüpft ist, die auch für Schlaf, Gedächtniskonsolidierung und kognitive Prozesse essenziell sind.

„Die Epilepsieforschung ermöglicht es uns, das Gehirn mit einer zeitlichen und räumlichen Auflösung zu messen, die sonst kaum möglich ist. Damit erlaubt sie tiefe Einblicke in die Organisation neuronaler Netzwerke und trägt wesentlich zum Verständnis des schlafenden und lernenden Gehirns bei – weit über die reine Krankheitsdiagnostik hinaus“, sagt Prof. Jan Rémi, stellvertretender Direktor der Neurologischen Klinik und Poliklinik und Leiter des Epilepsie-Zentrums am LMU Klinikum München, auf dem Kongress der Deutschen Gesellschaft für Klinische Neurophysiologie und Funktionelle Bildgebung (DGKN) e.V.

Epilepsie ist durch wiederkehrende epileptische Anfälle charakterisiert. Auch zwischen den Anfällen zeigen sich im Elektroenzephalogramm (EEG) epilepsietypische Potenziale – kurze, überschießende Entladungen, die auf eine dauerhaft veränderte Verschaltung und erhöhte Erregbarkeit hinweisen. Diese pathologischen Netzwerke bleiben auch in anfallsfreien Phasen bestehen und prägen die Funktionsweise des Gehirns. Für die Diagnostik in der Epilepsiechirurgie werden häufig invasive Elektroden eingesetzt. Diese ermöglichen die direkte Messung neuronaler Aktivität aus tiefen Hirnstrukturen wie Hippocampus, Amygdala oder Thalamus in sehr hoher zeitlicher Auflösung – Regionen, die eine zentrale Rolle für Schlaf, Gedächtnis und Kognition spielen. „Die so gewonnenen Daten übersteigen in ihrer Präzision deutlich die Möglichkeiten nicht-invasiver Messverfahren und eröffnen einen einzigartigen Einblick in die Dynamik menschlicher Hirnnetzwerke“, erklärt Prof. Rémi.

Epilepsie, Schlaf und Gedächtniskonsolidierung

Ein zentrales Forschungsfeld, in dem Epilepsie zu neuen Erkenntnissen führt, ist die Neurophysiologie des Schlafes. Eine Studie mit Epilepsiepatientinnen und -patienten hat untersucht, wie Oszillationen im Nicht-REM-Schlaf (NREM), sogenannte Slow Oscillations, Schlafspindeln, Hippocampus-Ripples und Gedächtniskonsolidierung fördern [1]. Die Forschenden kombinierten intrakranielles EEG bei Menschen mit Epilepsie mit nicht-invasivem Skalp-EEG bei gesunden Probanden, während diese zunächst Lernaufgaben absolvierten und anschließend schliefen. Gedächtnisinhalte wurden vor dem Schlafen mit akustischen Hinweisen verknüpft und im Schlaf wieder präsentiert, um gezielt Gedächtnisreaktivierung zu triggern. Es zeigte sich, dass erhöhte Slow-Oscillation- und Spindel-Aktivität während NREM-Schlaf mit Anzeichen erfolgreicher Gedächtnisreaktivierung einherging. Die Ergebnisse betonen die Bedeutung eines zeitlich koordinierten Zusammenspiels der drei Schlaf-Oszillationen für die Übertragung von Gedächtnisinhalten vom Hippocampus in langfristige Speicher im Kortex. Die Studie liefert erstmals experimentelle Evidenz, dass Ripples, insbesondere wenn sie an Spindeln gekoppelt sind, aktiv an

der Gedächtnisreaktivierung beim Menschen beteiligt sind.

Schlafspindel-Reduktion vor epileptischen Anfällen

Die Erkenntnisse können auch zur Vorhersage von Anfällen genutzt werden: Eine Studie zur Rolle von Schlafspindeln bei Epilepsie untersuchte prächirurgische EEG-Aufzeichnungen von Patientinnen und Patienten, bei denen Anfälle während der N2-Schlafphase begannen – also einer Phase des Nicht-REM-Schlafs, die durch leichte Schlafstadien mit Schlafspindeln gekennzeichnet ist. Es zeigte sich im EEG ein signifikanter Rückgang der Dichte der Schlafspindeln, der im Mittel etwa drei 30-Sekunden-Abschnitte vor dem klinischen Anfall begann [2]. „Dies macht Schlafspindeln zu einem sensiblen Marker, der im EEG gut erkennbar und automatisierbar ist, sowohl für bevorstehende Anfälle als auch für die funktionelle Integrität jener Netzwerke, die auch für Lernen und Gedächtnisbildung erforderlich sind“, erklärt Prof. Rémi.

Epilepsieforschung als Fenster zum Gehirn

Menschen mit Epilepsie tragen durch ihre Teilnahme an prächirurgischen Ableitungen zum Verständnis normaler Hirnfunktion bei. Die implantierten Elektroden ermöglichten es, die Kopplung verschiedener Schlaf-Oszillationen in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung zu untersuchen. Die Erkenntnisse verbessern nicht nur Diagnostik und Therapie, etwa durch präzisere Identifikation epileptogener Netzwerke, sondern tragen auch wesentlich zum grundlegenden Verständnis der neuronalen Organisation des Gehirns bei. „Das liefert uns einen bisher unerreichten Einblick in die physiologische Aktivität des schlafenden Gehirns und Erkenntnisse darüber, wie das gesunde und erkrankte Gehirn Informationen speichert, organisiert und im Schlaf stabilisiert“, so Prof. Rémi.

Literatur

[1] Schreiner T, Griffiths BJ, Kutlu M, et al. Spindle-locked ripples mediate memory reactivation during human NREM sleep. Nat Commun. 2024;15(1):5249. Published 2024 Jun 19. doi:10.1038/s41467-024-49572-8

[2] Rémi J, Bubeck C, Hartl E, Tezer FI, Noachtar S. Sleep spindle reduction precedes seizures by several epochs. Clin Neurophysiol. 2018;129(8):1624-1625. doi:10.1016/j.clinph.2018.05.011

Die Online-Pressekonferenz anlässlich des Kongresses für Klinische Neurowissenschaften 2026 fand am 23.2.2026 statt, einen Mitschnitt finden Sie hier: <https://www.dgkn.de/presse>. Journalistinnen und Journalisten können sich über das Kongressportal kostenlos für den DGKN-Kongress registrieren: <https://www.kongress-dgkn.de>

Die Deutsche Gesellschaft für Klinische Neurophysiologie und Funktionelle Bildgebung (DGKN) e.V. vertritt die Interessen von Medizinerinnen und Medizinern sowie Forschenden, die auf dem Gebiet der klinischen und experimentellen Neurophysiologie tätig sind. Die wissenschaftlich-medizinische Fachgesellschaft mit 4.600 Mitgliedern fördert die Erforschung von Gehirn und Nerven, sichert die Qualität von Diagnostik und Therapie neurologischer Krankheiten und treibt Innovationen auf diesem Gebiet voran. Sie ist aus der 1950 gegründeten „Deutschen EEG-Gesellschaft“ hervorgegangen. <https://www.dgkn.de>