

Vorwort

Medizin-ethisch gesehen gibt es wohl keine dramatischere Situation, als wenn das Überleben eines Menschen vom Tode eines anderen abhängt. Zwei Ärzteteams üben ihre Pflicht nach bestem Wissen und Gewissen aus: das eine, um einen in Lebensgefahr schwebenden Patienten wiederzubeleben, das andere, um für einen – oder mehrere – Empfänger eine optimale Qualität der zu transplantierenden Organe zu gewährleisten. Mit einer solchen Situation umzugehen, ist nicht einfach. Auch wenn die beiden Teams im Prinzip vollkommen unabhängig voneinander arbeiten, kreuzen sich ihre Wege im Spital natürlich fortlaufend, und sie sind auch dazu angehalten, sich gegenseitig auf dem laufenden zu halten.

Die ersten, 1969 veröffentlichten Richtlinien der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften befassten sich mit der Definition des Todeszeitpunktes. Sie wurden damals als Hilfe für die im Aufbau begriffenen Transplantationszentren konzipiert, insbesondere für Ärzte und Ärztinnen, die mit diesen Zentren zusammenarbeiten mussten, um ihnen bei der Beschaffung vitaler menschlicher Organe behilflich zu sein. Diese Richtlinien wurden 1983 und 1996 überarbeitet. Aufgrund der in der Zwischenzeit gesammelten praktischen Erfahrungen beauftragte die Zentrale Ethikkommission der SAMW im Februar 2000 eine Subkommission mit der erneuten Revision der Richtlinien. Nachstehend finden Sie den von der Kommission im Laufe von rund 10 Sitzungen erarbeiteten und von Experten überprüften Entwurf, der am 23. Mai 2002 vom Senat der SAMW genehmigt und zur Vernehmlassung verabschiedet wurde.

In der Mehrzahl der Todesfälle beschränkt sich die Feststellung des Todes auf einige wenige Kriterien. Ganz anders stellt sich die Situation dar, wenn die Möglichkeit besteht, gleichzeitig mit dem Eintritt des Todes entweder gewisse Funktionen (wie Atmung und Kreislauf) oder die Durchblutung gewisser Organe künstlich aufrechtzuerhalten. Das Hirn als «oberstes Organ», von dem die Gesamtkoordination aller Organfunktionen sowie die Wahrnehmung der Umwelt und der eigenen Person abhängen, ist auch das einzige Organ, für das kein künstlicher Ersatz zur Verfügung steht oder in absehbarer Zukunft zur Verfügung stehen wird. Deshalb bedeutet der irreversible Verlust der Hirnfunktionen das biologische Ende des Menschen als Individuum. Die Betonung liegt auf «biologischem Leben», denn

die hier wiedergegebenen medizinisch-ethischen Überlegungen beziehen sich nur darauf. Dieser Standpunkt blendet denn auch keineswegs die verschiedenen religiösen und weltanschaulichen Ansichten und Überzeugungen betreffend Status und Zukunft der Seele aus, denen unser voller Respekt gebührt.

Die vorliegenden Richtlinien sind noch restriktiver in bezug auf die Fristen, die einzuhalten sind, bevor der biologische Tod eines Menschen festgestellt werden darf. Mögen sie vielleicht vom Standpunkt der Transplantationsteams aus als sehr drakonisch erscheinen, so muss doch das unveräusserliche Recht des potentiellen Organspenders auf alle zur Verfügung stehenden Reanimationsmassnahmen hervorgehoben und muss jede voreilige Entscheidung zugunsten des Empfängers vermieden werden. Nur so können die in der Öffentlichkeit noch oft vorgebrachten Zweifel ausgeräumt werden und kann dazu aufgerufen werden, vermehrt die Möglichkeit einer Organspende ins Auge zu fassen.

Im Vergleich zu den früheren Richtlinien über dieses Thema sind die neuen einfacher und gehen nur noch von einer einzigen Form des Todes aus, wobei die diagnostischen Kriterien und die einzuhaltenden Fristen dem neuesten Wissensstand entsprechen. Ferner wird ein grosses Gewicht auf die Notwendigkeit der unterstützenden Begleitung der Angehörigen gelegt. Diese sollen in aller Ruhe und Würde trauern und über eine allfällige Organspende entscheiden können, gemäss den Verfügungen und/oder dem mutmasslichen Einverständnis des oder der Verstorbenen. Der letztgenannte Punkt gibt oft zu Unsicherheit Anlass; die Bevölkerung sollte deshalb vermehrt dazu aufgefordert werden, entsprechende Verfügungen zu erlassen bzw. regelmässig zu erneuern.

Dem Präsidenten und allen Mitgliedern der Unterkommission möchten wir hier unseren Dank für die geleistete Arbeit aussprechen. Sie und die Unterzeichner dieses Vorwortes erwarten nun *kritische Reaktionen, Empfehlungen und Änderungsvorschläge, die bis Mitte September 2002 an das Generalsekretariat der SAMW zu richten sind*: SAMW, Petersplatz 13, 4051 Basel, Fax 061 269 90 39, E-Mail: mail@samw.ch.

Prof. Michel Vallotton, Präsident ZEK

Prof. Werner Stauffacher, Präsident SAMW

La version française suivra

Medizinisch-ethische Richtlinien zur Feststellung des Todes mit Bezug auf Organtransplantationen

Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften (SAMW)

I. Präambel

Die ersten von der SAMW veröffentlichten Richtlinien (25. Januar 1969) behandelten die Definition des Todeszeitpunktes. Sie wurden damals als Hilfe für diejenigen Ärztinnen und Ärzte¹ konzipiert, die die Transplantationseinheiten aufbauten. Es ging also um die spezielle Situation, bei einem Menschen mit Sicherheit die irreversible Schädigung des Gehirns festzustellen, aber gleichzeitig die zu transplantierenden Organe durch kurzfristige Perfusion und Oxygenierung vital zu erhalten. Die Richtlinien haben sich zu diesem Zweck wie auch in anderen intensivmedizinischen Bereichen als nützlich erwiesen, wie ihre regelmässige Befolgung in der Schweiz und ihre Übernahme in verschiedenen anderen Ländern zeigt.

Bei den ersten Nierentransplantationen bildeten Verstorbene mit Herz-Kreislauf-Stillstand die grösste Gruppe der Organspender, doch wurde dieses Prozedere nach Einführung des Hirntodkonzeptes weitgehend verlassen. An einzelnen Zentren – so auch in der Schweiz – kamen jedoch Organentnahmen von an Herzstillstand Verstorbenen während der 90er Jahre mangels genügend verfügbarer Organe wieder zunehmend zur Anwendung. Die dabei gewonnenen Erfahrungen brachten eine Differenzierung der an Herz-Kreislauf-Stillstand Verstorbenen «non heart beating donors». Es wird noch zu entscheiden sein, unter welchen Voraussetzungen Organentnahmen in unserem Lande bei «non heart beating donors» rechtens und ethisch vertretbar sind. Ferner ist vorgesehen, im künftigen Transplantationsgesetz das Todeskriterium zu verankern. Nach diesem Kriterium ist der Mensch tot, wenn die Funktionen seines Gehirns einschliesslich des Hirnstamms irreversibel ausgefallen sind. Als Folge sterben alle Organe, Gewebe und Zellen unabwendbar ab. Dies kann nach schwerer Schädigung des Gehirns sein (primärer Hirntod) oder infolge eines irreversiblen Herz-Kreislauf-Versagens mit daraus folgendem vollständigem Ausfall der Gehirnfunktionen (sogenannter «Herztod»; in der Folge als sekun-

därer Hirntod bezeichnet). In letzterem Fall war bereits in den Richtlinien von 1996 eine empirisch ermittelte Dauer der ununterbrochenen erfolglosen Wiederbelebungsmassnahmen und damit der ungenügenden Blutzufuhr zum Gehirn herangezogen worden, welche mit Sicherheit den vollständigen und irreversiblen Funktionsausfall *des* Hirnstamms und damit des Gehirns zur Folge hat. Dieses Kriterium drängte sich auf, weil die Endgültigkeit des Herzstillstands klinisch schwieriger feststellbar ist als die Irreversibilität der Hirnschädigung. Diesen Umständen wird in den Richtlinien von 1996 der Abschnitt zur Definition und Feststellung des «Herztodes» (sekundärer Hirntod) im Hinblick auf Organentnahmen nicht mehr in allen Punkten gerecht.

Aus diesem Grunde hat die ZEK der SAMW im Jahre 2000 eine neue Subkommission mit der Überarbeitung der «Richtlinien zur Definition und Feststellung des Todes im Hinblick auf Organtransplantationen» beauftragt.

Sie erachtet die Feststellung des vollständigen Ausfalls aller Funktionen des Gehirns, einschliesslich des Hirnstamms, als derzeit bestes Kriterium für den Eintritt des Todes.

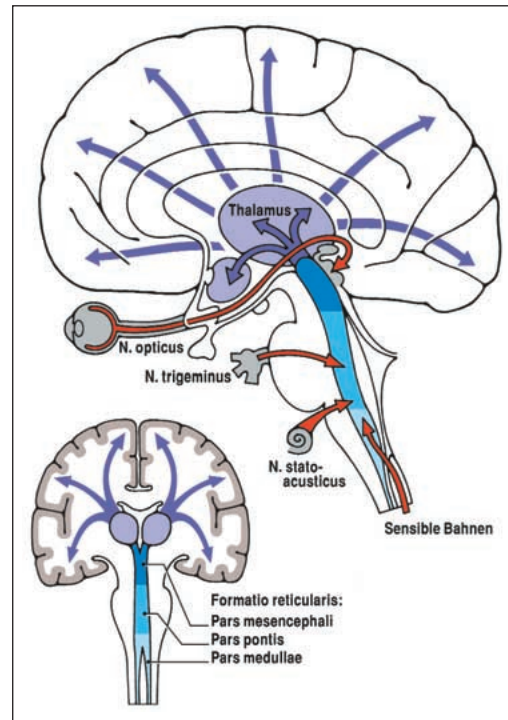
Die Richtlinien sollen allen aktiv beteiligten Ärzten helfen, in einer schwierigen Situation den ethisch am besten vertretbaren Entscheid zu finden: Der einen Sterbenden betreuende Arzt strebt primär dessen Wohlergehen an und wahrt seine Interessen. Wenn er aber aufgrund seiner Erfahrungen eine Heilung oder Erholung als ausgeschlossen beurteilt, kann er zugunsten anderer Patienten, die er nicht direkt betreut, die Möglichkeit einer Organspende in Betracht ziehen. Der festgestellte Tod ist die unabdingbare Voraussetzung für eine Organentnahme. In diesen Richtlinien sind die Einzelheiten und der Weg zur Sicherung der Diagnose des Todes (Abschnitte II und III) umschrieben.

Aus bisherigen Erfahrungen ist – abgesehen vom präzise einzuhaltenden Vorgehen gemäss den Abschnitten II und III der Richtlinien – auf das ethisch und psychologisch angemessene Verhalten aller bei der Vorbereitung einer Organentnahme Beteiligten hinzuweisen.

¹ Zur Erleichterung der Lesbarkeit gilt in der Folge die männliche Bezeichnung für beide Geschlechter.

Abbildung 1

Mit dem funktionellen Ausfall des Gehirnstamms erlöschen auch sämtliche andere Gehirnfunktionen.



Sterbeprozess und Tod sind natürliche Vorgänge; in den meisten Fällen existiert kein äusserer Anlass, den Ablauf dieser Prozesse zu beeinflussen, und es besteht kein Druck auf Angehörige oder Betreuende, weder zeitlich noch psychologisch. Die Trauer der Angehörigen kann daher in Ruhe vor sich gehen, und die Würde des Sterbenden oder Verstorbenen ist gewahrt.

Eine vorgesehene Organtransplantation interferiert hingegen mit diesem natürlichen Prozess, sei es durch zeitliche Zwänge, sei es durch Handlungen, Untersuchungen und Eingriffe.

Bei der Vorbereitung einer Organentnahme sind die Gefühle der Angehörigen durch die allgemeinen Umstände des Todes besonders belastet. Die den Sterbenden betreuenden Ärzte sollten deswegen einen kompetenten, möglichst konstanten Ansprechpartner (verantwortlicher Arzt in Leitungsposition) bestimmen, der die Angehörigen und das betreuende Team informiert und betreut, sowohl vor als auch während und nach der Organentnahme. Die Orientierung über den eingetretenen Tod erfolgt am besten nach der erstmaligen Feststellung des Todes (siehe Anhang); sie hat in Ruhe und mit Empathie zu erfolgen. Danach kann – nach einer angemessenen Zeitspanne – die Frage einer

möglichen Organspende an die Angehörigen gerichtet werden. Der Ansprechpartner sollte zudem mit den Betroffenen die unvermeidlichen Wechsel im Personal, den Sinn gewisser Untersuchungen und Eingriffe an dem Verstorbenen und die Gründe für eine allenfalls notwendige Verlegung in eine andere Klinik offen und transparent erklären und besprechen. Er sollte auch für die sonstigen Nöte und Bedürfnisse der Betroffenen zur Verfügung stehen. Nach einer allfälligen Organentnahme sollten die Angehörigen in Ruhe und in angemessener Umgebung vom Verstorbenen Abschied nehmen können.

Zur Feststellung des Todes hat sich die zuständige Kommission bemüht, klinisch orientierte Kriterien vorzuschlagen. Dies erlaubt sowohl Ärzten in Regionalspitälern, wie auch an grossen Zentren, den vermuteten Tod mit Sicherheit festzustellen. In diesem Sinne wurden die Richtlinien vom 25. Januar 1969, 6. Mai 1983 und 13. Juni 1996 überarbeitet.

Diese Richtlinien befassen sich mit der Feststellung des *primären* und des *sekundären* Hirntodes. Andere medizinisch-ethische Fragen, insbesondere betreffs Organspende und Abbruch lebenserhaltender Massnahmen, sind in den Richtlinien für die Organtransplantationen und den Richtlinien zu den Grenzfragen der Intensivmedizin besprochen.

II. Richtlinien

Als das aus medizinischer Sicht beste Kriterium des Todes gilt der vollständige und endgültige Ausfall sämtlicher Funktionen des Gehirns einschliesslich des Hirnstamms (Abb. 1), denn damit kommt das entscheidende Steuerungsorgan des Organismus endgültig zum Erliegen.

Vorübergehendes Versagen lebenswichtiger Funktionen wie Atmung, Herztätigkeit oder Kreislauf kann durch Reanimationstechnik oft kompensiert und überbrückt werden. Es ist hingegen nicht möglich, die gesamthaften Auswirkungen des vollständigen und irreversiblen Funktionsausfalls des Gehirns, einschliesslich des Hirnstamms, durch irgendwelche Massnahmen zu beheben.

Der Tod kann durch folgende Ursachen eintreten:

- Vollständiger und irreversibler Funktionsausfall des Hirns einschliesslich des Hirnstamms durch primäre Hirnschädigung oder -erkrankung (primärer Hirntod).

- anhaltender Herz- und Kreislaufstillstand, der die Durchblutung des Gehirns so lange unterbricht oder im Falle von Reanimationsmassnahmen beeinträchtigt, bis der irreversible Funktionsausfall des Hirns und Hirnstamms und damit der Tod eingetreten ist (Tod nach Herz-Kreislauf-Stillstand; sekundärer Hirntod).

Bis zur ersten Feststellung des vollständigen Ausfalles der Gehirnfunktionen und damit des Todes müssen alle medizinischen und pflegerischen Massnahmen im Interesse des sterbenden Patienten sein.

Vor der zweiten Feststellung können Massnahmen im Hinblick auf eine Transplantation vorgenommen werden, die jedoch dem Spender nicht schaden dürfen.

Die Entnahme von Organen ist erst zulässig, wenn durch die nachstehend beschriebenen ärztlichen Untersuchungen der Tod eindeutig festgestellt worden ist (2. Todesfeststellung).

Ärzte, die einem Transplantationsteam angehören, dürfen weder bei der Feststellung des Todes mitwirken noch ihre den Sterbenden betreuenden Kollegen unter Zeitdruck setzen oder anderweitig zu beeinflussen suchen.

1. Feststellung des Todes wegen primärer Hirnschädigung oder hypoxischer Schädigung nach vorübergehendem Herz-Kreislauf-Stillstand

1.1 Klinische Zeichen

Besteht eine primäre, klar ersichtliche Hirnschädigung, ohne dass die Herztätigkeit aufgehört hat, so müssen die folgenden sieben klinischen Zeichen zur Feststellung des Todes erfüllt sein:

- a) tiefes Koma;
- b) beidseits weite, auf Licht nicht reagierende Pupillen;
- c) Fehlen der okulozephalen (= zervikookulären und vestibulookulären) Reflexe;
- d) Fehlen der Kornealreflexe;
- e) Fehlen zerebraler Reaktionen auf schmerzhafte Reize;
- f) Fehlen des Husten- und Schluckreflexes;
- g) Fehlen der Spontanatmung.

1.2 Beobachtungszeit bis zur Diagnosestellung

Die Feststellung des Todes erfordert zwei klinische Beurteilungen mit folgendem minimalem Intervall (s. Anhang 1 Protokoll zur Feststellung des Todes wegen primärer Hirnschädigung oder hypoxischer Schädigung nach vorübergehendem Herz-Kreislauf-Stillstand):

- a) Eine Beobachtungszeit von 6 Stunden bei Erwachsenen und Kindern über 2 Jahren, wenn die Komaursache bekannt ist, kein Hinweis auf eine Intoxikation oder Hypothermie vorliegt und der Zustand nicht durch pathologische metabolische Parameter erklärt werden kann. Ferner darf kein klinischer Verdacht auf eine Infektion des Nervensystems, insbesondere eine Polyradiculitis cranialis, vorliegen. Ausserdem darf keine Wirkung zentralnervös sedierender Medikamente in der Masse vorhanden sein, das nach allgemeiner klinischer und pharmakologischer Erfahrung ein tiefes Koma erklären könnte.
- b) Eine Beobachtungszeit von 24 Stunden bei Kindern unter 2 Jahren, wenn die Komaursache bekannt ist, kein Hinweis auf eine Intoxikation oder Hypothermie vorliegt und der Zustand nicht durch pathologische metabolische Parameter erklärt werden kann. Ferner darf kein klinischer Verdacht auf eine Infektion des Nervensystems, insbesondere eine Polyradikulitis cranialis, vorliegen. Auch hier darf keine relevante Wirkung myorelaxierende oder zentral-neurodepressiv wirksame Substanzen nachweisbar sein.
- c) Eine Beobachtungszeit von mindestens 48 Stunden bei Erwachsenen und Kindern, wenn die Komaursache unbekannt ist und metabolische oder toxikologische Untersuchungen nicht ausgeführt werden können sowie in allen unter a) und b) nicht klassifizierbaren Patienten.

Die unter b) und c) definierten Beobachtungszeiten dürfen zu Zwecken der Transplantationschirurgie nur abgekürzt werden, wenn das Fehlen jeder zerebralen Durchblutung durch eine zerebrale Angiographie erwiesen wurde (s. II. 1.6). Bei Patienten mit Verdacht auf Polyradiculitis cranialis sind Zusatzuntersuchungen gemäss II 1.5 und II 1.6 zur Feststellung des Todes erforderlich. Wie unter a) darf auch hier eine minimale Beobachtungszeit von 6 Stunden nie unterschritten werden.

1.3 Anforderungen an die den Tod diagnostizierenden Ärzte

Die klinische Beurteilung muss durch zwei Ärzte mit folgenden Qualifikationen oder Funktionen erfolgen: Fachärzte FMH für Neurologie, Neurochirurgie, Neuropädiatrie, Anästhesie, Chirurgie, Innere Medizin, Intensivmedizin, Kardiologie, Pädiatrie.

Die erste klinische Beurteilung zur Feststellung des Todes darf durch den betreuenden Arzt erfolgen, wenn er eine der obigen Voraussetzungen erfüllt. Die zweite Beurteilung nach Ablauf der Beobachtungszeit muss durch einen Begutachter erfolgen, der weder dem betreuenden noch dem transplantierenden Team angehört. Einer der beiden Ärzte soll Facharzt für Neurologie oder Neurochirurgie oder Neuropädiatrie sein.

1.4 Dokumentation

Die klinischen Befunde und die Resultate der Zusatzuntersuchungen (s. III 3. g) sind schriftlich festzuhalten. Dafür und damit auch zur Dokumentation des Todeszeitpunktes kann das Protokoll zur Feststellung des Todes wegen primärer Hirnschädigung oder hypoxischer Schädigung nach vorübergehendem Herz-Kreislauf-Stillstand (Anhang 1) verwendet werden.

1.5 Zusatzuntersuchungen

Keine einzelne Zusatzuntersuchung darf als alleiniges Kriterium für die Feststellung des Todes herangezogen werden. Im besonderen gilt dies für die Elektroenzephalographie, die frühen akustisch und somatosensorisch evozierten Potentiale, die motorisch evozierten Potentiale, die kontinuierliche Hirndruckmessung und den Atropintest. Diese Hilfsuntersuchungen können jedoch und bei Verdacht auf Polyradiculitis cranialis sollen sie zur Gewinnung von Zusatzinformationen angewendet werden. Die transkranielle Dopplersonographie, die Magnetresonanztomographie (MR)-Angiographie, die Angio-Computer-Tomographie (CT) sowie die Single-Photon-Emissions-Computertomographie und die Positronen-Emissions-Tomographie können einen zerebralen Kreislaufstillstand zeigen. Sie rechtfertigen die Abkürzung der vorgeschriebenen Beobachtungszeit für die Feststellung des Todes nicht.

1.6 Zerebrale Angiographie

Die zerebrale Angiographie ist zur Feststellung des Todes in folgenden Situationen erforderlich:

- a) Bei Gesichtsschädelverletzungen, wenn keine eindeutige klinische Prüfung der Hirnstammreflexe möglich ist (im besonderen die unter II. 1.1 b, c und d erwähnten klinischen Zeichen).
- b) Bei Verdacht auf Polyradiculitis cranialis.
- c) Bei drohendem Kreislaufzusammenbruch und Gefährdung zu entnehmender Organe kann mit einer Angiographie eine längere Beobachtungszeit auf minimal 6 Stunden abgekürzt werden.

- d) Zur Abkürzung der Beobachtungszeit für Organentnahmen, wie unter Punkt II 1.2. b und c definiert.

2. Feststellung des Todes nach Herz-Kreislauf-Stillstand

Unter anhaltendem Herz- und Kreislaufstillstand verstehen wir eine Situation, in der die Durchblutung des Gehirns für ein so langes Zeitintervall unterbrochen oder im Falle von Reanimationsmassnahmen beeinträchtigt wird, bis der irreversible Ausfall der Funktionen des Hirns und Hirnstamms und damit der Tod eingetreten ist (sekundärer Hirntod).

2.1 Klinische Zeichen

Tritt der Tod nach Herzstillstand mit anhaltendem Kreislaufunterbruch oder nach erfolgloser Reanimation ein, müssen zu seiner Feststellung folgende acht klinische Befunde vorhanden sein:

- a) tiefes Koma;
- b) beidseits auf Licht nicht reagierende Pupillen;
- c) Fehlen der zervikookulären Reflexe;
- d) Fehlen der Kornealreflexe;
- e) Fehlen zerebraler Reaktionen auf schmerzhafte Reize;
- f) Fehlen des Husten- und Schluckreflexes,
- g) Pulslosigkeit (zentral) durch Palpation an A. femoralis und/oder A. carotis;
- h) Atemstillstand.

2.2 Beobachtungszeit bis zur Diagnosestellung

Die Feststellung des Todes nach Herz-Kreislauf-Stillstand darf frühestens nach 10minütigem ununterbrochenem und beobachtetem Herzstillstand mit vollständigem Kreislaufstillstand erfolgen, sofern der Patient die unter «klinische Zeichen des Todes durch Herz-Kreislauf-Stillstand» aufgeführten Befunde (siehe Ziffer II 2.1) aufweist.

Wird der Tod durch anhaltenden Herz-Kreislauf-Stillstand verursacht, ist zu unterscheiden, ob Wiederbelebungsmassnahmen, d.h. kardiopulmonäre Reanimation und weiterführende Überlebensmassnahmen, durchgeführt werden oder ob aus den im folgenden aufgeführten Gründen auf diese Massnahmen verzichtet wird:

1. Patienten, welche im Vollbesitz ihrer Urteilsfähigkeit solche Massnahmen abgelehnt haben.
2. Patienten, deren Krankheit ein terminales Stadium erreicht hat, wobei bei der Entscheidung allfällige Wünsche des Patienten und die Meinung der Angehörigen zu berücksichtigen sind.

3. Patienten, bei welchen ein andauernder Herzstillstand ohne Reanimation mit Sicherheit länger als 10 Minuten nachweisbar bestanden hat.
4. Patienten, bei welchen zu einem früheren Zeitpunkt eingeleitete lebenserhaltende Massnahmen entsprechend den Richtlinien der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften für die Betreuung sterbender und zerebral schwerst geschädigter Patienten abgebrochen wurden.

Sofern eine kardiopulmonale Reanimation durchgeführt wird, bleibt ein reduzierter Kreislauf erhalten. Deshalb darf die Feststellung des Todes im Hinblick auf eine eventuelle Organentnahme zu Transplantationszwecken frühestens nach 30minütigen ununterbrochenen und erfolglosen Wiederbelebungsmaßnahmen unter stationären klinischen Bedingungen erfolgen, Normothermie vorausgesetzt. Die Wiederbelebungsmaßnahmen umfassen neben äusserer Herzmassage und Mund-zu-Nase-Beatmung, Defibrillation, Intubation und parenterale Verabreichung von Medikamenten. Erfolgreiche Reanimation bedeutet, dass durch diese Massnahmen nie eine Rückkehr der Herzaktion mit spontanem Kreislauf erreicht wurde und der Tote die unter «klinische Zeichen des Todes durch Herz-Kreislauf-Stillstand» aufgeführten Befunde (siehe Ziffer II 2.1) aufweist.

Kinder unter 2 Jahren und unterkühlte Personen fallen für eine Organspende ausser Betracht. Bei Verdacht auf Intoxikationen sind die Wiederbelebungsmaßnahmen über längere Zeit fortzuführen, bevor die Diagnose des Todes gestellt werden darf.

2.3 Anforderungen an die den Tod nach Herz-Kreislauf-Stillstand diagnostizierenden Ärzte, die bei einer geplanten Organentnahme zu Transplantationszwecken erfüllt sein müssen

Die klinische Beurteilung muss durch *zwei* Ärzte mit folgenden Qualifikationen oder Funktionen erfolgen: Fachärzte FMH für Anästhesie, Chirurgie, Innere Medizin, Intensivmedizin, Kardiologie, Neurochirurgie, Neurologie, Pädiatrie oder Ärzte mit FMH-Anforderungen äquivalenter Aus- und Weiterbildung.

2.4 Dokumentation, die bei einer geplanten Organentnahme zu Transplantationszwecken erforderlich ist

Die klinischen Befunde und durchgeführten Reanimationsmassnahmen sind schriftlich festzuhalten. Dafür kann das Protokoll zur «Feststellung des Todes durch Herz-Kreislauf-Still-

stand» der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften verwendet werden (siehe Anhang 2/1 und 2/2).

2.5 Zusatzuntersuchungen

Keine einzelne Zusatzuntersuchung genügt für sich allein zur Feststellung des Todes nach Herz-Kreislauf-Stillstand.

3. Information und Betreuung der Angehörigen und des behandelnden Teams

Der Betreuung von Angehörigen und Mitgliedern des behandelnden Teams muss besondere Beachtung geschenkt werden. Eine sorgfältige Information der Angehörigen durch einen Arzt über das Eintreten des Todes sowie die mögliche Frage nach einer Organspende (unter Spezifikation, welche der Organe entnommen werden dürfen) in adäquater Umgebung und mit genügend Zeit ist unabdingbar. Zudem ist eine kontinuierliche Betreuung durch eine konstante Bezugsperson insbesondere auch vor, während und nach einer Organentnahme sicherzustellen.

Im Falle einer Organtransplantation stellt die Eile um einen gerade Verstorbenen, um die Überlebensfähigkeit eines Organs zu gewährleisten, sowohl für seine Angehörigen wie auch für das betreuende Team eine aussergewöhnliche psychische Belastung dar. Dieser Situation ist ganz besonders Rechnung zu tragen. Dabei sind folgende Bedingungen einzuhalten:

- Der eingetretene Tod muss mit absoluter Sicherheit festgestellt werden.
- Die Angehörigen müssen offen, einfühlsam und vollständig von einem Arzt in Leitungsfunktion und unter genauer Zeitangabe über das Eintreten des Todes informiert werden.
- Eine Anfrage für eine mögliche Organspende, eventuell mit Einschränkung, darf erst erfolgen, wenn die klinischen Befunde des Todes vorhanden sind. Die Anfrage darf während der sicherheitshalber einzuhaltenen Wartezeit erfolgen.
- Hat sich die verstorbene Person zur Organspende nicht geäussert, muss die explizite Zustimmung der Angehörigen zur Organentnahme eingeholt werden. Liegt eine dokumentierte Zustimmung der verstorbenen Person vor, sind die Angehörigen entsprechend zu informieren.
- Die psychologische Betreuung der Angehörigen muss vor, während und nach der Organentnahme sichergestellt sein.
- Nach der Organentnahme müssen die Angehörigen die Möglichkeit haben, vom Verstorbenen in würdiger Umgebung und ohne Zeitdruck Abschied zu nehmen.

- Das Berufsethos aller an der Betreuung beteiligten Personen ist zu respektieren.
- Psychologische Unterstützung soll dem behandelnden Team zur Verfügung gestellt werden.

III. Erläuterungen

1. Pathophysiologische und anatomische Bemerkungen zum Hirntod

Bewusstsein, die Wahrnehmung seiner selbst und seiner Umgebung, ist ein biologisches Phänomen, das in der Grosshirnrinde entsteht. Wird die Funktion beider Grosshirnhemisphären gestört, kommt es zu einer Bewusstseinsstrübung. Bei völligem Funktionsausfall der Hirnrinde resultiert ein tiefes Koma. Ist in dieser Situation der Hirnstamm intakt, funktionieren Atmung und Kreislauf weiterhin, und wir sprechen von einem vegetativen Zustand. Fallen die Hirnstammfunktionen ebenfalls aus, sistiert die Spontanatmung, während der Kreislauf weiterhin erhalten bleiben kann. Diese Situation bezeichnen wir, falls sie aufgrund der klinischen Umstände als irreversibel einzustufen ist, als «Hirntod» oder im angelsächsischen Sprachraum als «whole-brain death».

Um funktionieren zu können, muss die Grosshirnrinde ständig von tieferen Hirnstrukturen stimuliert werden. Dieser biologische Schrittmacher wird unter dem Begriff des «aszendierenden retikulären aktivierenden Systems» zusammengefasst. Sein Hauptbestandteil ist die *Formatio reticularis* im Hirnstamm, die über Thalamuskern beidseits in die Grosshirnrinde beider Hirnhälften projiziert. Fällt dieser biologische Schrittmacher aus, bricht die Funktion der Grosshirnrinden ebenfalls zusammen. Der biologische Effekt einer Hirnstammläsion mit Schädigung der *Formatio reticularis* ist somit gleich wie jener einer beidseitigen Grosshirnrindenläsion. Ist die Hirnstammläsion irreversibel und vollständig, kann auch das Grosshirn seine Funktion nicht mehr wiedererlangen. Diese Situation ist definiert als «Hirnstammtod», im angelsächsischen Raum als «brain stem death» (Abb. 1).

Klinisch kann zwischen dem Tod durch eine isolierte Läsion des Hirnstamms und dem Tod durch Läsion des gesamten Gehirns nicht unterschieden werden («Hirnstammtod» vs. «Hirntod»). Empirisch zeigt sich, dass bei Funktionsausfall des Hirnstamms auch die Funktion der Grosshirnhemisphären zusammenbricht. Elektroenzephalographische Ableitungen zeigen bei völliger Zerstörung des Hirnstamms letzt-

endlich eine Nulllinie und Blutflussmessungen einen Kreislaufstillstand supra- und infratentoriell gleich wie bei Hemisphärenläsionen.

2. Anhaltender Herz- und Kreislaufstillstand

Der Tod wird in der Praxis meist an der Pulslosigkeit und am Atemstillstand diagnostiziert. Sichere Zeichen des eingetretenen Todes, wie Totenstarre und Leichenflecken, treten frühestens nach 20 bis 30 Minuten auf und sind meist erst nach Stunden vollständig ausgeprägt. Hospitalisierte Patienten auf Intensivpflegestationen sind aber an EKG, Blutdruckmessensoren und andere Überwachungsgeräte angeschlossen und häufig künstlich beatmet, so dass ihre Kreislauf- und Atemfunktion ununterbrochen unter Kontrolle steht. Das gleiche gilt für Reanimationen mit weiterführenden Wiederbelebungsmaßnahmen. Der Herzstillstand mit Kreislaufstillstand wird unter diesen Umständen am fehlenden systolischen Blutdruckanstieg, d.h. an der zentralen Pulslosigkeit, festgestellt. Bei sogenannter elektromechanischer Dissoziation kann jedoch gleichzeitig noch ein rhythmisches EKG-Signal vorhanden sein, ohne dass Kontraktionen der linken Kammer Blut durch die Aortenklappe zu fördern vermögen und damit einen spontanen Kreislauf aufrechterhalten. Fehlen eines rhythmischen EKG-Signals heisst immer Herzstillstand, andererseits kann ein rhythmisches EKG-Signal ohne Blutausstoss des linken Ventrikels minutenlang erhalten bleiben.

Einheitliche Regelungen, unter welchen Voraussetzungen eine Reanimation bei einem sterbenden Patienten vorzunehmen oder zu unterlassen sei, bestehen in der Schweiz nicht. Diese Entscheidung muss, wie alle anderen wichtigen Entscheide, individuell getroffen werden. Es wird empfohlen, spitalinterne Richtlinien zu erlassen. Die vier wesentlichsten Gründe, eine Reanimation zu unterlassen, werden unter Ziffer II 2.2 aufgezählt.

3. Klinische Zeichen

a) Tiefes Koma bekannter Ursache

Traumatische Läsionen, massive supra- oder infratentorielle Hämorrhagien sowie andere strukturelle Hirnläsionen müssen mittels eines neuroradiologischen bildgebenden Verfahrens (CT oder MR) nachgewiesen werden. Die klinische Beurteilung allein genügt nicht zur Feststellung des primären Hirntodes bei einem Patienten in Hypothermie (i.e. zentrale Körpertemperatur unter 34 °C). Eine Anoxie mit bekannter Ätiologie darf als Koma definierter Ur-

sache angesehen werden, falls nicht gleichzeitig Hinweise auf metabolische oder toxische Störungen bestehen. Bei einem potentiellen metabolischen, medikamenteninduzierten oder toxischen Koma muss mit geeigneten Laboruntersuchungen der Nachweis erbracht werden, dass keine myorelaxierenden oder zentral neurodepressiv wirksamen Substanzen die Hirnfunktion beeinflussen. Mit toxikologischen Untersuchungen müssen insbesondere toxische Konzentrationen von Alkohol, Opiaten, Barbituraten und Benzodiazepinen ausgeschlossen werden. Die metabolischen Untersuchungen müssen mindestens Elektrolyte (Na, K, Ca), Kreatinin oder Harnstoff, Glukose und Leberparameter umfassen. Bei Verdacht auf eine Infektion des Nervensystems, insbesondere Polyradiculitis cranialis, sind entsprechende Zusatzuntersuchungen zu deren Ausschluss oder Nachweis unentbehrlich.

b) Beidseits weite, auf Licht nicht reaktive Pupillen
Unvollständig dilatierte oder anisokore Pupillen schliessen die Feststellung des Hirntodes nicht aus, vorausgesetzt, dass sie auf Lichtreize nicht reagieren.

c) Fehlen der okulozephalen (= zervikookulären und vestibulookulären) Reflexe

Wenn bei rascher passiver Kopffrotation sowie Kopffextension und Flexion keine Augenbewegungen auftreten, fehlen die okulozephalen Reflexe. Diese Untersuchung darf nur gemacht werden, wenn ein Trauma der Halswirbelsäule ausgeschlossen ist. Der vestibulookuläre Reflex wird kalorisch (mit Eiswasser) geprüft.

d) Fehlen der Kornealreflexe

Die Kornealreflexe können durch Berührung der Kornea mit einem kompakten Watteköpfchen geprüft werden.

e) Fehlen jeglicher Reaktion auf schmerzhafte Stimuli

Die Reaktion auf Schmerzreize kann durch Druck auf die Austrittsstelle des zweiten Trigeminasastes am unteren Orbitalrand oder durch Druck auf den Nagelfalz geprüft werden. Gelegentlich persistiert eine Reaktion der oberen oder unteren Extremitäten auf schmerzhafte Extremitätenreize. Sind keine Hirnstammreflexe vorhanden, entsprechen diese Retraktionsbewegungen spinalen und nicht zerebralen Reflexen.

f) Fehlen des Husten- und Schluckreflexes

Husten- und Schluckreflexe löst der begutachtende Arzt durch Stimulation der Rachenhinterwand und der Trachealschleimhaut aus.

g) Fehlen der Spontanatmung: Apnoetest

Das Fehlen der Spontanatmung muss durch einen Apnoetest belegt werden. Dieser darf frühestens nach 6 Stunden Beobachtungszeit durchgeführt werden.

Die Durchführung eines Apnoetestes setzt eine normale neuromuskuläre Funktion voraus. Wenn ein Patient Myorelaxantien bekommen hat, muss eine erhaltene neuromuskuläre Funktion durch Elektrostimulation belegt werden. Um das Vorhandensein von Atembewegungen zu prüfen, wird die Verbindung vom Patienten zum Respirator unterbrochen. Während dieser Phase erfolgt die Oxygenation durch Diffusion.

Der Apnoetest wird in folgenden Schritten durchgeführt:

- arterielle Blutgasanalyse zur Messung des Ausgangswertes von PaCO₂ und PaH;
- Beatmung während 10 Minuten mit 100% Sauerstoff;
- Unterbrechung der Verbindung vom Patienten zum Respirator. Die Sauerstoffversorgung wird durch eine Sonde im Trachealtubus mit kontinuierlichem O₂-Fluss von 2 bis 4 Litern pro Minute gewährleistet;
- Beobachtung des Fehlens von Atembewegungen;
- Nachweis, dass der CO₂-Partialdruck über 60 mm Hg bzw. 8 kPa steigt und der pH-Wert unter 7,35 sinkt;
- Wiederanschluss des Patienten an den Respirator mit den vorgängigen Ventilationsparametern.

Bei Patienten mit relevanten Oxygenationsstörungen kann der Test zwecks Abkürzung der Apnoedauer folgendermassen modifiziert werden:

- arterielle Blutgasanalyse zur Messung des Ausgangswertes von PaCO₂ und PaH;
- Beatmung während 10 Minuten mit 100% Sauerstoff;
- Verminderung der Beatmung um 30 bis 50% pro Minute, bis der CO₂-Partialdruck den Schwellenwert von 60 mm Hg bzw. 8 kPa übersteigt;
- arterielle Blutgasanalyse zum Nachweis, dass der CO₂-Partialdruck über 8 kPa steigt und der pH-Wert unter 7,35 sinkt;
- die Verbindung vom Patienten zum Respirator wird für 3 Minuten unterbrochen;
- die Sauerstoffversorgung wird durch eine Sonde im Trachealtubus mit kontinuierlichem O₂-Fluss von 3 bis 6 Litern pro Minute gewährleistet;
- Beobachtung des Fehlens von Atembewegungen;

- Wiederaufnahme der Beatmung mit den vorgängigen Ventilationsparametern.

Besteht die Gefahr der Schädigung eines Organs selbst mit dem abgekürzten Apnoetest, so ist eine zerebrale Angiographie notwendig (s. Ziffer III. 4. b).

4. Zusatzuntersuchungen

a) *Transkranielle Dopplersonographie, Magnetresonanztomographie, Angiocomputertomographie, Isotopenangiographie*

Bestehen Zweifel am Vorliegen eines Stillstands der intrazerebralen Zirkulation, können die transkranielle Dopplersonographie, Magnetresonanztomographie, Angiocomputertomographie sowie die Isotopenangiographie (Single-Photon-Emissions-Computertomographie und Positronen-Emissions-Tomographie) schon frühzeitig einen intrazerebralen Kreislaufstillstand ausschliessen, so dass eine zu frühe zerebrale Angiographie vermeidbar ist; sie kann aber durch diese Methoden nicht ersetzt werden.

b) *Zerebrale Angiographie*

Zum Nachweis eines Stillstands der intrazerebralen Zirkulation müssen unter normalem Systemblutdruck (arterieller Mitteldruck >80 mm Hg) während der Injektion bzw. bei Kindern bis zur Pubertät (arterieller Mitteldruck >60 mm Hg) beide Karotiden und mindestens eine Arteria vertebralis durch intraarterielle Kontrastmittelinjektion dargestellt werden. Hierbei muss es zu einer Füllung der Arteria carotis externa und ihrer Äste sowie zur Darstellung der Hirnarterien in ihrem extrakraniellen Abschnitt kommen. Besteht bei Füllung einer Arteria vertebralis Verdacht auf Hypoplasie dieses Gefässes, muss auch die Arteria vertebralis auf der Gegenseite dargestellt werden. Die Bilddokumentation kann durch direkte Exposition einer 20-Sekunden-Serie von Filmen mit Hilfe eines Kassettenwechslers oder mit digitaler Subtraktionstechnik erfolgen. Ein «arrêt circulatoire» und damit der Hirntod gilt als erwiesen, wenn die intrakraniellen Arterien und Venen weder im supra- noch im infratentoriellen Kompartiment angefärbt sind. Bei nicht eindeutigem Resultat muss die Kontrastmittelinjektion nach frühestens einer halben Stunde wiederholt werden.

Die angiographische Untersuchung muss durch einen Facharzt FMH für Radiodiagnostik oder einen Arzt mit einer den FMH-Anforderungen äquivalenter Aus- und Weiterbildung ausgeführt werden.

Bei Patienten mit offenem Schädel-Hirn-Trauma kommt es, falls der intrakranielle Druck nicht ansteigt, nicht notwendigerweise zu einem zerebralen Kreislaufstillstand. In diesen Situationen beruht die Feststellung des Todes auf klinischen Kriterien wie oben angeführt.

IV. Kommentar

Zum Hirntodkonzept gibt es seit mehreren Jahrzehnten solide wissenschaftliche und medizinische Fakten. In den Ländern, wo transplantationsmedizinische Einrichtungen bestehen, ist das Hirntodkonzept anerkannt. Die Erfahrung zeigt, dass dank der genauen und sorgfältigen Anwendung dieser Kriterien durch dafür ausgebildete Ärzte eine hohe Sicherheit gewährleistet ist. Allerdings bestehen Kontroversen, die auf unterschiedliche Überzeugungen und sprachliche Missverständnisse – sowohl beim Publikum als auch in den Gesundheitsberufen – zurückzuführen sind. So lassen Ausdrücke wie «Hirntod» und «Herztod» vermuten, dass es verschiedene Arten des Todes gibt und dass der «Hirntod» vor dem eigentlichen Tod eintritt. Diese Verunsicherung wird noch verstärkt durch das Aussehen der Patienten, die den Kriterien des primären Hirntods entsprechen. Bei diesen werden gewisse biologische Funktionen durch Beatmung und Unterstützung des Kreislaufes im Hinblick auf eine Organentnahme noch künstlich aufrechterhalten. Tatsächlich zeigen diese Patienten einige der traditionellen Lebenszeichen (z. B. warmer Körper, Puls und Atembewegung des Thorax). Diese Tatsachen lassen den Verdacht auf Willkür oder gar Opportunismus aufkommen. Teilweise wird die Meinung vertreten, Hirntodpatienten seien eigentlich nicht ganz tot, und die Kriterien zur Feststellung des Todes wären zur Erleichterung von Organentnahmen eingeführt worden. Ausserdem besteht bei vielen Leuten aus weltanschaulichen Gründen hinsichtlich der Organtransplantation eine grosse Zurückhaltung. Um diesbezügliche Missverständnisse zu beheben, ist eine bessere Klärung der Begriffe unerlässlich.

Dazu kommen auch die schwerwiegenden psychologischen Probleme der Angehörigen und des Pflegepersonals, welche keinesfalls verharmlost werden sollten. Dies gilt insbesondere für Situationen, in welchen der Entschluss zur Organentnahme sehr rasch gefasst und umgesetzt werden muss, um die Überlebensfähigkeit des Transplantats zu gewährleisten. Diese betriebsame Eile um einen gerade Verstorbenen stellt sowohl für seine Angehörigen als auch für sein betreuendes

Team eine aussergewöhnliche psychische Belastung dar. Daraus erwachsen ernst zu nehmende Widerstände gegen Organentnahmen; es gilt deshalb, den ethischen Prinzipien der Transplantationsmedizin in besonderem Mass Rechnung zu tragen.

Das Sterben ist kein punktuell Ereignis, sondern ein Prozess. Wenn die Herzfunktion versagt, erlöschen sehr bald und endgültig alle Lebenszeichen. Der primäre Hirntod dagegen tritt oft protrahiert aufgrund versagender Aktivität des Hirnstamms und beider Hemisphären ein. Er kann Folge zahlreicher Affektionen, wie Schädel-Hirn-Verletzung, Hirnschlag, Anoxie usw., sein.

Wird der Tod durch Herzstillstand mit Kreislaufversagen (sekundärer Hirntod) verursacht, sind die zentrale Pulslosigkeit und Atemstillstand die primär zu beurteilenden klinischen Zeichen. Da der Kreislauf durch Herzmassage und weiterführende Reanimationsmassnahmen teilweise erhalten wird, kann der Herzstillstand reversibel sein, so dass wieder ein spontaner Kreislauf in Gang kommt. Die Irreversibilität des Herzstillstands ist schwer voraussagbar. Deshalb gilt als Kriterium zur Feststellung des Todes eine empirisch ermittelte Dauer des Herzstillstandes beziehungsweise Dauer der ununterbrochenen erfolglosen Wiederbelebungsmaßnahmen. Der Zeitpunkt des Todes ist durch die Dauer fehlender oder ungenügender Perfusion des Zentralnervensystems bestimmt, weil dieses Organ die höchste Empfindlichkeit gegenüber Minderdurchblutung, d.h. Sauerstoffmangel, aufweist. Der endgültige und vollständige Funktionsausfall von Gehirn und Hirnstamm nach 30minütiger erfolgloser Reanimation ist bei Normothermie unbestritten. Bei Kindern unter 2 Jahren, bei Unterkühlung und bei gewissen Intoxikationen fehlen ausreichende Erfahrungen, um die Dauer des Herz-Kreislauf-Stillstandes bis zum Auftreten des irreversiblen Funktionsausfalles von Hirn und Hirnstamm festzulegen. Deshalb müssen unter diesen Voraussetzungen die Reanimationsmassnahmen bzw. die Beobachtung des Herz- und Kreislaufstillstandes über eine längere Zeitdauer ausgedehnt werden. Organentnahmen kommen unter diesen Voraussetzungen nicht in Frage. Bestimmte, genau umschriebene Kriterien vorausgesetzt, bestehen andererseits schon nach einem viel kürzeren Zeitintervall keinerlei Überlebenschancen mehr. Dies trifft z. B. für Verstorbene zu, deren Herzstillstand ohne Zeugen eingetreten war, die initial einen anderen Herzrhythmus als ein Kammerflimmern oder eine Kammertachykardie aufwiesen und die während der ersten 10 Minuten der Reanimation nie

einen spontanen Puls erkennen liessen. Ein weiteres Beispiel sind Verstorbene mit erhaltener elektrischer Aktivität des Herzens aber ohne Blutausstoss, deren endexpiratorischer Kohlendioxidpartialdruck 20 Minuten nach Einleitung weiterführender Massnahmen der Reanimation 1,4 kPa oder weniger beträgt. Bei keinem derselben war die Wiederbelebung schlussendlich erfolgreich. Künftige klinische Forschung wird bessere Voraussetzungen schaffen, um im Einzelfall zu entscheiden, ob eine erfolglose Reanimation nach 10, 20 oder erst nach 30 Minuten als zwecklos zu betrachten ist. Sofern eine Organentnahme zu Transplantationszwecken ins Auge gefasst wird, muss die Dauer der erfolglosen Reanimation stets auf die heute unbestrittenen 30 Minuten ausgedehnt werden.

Ist eine Reanimation vorübergehend erfolgreich, so beginnt die Zeitdauer der 30minütigen erfolglosen Reanimation (s. Ziffer II. 1) erneut am Ende der Episode mit spontaner Herz-Kreislauf-Funktion.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen, welche die empirische Festlegung der Zeitintervalle von 10 Minuten bei Herz-Kreislauf-Stillstand und 30 Minuten bei erfolgloser Reanimation bis zum vollständigen irreversiblen Funktionsausfall von Hirn und Hirnstamm zugrunde liegen, sind im Anhang ausführlich beschrieben.

Zur Feststellung des primären Hirntodes (Ziffer II. 3) müssen die 7 klinischen Zeichen erfüllt sein, welche in den Richtlinien unter Ziffer II. 3 aufgelistet sind. Sie sind mit den klinischen Befunden für die Feststellung des Todes bei erhaltenem Kreislauf identisch. Nur das klinische Zeichen der Pulslosigkeit entfällt.

Mit der Todesdiagnostik darf erst begonnen werden, wenn jede Möglichkeit einer doch noch erfolgenden Erholung ausgeschlossen ist. Die diagnostische Gewissheit, dass eine potentielle Erholung ausgeschlossen und damit der Tod eingetreten ist, erlangt der Arzt durch die in den Richtlinien geschilderten Beobachtungen und Untersuchungen. Die zweite Beurteilung nach dem geforderten Intervall dient der Absicherung der Todesdiagnostik bei erhaltenem Kreislauf (Ziffer II. 1.2).

In den seltenen Fällen eines Funktionsausfalles des Gehirns, bei denen die klinischen Zeichen nicht genügend zuverlässig beurteilt werden können, wird eine zerebrale Angiographie zur Feststellung des Todes vorgeschlagen (s. Ziffer II. 1.6). Dies gilt insbesondere bei Verdacht auf Polyradiculitis cranialis.

Der Ausfall jeglicher Blutzirkulation beweist den Tod.

Rechtlich muss als Zeitpunkt des Todes der Moment der durch eine zweite Beurteilung bestätigten Diagnose des irreversiblen Ausfalls der Hirnfunktionen gelten. Im Totenschein muss diese Zeit eingetragen werden. In den früheren Richtlinien galt jeweils der Zeitpunkt der erstmaligen Feststellung des Funktionsausfalls des Gehirns. Da das Sterben aber einen Prozess darstellt, und die Irreversibilität erst durch die Bestätigung einige Stunden später bewiesen werden kann, gilt neu der Zeitpunkt der Bestätigung als Zeitpunkt des Todes.

Die hier vorgelegten diagnostischen Hilfsmittel zur sicheren Erkennung des Todes sind auch bei mehr als 2 Jahre alten Kindern anwendbar. Es muss jedoch betont werden, dass die Ursachen von Hirnläsionen und die pathophysiologischen Mechanismen, die bei Neugeborenen und Kindern unter 2 Jahren zum Koma führen, anders als bei Erwachsenen sind. Das kindliche Hirn hat eine grössere Erholungskapazität als das Gehirn Erwachsener. Wie beim Erwachsenen beruht die Feststellung des primären Hirntodes bei Kindern unter 2 Jahren auf zwei klinischen Beurteilungen. Diese müssen aber durch mindestens 24 Stunden Beobachtungszeit voneinander getrennt sein. Ist es nicht möglich, eine toxische oder metabolische Störung auszuschliessen, muss die Beobachtungszeit auf mindestens 48 Stunden verlängert werden. Eine Angiographie, wie sie für Erwachsene beschrieben ist, kann ebenfalls ausgeführt werden.

Mitglieder der für die Ausarbeitung dieser Richtlinien tätigen Subkommissionen

Prof. A. Mauron, Genf (Vorsitz);
 Prof. H. Mattle, Bern;
 Prof. J.-C. Chevrolet, Genf;
 M. Monnier, Bern;
 Frau Y. Hartmann, Epalinges;
 Prof. R. Ritz, Binningen;
 Frau Dr. M. Leuthold, Basel;
 Prof. M. Rothlin, Meggen;
 Frau Prof. D. Manai-Wehrli, Genf;
 Dr. U. Strebel, Männedorf.

Literatur

1. Philosophie und Ethik

- Ach JS, Quante M (Hrsg.). Hirntod und Organverpflanzung. Ethische, medizinische, psychologische und rechtliche Aspekte der Transplantationsmedizin. Stuttgart: Frommann Holzboog; 1997.
- Bernat JL, Culver CM, Gert B. On the definition and criterion of death. *Ann Intern Med* 1981; 94:389-94.

- Bernat JL. A defense of the whole-brain concept of death. *Hastings Center Report* 1998;28(2): 14-23.
- Browne A, Gillett G, Tweeddale M. The ethics of elective (non-therapeutic) ventilation. *Bioethics* 2000;14(1):42-57.
- Capron AM. Brain death-well settled yet still unresolved. *N Engl J Med* 2001;344(16):1244-6.
- Cranford RE. Discontinuation of ventilation after brain stem death. Policy should be balanced with concern for the family. *Br Med J* 1999;318:1754-5.
- Dossetor JB. Death provides renewed life for some, but ethical hazards for transplant teams. *CMAJ* 1999;160(11):1590-1.
- Green MB, Wikler D. Brain death and personal identity. *Philosophy and Public Affairs* 1980;9: 105-33.
- Morison RS. Death: process or event? *Science* 1971;173(998):694-8.
- Schlich T. Ethik und Geschichte: Die Hirntoddebatte als Streit um die Vergangenheit. *Ethik Med* 1999;11:79-88.
- Pallis C. Whole brain death reconsidered: physiological facts and philosophy. *J Med Ethics* 1993;9:32-7.
- Swinburn JMA, Ali SM, Banerjee DJ, Khan ZP. Ethical dilemma: discontinuation of ventilation after brain stem death. *Br Med J* 1999;318:1753-4.
- Truog RD. Is it time to abandon brain death? *Hastings Center Report* 1997;27:29-37.
- Youngner SJ, Arnold RM, Schapiro R (eds.). *The Definition of Death. Contemporary Controversies*. Baltimore, London: The Johns Hopkins University Press; 1999.

2. Tod nach Herz-Kreislauf-Stillstand

- American Heart Association [Cummins RO (ed.)]. Ethical aspects of cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC) in advanced cardiac life support. Chapter 15. 1994, 15-1-15-8.
- Bachmann JW, McDonald GS, O'Brien PC. A study of out-of-hospital cardiac arrests in Northeastern Minnesota. *JAMA* 1986;256: 477-83.
- Bedell SE, Delbanco TL, Cook EF, Epstein FH. Survival after cardiopulmonary resuscitation in the hospital. *N Engl J Med* 1983;309:569-76.
- Beuret P, Feihl F, Vogt P, Perret A, Romand JA, Perret C. Cardiac arrest: prognostic factors and outcome at one year. *Resuscitation* 1993;25:171-9.
- Bonnin MJ, Pepe PE, Kimball KT, Clark PS. Distinct criteria for termination of resuscitation in the out-of-hospital setting. *JAMA* 1993;270: 1457-62.
- Eisenberg MS, Mengert TJ. Cardiac resuscitation. *N Engl J Med* 2001;344:304-13.
- Eliastam M, Duralde T, Martinez F, Schwartz D. Cardiac arrest in the emergency medical service system: guidelines for resuscitation. *JACEP* 1977;6:525-9.

- Emergency Cardiac Care Committee and Subcommittees, American Heart Association. Guidelines 2000 for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 2000;102(Suppl 1):I1-I384.
- Gray WA, Capone RJ, Most AS. Unsuccessful emergency medical resuscitation – are continued efforts in the emergency department justified? *N Engl J Med* 1991;325:1393-8.
- Jorgensen EO, Malchow-Moller A. Cerebral prognostic signs during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 1977;6:217-25.
- Longstreth WT, Diehr P, Inui TS. Prediction of awakening after out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1983;308:1378-82.
- Murphy DJ, Murray AM, Robinson BE, Campion EW. Outcomes of cardiopulmonary resuscitation in the elderly. *Ann Intern Med* 1989;111:199-205.
- Schönenberger R, Stürmer T, von Planta I, von Planta M. Prähospitaler Reanimation in städtischen Verhältnissen – Ergebnisse und prognostische Entscheidungskriterien. *Schweiz Med Wochenschr* 1995;125:573-80.
- Schönenberger RA, von Planta M, von Planta I. Survival after failed out-of-hospital resuscitation. *Arch Intern Med* 1994;154:2433-47.
- Taffet GE, Teasdale TA, Luchi RJ. In-hospital cardiopulmonary resuscitation. *JAMA* 1988; 260:2069-72.
- Youngner SJ, Arnold RM. Ethical, psychosocial and public policy implications of procuring organs from non-heart-beating cadaver donors. *JAMA* 1993;269:2769-74.
- Molinari GF. The determination of neurological death. In: Toole JF (ed.). *Handbook of Clinical Neurology*. Vol. 11 (55): *Vascular Diseases, Part III*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers BV; 1989. p. 255-74.
- Nau R, Prange HW, Klingelhöfer J, Kubowski B, Sander D, Tehorsch R, Rittmeyer K. Results of four technical investigations in fifty clinically brain dead patients. *Intensive Care Med* 1992;18:82-8.
- Pallis C. Brainstem death. In: Braakman R (ed.) *Handbook of Clinical Neurology*. Vol. 13 (57): *Head injury*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers BV; 1990. p. 441-96.
- Practice parameters for determining brain death in adults. Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology (Summary Statement). *Neurology* 1995;45:1012-4.
- Wijdicks EFM. The diagnosis of Brain death. *N Engl J Med* 2001;344:1215-21.
- Wijdicks EFM. *Brain Death*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2001.

Anhang

Tod nach Herz-Kreislauf-Stillstand

Das Gehirn reagiert von allen menschlichen Organen am empfindlichsten auf Sauerstoffmangel, weshalb dieses Organ bei Kreislaufstillstand als erstes irreversibel geschädigt wird. Endgültiger und vollständiger Ausfall aller in den Organismus integrierten Funktionen des Gehirns samt Hirnstamm bedeutet den Tod.

Bei Herzstillstand mit vollständigem Kreislaufstillstand von 5 Minuten nehmen heute die Kliniker an, dass – normale Körpertemperatur vorausgesetzt – die Erholung der Funktionen des Hirns und Hirnstammes nicht mehr zu erwarten ist. Das Herz hingegen könnte zu diesem Zeitpunkt noch reanimierbar sein, das heisst, es könnte durch geeignete Massnahmen wieder zum Schlagen gebracht werden. Aus diesen Gründen ist es gerechtfertigt, als Testgrösse zur Feststellung des durch Herz-Kreislauf-Stillstand verursachten Todes die Dauer des vollständigen Kreislaufstillstandes zu wählen, die verstreichen müsste, bis der irreversible und vollständige Funktionsausfall des ganzen Gehirns samt Hirnstamm eingetreten ist.

Die längste Dauer einer vollständigen Unterbrechung der Blutzufuhr zum Gehirn oder zu einem anderen Organ, nach welcher das betroffene Organ seine Funktion wieder aufnehmen kann, wird als «Wiederbelebungszeit» bezeichnet. Letztere beträgt für das Gehirn 10 Minuten. Nach 10minütigem Kreislaufstillstand ist mit dem endgültigen und vollständigen Funktions-

3. Primärer Hirntod

- Aichner F, Fleber S, Birbames G, Luz G, Judmaier W, Schmutzhard E. Magnetic resonance: a noninvasive approach to metabolism, circulation, and morphology in human brain death. *Ann Neurol* 1992;32:507-11.
- Black PMcL. Diagnosis of death by brain criteria. In: Ropper AH (ed.). *Neurological and neurosurgical intensive care*. New York: Raven Press; 1992. p. 453-66.
- Benzel FC, Gross CD, Hadden TA, Kesterson L, Landreneau MD. The apnea test for the determination of brain death. *J Neurosurg* 1989; 71:191-4.
- Betschard M. Die Hirntoddiagnose. *Anaesthesist* 1993;42:259-69.
- Hassler W, Steinmetz H, Pirschel J. Transcranial Doppler study of intracranial circulatory arrest. *J Neurosurg* 1989;71:195-20.
- Kriterien des Hirntodes. Stellungnahme des wissenschaftlichen Beirates der Bundesärztekammer. Entscheidungshilfen zur Feststellung des Hirntodes. *Dtsch Ärzteblatt* 1991;88:2855-60.
- Laurin NR, Drieger AA, Hurwitz GA, Matter AG, Powe IF, Chamberlain MJ, et al. Cerebral perfusion imaging with technetium-99m. HM-PAO in brain death and severe central nervous system injury. *J Nacl Med* 1989;30:1627-35.

ausfall des Gehirns samt Hirnstamm zu rechnen. Sofern bei anhaltendem Herzstillstand externe Herzmassage, künstliche Beatmung und weiterführende Überlebensmassnahmen einen zwar verminderten Kreislauf aufrechterhalten, ist ein längeres Zeitintervall bis zum endgültigen und vollständigen Funktionsausfall des Gehirns samt Hirnstamm zu postulieren. Der mittels der erwähnten Reanimationsmassnahmen erzeugte Blutkreislauf entspricht, wie Messungen des Blutdrucks und Blutflusses während der Wiederbelebungsmassnahmen durch Ornato [1] erkennen liessen, einem schweren kardiogenen Schock, d. h. stark erniedrigtem Blutdruck, stark vermindertem Blutfluss und erhöhter Füllungsdrücke des Herzens. Sofern eine kardiopulmonale Reanimation einschliesslich Defibrillation und Verabreichung von kreislaufstützenden Medikamenten während 20 Minuten nie zu spontaner Herzaktion mit spontanem Puls und Kreislauf geführt hat, ist mit dem vollständigen und irreversiblen Funktionsausfall des Gehirns samt Hirnstamm zu rechnen.

Bei einer so schwerwiegenden Aufgabe, wie bei der Feststellung des Todes, ist zu hinterfragen, auf welchen wissenschaftlichen Untersuchungen und Grundlagen die obengenannten Zeitintervalle beruhen, welche als Testgrösse zur Diagnose des Todes dienen. Als Instrument für die Literaturrecherche diente die Medline-Datenbank, von 1966 bis 2001, frühere Zitate entsprechen Sekundärliteratur. Die Besprechung der Literatur erfolgt nach der Thematik gegliedert und zugeordnet zu 1. tierexperimentellen Untersuchungen, zu 2. Mechanismen der Hirnschädigung durch Ischämie und Reperfusion, zu 3. klinischen Beobachtungen, zu 4. Richtlinien für das Patientenmanagement und zu 5. Zielsetzungen der Reanimationsforschung.

1. Tierexperimentelle Untersuchungen

Tierexperimentelle Untersuchungen «Über die Erholung und Wiederbelebung des Gehirns nach Ischämie bei Normothermie» führten Hirsch, Euler und Schneider [2] in Köln durch. Am isolierten durch einen Spender via Arteria carotis durchströmten Katzenkopf konnten sie bei einer Temperatur von 37°C auch nach vollständiger zerebraler Ischämie von 10 Minuten noch eine Erholung des Gehirns, nämlich Aktionspotentiale nach optischem Reiz, nachweisen. Die Erholungslatenz (Zeitintervall vom Wiederbeginn der Durchblutung bis zum ersten Auftreten der geprüften zentralnervösen Funktion) stieg aber bei so lange dauernder Ischämie derart rasch an, dass auch bei nur geringer Zunahme der Ischämiezeit mit einer Erholungszeit von un-

endlich zu rechnen gewesen wäre. Die Autoren schlossen aufgrund dieser Befunde auf eine reine Wiederbelebungszeit des Gehirns von 10 Minuten (diejenige Dauer einer Ischämie, nach der eine Wiederbelebung eben noch möglich ist). Bleibende Schädigung differenzierter Hirnfunktionen konnten sie dabei allerdings nicht ausschliessen. Marshall et al. [3] fanden bei ähnlichen Untersuchungen am Hund schon nach 6- bis 8minütiger Unterbrechung des Hirnkreislaufs teilweise erhebliche strukturelle Veränderungen im Gehirn von Tieren, die erst Tage bis Monate nach ihrer Erholung getötet und seziiert worden waren. Hirsch et al. [2] erhoben dieselbe Wiederbelebungszeit auch am Kaninchen durch Strangulation mit einer Halsmanschette, sofern die Tiere intubiert und beatmet waren. Ohne Intubation und Beatmung war bei den Versuchen am Kaninchen durch die Strangulation der ganze Organismus, namentlich auch das Herz, der Asphyxie ausgesetzt. Nach Freigabe der Strangulation war das Herz durch die Asphyxie geschädigt. Unter diesen Bedingungen sank die Wiederbelebungszeit des Gesamtorganismus auf 5 Minuten ab. Diese gegenüber der reinen Wiederbelebungszeit des Gehirns (10 min.) auf die Hälfte verkürzte Wiederbelebungszeit des ganzen Organismus (5 min.) erklären die Autoren mit der asphyktischen Schädigung des Herzens, dessen insuffiziente Funktion nach Freigabe der Zirkulation keinen ausreichenden Blutdruck mehr aufrechterhalten kann, der für die Erholung des Gehirns erforderlich ist.

Diese experimentellen Ergebnisse vergleichen Hirsch et al. [2] mit zahlreichen früheren Veröffentlichungen zu diesem Problem, die zum grossen Teil aus der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts stammen. Auch klinische Einzelfälle von länger anhaltendem Kreislaufstillstand werden in die Diskussion einbezogen. Für die Abweichungen der Wiederbelebungszeit bei den aus der Literatur zitierten Befunden machen sie für kürzere Wiederbelebungszeiten eine durch Asphyxie verursachte Herzinsuffizienz mit ungenügendem Blutdruck nach Wiedereinsetzen der Zirkulation verantwortlich. Längere Wiederbelebungszeiten erklären sie durch das Vorhandensein eines Restkreislaufs im Gehirn oder durch Erniedrigung der Temperatur des Gehirns. Die Befunde von Hirsch et al. aus dem Jahr 1957 [2] dienen Walther 1965 [4] als Referenz. Schoen zitiert 1968 [5] gleichfalls die Arbeit von Hirsch et al. [2] und unterstreicht den Unterschied zwischen Wiederbelebungszeit des Gesamtorganismus und jener des Gehirns, welche bei isolierter zerebraler Kreislaufunterbrechung, ohne Beeinträchtigung des Herzens bedeutend länger ist, als

wenn das Herz gleichfalls einer Ischämie ausgesetzt wird. Im letzteren Fall ist das Herz nach Wiedereinsetzen des Kreislaufs insuffizient und nicht mehr in der Lage, einen für die Erholung des Gehirns ausreichenden Blutdruck zu gewährleisten. Schoen präsentiert ferner eine Übersicht über die längst mögliche Wiederbelebungszeit bei 125 Hunden aus eigenen Experimenten und aus der Literatur. Sofern nicht prophylaktische Massnahmen zur Verlängerung der Wiederbelebungszeit ergriffen worden waren, betrug die maximale Wiederbelebungszeit in diesen Tierexperimenten niemals mehr als 10 Minuten. Der Kreislaufstillstand wurde bei diesen Versuchen am Hund durch venöse Rückflussokklusion erzielt, wobei bei dieser Methode initial das Blut aus dem Gefässbett der Lungen noch in den Kreislauf gepumpt wird und danach über die Bronchialgefässe und die Koronargefässe ein minimaler Restkreislauf erhalten bleibt.

Die Wiederbelebungszeit des Gehirns kann durch protektive Massnahmen, namentlich durch Senkung der Körpertemperatur, verlängert werden. Bei ausschliesslicher Drosselung der arteriellen Blutzufuhr zum Gehirn konnten Marshall et al. [3] durch Reduktion der Körpertemperatur auf 23 bis 26 °C die Wiederbelebungszeit des Gehirns auf das Dreifache verlängern. Im Fall von Abklemmen der arteriellen und der venösen Gefässe verursachte die gleiche Senkung der Körpertemperatur die Verdoppelung der Wiederbelebungszeit. Dieses Verhalten machten sich sowohl die Herzchirurgen als auch die Neurochirurgen zunutze.

Dass sich die an Kaninchen, Katzen und Hunden erhobenen Wiederbelebungszeiten auch beim Menschen nicht anders verhalten, zeigten Thauer und Brendel [6]. Sie ermittelten aufgrund der verschiedenen Literaturangaben die quantitative Beziehung zwischen Körpertemperatur und Wiederbelebungszeit des Gehirns bei den genannten Versuchstieren. Die aus der Literatur zusammengetragenen Beobachtungen am Menschen über die zerebrale Wiederbelebungszeit bei verschiedenen Körpertemperaturen, wie sie anlässlich von Herzoperationen unter Hypothermie gemacht worden waren, entsprachen genau der für die Befunde der Tierexperimente abgeleiteten Beziehung.

2. Mechanismen der Hirnschädigung durch Ischämie und Reperfusion

Lutz [7] beschreibt in seiner Übersicht wie anoxietolerante Tiere, z.B. Wasserschildkröten, ihren zerebralen Energiebedarf auf eine so tiefe Ebene zu drosseln vermögen, dass zu dessen Deckung die anaerobe Glykolyse ausreicht. Der

ATP-Spiegel kann dadurch über Stunden aufrechterhalten werden, weshalb es nicht zur anoxischen Zeldepoliarisation und zum sich daran anschliessenden Zelltod kommt. Im Gegensatz hierzu reicht beim Säugetiergehirn der Wegfall synaptischer Überleitung nicht aus, um den ATP-Verbrauch so weitgehend zu vermindern. Innerhalb von Minuten nach Beginn der Anoxie tritt ein Abfall des ATP-Gehalts ein, was den Verlust der Ionen-Homöostase mit Depolarisation der Zellen zur Folge hat. Letztere leitet den Zelltod ein. Aus dem Studium des anoxietoleranten Gehirns von Schildkröten hofft der Autor, bessere Überlebensstrategien für das einer Ischämie ausgesetzte Säugetiergehirn ableiten zu können.

In einer Review halten White et al. [8] vorerst fest, dass Hirnschädigung in Zusammenhang mit einer Reanimation bei Herzstillstand häufig auftritt und verheerend sein kann. Sie beschreiben Neurone im Bereich des Hippokampus und in den Schichten III und V des Kortex, die gegenüber einer Ischämie mit anschliessender Reperfusion selektiv empfindlich sind. Die strukturellen Veränderungen der Neurone treten vor allem während der Reperusionsphase auf. Die Autoren diskutieren biochemische Vorgänge, welche zur Disaggregation der vulnerablen Zellen Anlass geben, aber auch solche, die als reparatorische Reaktion gewertet werden könnten.

3. Klinische Beobachtungen

Die aktuellen klinischen Arbeiten gehen von einer Wiederbelebungszeit des ganzen Organismus von 5 Minuten und von einer reinen Wiederbelebungszeit für das Gehirn von 10 Minuten aus, genau die Zeitintervalle, die von Hirsch et al. [2] für Experimente an Katzen und Kaninchen beschrieben worden waren. Allerdings werden dabei weder die Publikation von Hirsch noch andere Veröffentlichungen erwähnt. Neuere klinische Publikationen zum Thema Wiederbelebungen werden im folgenden angesprochen.

Berek et al. [9] unternahmen eine prospektive Untersuchung bei 112 konsekutiven Reanimationsversuchen ausserhalb des Spitals. Dabei fanden sie eine hochsignifikante Korrelation zwischen der aufgrund der Protokolle abgeschätzten Dauer der Anoxie bis zum Beginn der Reanimation sowie der Dauer der Reanimationsmassnahmen und dem Überleben der Patienten sowie deren neurologischen Befunden. Der Medianwert der Anoxiedauer der Überlebenden betrug 4 Minuten, jener der Verstorbenen 10 Minuten. Für die Überlebenden betrug der Medianwert der Dauer der Reanimation 10 Minuten, für die Verstorbenen 30 Minuten. In einer vorausgegangenen retrospektiven Analyse von 3083

Fällen mit Herzstillstand hatten Mullie et al. [10] für Langzeitüberlebende eine mediane Anoxiedauer von 3,4 Minuten und eine mediane Dauer der Reanimation von 12,7 Minuten ermittelt.

Auf der Suche nach einer Entscheidungshilfe, wann die Wiederbelebungsmaßnahmen bei einem im Krankenhaus aufgetretenen Herzstillstand abgebrochen werden dürfen, analysierten van Walraven et al. [11] die Befunde von 1077 Patienten aus einer randomisierten Studie. Dabei zeigte sich, dass alle Patienten verstarben, sofern der Herzstillstand ohne Zeugen eingetreten war, der initiale Rhythmus weder Kammerflimmern noch eine Kammertachykardie war und innerhalb von 10 Minuten nach Beginn der kardiopulmonalen Reanimation kein spontaner Puls erzielt werden konnte. Die Sterblichkeit der Patienten vor Spitalentlassung war signifikant höher, wenn die Reanimationsmaßnahmen mehr als 10 Minuten dauerten.

Levine et al. [12] versuchten den Erfolg von Reanimationsversuchen ausserhalb eines Spitals durch Monitoring des endexpiratorischen Kohlendioxidpartialdrucks vorauszusagen. Bei erhaltener elektrischer Aktivität des Herzens aber fehlendem Blutausschuss liess ein 20 Minuten nach Einleitung von weiterführenden Reanimationsmaßnahmen gemessener Kohlendioxidpartialdruck von 10 mm Hg oder weniger den Tod voraussagen.

In einer Analyse von 1368 Reanimationen fanden Gwinnutt et al. [13] einen Primärerfolg, definiert als spontane Zirkulation während über 20 Minuten sowie auch das Überleben bis zur Spitalentlassung signifikant häufiger, wenn der spontane Kreislauf durch die Wiederbelebungsmaßnahmen in weniger als 3 Minuten erzielt werden konnte.

4. Richtlinien für das Management von Patienten

In «Termination of resuscitation in the pre-hospital setting for adult patients suffering non-traumatic cardiac arrest. National Association of EMS Physicians standards and Clinical Practice committee» [14] empfehlen die Autoren hinsichtlich des Abbruchs einer Reanimation die folgenden Faktoren in Erwägung zu ziehen:

1. Abbruch der Wiederbelebungsmaßnahmen kann bei einem Erwachsenen, dessen plötzlicher Herztod wahrscheinlich durch eine Krankheit verursacht ist, in Erwägung gezogen werden.
2. Unbezeugter Herzstillstand mit über 6 Minuten verzögerter kardiopulmonaler Reanimation und Defibrillationsversuch nach mehr als 8 Minuten hat eine schlechte Prognose.

3. Fehlt eine Patientenverfügung oder eine Verordnung, die eine Wiederbelebung verbietet, sind kardiopulmonale Reanimation mit Sicherstellung der Atemwege und Beatmung, Defibrillation und weiterführende medikamentöse Therapie von mindestens 20 Minuten Dauer vor der Feststellung des Todes nötig.
4. Bei anhaltender Kammertachykardie oder Kammerflimmern sind die Reanimationsmaßnahmen auch länger fortzuführen, bei Asystolie oder pulsloser elektrischer Aktivität ist der Abbruch der Reanimation ohne Hospitalisation als bevorzugtes Prozedere in Erwägung zu ziehen.

Diese Empfehlungen lassen dem für die Reanimation verantwortlichen Arzt offensichtlich einen beträchtlichen Spielraum.

Die «Guidelines of the Spanish Society of Cardiology for Cardiopulmonary resuscitation» [15] postulieren: Bevor eine kardiopulmonale Reanimation eingeleitet wird, ist der Herzstillstand sicherzustellen und zu klären, dass dieser nicht schon über 10 Minuten angedauert hat. Ferner ist sicherzustellen, dass keine die Reanimation ablehnenden Verfügungen des Patienten oder dessen Angehörigen vorliegen.

5. Zielsetzung der Reanimationsforschung

P. Safar vom «Safar Center for Resuscitation Research» [16] postulierte 1993, dass ein echter Durchbruch erst zu erwarten sei, wenn es der Reanimationswissenschaft gelinge ein Überleben bei Bewusstsein nach normothermem Herzstillstand von nicht nur 5 Minuten, sondern auch von bis zu 10 Minuten zu erreichen.

Im gleichen Sinne fordern Gisvold et al. [17]: Die Grenze für die neurologische Erholung nach einem Herzstillstand von 5 Minuten muss ausgedehnt werden, um auch nach 10- bis 20minütigem Kreislaufstillstand noch eine normale Funktion und Histologie des Gehirns zu erzielen.

Schlussfolgerungen

Tierexperimentelle Untersuchungen zur Wiederbelebungszeit des Gehirns stammen vor allem aus der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts und ergaben teilweise voneinander abweichende Werte. Hirsch et al. [2] diskutieren diese früheren Publikationen ausführlich im Vergleich zu eigenen Resultaten. Zerebrale Wiederbelebungszeiten von weniger als 10 Minuten erklärt er durch die in den betroffenen Versuchsanordnungen aufgetretene anoxische Herzinsuffizienz.

Zur Erklärung von längeren Wiederbelebungszeiten zieht er die Möglichkeit einer Unterkühlung und eines Restkreislaufs bei nicht vollständiger Unterbrechung der zerebralen Durchblutung heran. Für das isolierte Gehirn der Katze fand derselbe Autor eine Wiederbelebungszeit von 10 Minuten. Auch für das intubierte beatmete Kaninchen, bei welchem sich während einer Strangulation keine Herzinsuffizienz einstellt, fand er eine zerebrale Wiederbelebungszeit von 10 Minuten. Beim nicht beatmeten Kaninchen resultierte die Asphyxie des Tieres in einer Herzinsuffizienz mit Abfall des Blutdrucks. Unter diesen Bedingungen betrug die Wiederbelebungszeit nur noch 5 Minuten. Die Befunde von Hirsch konnten auch an Hunden bestätigt werden. Thauer und Brendel [6] fanden schliesslich anhand von Beobachtungen bei Herzoperationen, dass dieselben Zeitintervalle auch für den Menschen Gültigkeit haben.

Daraus lässt sich schliessen, dass nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand von 5 Minuten nicht mehr mit dem Erfolg von dann einsetzenden Wiederbelebungsmaßnahmen zu rechnen ist und dass nach Herz-Kreislauf-Stillstand von über 10 Minuten der Hirntod eingetreten ist.

Sofern bei Herzstillstand durch Wiederbelebungsmaßnahmen ein reduzierter, einem Schockzustand entsprechender Kreislauf aufrechterhalten werden kann, darf aufgrund der besprochenen Untersuchungen mit der Verdoppelung der genannten Zeitintervalle gerechnet werden. Unbestritten ist heute der endgültige und vollständige Funktionsausfall von Gehirn und Hirnstamm nach dreissigminütiger erfolgloser Reanimation.

Untersuchungsergebnisse zu den Mechanismen der Hirnschädigung durch Ischämie und Reperfusion sind mit diesen Zeitintervallen vereinbar.

Die aktuellen klinischen Arbeiten gehen gleichfalls von einer Wiederbelebungszeit des Gesamtorganismus von 5 Minuten und von einer solchen von 10 Minuten für das Gehirn aus. Beobachtungen von Reanimationsserien liegen für grosse Kollektive vor und liefern keine Ursache, an den angegebenen Zeitintervallen zu zweifeln.

Richtlinien für Reanimationsmaßnahmen enthalten nur sehr wenige Angaben über feste Zeitwerte. Die paar publizierten Zeitwerte weichen nicht von den hier angegebenen ab.

Schliesslich bleibt es das derzeit unerreichte Ziel der Reanimationsforschung, die Wiederbelebungszeit (des Gesamtorganismus) von 5 auf 10 Minuten oder mehr zu steigern.

Literatur

- 1 Ornato JP. Hemodynamic monitoring during CPR. *Ann Emerg Med* 1993;22:289-95.
- 2 Hirsch H, Euler KH, Schneider M. Über die Erholung und Wiederbelebung des Gehirns nach Ischämie bei Normothermie. *Pflügers Archiv* 1957;265:281-313.
- 3 Marshall SB, Owens JC, Swan H. Temporary circulatory occlusion to the brain of the hypothermic dog. *Arch Surg* 1956;72:98-106.
- 4 Walter D. Über die maximale Funktionszeit und Wiederbelebungszeit von Organen. *Med Mschr* 1965;19:386-91.
- 5 Schoen HR. Vergleichende tierexperimentelle Untersuchungen zur Verlängerung der Wiederbelebungszeit von Herz und Gesamtorganismus in Normothermie durch pharmakologische Vorbehandlung. *Arch Kreislaufforschg* 1968;57:1-56.
- 6 Thauer R, Brendel W. Hypothermie. *Progr Surg* 1962;2:73-271.
- 7 Lutz PL. Mechanisms for anoxic survival in the vertebrate brain. *Annu Rev Physiol* 1992; 54:601-18.
- 8 White BC, Grossman LI, O'Neil BJ, DeGracia DJ, Neumar RW, Rafols JA, Krause GS. Global brain ischemia and reperfusion. *Ann Emerg Med* 1996;27:588-94.
- 9 Berek K, Schinnerl A, Traweger C, Lechleitner P, Baubin M, Aichner F. The prognostic significance of coma rating, duration of anoxia and cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *J Neurol* 1997;244:556-61.
- 10 Mullie A, van Hoeyweghen R, Quets A, and the Cerebral Resuscitation Study Group. Influence of time intervals on outcome of CPR. *Resuscitation* 1989;17 (Suppl):S23-S33.
- 11 van Walraven C, Forster AJ, Stiell IG. Derivation of a clinical decision rule for the discontinuation of in-hospital cardiac arrest resuscitations. *Arch Int Med* 1999;159:129-34.
- 12 Levine RL, Wayne MA and Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1997;337:301-6.
- 13 Gwinnutt CL, Columb M, Harris R. Outcome of cardiac arrest in adults in UK hospitals: effect of the 1997 Guidelines. *Resuscitation* 2000; 47:125-35.
- 14 Bailey ED, Wydro GC, Cone DC. Termination of resuscitation in the prehospital setting for adult patients suffering nontraumatic cardiac arrest. National Association of EMS Physicians Standards and Clinical Practice Committee. *Prehosp Emerg Care* 2000;4:190-5.
- 15 Coma-Canella I, Garcia-Castrillo Riesgo L, Ruano Marco M, Loma-Osorio Montes A, Malpartida de Torres F, Rodrigues Garcia JE. Guidelines of the Spanish Society of Cardiology for cardiopulmonary resuscitation. *Rev Esp Cardiol* 1999;52:589-603.
- 16 Safar P. Cerebral resuscitation after cardiac arrest: research initiatives and future directions. *Ann Emerg Med* 1993;22:324-49.
- 17 Gisvold SE, Sterz F, Abramson NS, Bar-Joseph G, Ebmayer U, Gervais H, et al. Cerebral resuscitation from cardiac arrest: treatment potentials. *Crit Care Med* 1996;24:S69-S80.

Anhang 1

Protokoll zur Feststellung des Todes wegen primärer Hirnschädigung oder hypoxischer Schädigung nach vorübergehendem Herz-Kreislauf-Stillstand

Patientenname und Vorname: _____	Datum	Zeit in 24 h	verantwortlicher Arzt und Klinik	Unterschrift
Geburtsdatum: _____				
1. Tod vom betreuenden Arzt festgestellt aufgrund klinischer Zeichen.				
2. Tod vom begutachtenden Arzt festgestellt. Begutachtender und betreuender Arzt dürfen identisch sein, wenn Bedingungen für begutachtenden Arzt gemäss Ziffer II 1.3 der SAMW-Richtlinien erfüllt sind.				
3. Aufgrund der Laborwerte besteht keine metabolische Komaursache; Körpertemperatur ≥ 34 °C; Kurarisierung, Schock und relevante Wirkung ZNS-sedierender Medikamente ausgeschlossen. Kein Verdacht auf ZNS-Infektion oder Polyradiculitis cranialis.				
4. Begutachtender Arzt findet keine Hinweise auf medikamentöse oder toxische Komaursache; falls ja, sind toxikologische Untersuchungen zu veranlassen.				
5. Folgende Tests sind fakultativ: a) Atropintest pathologisch; b) Elektroenzephalographie zeigt Nulllinie; c) Evozierte Potentiale mit Tod vereinbar; d) Isotopenangiographie (SPECT, PET) zeigt «arrêt circulaire»; e) Transkranielle Dopplersonographie zeigt «arrêt circulaire»; f) Magnetresonanztomographie zeigt «arrêt circulaire»; g) Angio-Computertomographie zeigt «arrêt circulaire»;				
6. Tod vom begutachtenden Arzt 6 Stunden nach Punkt 2 festgestellt, Todesursache bekannt und Kriterien für Beobachtungszeit von 6 Stunden erfüllt. Kind unter 2 Jahren: Tod vom begutachtenden Arzt 24 Stunden nach Punkt 2 festgestellt, Todesursache bekannt und Kriterien für Beobachtungszeit von 24 Stunden erfüllt. Begutachtender Arzt darf nicht zugleich betreuender Arzt sein und nicht dem Transplantationsteam angehören.				
7. Tod vom begutachtenden Arzt 48 Stunden nach Punkt 2 festgestellt und Todesursache unbekannt. Bedingungen für begutachtenden Arzt wie unter Punkt 6.				
8. Apnoetest pathologisch.				
9. Zerebrale Angiographie zeigt «arrêt circulaire».				
10. Todesursache.				

Dieses Protokoll muss den Patienten begleiten. Nach dem Tod gehört es als wichtiges Dokument in die Krankengeschichte.

Anhang 2/1

Protokoll zur Feststellung des Todes nach Herzstillstand ohne Reanimationsmassnahmen

Patientenname und Vorname: _____	Datum	Zeit in 24 h	verantwortlicher Arzt und Klinik	Unterschrift
Geburtsdatum: _____				
Grund für Verzicht auf Reanimation: _____				
1. Herz-Kreislauf-Stillstand vom betreuenden Arzt erstmals festgestellt.				
2. Tod nach 10minütigem anhaltendem Herz-Kreislauf-Stillstand ohne Reanimation vom begutachtenden Arzt gemäss Ziffer II 2.1 festgestellt.				

Dieses Protokoll muss den Patienten begleiten. Nach dem Tod gehört es als wichtiges Dokument in die Krankengeschichte.

Anhang 2/2

Protokoll zur Feststellung des Todes nach erfolgloser kardiopulmonaler Reanimation

Patientenname und Vorname: _____	Datum	Zeit in 24 h	verantwortlicher Arzt und Klinik	Unterschrift
Geburtsdatum: _____				
1. Herz-Kreislauf-Stillstand vom betreuenden Arzt erstmals festgestellt.				
2. Extrakardiale Ursachen (Spontanpneumothorax, Tamponade, Intoxikation, zentrale Lungenembolie) ausgeschlossen.				
3. Rektale Temperatur > 34 °C.				
4. Kein spontaner Kreislauf während der Reanimationsmassnahmen.				
5. Tod vom begutachtenden Arzt nach mindestens 30minütiger erfolgloser Reanimation gemäss Ziff. II 2.1 festgestellt.				

Dieses Protokoll muss den Patienten begleiten. Nach dem Tod gehört es als wichtiges Dokument in die Krankengeschichte.