

Nicht im Handel

Sonderabdruck aus Band XXI, Heft 4, 1964

**WIENER ZEITSCHRIFT
FÜR NERVENHEILKUNDE UND DEREN GRENZGEBIETE**

Schriftleitung: H. Hoff und H. Reisner, Wien

Springer-Verlag in Wien

Alle Rechte vorbehalten

F. Gerstenbrand:

Der Einfluß optokinetischer Reize auf die Einzelfaseraktivität
im Nervus oculomotorius

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Wien (Vorstand Prof. Dr. G. SCHUBERT) und der Psychiatrisch-Neurologischen Universitätsklinik Wien (Vorstand Prof. Dr. H. HOFF)

Der Einfluß optokinetischer Reize auf die Einzelfaseraktivität im Nervus oculomotorius

Von

F. Gerstenbrand

Mit 1 Textabbildung

Um die Beziehungen zur Umwelt konstant zu halten, unterliegen die Augenmuskeln einer reflektorischen Steuerung durch vestibulare und optokinetische Reize. Über die dabei auftretenden Erregungsmuster kann das Elektromyogramm nur beschränkt Auskunft liefern, da die motorischen Einheiten der äußeren Augenmuskeln extrem klein und dementsprechend nur schwer zu isolieren sind. Hingegen ist es möglich, mit Hilfe von Mikroelektroden die Aktivität von Einzelfasern des N. oculomotorius zu registrieren und die dabei beobachteten Impulsmuster mit der Charakteristik der durch sie verursachten Bewegungen zu vergleichen. Dieses Impulsmuster wurde auf optokinetische Reizung hin untersucht, worüber im folgenden berichtet werden soll.

Methodik

Bei 6 Katzen (2, 2 bis 3, 5 kg) wurde unter Narkose (Äther oder 25 mg/kg Pentothal i. v.) der rechte N. oculomotorius freigelegt. Die Präparation erfolgte nach der von SCHUBERT und BORNSCHEIN (1962) angegebenen Technik, welche den Vorteil hat, daß das Gehirn völlig intakt bleibt. Die Tiere wurden mit Flaxedil (Einzeldosen von 5 mg/kg i. v.) immobilisiert und künstlich beatmet. Zur Ableitung der Einzelfaseraktivität wurden Pt-Ir-Mikroelektroden nach WOLBARSH und Mitarb. (1960) benützt, die mittels Mikromanipulators (Zeiss) in den intakten Nerven eingestochen wurden. Die ableitenden Impulse wurden nach Verstärkung (Kathodenfolgereingang, RC-Kopplung, Zeitkonstante 5 msec) akustisch kontrolliert bzw. mit Kathodenstrahloszillograph (Tektronix 502) und Camera (Recordine) photographisch registriert.

Der optokinetischen Reizung diente eine drehbare Hohltrummel von 1 m Durchmesser und 70 cm Höhe, an deren Innenseite schwarzweiße Streifen von je 85 mm Breite angebracht waren. Der Kopf des am Rücken liegenden Tieres befand sich möglichst nahe dem Mittelpunkt der Trummel.

Der verwendete Kopfhalter war so konstruiert, daß das binokulare Gesichtsfeld kaum beeinträchtigt und zum größten Teil von dem beweglichen Streifenmuster eingenommen wurde. Um optimale Reizbedingungen zu gewährleisten, wurde die Streifengeschwindigkeit über ein weites Bereich variiert.

Zur Kontrolle der vestibulären Reaktionen untersuchter Fasereinheiten wurde in 3 Versuchen ein Plastikröhrchen durch den linken äußeren Gehörgang nach Perforation des Trommelfells bis in das Mittelohr vorgeschoben. Die kalorische Reizung erfolgte mit Wasser von etwa 10° C Temperatur.

Ergebnisse

Zunächst wurde bei einem intakten Tier kontrolliert, ob die verwendeten optokinetischen Reize geeignet waren, einen Nystagmus auszulösen. Zu diesem Zwecke wurde das wache Tier in die Mitte der Hohltrummel gesetzt. Bei Rotation der Trummel war ein deutlicher Nystagmus zu beobachten, der allerdings weder die Regelmäßigkeit des vestibulären Nystagmus aufwies noch mit der gleichen Promptheit auftrat wie der letztere.

Aus technischen Gründen konnte die Impulsregistrierung nur bei Rückenlage des Tieres erfolgen, wobei in allen Fällen vom rechten N. oculomotorius abgeleitet wurde. Dies ist insofern zu berücksichtigen, als unter diesen Umständen das untersuchte rechte Auge bei Drehung der Hohltrummel im Uhrzeigersinn (um eine vertikale Achse) in der langsamen Phase eine Adduktion durchführte. Bei Drehung gegen den Uhrzeigersinn kam es dagegen während der schnellen Phase zur Adduktion. Der N. oculomotorius versorgt mehrere Augenmuskeln, wobei in der vorliegenden Untersuchung vor allem die Fasern für den M. rectus internus interessierten, da von ihnen die stärkste Reaktion zu erwarten war. Während in den ersten Versuchen alle isolierten Fasereinheiten hinsichtlich ihrer Reaktion auf den optokinetischen Reiz geprüft wurden, erfolgte bei den späteren Versuchen insofern eine gewisse Selektion, als nur solche Fasern näher untersucht wurden, die auf einen starken kalorischen Reiz mit ausgeprägten rhythmischen Entladungen reagierten.

Insgesamt wurde in der vorliegenden Studie die Impulsaktivität von 34 Fasereinheiten registriert. In Übereinstimmung mit dem Kontrollversuch bei intaktem Tier war dabei zunächst festzustellen, daß mit der optokinetischen Reizung in keinem Fall die Wirksamkeit des kalorischen Reizes erzielt werden konnte. Selbst wenn die untersuchte Fasereinheit bei kalorischer Reizung keine oder eine nur sehr geringe rhythmische Modulation ihrer Impulsfrequenz zeigte, so war dennoch die nystaktische Reaktion stets deutlich in der Grundentladung zu erkennen, welche aus der Aktivität benachbarter Einheiten resultierte. Bei optokinetischer Reizung fehlte häufig die erwähnte diffuse Reaktion, so daß die Wirksamkeit des Reizes zweifelhaft war.

Von den untersuchten 34 Einheiten war bei 15 keine systematische Änderung ihrer Aktivität bei optokinetischer Reizung festzustellen. Dies

bedeutet allerdings keineswegs, daß in allen diesen Fällen der optokinetische Reiz unwirksam war. Es konnte sich dabei um Fasern zum *M. rectus superior*, *M. rectus inferior* und *M. obliquus inferior* handeln, die an einem rein horizontalen Nystagmus nur in geringem Maße beteiligt sind. Ferner ist nicht mit Sicherheit auszuschließen, daß es sich zum Teil um vegetative Fasern handelte.

Die restlichen 19 Fasereinheiten zeigten bei optokinetischer Reizung mehr oder weniger deutliche Reaktionen, teils im Sinne einer Änderung

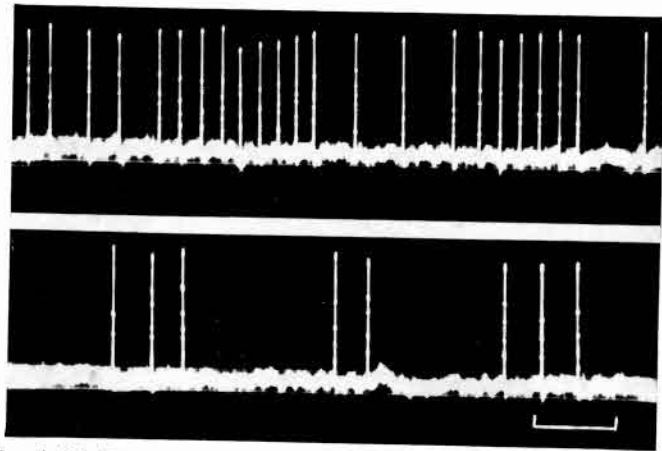


Abb. 1. Impulsaktivität einer Einzelfaser des rechten *N. oculomotorius* der Katze bei optokinetischer Reizung: Bewegungsrichtung im Uhrzeigersinn (A) bzw. gegen den Uhrzeigersinn (B). Tier in Rückenlage. Eichung (rechts unten): 0,1 sec.

ihrer mittleren Aktivität, teils im Sinne einer rhythmischen Modulation ihrer Impulsfrequenz. Die rhythmischen Entladungen waren bei 4 Fasereinheiten am stärksten ausgeprägt, wobei die Impulsmuster bei verschiedener Drehrichtung der Hohltrömmel in charakteristischer Weise differierten. Dies legt die Annahme nahe, daß es sich um Fasern handelte, die den *M. rectus internus* des rechten Auges versorgten. In Abb. 1 ist das Verhalten einer dieser Einheiten bei optokinetischer Reizung dargestellt. Bei Drehung der Trömmel im Uhrzeigersinn (Kontraktion des *M. rectus internus* rechts in der langsamen Phase) ergaben sich längere Entladungsserien mit steigender Impulsfrequenz, die durch kurze Entladungspausen getrennt waren. Wurde dagegen die Trömmel gegen den Uhrzeigersinn gedreht, so fanden sich nur kurze Impulsgruppen, die durch lange Entladungspausen getrennt waren. Es ergab sich damit bei optokinetischer Reizung prinzipiell das gleiche Erregungsmuster in Einzelfasern des *N. oculomotorius*, wie es von SCHUBERT und BORNSCHEIN (1962) in diesem Nerv erstmalig bei vestibulärer Erregung nachgewiesen werden konnte.

Diskussion

Mit einer identischen Versuchsanordnung konnten SCHUBERT und BORNSCHEIN die durch vestibuläre Reizung hervorgerufenen Impulsmuster von Fasereinheiten des *N. oculomotorius* nachweisen. Die genannten Autoren stellten fest, daß diese einem Horizontal-Nystagmus entsprechen und sowohl bei Rechts- als auch bei Linksspülung zu beobachten waren. Aus der Analyse der gewonnenen Resultate wurde der Schluß gezogen, daß es sich um Fasern handeln müßte, die den *M. rectus internus* versorgen. Das Impulsmuster dieser Einheiten, bei denen die rhythmische Modulation ihrer Impulsfrequenz weniger ausgeprägt war, wurden den in den Nystagmus-Phasen mitinnervierten Vertikalmotoren zugeschrieben. Es konnte damit die Vorstellung widerlegt werden, daß eine komplette Funktionsteilung der Augenmuskelfasern bzw. der sie versorgenden Nervenfasern besteht. In der folgenden Versuchsreihe sollte nun unter anderem auch die Frage den optokinetischen Nystagmus betreffend angeschnitten werden.

Wie oben gezeigt, kam es bei Drehung der Trömmel im Uhrzeigersinn, welche eine Kontraktion des *M. rectus internus* rechts für die langsame Phase des *N. oculomotorius* auslöste, zu einer längeren Entladungsserie mit steigender Impulsfrequenz, die durch kurze Entladungspausen getrennt war. Bei Drehung der Trömmel nach links zeigten sich nur kurze Impulsgruppen, die durch lange Entladungspausen getrennt waren. Es war somit durch den vorliegenden Versuch auch für den *N. oculomotorius* zu widerlegen, daß eine komplette Funktionsteilung der Muskelfasern bzw. der versorgenden Nervenfasern besteht.

Die vorliegenden Verhältnisse sind nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse am Menschen zu übertragen bzw. in pathophysiologischer Hinsicht zu verwerten. Nach Untersuchungen von TER BRAAK (1962) können zwei verschiedene Arten des optokinetischen Nystagmus unterschieden werden. Der sogenannte „Stier-Nystagmus“ ist nicht an das Vorhandensein einer Fovea gebunden und wird durch die Bewegungen des gesamten Gesichtsfeldes ausgelöst. Der „Schau-Nystagmus“ setzt ein foveales Sehen voraus und tritt bei Bewegungen isolierter Objekte innerhalb des Gesichtsfeldes auf. Bei der Katze, die über keine Fovea verfügt, handelt es sich im Gegensatz zum Menschen offenbar um den erstgenannten Typ des optokinetischen Nystagmus. In der strukturellen Verankerung beider Arten des optokinetischen Nystagmus besteht nun insofern ein grundlegender Unterschied, als nach den Untersuchungen von TER BRAAK (1962) der „Stier-Nystagmus“ auch nach Abtragung der Hemisphären ausgelöst werden kann, während dies beim „Schau-Nystagmus“ nicht der Fall ist. Der optokinetische Nystagmus des Menschen ist daher zweifellos höher organisiert. Er scheint eine weitgehend intakte Schrinde zu benötigen (P. PASIK, T. PASIK and M. B. BENDER, 1960). Dagegen fand

SMITH (1939) an Katzen, daß bei doppelseitiger Zerstörung des visuellen Cortex der optokinetische Nystagmus erhalten bleibt. Störungen treten jedoch bei einer Läsion der oberen Vierhügel in Erscheinung.

Beim Vergleich der Impulsmuster, wie sie durch optokinetische Reize zur Auslösung kamen, mit solchen nach einem vestibulären Reiz, ergab sich in der vorliegenden Untersuchung, daß es bei optokinetischer Reizung wesentlich schwieriger war, charakteristische rhythmische Entladungen zu erhalten. Dies scheint offenbar damit in Zusammenhang zu stehen, daß bei der Katze die vestibuläre Orientierung gegenüber der optischen dominiert. Um so bemerkenswerter ist die Feststellung, daß trotz der erwähnten Schwierigkeiten die der langsamen und schnellen Phase entsprechenden Impulsmuster beim optokinetischen Nystagmus prinzipiell die gleichen Grundcharakteristika aufwiesen wie die vestibulären Reaktionen. Diese Identität der Erregungsmuster steht im Einklang mit dem Konzept einer optisch-vestibulären Integration im Sinne einer Konstanz der Umweltbeziehungen.

Zusammenfassung

Die bei optokinetischer Reizung in Einzelfasern des N. oculomotorius aufgetretenen Impulsaktivitäten werden bei der mit Flaxedil immobilisierten Katze registriert (Mikroelektrodenableitung). Die Wirksamkeit des verwendeten optokinetischen Reizes wird durch einen Kontrollversuch beim intakten Tier verifiziert. 19 von 34 untersuchten Fasereinheiten zeigten bei optokinetischer Reizung mehr oder weniger deutliche Reaktionen. Ausgeprägte rhythmische Entladungen, die bei verschiedenen Richtungen des optokinetischen Reizes in charakteristischer Weise differierten, fanden sich bei 4 Fasereinheiten, welche demzufolge als Fasern zum M. rectus internus anzusprechen waren. Diese Impulsmuster zeigten prinzipiell die gleiche Charakteristik wie bei kalorischer Reizung. Für die Funktionsteilung der motorischen Einheiten bei der langsamen bzw. der raschen Komponente fand sich kein Anhalt. Auf Schwierigkeiten von Rückschlüssen auf die Situation beim Menschen wird hingewiesen. Die Ergebnisse stehen in Einklang mit dem Konzept einer optisch-vestibulären Integration.

Literatur

BRAAK, J. W. E. TER: Optokinetic control of eye movements in particular optokinetic nystagmus. XXII. Int. Congr. Physiol. Sci. Leiden, Exc. Med., Int. Congr. Ser. **47/1**, 502—505 (1962). — PASIK, P., T. PASIK and M. B. BENDER: Arch. Neur. (Am.) **3**, 298 (1960). — SCHUBERT, G., und H. BORN-SCHEIN: Einzelfaseraktivität im N. oculomotorius bei vestibulärer Reizung. Pflügers Arch. **275**, 107—116 (1962). — SMITH, K. U.: The neural centers concerned in optic nystagmus. Amer. J. physiol. Opt. **126**, 631 (1939). — WOLBARSH, M. L., E. F. MACNICHOL and H. G. WAGNER: A glass insulated platinum microelectrode. Science **132**, 1309 (1960).