

Die nystagmographische Erfassung vestibulärer Labyrinthreaktionen

Autor(en): **Pfaltz, C.R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie Suisse des Sciences Medicales = Bollettino dell' Accademia Svizzera delle Scienze Mediche**

Band (Jahr): **16 (1960)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-307448>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Aus der Universitätsklinik für Ohren-, Nasen- und Halskranke, Bürgerspital Basel
Vorsteher: Prof. Dr. E. Lüscher

Die nystagmographische Erfassung vestibulärer Labyrinthreaktionen

Von C. R. Pfaltz

Morphologische Struktur sowie Funktion des Labyrinthes sind außerordentlich kompliziert, und schon allein die Frage, ob der vestibuläre Anteil des Innenohrs als Sinnesorgan aufzufassen sei, kann nicht ohne weiteres beantwortet werden. Wir wissen, daß die Reizwirkung physikalischer Umweltkräfte keineswegs die Nervenfasern direkt trifft, sondern stets die sensiblen oder sensorischen Endorgane. Diese dienen zugleich als Reizempfänger für reflektorisches Geschehen und bewußtes Empfinden.

Von physiologischer Seite aus (z. B. *Rein*, 1941) wird streng auseinandergehalten, ob bei einem Endorgan ein Unterschied hinsichtlich des Ausmaßes seiner Beanspruchung als Reflexempfänger oder als Sinnesorgan im engeren Sinne besteht, d. h. als Empfänger von Reizen, die zu bewußten Empfindungen führen. Nach dieser Auffassung sind Bogengangs- und Otolithenapparat als reine Reflexempfänger zu betrachten. Diese sprächen sowohl auf exterozeptive als auch auf enterozeptive Reize an und wären unter anderem imstande, Gegenmaßnahmen, d. h. Abwehrreaktionen reflektorischer Natur, auszulösen.

Von otologischer Seite aus (*Jongkees*, 1953) wird hingegen die Ansicht vertreten, daß den vestibulären Sinnesendstellen innerhalb des Labyrinthes die Funktion eines Sinnesorganes zuzuschreiben sei, denn es handle sich um ein Organ, «das spezifisch reagiert, wenn es durch spezifische Reize erregt wird».

Dazu möchte ich bemerken, daß die adäquate Reizung der vestibulären Sinnesendstellen sicher imstande ist, unter gegebenen Bedingungen bewußte Empfindungen hervorzurufen, daß jedoch diese Funktion hinter dem reflektorischen Geschehen zurücktritt. Die bei der Reizung des vestibulären Endorganes zum Bewußtsein gelangenden Empfindungen werden je nach Intensität des Reizes als Bewegung, als Schwindel oder als eigentliche Gleichgewichtsstörung wahrgenommen. Diese subjektiven Erscheinungen umfassen eine ganze Skala von kine-

tischen Sensationen, welche von Individuum zu Individuum außerordentlich stark variiert. Als Gradmesser für die Beurteilung einer labyrinthären Reaktion fällt deshalb sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht die durch die adäquate Sinnesreizung ausgelöste subjektive Empfindung dahin. An ihre Stelle tritt als objektives Kriterium in der Beurteilung einer vestibulären Reaktion der Nystagmus. Unter Nystagmus verstehen wir rhythmische Augenbewegungen, die sich in eine langsame und eine schnelle Phase zerlegen lassen und unter physiologischen Bedingungen durch die Reizung des vestibulären Endorganes reflektorisch ausgelöst werden. In der Folge möchte ich mich bei der Besprechung der labyrinthären Reaktionen auf die innerhalb des Bogengangapparates ausgelösten Reizeffekte beschränken.

Die Stimulation der Cupula kann monaural durch die thermische oder binaural durch die rotatorische Labyrinthprüfung erfolgen. In beiden Fällen wird eine Endolymphströmung ausgelöst, welche die Cupula deflektiert und damit reflektorisch rhythmische Bewegungen der Bulbi im Sinne eines vestibulären Nystagmus auslöst. Eine weitere Reizprüfung des Vestibularapparates stellt die galvanische Stimulation dar, deren Angriffspunkt jedoch bis heute noch nicht endgültig geklärt ist.

Der objektive Gradmesser einer experimentell ausgelösten Labyrinthreaktion ist der Nystagmus. Dieser kann mit dem unbewaffneten Auge oder unter einer vergrößernden Leuchtbrille beobachtet werden. Dabei wird es möglich sein, die Dauer des Nystagmus zu messen, unter Umständen auch die Schlagzahl zu ermitteln; aber es ist unmöglich, Rhythmus und Frequenz des Nystagmus sowie Amplitude, Winkelbeschleunigung und Geschwindigkeit der langsamen Phase der einzelnen Nystagmusschläge exakt zu bestimmen, Kriterien, welche heute für die Beurteilung einer vestibulären Reaktion unerlässlich sind. Augenbewegungen, die unter 1 Winkelgrad liegen, können nicht mehr als Nystagmusschläge erkannt und häufig überhaupt nicht beobachtet werden.

Die Entwicklung der Nystagmographie

Bereits im letzten Jahrhundert ist die Bedeutung der objektiven Erfassung des Nystagmusablaufes durch die Registrierung der Augenbewegungen erkannt worden. Die ersten Versuche, Augenbewegungen beim Menschen aufzuzeichnen, gehen auf *Högyes* (1881) sowie auf *Berlin* (1891) zurück. Letzterer legte ein Elfenbeinschildchen auf die kokainisierte Hornhaut und versuchte die Bulbusbewegungen mittels einer Borste in der Weise zu übertragen, daß dadurch eine Kurve auf ein Uhrglas aufgezeichnet wurde. *Delabarre* (1898) legte eine festhaftende Gipschale auf die kokainisierte Hornhaut, und es gelang ihm, Augenbewe-

gungen, die er mittels eines Fadens auf einen Hebel übertrug, auf einer berußten Trommel aufzuzeichnen. *Huey* (1897) benützte unabhängig davon dieselbe Versuchsanordnung mit einer kleinen Abänderung, indem er die Augenbewegungen von der Cornealkappe aus direkt auf den Hebelmechanismus übertrug. Der Nachteil dieser mechanischen Registriermethoden liegt in der Gefahr einer Schädigung der Hornhaut bei den Versuchspersonen. *Buys* (1909) verwendete deshalb eine mittels einer Gummimembran bespannte luftgefüllte Kapsel und übertrug auf pneumatischem Wege die Augenbewegungen zu einem Registriersystem. Die Cornea, welche stärker gekrümmt ist als die Skleraoberfläche, verursacht bei Augenbewegungen eine entsprechende Hebung und Senkung der Oberfläche des Oberlides, und diese Schwankungen können durch die dem Auge aufgesetzte Kapsel aufgenommen und weitergeleitet werden. Eine ähnliche Methode hat auch *Witmer* (1916) angegeben. Die mittels der Formveränderungen der Bulbusoberfläche registrierten Augenbewegungen sind jedoch den wirklichen Augenbewegungen nicht proportional, sondern abhängig von Lage, Spannung der Aufnahmekapsel, Blickrichtung und Oberflächenform des Bulbus. *Ohm* (1914, 1916) registrierte kombinierte Lid-Augen-Bewegungen mittels eines Aluminiumhebels, den er am Oberlid befestigte.

Neben diesen mechanischen Registriermethoden wurden auch optische Verfahren zur graphischen Festhaltung von Augenbewegungen entwickelt. *Judd, McAllister* und *Steele* (1905) kinematographierten die Bewegungen einer weißen Marke, die auf der Cornea angebracht wurde; eine ähnliche Technik verwendeten *Buys* und *Coppez* (1909, 1910). *Abrahams* (1913) und *Ohm* (1924) haben diese Technik wesentlich verbessert, so daß bei der Analyse der Aufnahmeserien die Bahn der Augenbewegungen genau rekonstruiert werden konnte. *Dodge* und *Cline* (1901) kinematographierten die Verschiebung des Cornealreflexes bei Augenbewegungen und erhielten damit eine wahrheitsgetreue Wiedergabe der Bulbusbewegungen. *Struycken* (1918) hat die photographische Registrierung der Augenbewegungen weiterhin verbessert, indem er die Bewegungen einer reflektierenden, am Auge angebrachten Metallkugel auf einen Rollfilm aufnahm. Einen ähnlichen Weg wie *Orschansky* (1898) beschritt *Wojatschek* (1908), indem er einen Spiegel auf den geschlossenen Augenlidern befestigte und die Verschiebung eines durch diesen Spiegel reflektierten Lichtstrahles bei Augenbewegungen auf lichtempfindlichem Papier festhielt. *Marx* und *Trendelenburg* (1911) sowie *Dodge* (1921) verfeinerten diese Technik, jedoch waren die praktischen Ergebnisse der optischen Registriermethoden im großen und ganzen ebenso unbefriedigend wie diejenigen der mechanischen.

Majewsky (1913) modifizierte *Wojatscheks* Technik, indem er auf kinematographischem Wege Kurven aufnahm (Nystagmosciagramme), die durch das Schattenbild eines direkt am Auge befestigten Hebels auf einem beleuchteten Film entstehen. *Dohlman* (1925) modifizierte seinerseits *Majewskis* Methode und erzielte mittels eines auf der kokainisierten Cornea sinnreich fixierten Spiegels, welcher einen Lichtstrahl auf lichtempfindliches Papier reflektierte, Augenbewegungskurven, deren Ausschläge direkt den vom Spiegel am Auge ausgeführten Verschiebungen entsprachen. Aber auch diese Methode sowie diejenigen, die in späteren Jahren auf demselben optischen oder mechanischen Prinzip aufgebaut wurden, wie von *de Kleyn* und *Storm van Leeuwen* (1917), *de Kleyn* und *le Heux* (1937), *Kuilman* (1934), *Wiedersheim* (1929), *Linthikum* (1940) und *Schwartz* (1941) waren nicht imstande, das Problem der Nystagmusregistrierung auf befriedigende Weise zu lösen, vor allem weil sie hinsichtlich der naturgetreuen Wiedergabe der Augenbewegungen zu wünschen übrig ließen, technisch kompliziert und für den Patienten subjektiv unangenehm waren; denn der Registriermechanismus mußte stets am Bulbus selbst fixiert werden. Erst in neuerer Zeit sind die optischen Registriermethoden so weit verbessert worden, daß sie klinische Verwendung finden konnten. *Kristensen* und *Zillstorf* (1953) sowie *Carmichael*, *Dix* und *Hallpike* (1955) verwendeten einen Ophthalmographen zur Registrierung des optokinetischen und kalorischen Nystagmus, *Schifferli* (1953) registrierte feinste Augenbewegungen, die für das visuelle Vorstellungsvermögen von großer Bedeutung sind, indirekt durch Photographie der Verschiebung des Cornealreflexes.

Die technischen Unzulänglichkeiten der mechanischen und optischen Registrierung von Augenbewegungen führten bereits vor ca. 30 Jahren zur Entdeckung und Weiterentwicklung der Elektrooculographie, welche auf der Messung der bei Augenbewegungen auftretenden Schwankungen des Corneoretinalpotentials beruht.

Die Entdeckung des Corneoretinalpotentials ist *Du Bois-Reymond* (1849) zuzuschreiben, der in seinen «Untersuchungen über tierische Elektrizität» erwähnt, daß die Cornea gegenüber der Eintrittsstelle des Sehnerven in den Bulbus elektropositiv ist. *Marg* (1951) vergleicht die Retina mit einer in Serien geschalteten Batterie, kombiniert mit einer Photozelle. Bei Ausschaltung von Lichteffekten fließt ein Ruhestrom, der durch Belichtung der Retina verstärkt wird, so daß man dann von einem photoelektrischen oder Belichtungsstrom spricht. Das Elektrooculogramm beruht auf der Messung des Ruhestromes, während die Messung des Belichtungs- oder photoelektrischen Stromes für das Elektoretinogramm verwendet wird.

Das Prinzip der Elektrooculographie ist folgendes: Seitlich des Auges wird eine nasale sowie eine temporale Elektrode angebracht. Bei einer nasalwärts gerichteten Bulbusbewegung nähert sich die positive Cornea der nasalen Elektrode, diese wird also gegenüber der temporalen Elektrode positiv; letztere wird negativ, da die negative Retina temporalwärts verlagert wird. Je größer der Winkel zwischen Ruhestellung und Lateralstellung des Bulbus ist, desto größer wird auch das meßbare Ruhepotential sein. Das Vorzeichen des Ruhepotentials, d. h. ob es positiv oder negativ ist, gibt die Richtung einer Bulbusbewegung an, während die Größe des gemessenen Potentials den Winkel zwischen Nullstellung des Bulbus und erreichter Lateralstellung angibt.

Du Bois-Reymonds Entdeckung blieb über lange Zeit vergessen. 1873 veröffentlichten *Dewar* und *McKendrick* Versuche über die Aufnahme von Elektoretinogrammen an Tieren. 1877 gab *Dewar* seine Untersuchungen am menschlichen Auge bekannt, wobei er bei Augenbewegungen das Entstehen von Potentialschwankungen nachweisen konnte, die er jedoch als störende Artefakte seiner Elektoretinogramme betrachtete. Die nächstfolgende Arbeit auf diesem Gebiet erschien erst 1922, als *Schott*, dem die Untersuchungen *Dewars* nicht bekannt waren, mittels zweier in die Tränenflüssigkeit des Conjunctivalsackes eingebrachter Kupferelektroden den Nachweis von elektrischen Stromschwankungen bei Augenbewegungen erbringen konnte. Eine Erklärung für das Zustandekommen dieser Potentialdifferenzen konnte er nicht geben, er war sich lediglich bewußt, daß die Bulbusverschiebungen das auslösende Moment darstellten. *Meyers* (1929) verwendete hufeisenförmige Elektroden, die er perioculär auf der Haut befestigte, und konnte auf diese Weise erstmals Augenbewegungen bei geschlossenen Lidern registrieren. Er deutete die registrierten Potentialschwankungen als Aktionsströme der äußeren Augenmuskeln. *Jakobson* (1930) schloß sich dieser Hypothese an, und erst *Mowrer*, *Ruch* und *Miller* (1936) erkannten bei der Nachprüfung der Untersuchungen *Meyers'* und *Jakobsons*, daß die registrierten Augenbewegungen keine Elektromyogramme darstellten, sondern daß es sich um die Registrierung der Schwankungen des Corneo-Retinal-Potentials handelte. Sie fanden, daß die Größe des gemessenen Potentials mit dem Winkel der Außenrotation des Bulbus zunimmt und daß die der Retina näher gelegene Elektrode stets negativ ist. Da passive Augenbewegungen beim anästhetisierten Versuchstier dieselben Ergebnisse zeigten, nach Zerstörung der Retina im Tierversuch keine Potentialschwankungen mehr nachweisbar waren und außerdem am frisch exstirpierten Auge ein Ruhepotential gemessen werden konnte, schlossen sie daraus, daß die Elektrooculographie nicht auf der Registrierung eines

Aktionsstromes beruht. *Fenn* und *Hursh* (1937) stellten Untersuchungen darüber an, ob die abgeleiteten Potentiale in einem bestimmten Verhältnis zur Größe des bei der Bulbusrotation gebildeten Winkels zur Nullstellung stehen. Sie fanden dabei eine einfache Analogie zur Bewegung eines Magneten innerhalb einer Drahtspule, wobei die elektromotorische Kraft, welche durch die Bewegung des Magneten erzeugt wird, dem Sinus des Rotationswinkels proportional ist. Untersuchungen am geschlossenen Auge ergaben dieselben Resultate. *Halstead* (1938) konnte nachweisen, daß das Corneo-Retinal-Potential beim einzelnen Individuum konstant ist. Er stellte ferner fest, daß die Elektrooculographie Bewegungen bis zu $\pm 1^\circ$ genau zu registrieren vermag.

Miles (1938, 1939) bestätigte die Untersuchungsergebnisse *Halsteads*. Er versuchte die Messungen zu standardisieren und wählte einen Winkel von 30° als Standardwinkel, wofür er je nach Individuum Ausschläge von 0,2–2,5 mV erhielt. Er untersuchte ferner die Faktoren, welche die Größe des Corneo-Retinal-Potentials zu beeinflussen vermögen. Er stellte dabei fest, daß psychische Erregungen Potentialdifferenzen bis zu 100 mV erzeugen können. Es handelt sich dabei um die Folgen der Veränderung des Hautwiderstandes, hervorgerufen durch einen starken psychischen Reiz, der über das vegetative Nervensystem auf die vasomotorischen und sekretorischen Fasern der Haut und ihrer Anhangsgebilde einwirkt. Es handelt sich um den sogenannten psychogalvanischen Effekt (*Landis*, 1932). Das Ruhepotential eines geschlossenen Auges ist höher als dasjenige des geöffneten, ferner können Verschiebungen im Ionengleichgewicht der Flüssigkeit im Conjunctivalsack zu Änderungen des Corneo-Retinal-Potentials führen, desgleichen auch Belichtungsschwankungen.

Hoffman, *Wellman* und *Carmichael* (1939) veröffentlichten vergleichende Untersuchungen von Augenbewegungen mittels photographischer und elektrooculographischer Registrierung. Sie fanden die bitemporale Ableitung des Corneo-Retinal-Potentials als die am besten geeignete Methode zur Registrierung von Augenbewegungen, da damit die größten Potentiale erfaßt werden können. Sie stellten ferner fest, daß für eine Augenbewegung von 12° das jeweiligen meßbare Potential die lineare Funktion der Tangente des Rotationswinkels darstellt.

Die Elektronystagmographie wurde in Deutschland durch *Jung* und *Mittermaier* (1939) weiter entwickelt, in Frankreich durch *Baudouin*, *Fischgold*, *Caussé* und *Lerique* (1939, 1943), in der Schweiz durch *Monnier* und *Hufschmid* (1951) sowie *Monnier* und *Montandon* (1951). In Italien haben *Arslan* und seine Schule (*Arslan*, 1955; *Megighian*, 1959) Wesentliches zur Weiterentwicklung der klinischen Nystagmographie beigetragen.

Kurz zusammengefaßt stellt die Elektronystagmographie eine Methode dar, die erlaubt, mittels vertikal und horizontal in der Umgebung des Auges angewandter Systeme bipolarer Ableitungen die vertikalen, horizontalen und bis zu einem gewissen Grade auch die rotatorischen Augenbewegungen zu analysieren. Die bei jeder dieser Bewegungen zu registrierenden Abweichungen rühren von Veränderungen in der Verteilung des Corneo-Retinal-Potentials in der Nachbarschaft des Auges her. Da das Auge ein elektrostatisches Dipol darstellt, dessen Achse mit der optischen Achse identisch ist, bewirkt jede Lageänderung des Bulbus eine Abweichung, welche durch ihre Richtung und Spannung eine bestimmte Bewegung des Augapfels charakterisiert (*Dieterle und Monnier, 1955*).

Eine weitere Möglichkeit, Augenbewegungen zu registrieren, ist die von *Torok, Guillemain und Barnothy (1951)* erstmals veröffentlichte photoelektrische Methode. Diese Untersucher projizierten einen rechteckigen Lichtreflex in der Weise auf das Auge, daß Iris und Sklera teilweise beleuchtet wurden. Da der Reflexionskoeffizient für die helle Sklera wesentlich größer ist als für die dunkle Iris, entstehen bei Augenbewegungen Intensitätsschwankungen der von der Augenoberfläche gesamthaft reflektierten Lichtmenge. Diese Intensitätszu- und -abnahme des reflektierten Lichtes, welche proportional den Augenbewegungen erfolgt, wurde von *Torok* u. Mitarb. mittels einer unmittelbar vor dem Auge angebrachten Photozelle aufgenommen und die dadurch entstehenden elektrischen Impulse durch einen Verstärker einem Schreibsystem zugeleitet. Das Prinzip der von *Richter und Pfaltz (1955, 1956)* entwickelten *differentiellen Registriermethode* beruht ebenfalls auf der unterschiedlichen Absorption von Licht bzw. von Energieformen von lichtähnlichem Charakter im Bereiche der Iris und der Sklera. Ausschlaggebend ist die Beleuchtung der Iris-Sklera-Grenze im Bereiche des Limbus corneae, welche in der Weise erfolgen muß, daß rund um die Iris auf der Sklera beim Blick geradeaus ein symmetrisches, saumförmiges Lichtfeld entsteht. Um Blendeffekte zu vermeiden, wird außerdem ein Infrarotfilter vorgeschaltet. Bereits bei geringgradigen Bulbusbewegungen kommt es auf beiden Sklerahälften zu Intensitätsschwankungen des reflektierten Lichtes; auf derjenigen Seite, nach welcher der Bulbus bewegt wird, verkleinert sich das oben erwähnte Lichtfeld, wodurch die reflektierte Lichtmenge abnimmt. Auf der anderen Seite nimmt sie jedoch entsprechend zu, da sich in diesem Bereich der Lichtsaum verbreitert. Es erfolgt somit eine differentielle symmetrische Änderung der Intensität des von der Augenoberfläche reflektierten Lichtes. Wenn vor dem Auge eine nasale und eine temporale Photozelle angebracht werden, so können die

bei Augenbewegungen entstehenden differentiellen Lichtintensitätsschwankungen aufgefangen werden. Bei richtiger Verwendung dieser differentiellen Ableitung wird die Empfindlichkeit der Registriermethode außerordentlich gesteigert, so daß kleinste Augenbewegungen (0,1 bis 1,0 Winkelgrad) registriert werden können, eine Möglichkeit, die den anderen Registriermethoden bis jetzt noch nicht gegeben ist.

Mittels dieser außerordentlich empfindlichen Methode haben wir inzwischen Untersuchungen über normale und pathologische Labyrinthreaktionen, ausgelöst durch thermische, rotatorische und galvanische Reize, vorgenommen, über deren Ergebnisse im folgenden berichtet werden soll.

1. Die thermische Labyrinthreaktion

Die Kriterien zur Beurteilung eines kalorischen Nystagmus sind: Dauer, Schlagzahl, Amplitude und Kulminationsphänomen. Die Latenzzeit dagegen kann völlig vernachlässigt werden, da sie von den Wärmeleitverhältnissen im Schläfenbein, d. h. von physikalischen Faktoren abhängt.

Die *Dauer* einer thermisch ausgelösten Labyrinthreaktion ist eines der zuverlässigsten Kriterien zur Beurteilung derselben. Unter normalen Verhältnissen beträgt die Seitendifferenz nicht mehr als 8% der kalorischen Gesamtreaktion (Pfaltz 1957). Die Differenz zwischen Rechts- und Linksnystagmus liegt dagegen etwas höher (20% der kalorischen Gesamtreaktion, Pfaltz 1957); denn es gibt eine sogenannte physiologische Nystagmusbereitschaft, über deren Ursache bis heute nichts Sicheres bekannt ist, die jedoch unter Umständen in der unterschiedlichen Reizschwelle der beiden Labyrinth liegen kann (vgl. den Abschnitt über die rotatorische Labyrinthreaktion).

Die *Schlagzahl* des kalorischen Nystagmus ist wie auch die *Gesamtamplitude* außerordentlich hohen individuellen Schwankungen unterworfen. Als Kriterien in der Beurteilung einer thermischen Labyrinthreaktion dürfen sie deshalb nur mit Vorsicht und Kritik zur Anwendung gelangen. Ganz anders verhält es sich dagegen mit dem Gesamtverlauf einer thermischen Labyrinthreaktion, welcher beim Gesunden ohne wesentliche individuelle Schwankungen ein charakteristisches Bild aufweist (Abb. 1).

Die thermische Labyrinthreaktion erreicht – nach unseren statistischen Berechnungen 45–75 Sekunden nach Beginn der kalorischen Reizung – ihren Höhepunkt, den ich in einer früheren Arbeit (1957) als die optimale Reaktionszeit bezeichnet habe und den *Torok* (1948, 1953) in bezug auf Nystagmusfrequenz als Kulminationsphänomen erwähnt. Un-

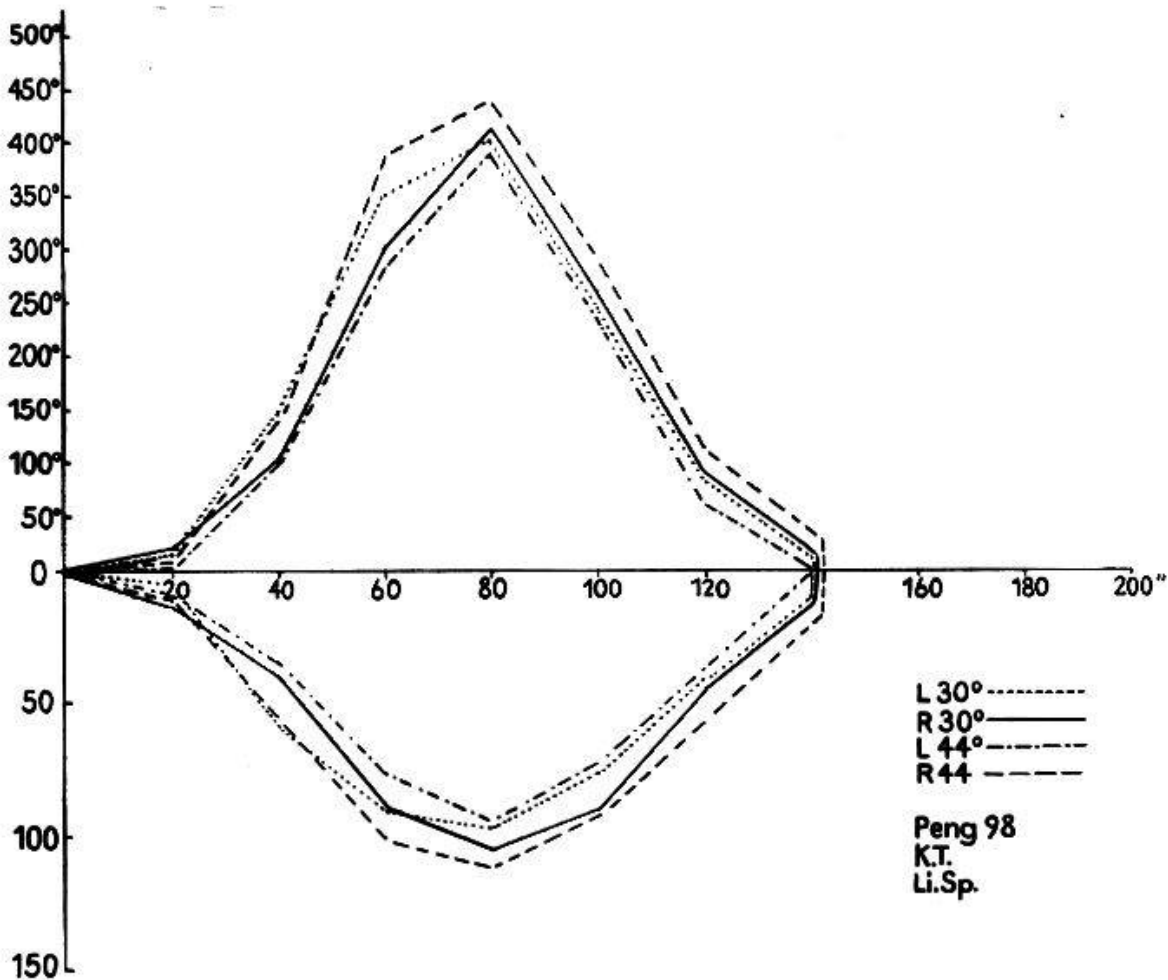


Abb. 1. Ablauf einer normalen thermischen Labyrinthreaktion (Stimulation mit Wasser von 30 und 44° C). 60–80 s nach Beginn der Spülung erfolgt das Kulminationsphänomen (für alle 4 Reaktionen gleichzeitig); d. h. in dieser Periode erreichen Amplitude und Schlagzahl des kalorischen Nystagmus ihre Maximalwerte.

terteilen wir den Ablauf einer thermischen Labyrinthreaktion in Perioden von 20 Sekunden und berechnen wir die mittlere Amplitude pro Zeitabschnitt, so erhalten wir dasselbe Bild.

Bei der Reizung der Labyrinth mit Wasser von 44° C und von 30° C decken sich diese Reaktionskurven beim labyrinthgesunden Individuum. Das Ausbleiben des Gipfels, des sogenannten *Kulminationsphänomens* im weiteren Sinne, ist nach unseren bisherigen Untersuchungen pathognomonisch für eine Läsion innerhalb des peripheren Vestibularisneurons, während bei Funktionsstörungen innerhalb des Endorganes das Kulminationsphänomen stets erhalten bleibt (Pfaltz 1960).

2. Die galvanische Labyrinthreaktion

Grundsätzlich wird ein per- und ein poststimulatorischer galvanischer Nystagmus unterschieden. Der Schwellenwert des perg galvanischen Nystagmus liegt bei Verwendung der binaural-bipolaren Reizmethode beim ohrgesunden Individuum zwischen 1 und 2 mA. Die Dauer des per-

galvanischen Nystagmus ist außerordentlich variabel, seine Amplitude nimmt in der Mehrzahl der Fälle während der Reizung allmählich ab und ist nicht in ein bestimmtes Verhältnis zur Reizintensität zu setzen. Die Frequenz ist wesentlich kleiner als die eines kalorischen oder rotatorischen Nystagmus.

Die postgalvanische Reaktion ist im allgemeinen wesentlich schwächer als die pergalvanische Nystagmusreaktion.

Auffallend ist die Tatsache, daß wir bei labyrinthgesunden Versuchspersonen keine symmetrische galvanische Reaktion im Nystagmogramm nachweisen können, sondern daß in allen Fällen ein Überwiegen des galvanischen Nystagmus nach einer Seite festzustellen ist, d. h. auch beim gesunden Individuum besteht eine galvanische Nystagmusbereitschaft.

3. Die rotatorische Labyrinthreaktion

Der adäquate Sinnesreiz für den Bogengangapparat ist die Winkelbeschleunigung, welche zur Deflexion der Cupula und damit zur Entstehung eines Nystagmus führt. Bis vor kurzem waren die technischen Voraussetzungen zur Durchführung einer exakten gleichförmigen Beschleunigung bzw. Verzögerung nur für höhere Beschleunigungswerte erfüllt. Erst mit der technischen Entwicklung elektronisch gesteuerter Rotationsaggregate, wie demjenigen von *Hallpike* und *Byford* (1952), wurde die Möglichkeit geschaffen, sogenannte schwelennahe oder als eigentlich unterschwellig bezeichnete Winkelbeschleunigungen auf die beiden Labyrinth einwirken zu lassen. Nach den vor wenigen Jahren durchgeführten Untersuchungen von *Montandon*, *Russbach* und *Fumeaux* (1957) beträgt die Reizschwelle des normalen menschlichen Labyrinthes bzw. des horizontalen Bogenganges für rotatorische Reize im Mittelwert (\bar{x}) $0,92^\circ$ pro Sekunde im Quadrat \pm (2mal die Standardabweichung = $2 S_D$) $0,16^\circ/s^2$. Das heißt: die Reizschwelle liegt nach diesen Autoren bei 1 Winkelgrad/ s^2 .

Vergleichen wir die Schwellenintensität eines vestibulären (rotatorischen) Reizes mit derjenigen eines akustischen Reizes, so erscheint uns erstere relativ hoch und die Sensibilität des Bogengangapparates im Vergleich zu derjenigen der Cochlea wesentlich geringer zu sein.

Hood und *Hallpike* (1953) haben jedoch bereits 1953 mittels des von ihnen konstruierten Drehstuhles und des sogenannten «oculogical phenomenon», also indirekt, ohne Nystagmographie, Schwellenwerte für normale Versuchspersonen zwischen $0,2$ und $0,7^\circ/s^2$ ermittelt.

Wir selbst haben uns vor kurzem ebenfalls näher mit dem Problem der rotatorischen Reizschwelle des normalen menschlichen Labyrinthes be-

SCHWELLENWERTSNAHE DREHPRÜFUNG

K.F. 1930

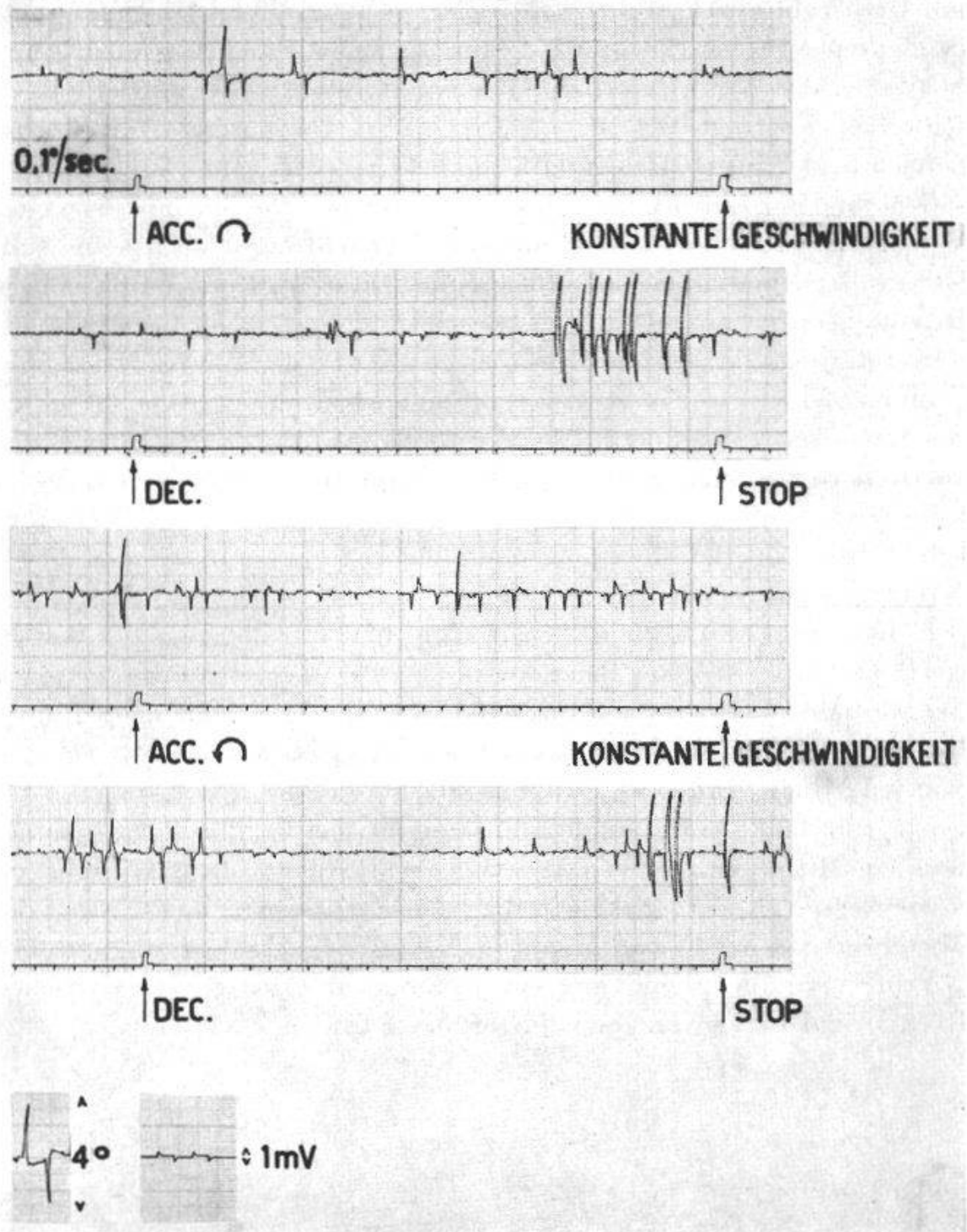


Abb. 2. Schwellennahe rotatorische Labyrinthreaktion. Auslösender Reiz: $0,1^{\circ}/s^2$. Der Nystagmus nach links dominiert. Die Amplitude des durch den schwelennahen Reiz ausgelösten Nystagmus bewegt sich zwischen $0,1$ und $0,8^{\circ}$.

faßt, in der Hoffnung, mittels unserer empfindlichen Nystagmographiemethode exaktere Meßwerte zu erhalten. Tatsächlich haben wir auf Grund unserer Untersuchungen, die wir mit dem von *Hallpike* konstruierten Drehstuhl durchgeführt haben (Versuche an 35 labyrinthgesunden Studenten zwischen 20 und 25 Jahren), einen wesentlich niedrigeren Schwellenwert für rotatorische Reize festgestellt: Die mittlere Reizschwelle (\bar{x}) beträgt $0,24^\circ/s^2$, $\pm (2 S_D) 0,2^\circ/s^2$. Der normale Verteilungsbereich liegt somit zwischen $0,04$ und $0,44^\circ/s^2$ (Abb. 2).

Während der Einwirkung eines schwellennahen Beschleunigungs- oder Verzögerungsreizes tritt nach unseren Beobachtungen noch keine subjektive Drehempfindung in Erscheinung. Diese wird erst durch höhere Reizintensitäten ausgelöst, d. h. Beschleunigungs- oder Verzögerungswerte, die zwischen $0,5$ und $1,0^\circ/s^2$ liegen. Es ist deshalb im Nystagmogramm objektiv eine Nystagmusreaktion nachzuweisen, bevor subjektiv eine kinetische Empfindung hervorgerufen wird. Die Amplitude des durch schwellennahe Reize ausgelösten rotatorischen Nystagmus ist jedoch außerordentlich klein (im Durchschnitt $0,5^\circ$), so daß es nur möglich ist, mittels außerordentlich empfindlicher Registriermethoden diesen Nystagmus zu erfassen.

Eine weitere Frage, die uns beschäftigt hat, war diejenige der Seitendifferenz hinsichtlich der Reizschwelle. Größere Abweichungen kommen bei normalen Versuchspersonen selten vor (wir haben nur bei 2 Individuen eine Differenz von maximal $0,3^\circ/s^2$ nachweisen können). Bestimmen wir jedoch die Differenz zwischen Rechts- und Linksnystagmus für Schlagzahl und Gesamtamplitude, so ergibt sich für den Rechtsnystagmus ein Mittelwert (\bar{x}) von 13 Schlägen, für den Linksnystagmus ein Mittelwert (\bar{x}) von 16 Schlägen. Für den Rechtsnystagmus beträgt der Mittelwert (\bar{x}) der Gesamtamplitude 11° , für den Linksnystagmus 13° .

Prüfen wir die Signifikanz der Differenz der Mittelwerte zwischen Rechts- und Linksnystagmus mittels der Formel:

$$S_D = \sqrt{\frac{S^2(x\bar{x}')}{N} + \frac{S^2(x'\bar{x})}{N'}}$$

$$\text{und der Abweichung } t = \frac{(\bar{x}) - (\bar{x}')}{S_D}$$

so erhalten wir für die Schlagzahl die Wahrscheinlichkeit $P = <0,001$ und für die Gesamtamplitude die Wahrscheinlichkeit $P = 0,01-0,001$. Mit anderen Worten: die Differenz der Mittelwerte für Schlagzahl und Gesamtamplitude zwischen Rechts- und Linksnystagmus darf nicht als zufällig betrachtet werden.

Es besteht somit für jedes Individuum in der Erregbarkeit seiner bei-

den Bogengangsysteme ein deutlicher Unterschied, d. h. ein Labyrinth dominiert. Dieser physiologische Unterschied in der Erregbarkeit des vestibulären Endorganes erklärt die bei der thermischen und galvanischen Labyrinthprüfung zu beobachtende Nystagmusbereitschaft. So haben wir unter unseren 34 Versuchspersonen 15mal ein Überwiegen des Rechtsnystagmus und 20mal ein Überwiegen des Linksnystagmus nachweisen können.

Zusammenfassung

Nur durch die Nystagmographie wird die Möglichkeit geschaffen, den vestibulären Nystagmus, objektiver Gradmesser einer experimentell ausgelösten Labyrinthreaktion, genau zu beurteilen. Die zuerst entwickelten mechanischen und optischen Nystagmographiemethoden sind heute verdrängt worden durch die Elektronystagmographie (Messung der Corneo-Retinal-Potentialschwankungen) und die Photoelektronystagmographie (Messung der Intensitätsschwankungen des von der Augenoberfläche reflektierten Lichtes). Die Photoelektronystagmographie weist gegenüber der Elektronystagmographie eine ungefähr 100fache Empfindlichkeit auf.

Mit dieser Methode wurden zuerst die Kriterien zur Beurteilung einer normalen thermischen Labyrinthreaktion untersucht und festgestellt, daß lediglich die Dauer der Reaktion sowie das Kulminationsphänomen als zuverlässige Prüfsteine betrachtet werden dürfen.

Untersuchungen der galvanischen Labyrinthreaktion ergeben, daß beim Gesunden die Reizschwelle zwischen 1 und 2 mA liegt und daß ohne Ausnahme eine Differenz hinsichtlich der Intensität des Rechts- und Linksnystagmus besteht.

Untersuchungen über die Reizschwelle der rotatorisch ausgelösten Labyrinthreaktion lassen erkennen, daß diese wesentlich niedriger ist als bisher angenommen wurde, da die Untersuchungsmethoden (Nystagmographie und Rotationsaggregat) bisher keine feinen Messungen gestatteten. Ferner konnten wir feststellen, daß für jedes Individuum ein signifikanter Unterschied in der Erregbarkeit seiner beiden Bogengangsysteme besteht; d. h. die Schwelle für rotatorische Reize ist asymmetrisch, weshalb stets eine Nystagmusbereitschaft zur Seite des dominierenden Labyrinthes nachgewiesen werden kann.

Résumé

Ce n'est que par la nystagmographie qu'il nous est possible d'apprécier exactement le nystagmus d'origine vestibulaire et d'avoir ainsi une mesure objective d'une réaction labyrinthique déclenchée volontaire-

ment. Les méthodes de nystagmographie mécaniques ou optiques développées initialement ont été dépassées aujourd'hui et remplacées par la nystagmographie électrique (mesure des variations de potentiel cornéo-rétinien) et par la nystagmographie photoélectrique (mesure des modifications de l'intensité de la lumière réfléchie par la surface oculaire). La photoélectronystagmographie est environ 100 fois plus sensible que l'électronystagmographie.

A l'aide de cette méthode, l'on a d'abord établi les critères d'examen d'une réaction labyrinthique thermique normale, et l'on a trouvé que c'est la durée de la réaction et le phénomène de culmination qui peuvent être retenus comme critères sûrs.

Les examens de la réaction labyrinthique au courant galvanique ont montré chez l'individu sain un seuil d'excitation entre 1 et 2 mA, et, dans tous les cas sans exception, une prépondérance directionnelle du nystagmus galvanique.

Les examens sur le seuil d'excitation d'une réaction labyrinthique déclenchée par rotation ont montré que ce seuil est beaucoup plus bas que ce qu'il avait été admis jusqu'à présent, car les méthodes d'examens utilisées (nystagmographie et appareil rotatif) ne permettaient pas, jusqu'à présent, de mensurations exactes. Il a pu être établi d'autre part que pour chaque individu, il y a une différence caractéristique de l'excitabilité des deux systèmes de canaux semicirculaires; cela signifie que le seuil pour les excitations de type rotatoire est asymétrique, ce qui explique la prépondérance directionnelle du nystagmus.

Riassunto

Solo mediante la nistagmografia è possibile l'esatta valutazione del nistagmo vestibolare quale indice obiettivo di una reazione labirintica a stimoli sperimentali. I metodi meccanici ed ottici di registrazione del nistagmo un tempo usati sono superati oggi dalla nistagmografia elettrica (misura delle variazioni di potenziale corneo-retiniche) e dalla nistagmografia fotoelettrica (misura delle variazioni d'intensità della luce riflessa dalla superficie oculare). La nistagmografia fotoelettrica è circa 100 volte più sensibile della nistagmografia elettrica.

Mediante questo metodo vennero dapprima precisati i criteri che permettono una valutazione della reazione labirintica termica normale: venne così stabilito che soltanto la durata della reazione ed il fenomeno di culminazione possono esseri considerati sicuri elementi di confronto.

Ricerche sulle reazioni labirintiche agli stimoli galvanici mostrano che nell'individuo sano la soglia di stimolo si trova tra 1 e 2 mA e che

esiste in ogni caso una differenza tra l'intensità del nistagmo destro e sinistro.

Ricerche sulla soglia di reazione labirintica a stimoli rotatori rivelano che essa è decisamente inferiore a quanto fin'ora ritenuto, dato che i metodi fin qui usati (nistagmografia e apparecchio di rotazione) non permettevano misure precise. Inoltre potremmo constatare che esiste una differenza notevole per ogni soggetto nell'eccitabilità dei due sistemi di canali semicircolari; vale a dire che la soglia per stimoli rotatori non è simmetrica, ciò che spiega la preponderanza direzionale del nistagmo.

Summary

It is only through nystagmography that an accurate evaluation is possible of vestibular nystagmus, as an objective measure of an experimentally produced labyrinth reaction. The nystagmographic methods first developed which were mechanical and optical, have now been replaced by electro-nystagmography (the measurement of the corneo-retinal potential variations) and by photo-electro-nystagmography (the measurement of intensity variations of the light reflected from the surface of the eye). Photo-electro-nystagmography is about 100 times more sensitive than electro-nystagmography.

With this method the criteria for estimating a normal thermic labyrinth reaction were first investigated, and it was found that only the duration of the reaction and the culmination phenomenon can be taken as reliable criteria.

Investigations of the galvanic labyrinth reaction showed that the stimulus threshold in normal subjects is between 1 and 2 mA, and that without exception there was a directional preponderance of the galvanic nystagmus.

Investigations on the stimulus threshold of rotatory labyrinth reaction showed that this is considerably lower than was hitherto assumed, since the methods used till now (nystagmography and rotation aggregate) did not give exact measures. Further, we were able to show that for every individual there is a significant difference in the sensitivity of his two semicircular canals: i.e. the thresholds for rotation stimuli are asymmetrical, which explains the directional preponderance of the nystagmus.

Abrahams, A.: Lancet **91**, 1523 (1913). – *Arslan, M.*: Minerva otorinolaring. (Torino) **5**, 4 (1955). – *Baudouin, A.*, und *Caussé, R.*: Rev. neurol. **75**, 304 (1943). – *Baudouin, A.*, *Fischgold, H.*, *Caussé, R.*, und *Lerique, H.*: Bull. Acad. Méd. (Paris) **121**, 688 (1939). – *Berlin*: zit. nach *Dohlmann*. – *Buys, E.*: Mschr. Ohrenheilk. **47**, 675 (1913). – *Buys, E.*, und *Coppez, H.*: Arch. Ophthal. (Paris) **29**, 737 (1909). – *Carmichael, E. A.*, *Dix, M. R.*, und *Hallpike, C. S.*: Brain **77**, 345 (1954). – *Coppez, H.*: Arch. Ophthal. (Paris) **30**, 31 (1910). – *Delabarre, A.*: Amer. J. Psychol. **9**, 572 (1927). – *Dewar, J.*, und *McKendrick, J. G.*: J. anat. Physiol. **7**, 273 (1873); Nature **3**, 204 (1873). – *Dieterle, P.*, und *Monnier, M.*: Pract. oto-rhino-laryng. (Basel) **17**, 164 (1955). – *Dodge, R.*, und *Cline, Th. S.*: Psychol. Rev. **8**, 145 (1901). – *Dodge, R.*: Psychol. Rev., Monograph Suppl. **8**, 4 (1907). – *Dohlmann, G.*: Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. **5** (1925). – *Dubois-Reymond, E.*: Untersuchungen über thierische Electricität. Bd. 2/I, S. 256ff. Berlin 1849. – *Fenn, W. O.*, und *Hursh, J. B.*: Amer. J. Physiol. **118**, 8 (1937). – *Hallpike, C. S.*, *Hood, J. D.*, und *Byford, G. H.*: Acta oto-laryng. (Stockh.) **42**, 511 (1952). – *Hallpike, C. S.*, und *Hood, J. D.*: Proc. roy. Soc. B **141**, 216 (1953). – *Halstead, W. C.*: J. Psychol. Neurol. (Lpz.) **6**, 117 (1938). – *Le Heux, J.*, und *de Kleyn, A.*: Proc. kon. ned. Akad. Wet. **38**, 470 (1935). – *Hoffman, A. C.*, *Wellman, B.*, und *Carmichael, L.*: J. exp. Psychol. **24**, 40 (1939). – *Huey, A.*: Amer. J. Psychol. **9**, 575 (1897). – *Jacobson, E.*: Amer. J. Physiol. **95**, 694 (1930). – *Jongkees, L. B. W.*: Fortschr. Hals-Nas.-Ohrenheilk. **1**, 51 ff. (1953). – *Judd, McAllister* und *Steele*: Yale psychol. Stud. **1**, 1 (1905), zit. nach *Dohlmann*. – *Jung, R.*: Acta oto-laryng. (Stockh.) **36**, 199 (1948). – *Jung, R.*, und *Mittermaier, R.*: Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. **146**, 410 (1939). – *de Kleyn, A.*, und *Versteegh, C.*: Acta oto-laryng. (Stockh.) **6**, 38 (1924). – *Kristensen, H. K.*, und *Zillstorf-Pedersen, K.*: Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. **109**, 82 (1953). – *Kuilman, J.*: Z. Hals-, Nas.- u. Ohrenheilk. **35**, 85 (1934); Rapports Congr. ORL, Paris 1955. – *Landis, C.*: Psychol. Bull. **29**, 693 (1932). – *Leksell, L.*: Acta chir. scand. **82**, 262 (1939). – *Lindsley, D. B.*, und *Hunter, W. S.*: Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.) **25**, 180 (1959). – *Linthicum, F. H.*: Arch. Otolaryng. (Chicago) **32**, 464 (1950). – *Majewski, K.*: Albrecht v. Graefes Arch. Ophthal. **96**, 140 (1918). – *Marg, E.*: Arch. Ophthal. (Chicago) **45**, 169 (1951). – *Marx, E.*, und *Trendelenburg, W.*: Z. Sinnesphysiol. **45**, 87 (1911). – *Megighian, D.*: L'Elettro Nistagmografia. Collana Monografica di Minerva ORL, Torino 1959. – *Meyers, J. L.*: Arch. Neurol. Psychiat. (Chicago) **21**, 901 (1929). – *Miles, W. R.*: Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.) **25**, 25 und 128 (1939); Rev. sci. Instrum. **10**, 134 (1939); Yale J. Biol. Med. **12**, 161 (1939); Science **88**, 437 (1938). – *Monnier, M.*, und *Hufschmid, H. J.*: Helv. physiol. pharmacol. Acta **9**, 348 (1951). – *Montandon, A.*: Acta oto-laryng. (Stockh.) **48**, 59 (1957). – *Montandon, A.*, und *Monnier, M.*: Ann. Oto-laryng. (Paris) **68**, 761 (1951); Proc. 5th Int. Congr. ORL 1953. Assen 1955. – *Montandon, A.*, und *Russbach, A.*: Pract. oto-rhino-laryng. (Basel) **17**, 224 (1955); Acta oto-laryng. (Stockh.) **46**, 264 (1956). – *Mowrer, O. H.*, *Ruch, T. C.*, und *Miller, N. E.*: Amer. J. Physiol. **114**, 423 (1936). – *Orschansky, J.*: Zbl. Physiol. **1898**, 785, zit. nach *Dohlmann*. – *Ohm, J.*: Münch. med. Wschr. **45**, 1452, zit. nach *Dohlmann*; Z. Augenheilk. **1916**, 36, zit. nach *Dohlmann*. – *Pfaltz, C. R.*: Confin. neurol. (Basel), im Druck; Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. **172**, 131 (1957). – *Pfaltz, C. R.*, und *Richter, H. R.*: C. R. Soc. franç. Oto-rhinolaryng. Bd. **62/II**, S. 113 (1955); Pract. oto-rhino-laryng. (Basel) **18**, 263 (1956). – *Richter, H. R.*, und *Pfaltz, C. R.*: Confin. neurol. (Basel) **16**, 279 (1956); **18**, 370 (1957). – *Schifferli, P.*: Mschr. Psychiat. Neurol. **126**, 65 (1953). – *Schott, E.*: Arch. klin. Med. **140**, 79 (1922). – *Schwartz, F.*: Z. Sinnesphysiol. **69**, 117 (1941). – *Struycken, H.*: Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, hrsg. von R. Abderhalden, Bd. IV/6, H. 3/4, Berlin 1922. – *Torok, N.*: Acta oto-laryng. (Stockh.) **36**, 38 (1948); Proc. 5th Int. Congr. ORL, Amsterdam 1953. Assen 1955, S. 735. – *Torok, N.*, *Guillemin, V.*, und *Barnothy, J. M.*: Ann. Otol. (St. Louis) **60**, 917 (1951). – *Wiedersheim, O.*: Klin. Mbl. Augenheilk. **83**, 7 (1929). – *Witmer, R.*: Klin. Mbl. Augenheilk. **1916**, 361, zit. nach *Dohlmann*. – *Wojatschek, W.*: Arch. Ohrenheilk. **79**, 138 und 139 (1909), Ref.

Diskussion:

F. Escher (Bern) erkundigt sich beim Vortragenden, wieweit die Photo-Elektro-Nystagmographie bereits für die Praxis, speziell für die Begutachtung oto-neurologischer Fälle, angewendet werden könne.

Die technischen Schwierigkeiten erscheinen zurzeit noch sehr erheblich.

Daß die photo-elektro-nystagmographischen Untersuchungen zur Erforschung des Vestibularsystems einen wesentlichen Fortschritt bedeuten werden, geht aus dem Vortrag von Herrn *Pfaltz* klar hervor.

C. R. Pfaltz (Basel): In klinisch-diagnostischer Hinsicht steht die rotatorische Labyrinthprüfung mit Verwendung schwelennaher und überschwelliger Reize an Bedeutung hinter der thermischen Labyrinthprüfung sowie der Erfassung der vestibulären Spontan- und Provokationssymptome zurück, nicht zuletzt, weil es sich um eine binaurale Labyrinthprüfung handelt.

Die Nystagmographie wird hingegen in Zukunft an praktischer Bedeutung gewinnen, da die Festhaltung vestibulärer Symptome in einem Kurvenbild die einzige Möglichkeit zur objektiven Erfassung des vestibulären Nystagmus darstellt. Gerade für die otoneurologische Begutachtung ist die Registrierung der vestibulären Symptome – analog dem Audiogramm für die Beurteilung des Hörvermögens – im Sinne eines Dokumentes von Wichtigkeit.

A. Gigon (Basel): Darf ich fragen, wieviel Bewegungen das Auge bei Nystagmus pro Sekunde oder pro Minute macht?

C. R. Pfaltz (Basel): Schlagzahl und Gesamtamplitude des durch thermische Reize ausgelösten Nystagmus variieren individuell außerordentlich, so daß keine absoluten Zahlen für die durchschnittliche Schlagzahl eines kalorischen Nystagmus gegeben werden können. Die maximale Frequenz des thermischen Nystagmus kann während der maximalen Reaktion desselben (Kulminationsphänomen) bis zu 3 Schlägen pro Sekunde betragen.

E. Lüscher (Basel) weist darauf hin, daß der mit größter Feinheit auf statische und dynamische mechanische Kräfte reagierende Vestibularapparat nur mit einer entsprechend genauen Methodik zureichend untersucht werden kann. So hat sich mit dieser Methodik beispielsweise ergeben, daß der reflektorisch eintretende Nystagmus bei einer Drehbeschleunigung bereits erscheint, wenn die Sinnesempfindung der Drehung noch fehlt. Die verfeinerte Prüfung mit der von Dr. *Pfaltz* demonstrierten Methodik steht zu der gröberen früheren Prüfung im selben Verhältnis wie die audiometrischen Methoden zur Stimmgabelprüfung.

Photo- und Filmdemonstrationen aus dem Gebiete der Ophthalmologie der Zell- und Gewebebiologie, sowie der Entwicklung krankhafter Vorgänge im Auge

Von Marc Amsler, Zürich

(Kein Manuskript vorhanden)