

## Das spinale Reflexgeschehen beim sogenannten „Hirntoten“

H. Binder, V. Draxler, P. Sporn, F. Gerstenbrand und C. Watzek

Die in den letzten Jahren zunehmende Zahl von Transplantationen brachte zwangsläufig eine intensive Auseinandersetzung mit dem Problem des irreversiblen Ausfalls der Hirnfunktionen, dem „Hirntodsyndrom“ mit sich. Dementsprechend beschäftigen sich zahlreiche Publikationen der letzten Jahre (2, 3, 4, 6, 11, 12, 16, 17, 18, 20, 21, 22) mit der möglichst frühzeitigen Erkennung des bestehenden Ausfalls der Hirnfunktionen und seiner Irreversibilität. Erst die Feststellung der Irreversibilität zieht Konsequenzen bezüglich Beendigung der Therapie oder möglicher Organentnahme nach sich. Es ergibt sich also die Notwendigkeit der Festlegung bestimmter Kriterien (1, 7), wobei in den letzten Jahren gewisse motorische Phänomene besonders hervorgehoben wurden, die allgemein als spinale Reflexe in die Literatur Eingang fanden (5, 9, 12, 18, 22).

Bereits seit dem Jahre 1968 wurden an den Intensivstationen der beiden chirurgischen Kliniken und des Institutes für Anästhesiologie der Universität Wien bei über 40 Patienten mit Hirntodsyndrom Untersuchungen über die Möglichkeit der Auslösung auch bisher unbekannter spinaler Reflexe durchgeführt. Erste Ergebnisse darüber wurden 1974 im Rahmen des Symposiums für Neurologische Intensivmedizin in Gießen vorgestellt.

Ziel dieser Arbeit war es, einerseits die Suche nach neuen spinalen Reflexen fortzusetzen und andererseits die Dynamik des gesamten spinalen Reflexgeschehens zu erfassen.

### Methodik

An der Intensivbehandlungsstation der I. Chirurgischen Klinik und des Institutes für Anästhesiologie der Universität Wien wurden bei 15 Patienten (10 Männer, 5 Frauen) mit Hirntodsyndrom unterschiedlicher Ätiologie (8 Schädelhirntraumen mit Sekundärkomplikationen, 6 spontane Subarachnoidalblutungen und ein Kleinhirnbrückenwinkeltumor postoperativ; Tabelle 1) ab dem Zeitpunkt der erstmaligen Feststellung des Fehlens aller zerebralen Funktionen in stündlichen Intervallen während der in Österreich vorgesehenen Schwebezeit von 6 Stunden spinale Reflexe dokumentiert. Die insgesamt 18 untersuchten motorischen Phänomene sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Sie gliedern sich in 17 mögliche Reflexe beim Mann und 14 bei der Frau. Besonderes Augenmerk wurde auf die Anzahl der pro Zeiteinheit auslösbaren spinalen Reflexe, die dazu notwendige Reizlokalisation und auf die genaue Beschreibung des Ablaufs der jeweils folgenden motorischen Reaktion gerichtet.

### Ergebnisse

Die Patienten wurden der Ätiologie nach in drei Gruppen: Schädelhirntrauma mit Sekundärkomplikationen, spontane Subarachnoidalblutung und Zustand nach operiertem Kleinhirnbrückenwinkeltumor unterteilt und die Anzahl der pro Untersuchungszeitpunkt ausgelösten in Prozent der maximal möglichen motorischen Schablonen angegeben.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich, zeigt das spinale Reflexgeschehen in der Gruppe der Schädelhirntraumen diesbezüglich einen wellenförmigen Verlauf. Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes waren von der Anzahl maximal möglicher Reflexe im Mittel 30% auslösbar, zwei Stunden

Tabelle 1. Übersicht des Krankengutes mit Hirntodsyndrom nach Alter, Geschlecht und Diagnose

Pat.	Name	Alter	Geschlecht	Diagnose
1	N.E.	2 1/2 a	m	Schädelhirntrauma, subdurales Hämatom
2	B.J.	19 a	m	Schädelhirntrauma, intrazerebr. Massenblutung
3	S.H.	21 a	w	Schädelhirntrauma, subdurales Hämatom
4	K.E.	25 a	m	Schädelhirntrauma, epidurales Hämatom
5	S.J.	47 a	m	Hirndurchschuß, Hämatocephalus internus
6	W.E.	19 a	m	Schädelhirntrauma, subdurales Hämatom
7	S.K.	16 a	m	Schädelhirntrauma, epidurales Hämatom
8	P.R.	11 a	m	Schädelhirntrauma, Thrombose Sinus sag. sup.
9	L.B.	59 a	w	Ruptur eines Aneurysma d.A. comm. ant., A. cereb. ant.
10	S.S.	53 a	w	Ruptur eines Aneurysma d.A. comm. ant.
11	P.M.	45 a	w	Ruptur eines Aneurysma d.A. cerebri media
12	N.B.	36 a	m	Ruptur eines Aneurysma d.A. cerebri media
13	S.S.	20 a	w	Ruptur eines Angioma racemosum
14	S.F.	49 a	m	Ruptur eines Aneurysma d.A. cerebri ant.
15	A.A.	62 a	m	St. p. Op. Kleinhirnbrückenwinkeltumor, Hydroceph. occlusus, Hirnstamdblutung

später war ein Maximum von 40 % erreicht. Nach einer Verminderung auf 33 % in der folgenden Stunde und einem kurzen Anstieg auf 34 % in der 5. Stunde zeigte sich zum Ende des Untersuchungszeitraumes eine neuerliche Reduktion der spinalen Aktivität auf 31 %.

Der eine Patient mit operiertem Kleinhirnbrückenwinkeltumor zeigte insgesamt einen sehr homogenen Verlauf mit einem Ausgangs- und Endwert von 25 %, einem Maximum von 31,5% nach der 1. und 2. Stunde und einem Minimum von 19% nach der 5. Stunde.

Im Gegensatz dazu bietet die Gruppe der spontanen Subarachnoidalblutungen ein wesentlich geringer ausgeprägtes Reflexgeschehen, das in den ersten drei Stunden des Untersuchungszeitraumes bei starker Streuung Mittelwerte zwischen 2,5 und 4% aufweist, in der 4. Stunde auf 8,5% ansteigt, in der 5. Stunde ein Maximum von 14,5% erreicht und zum Ende der Untersuchung auf 12,5% absinkt.

Unter den 18 untersuchten Reflexen sind drei hervorzuheben, die unseres Wissens erstmalig von uns beim Hirntodsyndrom geprüft wurden. Es ist dies der Bulbocavernosusreflex beim Mann. Er entspricht dem bei der Frau bereits seit längerem bekannten Vaginalreflex. Die beiden anderen sind der Greifreflex der unteren Extremität und der Großzehen-Extensions-Flexionsreflex (s. Tabelle 2). Bezüglich der Reizlokalisation ist noch zu bemerken, daß gerade die Reflexe der Genito-Anal-Region vor allem bei Patienten nach einem Schädelhirntrauma aus sogenannten „erweiterten Zonen“, wie z. B. vom Unterbauch oder vom gesamten Oberschenkel bis zum Knie, auslösbar waren. Diese Zonen zeigten weder eine Übereinstimmung mit Segmenten noch mit dem Versorgungsbereich sensibler Nerven.

Tabelle 2. Untersuchte spinale Reflexe mit Auslösungsmodus und Ablauf. Reihung der Reflexe nach der gefundenen Häufigkeit

Reflexe	Auslösung	Ablauf
Cremaster-R.	Bestreichen der Oberschenkelinnen- seite	Kontraktion des homolateralen M. cremaster
Scrotal-R.	Stichreiz am Scrotum	Wurmförmige Kontraktion der Tunica dartos
Plantarflexion	Bestreichen des lateralen Fußsohlen- randes gegen die Zehen	Tonische Plantarflexion aller Zehen bes. der Großzehe in den Grund- gelenken
Beckenboden-R.	Stichreiz am Perineum	Kontraktion der Beckenboden- muskulatur
Anal-R.	Stichreiz perianal	Kontraktion des M. sphinkter ani externus
Bulbocavernosus-R.	Stichreiz an der Symphyse	Kurze Kontraktion des M. bulbocaver- nosus
Erektion-Priapismus	Stichreiz am Penischaft, spontan oder auf Katheterreiz	Kurzfristige Erektion Priapismus
Vaginal-R.	Stichreiz am Introitus vaginae	Kurze Kontraktion des M. bulbocavnosus
Großzehen-Extensions- Flexions-R.	Loslassen der Großzehe aus maxi- maler Extension oder Flexion	Langsam ablaufende Flexion wellen- förmig von der 2. zur 5. Zehe
Flucht-R. der unt. Extremität	Stichreiz an der Fußsohle u. Unter- schenkel	Beugebewegung der ges. unteren Extremität
Nackenbeuge- Abdominal-R.	Anteflexion des Kopfes	Kontraktion des M. rectus abdominis
Greifreflex der Zehen	Stichreiz an den Zehenballen	Kurze Beugebewegung aller Zehen
Galant-R.	Bestreichen der lat. Thoraxwand craniocaudal	Kontralaterale Beuge- und homola- terale Wälzbewegung d. Ober- körpers
Adduktions-R. d.ob. Extremität	Stichreiz am lateralen Pectoralis- rand	Adduktion u. nachfolgende Innenro- tation der entspr. ob. Extremität
Achillessehnen-R.	Schlag auf gespannte Achillessehne	Kurze Kontraktion des M. soleus
Flucht-R. der ob. Extremität	Stichreiz an der Hohlhand und Unterarm	Spreizen d. Finger, Beugung im Ell- bogengelenk, Hochziehen d. Schulter
Greifreflex der Hand	Stichreiz über den Köpfchen der Ossa metacarpalia	Kurze Flexion der Finger
Bauchhaut-R.	Horizontales Bestreichen der Bauch- haut	Kurze Kontraktion des M. transversus abdominis im entspr. Segment

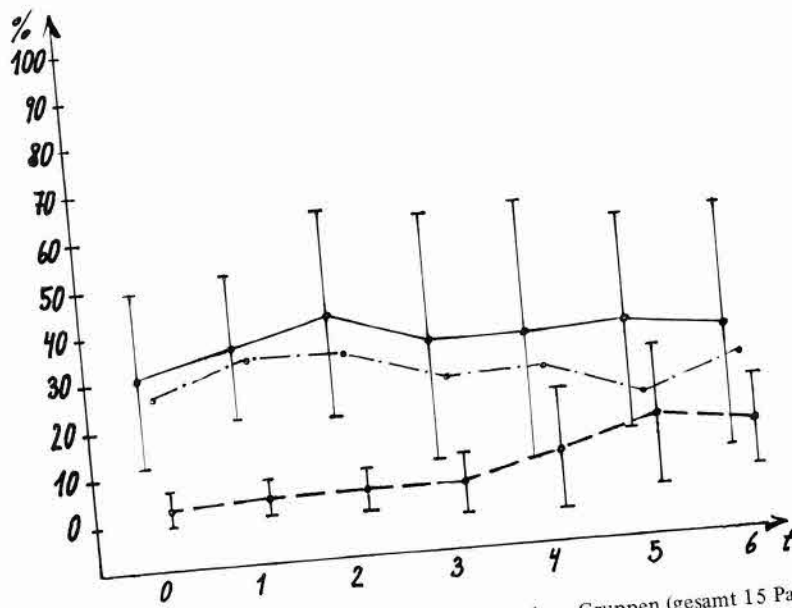


Abb. 1. Darstellung des Reflexgeschehens der einzelnen Gruppen (gesamt 15 Patienten) in Prozent der maximal möglichen Reflexe pro Untersuchungszeitpunkt mit Standardabweichung. *Durchgezogene Linie*: Schädelhirntrauma mit Sekundärkomplikationen. *Gestrichelte Linie*: spontane Subarachnoidalblutung. *Strich-Punkt-Linie*: Kleinhirnbrückenwinkeltumor postoperativ

### Diskussion

Die Feststellung des eingetretenen Hirntodes richtet sich unter Berücksichtigung eines Zeitfaktors nach klinischen und elektroenzephalographischen Kriterien. Diesbezüglich wurden bereits mehrfach Empfehlungen ausgearbeitet (1, 7), die sich aber auf einige wenige Punkte beschränken. Es sind dies für die Dauer eines bestimmten, von Staat zu Staat differierten Zeitschnittes Bewußtlosigkeit, Fehlen von Spontanatmung und Nulllinien-EEG. Während die Deutsche Gesellschaft für Chirurgie (1) zusätzlich eine beidseitige Mydriasis und fehlende Lichtreaktion fordert, ist für das Komitee der Harvard Universität außerdem das Fehlen von Reflexen obligat (7). Wie die Erfahrungen der letzten Jahre gezeigt haben, sind die erwähnten Punkte jedoch nur mit Einschränkungen anwendbar. So wird in keiner Weise der Zusammenbruch der Kreislauf- (15) und Temperaturregulation (14) erwähnt und nur allgemein von Reflexlosigkeit gesprochen. Es ist jedoch bereits seit Jahren die Möglichkeit des Auftretens spinaler Reflexe bekannt (10, 22, 23). Ein Festhalten an den erwähnten Kriterien würde deshalb zu einer Verunsicherung und Ungenauigkeit in der Feststellung des Hirntodes führen, worauf neuere Publikationen (8, 13, 19) verweisen.

In Tabelle 3 sind jene Kriterien angeführt, nach denen sich die klinische Bestimmung des Todeszeitpunktes in Österreich bereits seit Jahren richtet. Hervorzuheben ist der Ausfall der vegetativen Steuerungsfunktion des Hirnstammes sowie die obligate Areflexie im Hirnnervenbereich.

Spinale Symptome im Sinne von Fremd- und Eigenreflexen wurden bisher als nicht obligat angenommen (2) und für die Diagnose des Hirntodes als irrelevant bezeichnet (19). Trotzdem

Tabelle 3. Kriterien zur Feststellung des irreversiblen Ausfalles der Hirnfunktionen

*1. Klinische Kriterien:*

Bewußtlosigkeit  
 Fehlen jeder spontanen Motorik  
 Keinerlei Reaktion auf sensorische Reize  
 Schlaffer Muskeltonus  
 Pupillen maximal weit und reaktionslos  
 Fehlen der Hirnstammreflexe  
 Atemstillstand  
 Hypothermie bzw. Poikilothermie  
 Mangelnde Reagibilität des Kreislaufes  
 Bestehenbleiben der oben genannten Symptome durch 6 Stunden  
 Spinale Reflexe als Fremd- und Eigenreflexe (bisher nicht obligat)  
 Mechanische Muskelkontraktionen (idiomuskulärer Wulst)

*2. Isoelektrisches Hirnstrombild:*

Über 6 Stunden zweistündliche Registrierung durch jeweils 20 Minuten

*3. Ausschluß von akuten Intoxikationen, schwerer Anoxie nach Herzstillstand etc. und Hypothermie unter 30°.*

ist es notwendig, mit aller Deutlichkeit im Rahmen der oben genannten Kriterien auf das Auftreten spinaler Symptome hinzuweisen, da derartige motorische Phänomene dem Unerfahrenen die Diagnose des Hirntodes erschweren können. Diese Reflexe stellen Bewegungsabläufe dar, die durch einen äußeren Reiz ausgelöst, als Ausdruck einer spinalen Eigentätigkeit gewertet werden. Nach Ablauf einer kontinuierlichen Desintegration komplizierter Bewegungsformen im Stadium der Hirnstammthemmung (Mittelhirn-, Bulbärhirnsyndrom) stellen diese spinalen Reflexe die primitivste motorische Reaktion nach einem äußeren Reiz dar. Daher erleichtert eine lückenlose Dokumentation der verschiedenen Stadien der Hirnstammthemmung das Erkennen jenes Zeitpunktes, zu dem zerebrale Funktionen nicht mehr vorhanden sind und autonome spinale Aktivitäten hervortreten.

Wie aus der Abb. 1 ersichtlich, besteht ein gewisser Zusammenhang der spinalen Reflexe in Zahl und zeitlichem Ablauf mit der primären zerebralen Schädigung. So zeigt sich, daß nach einem zerebralen Trauma eine Fülle von motorischen Rückenmarksaktivitäten auftreten, die unter Umständen sogar schon in der Phase der Hirnstammthemmung erstmals in Erscheinung treten können. Global besteht ein wellenförmiger Verlauf. Dies betrifft vor allem jene motorischen Aktivitäten, deren afferenter Schenkel über das Lumbosakralmark verläuft. Neben diesen Reflexen lassen sich, wenn auch seltener, noch eine Reihe von motorischen Schablonen über das Halsmark und den thorakalen Abschnitt des Rückenmarks auslösen. Eine mögliche Erklärung für das vermehrte Vorkommen von spinalen Reflexen beim Hirntodsyndrom im Rahmen eines Schädelhirntraumas könnte in dem im Vergleich zur Subarachnoidalblutung meist weniger betroffenen Rückenmark liegen. Das bevorzugte Auftreten von Reflexen im Bereich der Genito-Anal-Region und der unteren Extremitäten läßt sich durch den Eigenapparat der Intumescentia lumbalis erklären. Für den wellenförmigen Ablauf des Reflexgeschehens findet sich im Augenblick keine Erklärung.

Bei Bewertung der motorischen Aktivitäten beim Hirntodsyndrom nach Subarachnoidalblutung nicht-traumatischer Genese fällt auf, daß das Reflexgeschehen nicht so ausgeprägt erscheint wie beim zerebralen Trauma. Einerseits zeigt sich die Aktivität fast nur auf den Be-

reich des Lumbosakralmarkes beschränkt, andererseits treten die beschriebenen Reflexe erst in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraumes in Erscheinung und nehmen dann aber an Intensität zu. Eine mögliche Erklärung wäre in der schädigenden Wirkung des im Subarachnoidalraum verteilten Blutes zu suchen.

Für das Verhalten der spinalen Reflexe bei dem Patienten mit Tumor der hinteren Schädelgrube ist keine verwertbare Interpretation möglich. Faßt man nun alle an den 15 Patienten erhobenen Befunde zusammen, so zeigt sich, daß in jedem Falle unabhängig von der Ätiologie und dem Ausmaß der primären zerebralen Schädigung zumindest kurzfristig eine oder mehrere der angeführten motorischen spinalen Aktivitäten nachzuweisen war. Dies legt den Schluß nahe, daß das Auftreten spinaler Reflexe im Anschluß an eine kontinuierliche Desintegration der zerebralen Funktionen, wie sie sich in Form des Mittelhirn- und Bulbärhirnsyndroms darstellt, als zusätzlicher Beweis für den Ausfall zerebraler Funktionen angesehen werden kann.

### Zusammenfassung

Wie die Erfahrung an einer größeren Gruppe von Hirntoten gezeigt hat, ist entgegen der früheren Ansicht die Annahme der motorischen Stille als obligates Symptom beim irreversiblen Ausfall der Hirnfunktionen in keiner Weise mehr aufrechtzuerhalten. Verschiedene Untersuchungen anderer Autoren sowie auch unserer eigenen Gruppe haben gezeigt, daß in der Regel sogenannte spinale Reflexe nachweisbar sind. Exakte Untersuchungen in stündlichen Intervallen durch 6 Stunden ergeben an einem Untersuchungsgut von 15 Fällen mit Schädelhirntrauma, spontaner Subarachnoidalblutung und einem Patienten nach operiertem Hirntumor in jedem Falle das Auftreten von spinalen Reflexen, wenn auch in Einzelfällen nur kurzfristig. Am häufigsten waren jene motorischen Aktivitäten nachzuweisen, welche im unteren Rückenmark integriert sind.

### Literatur

1. Ad hoc Committee of the Harvard Medical School: A definition of irreversible coma. *J. Am. Med. Ass.* 205, 337–340 (1968)
2. Arnold, H.: Hirntod. *Nervenarzt* 47, 529–537 (1976)
3. Bashes, B.: A definition of cerebral death. *Am. Rev. Med.* 26, 665–701 (1975)
4. Blach, P.M.: Criteria of brain death: Review and comparison. *Can. Med. Assoc. J.* 112, 69–74 (1975)
5. Bronisch, E.W.: Zum Reflexverhalten im Hirntod. *Nervenarzt* 40, 592–593 (1969)
6. Bücheler, E., Käufer, C., Düx, A.: Zerebrale Angiographie zur Bestimmung des Hirntodes. *Fortschr. Röntgenologie* 113, 702–726 (1970)
7. Deutsche Gesellschaft für Chirurgie: Todeszeichen und Todesbestimmung. *Chirurg* 39, 196–197 (1968)
8. Gerstenbrand, F.: Die klinische Symptomatik des irreversiblen Ausfalls der Hirnfunktionen. Das Vorstadium und die spinalen Reflexe. In: *Die Bestimmung des Todeszeitpunktes*. Krösl, W., Scherzer, E. (Hrsg.), S. 19–25. Wien: Maudrich 1973
9. Gerstenbrand, F., Krenn, J., Kretschmer, G., Lackner, F., Steinbereithner, K.: Beobachtungen über das Auftreten von spinalen Reflexen nach irreversiblen Zusammenbruch der Hirnfunktionen. *Symposium für Neurologische Intensivmedizin*, Gießen 1974
10. Gerstenbrand, F., Lücking, C.H.: Die akuten traumatischen Hirnstammschäden. *Arch. Psychiat. Nervenkrh.* 213, 264–281 (1970)
11. Jorgensen, P.B.: Brain death: Several appearances of inhaled hydrogen in the diagnosis of cerebral circulatory arrest. *Acta Neurochir. (Wien)* 30, 187–193 (1974)
12. Käufer, C.: Die Bestimmung des Todes bei irreversiblen Verlust der Hirnfunktion. Heidelberg: Hüting 1971

13. Kugler, J., Angstwurm, H., Finsterer, U., Osterpowitz, B., Ross, A.: Das Erlöschen der zerebralen Funktion vor dem Tod. In: Die Bestimmung des Todeszeitpunktes. Krösl, W., Scherzer, E. (Hrsg.), S. 93–102. Wien: Maudrich 1973
14. Lausberg, G.: Zerebrale Störungen der Temperaturregulation. *Acta Neurochir. Suppl.* IX (1972)
15. Lorenz, R.: Wirkungen intrakranieller raumfordernder Prozesse auf den Verlauf von Blutdruck und Pulsfrequenz. *Acta Neurochir. Suppl.* XX (1973)
16. Mills, D.W.: Statutory brain death? *J. Am. Med. Ass.* 229, 1225–1226 (1974)
17. Mishkin, F.: Determination of cerebral death by radionuclide angiography. *Radiology* 115, 135–137 (1975)
18. Penin, H., Käufer, C.: *Der Hirntod*. Stuttgart: Thieme 1969
19. Penin, H., Käufer, C.: Kriterien des zerebralen Todes aus neurologischer Sicht. In: Die Bestimmung des Todeszeitpunktes. Krösl, W., Scherzer, E. (Hrsg.), S. 19–25. Wien: Maudrich 1973
20. Spann, W., Kugler, J., Liebhardt, E.: Tod und elektrische Stille im EEG. *Münch. med. Wschr.* 109, 2161–2189 (1967)
21. Van Fill d'Aulins de Bourouill, H.A.: Death diagnosis with reference to irreversible comatose artificially ventilated patients: Conclusion from study of the literature. *Ned. Tijdschr. Geneesk.* 119, 45–64 (1975)
22. Wawersik, E.: Kriterien des Todes. *Studium Generale* 23, 319–330 (1970)
23. Zender, E., Cornu, O.: Les critères de la mort cérébrale. *Schweiz. Med. Wschr.* 100, 408–414 (1970)