

## Plastische und dynamische Veränderungen des sakkadischen Systems bei Augenmuskelparesen

D. Schmidt, L.F. Dell'Osso, L.A. Abel und R.B. Daroff (Freiburg i. Br.; Miami, Fla, USA)

Bei Fixation mit dem paretischen Auge paßt das Zentralnervensystem den Bewegungsentwurf einer sakkadischen Augenbewegung der veränderten peripheren Situation an. So zeigten Kommerell und Mitarb. (1976), daß adaptive Veränderungen des sakkadischen Systems nach 3tägiger Okklusion des paretischen aber visuell besseren Auges auftraten. Über die Plastizität des sakkadischen Systems berichteten außerdem Optican u. Robinson (1977). Sie zeigten an Affen, daß ein paretischer Augenmuskel eine Zunahme der Verstärkung (Gain) aufwies, wenn Sakkaden ausgeführt wurden. Verstärkung (Gain) einer Sakkade bedeutet: das Verhältnis von ausgeführter Amplitudenhöhe zur erforderlichen Amplitude einer Sakkade.

Unsere Untersuchungen dokumentieren erstmals den Zeitverlauf der Plastizität des sakkadischen Systems beim Menschen.

Es wird der Verlauf der Adaptation der Sakkaden eines 58jährigen Patienten mit einer ischämisch bedingten rechtsseitigen partiellen Okulomotoriusparese in Abhängigkeit von der Okklusion eines Auges gezeigt. Als die Untersuchungen begonnen wurden, betrug die maximale Amplitude bei Adduktion des paretischen rechten Auges  $17^\circ$ . Die zwischen  $0^\circ$  und  $10^\circ$  Seitwärtsblick ausgeführten Sakkaden wurden infrarotokulographisch abgeleitet. Nach der ersten Ableitung wurde das gesunde linke Auge okkludiert. Die Augenbewegungen wurden täglich registriert. Am 6. Tag wechselten wir die Okklusion, so daß der Patient nun wieder mit dem gesunden Auge fixierte.

Beispiele der infrarot-okulographischen Ableitungen an den Tagen 0, 5 und 7 sind in Abb. 1 dargestellt. Alle drei Ableitungen erfolgten bei Fixation des paretischen rech-

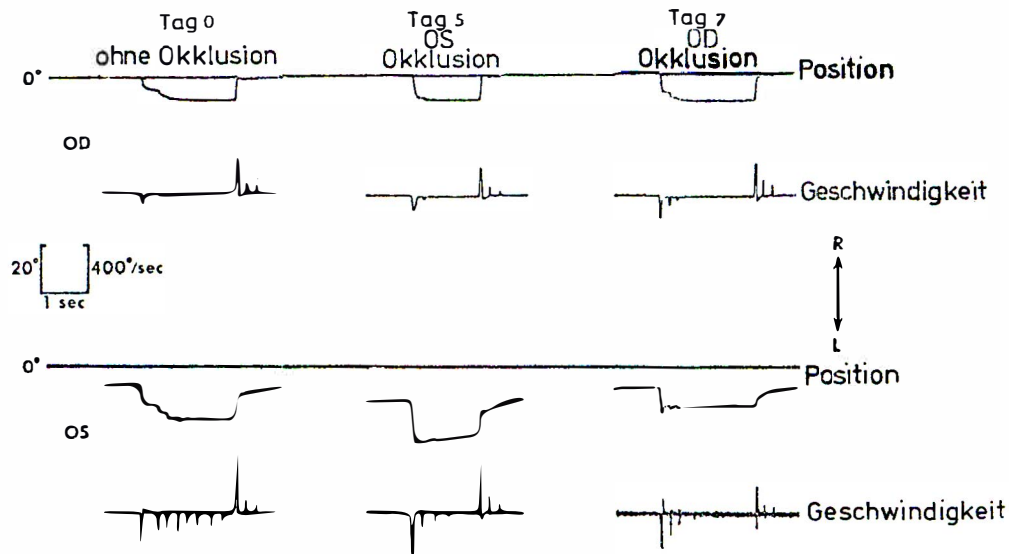


Abb. 1. Infrarot-okulographische Darstellung der Augenbewegungen (Position) und Geschwindigkeit bei den Augen an den Tagen 0, 5 und 7 unter Okklusionsbedingungen

ten Auges, gleichzeitig wurden die Sakkaden des frei beweglichen linken abgedeckten Auges aufgezeichnet. Die Sakkaden erfolgten nach links, also in Richtung der Parese und anschließend zurück zur Primärposition. Am Tag 0 ist eine hypometrische Sakkade zu erkennen, die sich bis zum 5. Tag so verändert, daß eine nahezu orthometrische Sakkade ausgeführt wird. Danach wurde wieder das paretische Auge okkludiert. Am 7. Tag trat die Hypometrie erneut in Erscheinung. Das frei bewegliche linke Auge zeigt initial eine überschießende Bewegung, gefolgt von einer langsamen Drift nach rechts. Auffällig sind monokulare Nystagmusrucke, die sich dann anschließen.

In Abb. 2 sind die Veränderungen der Verstärkung (Gain) – sowie deren Standardabweichung – der Sakkaden dargestellt. Die in der Abbildung gezeigten Punkte wurden aus 50 Sakkaden gemittelt. Die Verstärkung (Gain) des paretischen Auges zeigte eine deutliche Zunahme am ersten Tag von 0,4 bis auf 0,7, gefolgt von einer langsamen Zunahme bis zu einem Plateau bei 0,8 am 4. Tag. Die beste Annäherung einer exponentiellen Kurve für die gefundenen Punkte wurde in der Abbildung eingezeichnet. Die Gleichung dafür lautet:  $G = 0,79 (1 - 0,59 e^{-t/0,85})$  ( $r^2 = 0,84$ ). Nach dem Wechsel der Okklusion am

6. Tag konnte sich der Patient wieder an sein frei bewegliches Auge anpassen und die Sakkaden mit dem paretischen Auge wurden wieder zu kurz. Die Verstärkung (Gain) des normalen linken Auges nahm während der Okklusion dieses Auges ebenfalls zu. Nach dem Wechsel der Okklusion verminderte sich die Verstärkung (Gain) des linken Auges. Die beste Annäherung einer exponentiellen Kurve, die zur Verminderung der Verstärkung (Gain) paßte, wurde ebenfalls in die Abbildung eingezeichnet. Die Gleichung hierfür lautet:  $G = 1 + 0,28 e^{-t/1,54}$  ( $r^2 = 0,89$ ). An den Tagen 8, 9 und 10 liegen die gemittelten Werte der Verstärkung höher als erwartet, da eine spontane Rückbildung der Parese eingetreten war.

Die Zeitkonstanten 0,85 für die Zunahme der Verstärkung (Gain) des paretischen Auges und 1,54 für die Verminderung der Verstärkung (Gain) des nichtparetischen Auges lagen innerhalb des Bereiches, der bei Tieruntersuchungen der sakkadischen Plastizität (Optican und Robinson, 1977) und bei den Untersuchungen über die Plastizität des vestibulo-okularen Reflexes beim Menschen (Gonshor u. Melvill Jones, 1976) gefunden wurde.

Im Gegensatz zur Änderung der Amplitudenhöhe wurde die Geschwindigkeit der

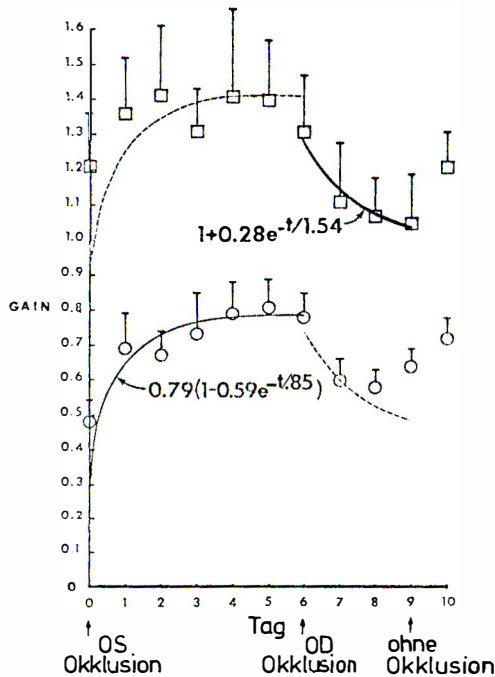
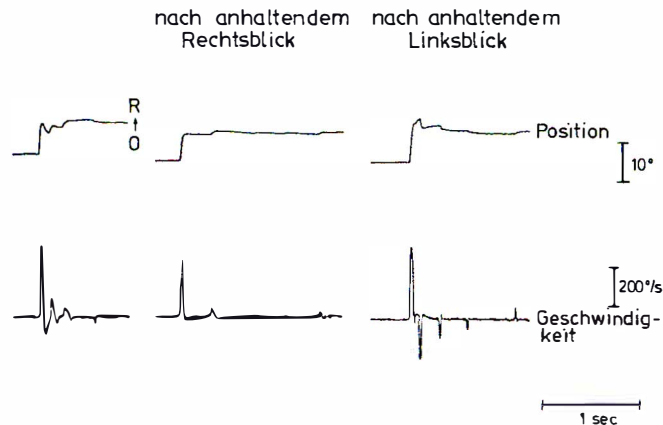


Abb. 2. Mittelwerte und Standardabweichungen der sakkadischen Verstärkung (Gain) des paretischen rechten Auges (○) und des nichtparetischen linken Auges (□) bei linksgerichteten Sakkaden (in Richtung der Parese) unter monokularen Bedingungen

Abb. 3. Infrarot-okulographische Darstellung der Augenbewegungen (Position) und deren Geschwindigkeit bei Blick von Primärposition um 10° nach rechts. Es besteht eine deutliche hypometrische Sakkade. Nach anhaltendem Rechtsblick bleibt die Hypometrie bestehen. Hingegen wird eine Hypermetrie nach 3 Minuten lang anhaltendem Linksblick festgestellt. Es kommt zu keiner Zunahme der Geschwindigkeit



Sakkaden durch die Okklusion nicht beeinflusst.

*Zusammenfassend* beobachteten wir, daß das zentralnervöse okulomotorische System nach Okklusion des gesunden Auges fähig war, die Parese zu kompensieren. Die Anpassung wirkte *selektiv* auf die Verstärkung (Gain), nicht jedoch auf die Sakkadengeschwindigkeit.

Dynamische Veränderungen der Sakkaden ließen sich bei myasthenischen Augenmuskelparesen nachweisen. In Abb. 3 wird dargestellt, wie aus einer hypometrischen Sakkade nach anhaltendem Linksblick eine Hypermetrie entsteht. Nach 3 Minuten lang anhaltendem Seitwärtsblick trat bei 7 von 10 Patienten eine Hypermetrie der Sakkaden bei gleichbleibender oder sogar verminderter Geschwindigkeit auf.

Bei manchen myasthenischen Patienten fand sich die Parese nur an einem Muskel. Ließ man den Blick in der Gegenrichtung längere Zeit halten, so konnte sich der paretische Muskel erholen. Das zentralnervöse Programm, welches noch auf die Lähmung eingestellt war, führte dann zu große, also hypermetrische Blickbewegungen aus, wenn der myasthenische Muskel sich erholt hatte. Auf derartige dynamische Veränderungen der Sakkaden wiesen wir (Schmidt, 1977) hin.

Hypermetrische Sakkaden nach Seitwärtsblick entstehen dadurch, daß ein Mißverhältnis zwischen Regler (zentraler Schaltapparat der Okulomotorik) und den Stellgliedern (Augenmuskeln) vorliegt. Bei Paresen erhalten die Stellglieder eine verstärkte Innervation vom Regler, um die Paresen zu überwinden. Werden myasthenische Paresen durch Ruhigstellung der betroffenen Muskel-

fasern bei Seitwärtsblick verringert, so hat sich der Regler noch nicht auf die neue periphere Situation umgestellt, d. h. die verstärkte Innervation des Reglers äußert sich als hypermetrische Augenbewegung.

*Zusammenfassend* ist festzustellen, daß adaptive Mechanismen bei myasthenischen Augenmuskelparesen vor allem die Amplitudenhöhe betreffen, in ähnlicher Weise wie bei einer neurogenen Parese, während die Sakkadengeschwindigkeit im allgemeinen nicht ansteigt.

#### Literatur

Gonshor, A., Mellvill Jones, G.: Extreme vestibulo-ocular adaptation induced by prolonged optical reversal of vision. *J. Physiol. (London)* **256**, 381-414, (1976). – Kommerell, G., Olivier, D., Theopold, M.: Adaptive programming of phasic and tonic components in saccadic eye movements. *Investigations in patients with abducens palsy. Invest. Ophthalmol.* **15**, 657-660, (1976). – Optican, L. M., Robinson, D. A.: Plastic adaptations of saccadic dysmetria. In: *Abstracts. Society for Neuroscience, Bethesda, MD. Vol 3*, 157 (1977). – Schmidt, D.: Saccadic eye movements in myasthenic ocular muscle pareses. In: *Neuro-Ophthalmology. Glaser, J.S. (ed.), Vol. 9*, pp. 177-189. St. Louis: Mosby, 1977

#### Aussprache

Herr de Decker (Kiel) zu Herrn Schmidt:

Hat die Beurteilung einer Parese in der Form der Sakkade eine klinische Zukunft? Sie wird in Amerika zur Vermeidung der Elektromyographie schon viel herangezogen.

Herr Schmidt (Freiburg), Schlußwort zu Herrn de Decker:

Die Beurteilung des Ablaufes einer Sakkade ist ebenso wichtig wie die Untersuchung des statischen Endzustandes von Paresen im Doppelbildschema. Aufschlußreich ist die Untersuchung der Sakkaden nicht nur bei der Myasthenie (nach anhaltendem Seitwärtsblick bzw. nach Gabe von Tensilon), sondern auch bei der internukleären Ophthalmoplegie sowie bei der Unterscheidung einer doppelseitigen Abduzensparese von einer Abduktionsbehinderung infolge Strabismus con-

vergens oder bei der Abgrenzung einer Muskeldystrophie von einer Hirnstammläsion mit Blicklähmung.

Bei unklaren Augenmuskelparesen ist es sinnvoll, sakkadische Augenbewegungen nystagmographisch zu registrieren. Alleine die Form einer Sakkade führt jedoch noch nicht zu einer Diagnose. So sind zusätzliche Tests wie beispielsweise Ermüdungs- und Tensilontest erforderlich, um eine Myasthenie nachzuweisen.