

## ÜBERSICHTSARBEIT

# Das Schütteltrauma-Syndrom

Eine häufige Form des nicht akzidentellen Schädel-Hirn-Traumas im Säuglings- und Kleinkindesalter

Jakob Matschke, Bernd Herrmann, Jan Sperhake, Friederike Körber,  
Thomas Bajanowski, Markus Glatzel

## ZUSAMMENFASSUNG

**Hintergrund:** Erfahrungen aus jüngst publik gewordenen Kindesmisshandlungsfällen verdeutlichen die Bedeutung einer sicheren Diagnose und eines adäquaten Handelns. Versäumnisse können schwerwiegende Konsequenzen haben. Besondere Sorgfalt verdienen die äußerlich oft spurenarmen Misshandlungen im Säuglings- und Kleinkindesalter, insbesondere die mit hoher Morbidität und Letalität behafteten nicht akzidentellen Schädel-Hirn-Traumata.

**Methoden:** Selektive Literaturrecherche sowie Überblick über nationale und internationale Empfehlungen.

**Ergebnisse:** Das Schütteltrauma ist eine häufige syndromale Sonderform des nicht akzidentellen Schädel-Hirn-Traumas im Säuglings- und Kleinkindesalter. Schätzungen für Deutschland gehen von 100 bis 200 Fällen im Jahr aus. Typische Befunde sind Zeichen einer diffusen Hirnschädigung sowie subdurale und retinale Blutungen im Kontext einer fehlenden oder inadäquaten Anamnese. Die Letalität beträgt bis zu 30 % und bis zu 70 % der Überlebenden erleiden Langzeitschäden. Die Vorgehensweise im Verdachtsfall umfasst neben Maßnahmen zur Beweissicherung durch gründliche Dokumentation auch konsiliarische Untersuchungen durch Radiologen, Ophthalmologen, Labormediziner und Rechtsmediziner.

**Schlussfolgerung:** Die zuverlässige Diagnose eines Schütteltraumas erfordert ein Verständnis der zugrunde liegenden Pathophysiologie. In der Verdachtsituation ist eine gründliche Untersuchung mit Dokumentation der Befunde sowie ein interdisziplinäres Vorgehen angezeigt. Eine Fortführung, Ausweitung und Evaluation bereits bestehender präventiver Maßnahmen für Deutschland ist zu fordern.

Dtsch Arztebl Int 2009; 106(13): 211–7  
DOI: 10.3238/arztebl.2009.0211

**Schlüsselwörter:** Schädel-Hirn-Trauma, Hirnschädigung, Kindesmisshandlung, pädiatrische Versorgung, Rechtsmedizin

Forensische Neuropathologie, Institut für Neuropathologie, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg: Dr. med. Matschke

Ärztliche Kinderschutzzambulanz, Kinderklinik Klinikum Kassel: Dr. med. Herrmann  
Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg: Dr. med. Sperhake

Abteilung für Kinderradiologie, Institut für Radiologische Diagnostik, Universitätsklinik Köln: Dr. med. Körber

Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum Essen: Prof. Dr. med. Bajanowski  
Institut für Neuropathologie, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg: Prof. Dr. med. Glatzel

**K**indesmisshandlung kann in Form körperlicher Misshandlung, Vernachlässigung sowie emotionalen oder sexuellen Missbrauchs auftreten (1). Misshandlungsbedingte Kopfverletzungen oder nicht akzidentelle Schädel-Hirn-Traumata („non-accidental head injury“ [NAHI]) nehmen zwar nur einen kleinen Anteil aller Kindesmisshandlungen ein, sind aber im ersten Lebensjahr deutlich überrepräsentiert (2). Für Säuglinge und Kleinkinder ist das NAHI die häufigste nicht natürliche Todesursache (3); im zweiten Lebenshalbjahr sogar die häufigste Todesursache überhaupt (4). Das klinische Spektrum reicht von trivialen Kopfprellungen bis zu schwersten Traumatisierungen mit tödlichem Ausgang. Das Schütteltrauma-Syndrom („shaken baby syndrome“ [SBS]) ist eine häufige Form des NAHI, wobei das Opfer an Brustkorb oder Extremitäten gehalten und der Kopf durch ein kräftiges Schütteln in eine heftige unkontrollierte Bewegung mit einer ausgeprägten rotatorischen Komponente versetzt wird. Klinisch ist das SBS durch Anzeichen einer schweren diffusen Hirnschädigung im Sinne einer akuten Enzephalopathie, Subduralblutungen (SDB) und retinale Blutungen (RB), seltener auch metaphysäre Frakturen oder Rippenfrakturen in variablen Kombinationen gekennzeichnet; typisch ist die oft komplett fehlende, inadäquate oder inkonsistente Unfallanamnese (3, 5).

Einige grundlegende Fragen wie etwa zur Biomechanik und bezüglich der Todesursache sind nicht vollständig geklärt (e1–e3). In der jüngeren Vergangenheit haben teilweise emotional geführte wissenschaftliche Kontroversen etwa über den diagnostischen Wert von SDB bei Säuglingen die Unsicherheit weiter vergrößert (e3–e5). Mit dieser Arbeit soll auch auf dem Hintergrund jüngst publik gewordener Fälle tödlicher Kindesmisshandlungen ein Überblick über den aktuellen Kenntnisstand des SBS gegeben werden. Hierfür wird neben einer umfassenden Darstellung der wissenschaftlichen Literatur eine Zusammenfassung der Empfehlungen nationaler und internationaler Expertengremien geboten.

## Historischer Überblick

Misshandlung und Tötung von Kindern sind innerhalb der Menschheitsgeschichte seit langem bekannte Phänomene. Die medizinische Entdeckung des Schütteltrauma-Syndroms begann allerdings erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts (6, e6–e8). Der amerikanische

**TABELLE 1**

**Auswahl von Differenzialdiagnosen des Schütteltraumas**

Konstellation	Anmerkungen/Literatur
akzidentielle Schädel-Hirn-Traumata	schwere Unfälle Rarität im Säuglingsalter, häufig mit EDB und Frakturen, sehr selten mit RB (e97–e102)
perinatal	SDB bei 8 %, RB bei 34 % der Neugeborenen nachweisbar; in der Regel nach vier Wochen folgenlos resorbiert (e108, e109)
Aneurysma/AVM	als Blutungsursache Rarität im Säuglingsalter; Ausschluss durch Bildgebung
Arachnoidalzyste/Hydrozephalus externus bei BESS	SDB nach Bagateltrauma möglich, in Ausnahmefällen auch mit RB assoziiert; Diagnose durch Bildgebung, eventuell erst nach längerer Beobachtung (e110, e111)
Meningoenzephalitis	postinfektiös Hygrome möglich; in Ausnahmefällen auch mit RB assoziiert; Diagnose durch Bildgebung, Liquor, Labor (18)
Koagulopathien	SDB und RB möglich; Diagnose durch Labor
Terson-Syndrom	im Säuglings- und Kleinkindesalter im Gegensatz zu Erwachsenen sehr selten (e112)
Glutarazidurie Typ I	in Ausnahmefällen mit SDB und RB assoziiert; im Allgemeinen charakteristischer krisenhafter klinischer Verlauf und anamnestisch bekannt (Bestandteil des Neugeborenencreenings) (e71, e72, e76–e78)
Galaktosämie	intraokuläre Blutungen in Ausnahmefällen beschrieben; im Allgemeinen charakteristische Klinik mit Hepatosplenomegalie, Ikterus, Sepsis, Katarakt; in der Regel vorbekannt (e113)
Osteogenesis imperfecta Typ I/Typ IV	atypische Frakturen möglich; im Allgemeinen charakteristische Klinik mit positiver Familienanamnese, blauer Sklera, „Schaltknochen“; in Ausnahmefällen molekulargenetische Diagnostik (e73)
Menkesche Erkrankung	SDB in Einzelfällen beschrieben (e75); charakteristische Klinik mit Mikrozephalie und typischen Haarveränderungen („kinky hair disease“); Diagnose durch Labor
Steigerung des intrathorakalen/intravasalen Druckes	RB in absoluten Ausnahmefällen nach Reanimation, Krampfanfällen, nicht nach Erbrechen oder Husten (25, e114, e115)

SBS, Schütteltrauma; SDB, Subduralblutung; RB, retinale Blutung; AVM, arteriovenöse Malformation; BESS, benign enlargement of the subarachnoid space

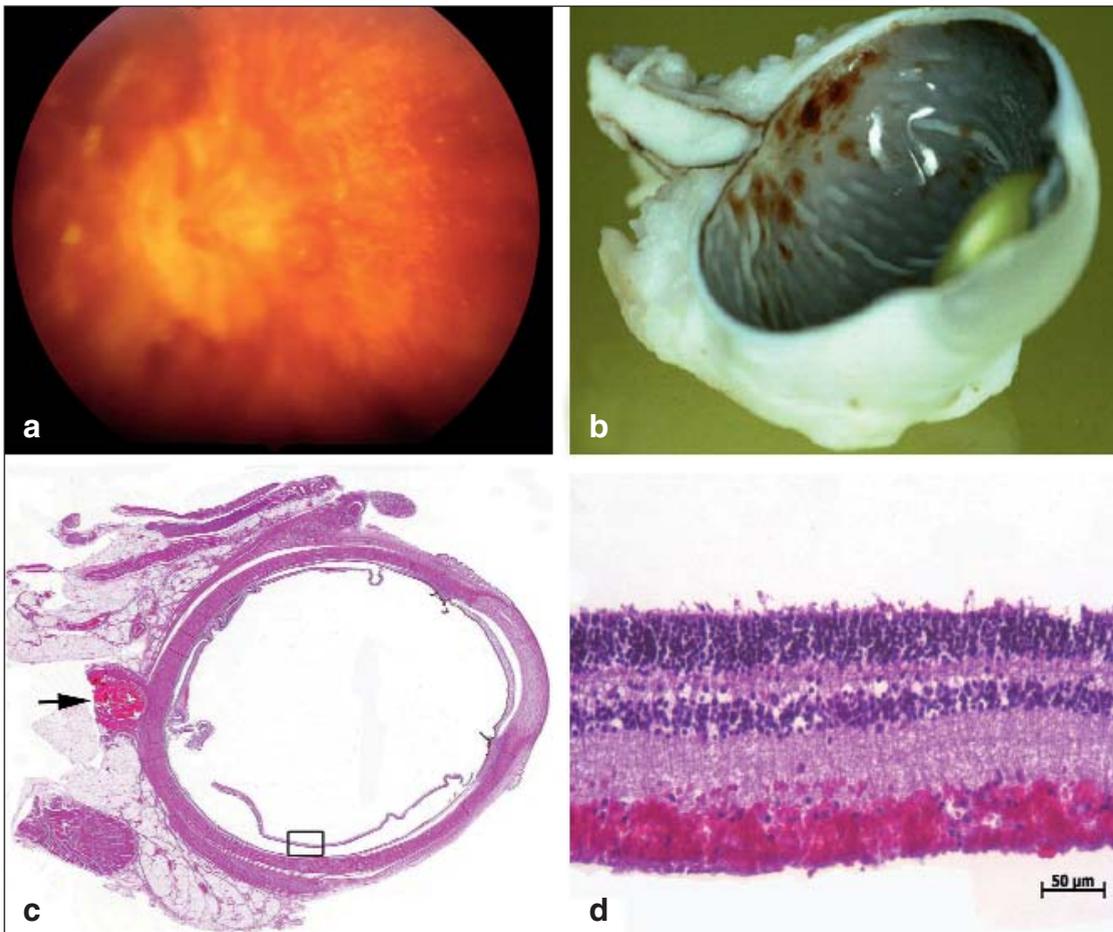
Kinderarzt John Caffey beschrieb im Jahr 1946 einige Säuglinge mit Frakturen der langen Röhrenknochen und Subduralblutungen (e9). Caffey vermutete, dass diese Konstellation durch nicht bemerkte oder verheimlichte Unfälle entstanden sein könnte – allerdings erkannte der spätere Erstbeschreiber des SBS zu diesem Zeitpunkt noch nicht, dass es sich tatsächlich um ein charakteristisches Syndrom in Folge einer Misshandlung handelte. Im Jahr 1962 veröffentlichte Henry Kempe seine Beobachtungen über das „Syndrom des misshandelten Kindes“ („battered child syndrome“), wobei erstmals in einer medizinisch-wissenschaftlichen Publikation das misshandelte Kind thematisiert wurde (7). Der britische Neurochirurg Norman Guthkelch beschrieb 1971 zwei Säuglinge mit Subduralblutungen ohne Anzeichen einer äußeren Verletzung, bei denen er einen Akzelerations-Dezelerationsmechanismus („whiplash injury“) als Ursache vermutete (e10). Im Jahr 1972 erschien Caffey's grundlegende Arbeit über das Schütteltrauma-Syndrom, in der erstmals ein Zusammenhang zwischen einem Schüttelvorgang und einer seither als typisch erkannten Symptomenkonstellation aus SDB, RB und Frakturen der langen Röhrenknochen hergestellt wurde (8). Caffey gilt daher – unter Würdigung der Vorarbeiten von Kempe, Guthkelch und anderen – als Erstbeschreiber des Schütteltrauma-Syndroms.

**Epidemiologie**

Kindesmisshandlung ist ein weltweites Problem (9, 10, e11–e15). Detaillierte Daten bezüglich Tötungsdelikten speziell an Säuglingen und Kleinkindern oder zur Häufigkeit des Schütteltrauma-Syndroms sind für Deutschland weder über das offizielle Meldewesen noch in der wissenschaftlichen Literatur zu erhalten.

Aus den Daten der polizeilichen Kriminalstatistik und in Kenntnis der Bevölkerungszahlen lassen sich für das Jahr 2006 für 100 000 Kinder unter sechs Jahren jährliche Inzidenzen von rund 30 (angezeigten) Misshandlungsfällen und drei vollendeten Tötungsdelikten errechnen (e16, e17). In einer Multicenterstudie zum Plötzlichen Säuglingstod in Deutschland konnte durch eine Obduktion in fast jedem 50. vermeintlichen Plötzlichen Kindstodfall ein Schütteltrauma-Syndrom als Todesursache aufgedeckt werden (e18). Eine weitere Verbesserung der Datenlage ist durch die derzeit laufende Erhebung der Erhebungseinheit für Seltene Pädiatrische Erkrankungen in Deutschland (ESPED) zu erwarten (Erhebungseinheit für Seltene Pädiatrische Erkrankungen in Deutschland [ESPED] [www.esped.uni-duesseldorf.de](http://www.esped.uni-duesseldorf.de)).

Extrapoliert man aus den Daten der wenigen epidemiologischen Studien überwiegend aus dem angloamerikanischen Sprachraum mit berechneten Inzidenzen zwischen 15 bis 30/100 000 Kinder < 1 Jahr (e19–e23), lässt



**Abbildung 1:**  
 a) Ophthalmologische Befunde bei Schütteltrauma-Syndrom (SBS). Funduskopie (Sammlung Professor Alex Levin, Ophthalmology and Vision Sciences, Hospital for Sick Children, University of Toronto, Canada) und  
 b) makroskopisches Sektionspräparat mit typischen „flammenartigen“ retinalen Blutungen.  
 c) Histologisches Bulbuspräparat mit Blutungen in die Sehnervenscheide (Pfeil) und retinalen Blutungen  
 d) Ausschnitt-Vergrößerung

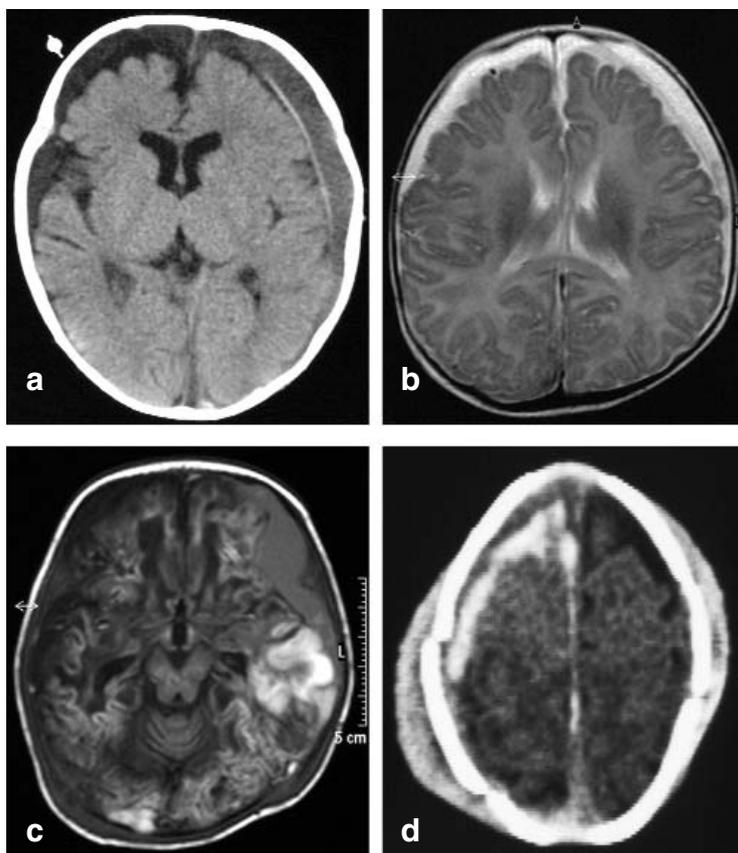
sich für Deutschland eine Häufigkeit von 100–200 Fällen pro Jahr schätzen (e16). Im Säuglings- und Kleinkindesalter ist das Schütteltrauma-Syndrom die gravierendste Form einer Misshandlung und die häufigste nicht natürliche Todesursache; umgekehrt ereignen sich in dieser Altersgruppe über zwei Drittel aller tödlich verlaufenden Kindesmisshandlungen (2). Über 90 Prozent aller schweren intrakraniellen Verletzungen im Säuglings- und Kleinkindesalter sind Folge einer Misshandlung (e24).

### Ursachen und Pathophysiologie

Kindesmisshandlung ist ein multifaktorielles Phänomen. Risikofaktoren des SBS sind schlechter sozioökonomischer Status, Behinderung des Kindes, Neigung zu Gewalt, Alkohol- und/oder Drogenmissbrauch innerhalb der Familie und andere (11, 12, e25–e28). Allerdings kommt das SBS in jeder gesellschaftlichen Schicht vor (12). Als typische Konstellation kann etwa das Zusammentreffen eines „Schreikindes“ mit jungen, überforderten Eltern gelten, die unter erhöhtem Erfolgsdruck hinsichtlich unternommener Beruhigungsversuche, gepaart mit einer niedrigen Frustrationstoleranz und mangelnder Impulskontrolle stehen (e29, e30). Bei fehlenden oder unzureichenden sozialen Ressourcen kann es im Einzelfall in einer sich zuspitzenden Stresssituation zu einem Schütteln im Affekt kommen (4). Nach Erhebungen aus den USA

sollen zwischen 50 bis 75 Prozent der Teenager und jungen Erwachsenen keine Kenntnis von der Gefährlichkeit des Schüttelns haben und zwischen 2,6 und 4,4 Prozent der Eltern von Kindern unter zwei Jahren gaben an, ihr Kind bereits mindestens einmal geschüttelt zu haben (e31–e33). Dieser Anteil liegt für Eltern aus indischen Großstadtlums bei 42 Prozent (e32). In jüngerer Zeit in den USA initiierte öffentliche Aufklärungskampagnen haben erste vielversprechende Resultate gezeigt (e34). Auch in Deutschland ist etwa in Hamburg und Niedersachsen begonnen worden, auf die besondere Gefahr des Schüttelns aufmerksam zu machen und auf Hilfsangebote zu verweisen (Ratgeber für junge Eltern der Hansestadt Hamburg „Hilfe mein Baby hört nicht auf zu schreien!“ [www.hag-gesundheit.de/documents/schuette\\_130.pdf](http://www.hag-gesundheit.de/documents/schuette_130.pdf)) – eine Evaluation dieser Maßnahmen steht allerdings noch aus. Die im konkreten Einzelfall sehr schwierige Einschätzung, ob eine Tötungs- oder Schädigungsabsicht vorgelegen hat, obliegt dem Gericht. Vielen Tätern dürfte jedoch die Gefährlichkeit ihres Tuns durchaus bewusst sein (e35). Bei den Tätern handelt es sich meist um Väter oder neue Lebensgefährten der Mutter, seltener um weibliche Babysitter oder die Mütter (3, e36, e37).

Eine Reihe anatomischer Besonderheiten lassen Säuglinge und Kleinkinder besonders empfindlich auf Akzelerations-Dezelerations-Vorgänge mit einer ausgeprägten



**Abbildung 2:**

Radiologische Befunde bei Schütteltrauma-Syndrom (SBS)  
 a) zerebrale Computertomografie (CCT) bei einem männlichen Säugling mit Verdacht auf SBS mit Subduralblutungen unterschiedlicher Dichte beidseits  
 b) cMRT, T2-Wichtung, eines männlichen Säuglings mit Hygromen beidseits in der zerebralen Magnetresonanztomografie mit Verdacht auf zeitlich zurückliegendes Schütteltrauma-Syndrom  
 c) männlicher Säugling rund einen Monat nach eingeräumtem Schüttelvorgang mit schwerem Residualzustand und Defektsyndrom bei Zustand nach diffusem Parenchymschaden und intrazerebraler Blutung und Subduralblutungen links (cMRT)  
 d) weiblicher Säugling mit Schütteltrauma-Syndrom in Kombination mit schwerem Kontaktrauma („shaken impact“) mit Subduralblutungen, dislozierten Kalottenfrakturen und schwerem Weichteiltrauma beidseits (CCT Sammlung Frau Professor Benz-Bohm, Institut für Radiologische Diagnostik, Universitätsklinikum Köln)

rotatorischen Komponente reagieren, wie sie im Rahmen eines Schüttelvorgangs entstehen (2, 13–15, e38, e39). Der Kopf ist im Verhältnis zum Rest des Körpers groß und wird von einer schwachen und unausgereiften Nacken- und Halsmuskulatur nur unzureichend gehalten und kontrolliert (14, e40). In der Summe resultieren starke Relativbewegungen zwischen den verschiedenen intrakraniellen Kompartimenten, etwa zwischen Schädel und Dura einerseits und Hirnoberfläche andererseits oder auch zwischen weißer und grauer Substanz. Auch wenn viele Details noch nicht geklärt sind, herrscht bei der überwältigenden Mehrheit der Untersucher Einigkeit darüber, dass die resultierenden Scherkräfte Ursache für Subduralblutungen und diffuse Hirnschäden sind (3, 14–15, e38–e44). Obwohl auch ein „einfacher“ Schüttelvorgang ohne zusätzlichen Aufprall ausreichend ist, das Vollbild des Schütteltrauma-Syndroms mit eventuell tödlichem Ausgang zu erzeugen, ist die resultierende Energie bei einer zusätzlichen abrupten Dezeleration durch ein Aufschlagen des Kopfes sicherlich höher und führt daher zu schwerwiegenderen Traumatisierungen („shaken impact syndrome“) (e45–e49).

Entgegen der früher vertretenen Meinung geht man heute nicht mehr davon aus, dass die Subduralblutungen (SDB) eine Bedeutung hinsichtlich der Prognose oder der Todesursache haben (14–15). Die typischerweise filmartigen SDB überschreiten selten ein Volumen von 2 bis 3 mL und wirken daher nicht raumfordernd (14, 50, e46). Sie sind daher eher ein diagnostischer Marker für ein schweres Akzelerations-Dezelerations-Trauma im Sinne eines stattgehabten Schüttelvorgangs. Ein wesentlicher Schädigungsfaktor ist eine zentrale Apnoe, die durch eine plötzliche und schwere Hyperextension der Medulla oblongata im Rahmen des Schüttelvorgangs ausgelöst wird (16). Neuropathologisch konnten entsprechende Hinweise auf fokale Schäden im unteren Hirnstamm gefunden werden (e51–52). Falls eine anhaltende Apnoe nicht unmittelbar tödlich ist, führt im primär überlebten

**KASTEN 1**

**Vorgehensweise bei Verdacht auf Kindesmisshandlung\*1**

**Anamnese**

- Unfallhergang/Sozialanamnese/Vorerkrankungen

**Körperliche Untersuchung**

- immer Ganzkörperuntersuchung!
- äußere Verletzungen (Verteilung/Muster/Form/Farbe/Größe)

**Dokumentation**

- schriftlich/Skizze/fotografisch (Maßstab!)

**Weiterführende Diagnostik**

- Labor (BB, Leberwerte, Gerinnung, Liquor)
- Ophthalmologe (Fundoskopie)
- Radiologe (CCT/MRT, Röntgenskelettscreening)

**Interdisziplinäre Konferenz und Planung des weiteren Vorgehens mit**

- behandelnden niedergelassenen Ärzten
- Krankenhaus
- Jugendamt/Sozialarbeiter
- Psychologie/Psychiatrie
- Rechtsmedizin
- Eltern (bei Kooperationsbereitschaft)

\*1Nach Rechtsgüterabwägung beziehungsweise bei Gefahr für Leib/Leben Verständigung der Ermittlungsbehörden und/oder von Jugendamt/Familiengericht

Fall eine Hypoxie zu einem Hirnödem mit Anstieg des intrakraniellen Druckes und damit zu einer Verminderung des zerebralen Blutflusses, was in einen Circulus vitiosus mit zunehmender zerebraler Hypoxie mündet. In derartigen Fällen entsteht – abhängig von der Latenz, mit der notfallmedizinische Maßnahmen einsetzen – entweder eine protrahierte Hirntodsituation oder ein längeres Überleben mit schwerem Defektsyndrom (e53–e55). Aus den Scherkräften, die im Rahmen des Schüttelvorgangs auf das unreife Säuglingsgehirn einwirken, resultiert ferner ein traumatischer diffuser Axonschaden („diffuse axonal injury“ [DAI]) (e51, e52), der ebenfalls an der Entstehung des Hirnödems beteiligt ist (16, e56). Von forensischer Bedeutung ist es, dass – wie sich aus den biomechanischen und pathophysiologischen Grundlagen ergibt – beim SBS im Allgemeinen eine unmittelbare zerebrale Funktionsstörung beziehungsweise Symptomatik auftritt. Dies bedeutet, dass ein geschüttelter Säugling, der im weiteren Verlauf mit schweren neurologischen Symptomen auffällt, in aller Regel nicht primär unauffällig gewesen sein kann. Auch aus vielen Schilderungen geständiger Täter ist zu erkennen, dass die Symptome in nicht trivialen Fällen unmittelbar nach dem Schütteln auftraten (e48, e57–e59).

### Klinik und Diagnostik

Die Symptome in weniger schweren Fällen sind häufig unspezifisch (zum Beispiel Erbrechen, Schläfrigkeit) und können als Enteritis, Infekt, Irritabilität oder Gedeihstörung fehlgedeutet werden (4, e60). Meist werden die Patienten jedoch bewusstlos und bradykard, schlaff oder krampfend zur Aufnahme gebracht, wobei eine schlüssige Erklärung für den Zustand des Kindes nicht geboten werden kann. Häufige Schilderungen sind etwa: „Ich habe das Kind so vorgefunden“, „es ist beim Füttern plötzlich blau angelaufen“ oder „vor drei Tagen von der Couch gefallen“. Aus gutachterlicher Sicht kompliziert werden Eingeständnisse, das angeblich plötzlich leblos vorgefundene Kind in einem Wiederbelebungsversuch geschüttelt zu haben. Die American Academy of Pediatrics hat hierzu festgestellt, dass das Schütteln eines Kindes im Rahmen eines Schütteltrauma-Syndroms so gewaltsam ist, dass ein Beobachter es als unmittelbar lebensgefährlich erkennen würde (5). Schütteltrauma-Syndrom-Patienten haben im Vergleich mit Opfern schwerer Unfälle eine schlechtere Prognose, was insbesondere auf die prinzipiellen Unterschiede im Schädigungsmechanismus und das oft verspätete Vorstellen bei einem Arzt zurückgeführt werden kann (e61–e64). In der Literatur werden für die Letalität Zahlen zwischen 13 und 36 Prozent angegeben; der Anteil von Überlebenden mit Spätschäden schwankt je nach Studiendesign zwischen 62 und 96 Prozent (e65–e70). Laboruntersuchungen dienen dem Nachweis beziehungsweise Ausschluss einer Reihe differenzialdiagnostisch zu diskutierender Erkrankungen die in Ausnahmefällen Symptome des Schütteltrauma-Syndroms imitieren können (Tabelle 1) (17, e71–e78).

Retinale Blutungen (RB) können bei 50 bis 100 Prozent der Patienten nachgewiesen werden. Sie sind meist

## KASTEN 2

### Kindesmisshandlung: Wichtige Gesetzesvorschriften

#### BGB § 1631: Inhalt und Grenzen der Personensorge

(2) Kinder haben ein Recht auf gewaltfreie Erziehung. Körperliche Bestrafungen, seelische Verletzungen und andere entwürdigende Maßnahmen sind unzulässig.

#### SGB VIII § 8a: Schutzauftrag bei Kindeswohlgefährdung

(1) Werden dem Jugendamt gewichtige Anhaltspunkte für die Gefährdung des Wohls eines Kindes oder Jugendlichen bekannt, so hat es das Gefährdungsrisiko im Zusammenwirken mehrerer Fachkräfte abzuschätzen. Dabei sind die Personensorgeberechtigten sowie das Kind oder der Jugendliche einzubeziehen, soweit hierdurch der wirksame Schutz des Kindes oder des Jugendlichen nicht infrage gestellt wird. Hält das Jugendamt zur Abwendung der Gefährdung die Gewährung von Hilfen für geeignet und notwendig, so hat es diese den Personensorgeberechtigten oder den Erziehungsberechtigten anzubieten.

#### Straftaten gegen das Leben (Tötungsdelikte)\*1

§ 211 StGB: Mord  
§ 212 und 213: Totschlag  
§ 222: Fahrlässige Tötung

#### Straftaten gegen die körperliche Unversehrtheit\*1

§ 223 StGB: Einfache Körperverletzung  
§ 224 und 226: Gefährliche und schwere Körperverletzung  
§ 225: Misshandlung von Schutzbefohlenen  
§ 227: Körperverletzung mit Todesfolge  
§ 229: Fahrlässige Körperverletzung

#### StGB § 203: Verletzung von Privatgeheimnissen („Schweigepflicht“)

(1) Wer unbefugt ein fremdes Geheimnis, namentlich ein zum persönlichen Lebensbereich gehörendes Geheimnis oder ein Betriebs- oder Geschäftsgeheimnis, offenbart, das ihm als

1. Arzt, Zahnarzt, Tierarzt, Apotheker oder Angehörigen eines anderen Heilberufs, der für die Berufsausübung oder die Führung der Berufsbezeichnung eine staatlich geregelte Ausbildung erfordert, anvertraut worden oder sonst bekannt geworden ist, wird mit Freiheitsstrafe bis zu einem Jahr oder mit Geldstrafe bestraft.

#### StGB § 34: Rechtfertigender Notstand

Wer in einer gegenwärtigen, nicht anders abwendbaren Gefahr für Leben, Leib, Freiheit, Ehre, Eigentum oder ein anderes Rechtsgut eine Tat begeht, um die Gefahr von sich oder einem anderen abzuwenden, handelt nicht rechtswidrig, wenn bei Abwägung der widerstreitenden Interessen, namentlich der betroffenen Rechtsgüter und des Grades der ihnen drohenden Gefahren, das geschützte Interesse das beeinträchtigte wesentlich überwiegt.

#### RiStBV\*2 Nr. 235: Kindesmisshandlung

- (1) Auch namenlosen und vertraulichen Hinweisen geht der Staatsanwalt grundsätzlich nach; bei der Beweissicherung beachtet er insbesondere § 81c Abs. 3 Satz 3 StPO.
- (2) Bei einer Kindesmisshandlung ist das besondere öffentliche Interesse an der Strafverfolgung (§ 230 Abs. 1 Satz 1 StGB) grundsätzlich zu bejahen. Eine Verweisung auf den Privatklageweg gemäß § 374 StPO ist in der Regel nicht angezeigt.
- (3) Sind sozialpädagogische, familientherapeutische oder andere unterstützende Maßnahmen eingeleitet worden und erscheinen diese Erfolg versprechend, kann ein öffentliches Interesse an der Strafverfolgung entfallen.

\*1 Bei diesen Delikten handelt es sich um Offizialdelikte, die von Amts wegen, das heißt auch bei nicht gestelltem oder zurückgezogenem Strafantrag verfolgt werden.

\*2 RiStBV: Richtlinien für das Strafverfahren und das Bußgeldverfahren.

ausgedehnt bilateral-symmetrisch und finden sich am hinteren Pol oder in der Umgebung der Ora serrata (*Abbildung 1*) (18, 19, e79–e82). Der Entstehungsmechanismus ist nicht abschließend geklärt; analog zu der Entstehung der Subduralblutungen wird eine durch die Akzeleration-Dezelerationsbeschleunigung verursachte Relativbewegung zwischen Glaskörper einerseits und Retina und Gefäßen andererseits angenommen (e82–e84). Die meisten Studien bejahen einen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der retinalen Blutung und der Schwere des erlittenen Traumas beziehungsweise der hiermit verbundenen schlechten Prognose (e79–e81, e84–e87). Untersuchung und Dokumentation durch einen Augenarzt sind daher erforderlich (e88).

Radiologische Zusatzuntersuchungen (*Abbildung 2*) sind von großer Bedeutung für Evaluation, Verlaufskontrolle und Dokumentation (20–22, e89). Obwohl die zerebrale Magnetresonanztomografie (cMRT) gegenüber der kranialen Computertomografie (CCT) hinsichtlich diffus-parenchymatöser Läsionen eine höhere diagnostische Sensitivität besitzt und ihr in der Altersbestimmung von Befunden überlegen ist, wird in der Akutsituation auch aus logistischen Gründen meist eine CCT durchgeführt (20). Die CCT hat zudem den Vorteil kürzerer Untersuchungszeiten bei klinisch instabilen Patienten und den der vergleichsweise einfacheren Handhabung, wenn etwa bei entsprechender klinischer Symptomatik auch Thorax, Abdomen oder Wirbelsäule mit untersucht werden sollen (22, e90). Ein cMRT sollte dann möglichst innerhalb weniger Tage und erneut nach ein bis zwei Monaten zur Verlaufskontrolle durchgeführt werden. Dabei sollten T2-, T2\*-, FLAIR- und diffusionsgewichtete Sequenzen in allen Ebenen durchgeführt werden; eine Kontrastmittelgabe ist in aller Regel nicht erforderlich (22). Die konventionelle Sonografie und Doppler-Sonografie können initial zur orientierenden Diagnostik eingesetzt werden. Ein Röntgenknochenscreening eventuell auch nach vorheriger Skelettszintigrafie zum Nachweis von peripheren Frakturen sollte bei allen Säuglingen mit Misshandlungsverdacht erfolgen; eine Schädelaufnahme wird nur empfohlen, wenn die CCT nicht zur Verfügung steht (4, 5, 12, 23). Schütteltrauma-Syndrom assoziierte Subduralblutungen, die in über 90 Prozent aller Fälle nachgewiesen werden können, sind meist beidseitig über der Konvexität sowie im Interhemisphärenspalt und der hinteren Schädelgrube zu finden (e50, e91). Epidurale Blutungen oder Kontusionen sind hingegen selten (15).

### Differenzialdiagnostik und Empfehlungen zur Vorgehensweise

Gutachterliche Erfahrung und wissenschaftliche Literatur lehren, dass die Diagnose Schütteltrauma-Syndrom häufig nicht gestellt wird, oder dass, wenn sie gestellt wird, nicht adäquat gehandelt wird (e60, e92, e93). Die Gründe hierfür sind insbesondere mangelndes Fachwissen oder diagnostische Unsicherheit (e92, e94). Die Situation wird häufig durch ein vehement-aggressives Leugnen der Eltern, die mit einem Misshandlungsvorwurf konfrontiert wurden, verkompliziert. Viele der töd-

lich verlaufenden Fälle zeigen Hinweise auf frühere Misshandlungen (e95), was die Bedeutung einer zuverlässigen Diagnose beziehungsweise eines adäquaten Handelns verdeutlicht.

Zwar können Subduralblutungen oder retinale Blutungen bei Säuglingen und Kleinkindern auch in anderen Situationen auftreten (*Tabelle 1*); die Kombination aus Subduralblutungen und retinalen Blutungen ist jedoch in den allermeisten Fällen Folgen einer Misshandlung im Sinne eines Schütteltrauma-Syndroms (5, e19–e21, e96). In der überwältigenden Mehrheit der tagtäglich sich in so großer Zahl ereignenden banalen Unfälle von Säuglingen und Kleinkindern entstehen keine ernsthaften Verletzungen (e97–e100). Schwere akzidentelle Schädel-Hirn-Traumata sind in dieser Altersgruppe eine ausgesprochene Rarität und meist das Resultat von Sturzereignissen aus großer Höhe oder Autounfällen mit hoher Geschwindigkeit (e101, e102). Der Anteil von Patienten mit RB nach schweren akzidentellen Schädel-Hirn-Traumen liegt unter 3 Prozent (24, 25, e103–e107).

Zur Orientierung bezüglich der Vorgehensweise bei Verdacht auf Kindesmisshandlung dient der Leitfaden in *Kasten 1*. Eine Anpassung an die individuellen Begebenheiten vor Ort muss durch die jeweiligen Beteiligten vorgenommen werden. Eine frühzeitige Kontaktaufnahme mit der Rechtsmedizin ist anzuraten; viele rechtsmedizinische Institute und manche Kinderkliniken verfügen über spezielle Kinderschutzbambulanzen mit einer 24-Stunden-Bereitschaft. Grundsätzlich muss das Wohl des Kindes absolut im Vordergrund stehen – andererseits kann ein unbedachtes Vorgehen bei falschem Verdacht das Wohl der Familie nachhaltig schädigen. Eine Klinikweisung ist beim SBS nicht nur aus medizinischer Indikation sondern auch zur Abwehr von weiterer Gefahr durch zu befürchtende weitere Misshandlungen angezeigt. Die Frage, ob und wann die Strafverfolgungsbehörden einzuschalten sind, ist nicht verbindlich zu beantworten und muss für jeden einzelnen Fall sorgfältig geprüft werden. Falls nach erfolgter Rechtsgüterabwägung der Eindruck besteht, dass eine erhebliche, nicht abwendbare Gefahr für Leib und Leben des Kindes besteht, so rechtfertigt § 34 StGB den Bruch der Schweigepflicht (*Kasten 2*). Eine eigentliche Meldepflicht an die Behörden besteht im klinischen Kontext jedoch nicht. Falls entschieden werden sollte, das Kind nach Entlassung in der Familie zu belassen, sind engmaschige medizinische Kontrollen, auch von Geschwisterkindern, sowie eine enge Zusammenarbeit der Eltern mit dem Jugendamt unabdingbare Voraussetzungen („Hilfe statt Strafe“). In solchen Fällen wird mitunter seitens der Strafverfolgungsbehörden auf eine Strafverfolgung verzichtet (*Kasten 2*). Anders verhält es sich im Todesfall: Wenn sich bei der ärztlichen Leichenschau Hinweise auf eine Misshandlung ergeben, ist eine Meldung an Polizei oder Staatsanwaltschaft zwingend. Eine rechtsmedizinische Obduktion mit forensisch-neuropathologischer Zusatzuntersuchung sollte durch die Behörden angeordnet werden – wie die Erfahrung lehrt, ist dies leider nicht selbstverständlich und in der Vergangenheit in einigen Fällen nicht erfolgt.

**Klinische Kernaussagen**

- Das Schütteltrauma-Syndrom ist eine häufige und charakteristische Sonderform des nicht akzidentellen Schädel-Hirn-Traumas bei Säuglingen und Kleinkindern.
- Die Klinik umfasst Anzeichen einer schweren diffusen Hirnschädigung sowie subdurale und retinale Blutungen, typisch ist die oft inadäquate oder fehlende Anamnese.
- Die Prognose ist mit einer Mortalität von rund 30 Prozent überaus ernst; der Anteil von Überlebenden mit Langzeitschäden wird in der Literatur mit Zahlen zwischen 62 und 96 Prozent angegeben.
- Ursächlich für diffuse Hirnschäden und Blutungen ist ein schweres kraniales Akzelerations-Dezelerations-Trauma mit einer ausgeprägten rotatorischen Komponente, das durch ein heftiges Schütteln eines Säuglings oder Kleinkindes aufgrund der noch fehlenden Kopfkontrolle entsteht.
- In Anlehnung an erste vielversprechende Ansätze zur Prävention aus den USA ist auch für Deutschland eine Ausweitung und Evaluation derartiger Maßnahmen, etwa öffentliche Aufklärungskampagnen, zu fordern.

**Interessenkonflikt**

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

**Manuskriptdaten**

eingereicht: 17. 4. 2008, revidierte Fassung angenommen: 2. 1. 2009

**LITERATUR**

- Tenney-Soeiro R, Wilson C: An update on child abuse and neglect. *Curr Opin Pediatr* 2004; 16: 233–7.
- Minns RA, Brown JK: Neurological perspectives of non-accidental head injury and whiplash/shaken baby syndrome: An overview. In: Minns RA, Brown JK (eds.): *Shaking and other non-accidental head injuries in children*. Clinics in Developmental Medicine. London: Mac Keith Press 2005, 1–106.
- Duhaime AC, Christian CW, Rorke LB, Zimmerman RA: Nonaccidental head injury in infants—the „shaken-baby syndrome“. *N Engl J Med* 1998; 338: 1822–9.
- Herrmann B: Nicht akzidentelle Kopfverletzungen und Schütteltrauma. Klinische und pathophysiologische Aspekte. *Rechtsmedizin* 2008; 18: 9–16.
- Shaken baby syndrome: rotational cranial injuries—technical report. *Pe-diatrics* 2001; 108: 206–10.
- Matschke J: Historischer Überblick des nichtakzidentellen Schädel-Hirn-Traumas im Säuglings- und Kleinkindalter. *Rechtsmedizin* 2008; 18: 7–8.
- Kempe CH, Silverman FN, Steele BF, Droegemueller W, Silver HK: The battered-child syndrome. *JAMA* 1962; 181: 17–24.
- Caffey J: On the theory and practice of shaking infants. Its potential residual effects of permanent brain damage and mental retardation. *Am J Dis Child* 1972; 124: 161–9.
- Newton AW, Vandeven AM: Update on child maltreatment. *Curr Opin Pediatr* 2007; 19: 223–9.
- Newton AW, Vandeven AM: Unexplained infant and child death: a review of sudden infant death syndrome, sudden unexplained infant death, and child maltreatment fatalities including shaken baby syndrome. *Curr Opin Pediatr* 2006; 18: 196–200.
- Listman DA, Bechtel K: Accidental and abusive head injury in young children. *Curr Opin Pediatr* 2003; 15: 299–303.
- Dubowitz H, Bennett S: Physical abuse and neglect of children. *Lancet* 2007; 369: 1891–9.
- Ommaya AK, Goldsmith W, Thibault L: Biomechanics and neuropathology of adult and paediatric head injury. *Br J Neurosurg* 2002; 16: 220–42.
- Case ME, Graham MA, Handy TC, Jentzen JM, Monteleone JA: Position paper on fatal abusive head injuries in infants and young children. *Am J Forensic Med Pathol* 2001; 22: 112–22.
- Matschke J, Glatzel M: Neuropathologische Begutachtung des nicht akzidentellen Schädel-Hirn-Traumas bei Säuglingen und Kleinkindern. *Rechtsmedizin* 2008; 18: 29–35.
- Blumenthal I: Shaken baby syndrome. *Postgrad Med J* 2002; 78: 732–5.
- Herrmann B: Körperliche Misshandlung von Kindern. Somatische Befunde und klinische Diagnostik. *Monatsschr Kinderheilkd* 2002; 150: 1324–38.
- Aryan HE, Ghosheh FR, Jandial R, Levy ML: Retinal hemorrhage and pediatric brain injury: etiology and review of the literature. *J Clin Neurosci* 2005; 12: 624–31.
- Adams G, Ainsworth J, Butler L et al.: Update from the ophthalmology child abuse working party: Royal College ophthalmologists. *Eye* 2004; 18: 795–8.
- Erfurt C, Hahn G, Roesner D, Schmidt U: Kinderradiologische Diagnostik bei Verdacht auf Kindesmisshandlung. *Rechtsmedizin* 2008; 18: 281–92.
- Stoodley N: Neuroimaging in non-accidental head injury: if, when, why and how. *Clin Radiol* 2005; 60: 22–30.
- Struffert T, Grunwald I, Reith W: Schädel- und Hirntrauma im Kindesalter. *Radiologe* 2003; 43: 967–76.
- Stöver B: Bildgebende Diagnostik der Kindesmisshandlung. *Radiologe* 2007; 47: 1037–50.
- Forbes BJ, Christian CW, Judkins AR, Kryston K: Inflicted childhood neurotrauma (shaken baby syndrome): ophthalmic findings. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2004; 41: 80–8.
- Matschke J, Püschel K, Glatzel M: Ocular pathology in shaken baby syndrome and other forms of infantile non-accidental head injury. *Int J Legal Med* 2008 (in press) DOI 10.1007/s00414-008-0293-8.

**Anschrift für die Verfasser**

Dr. med. Jakob Matschke  
AG Forensische Neuropathologie, Institut für Neuropathologie  
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf  
Martinistraße 52, 20246 Hamburg  
E-Mail: matschke@uke.de

**SUMMARY****Shaken Baby Syndrome—A Common Variant of Nonaccidental Head Injury in Infants**

**Background:** Recent cases of child abuse reported in the media have underlined the importance of unambiguous diagnosis and appropriate action. Failure to recognize abuse may have severe consequences. Abuse of infants often leaves few external signs of injury and therefore merits special diligence, especially in the case of non-accidental head injury, which has high morbidity and mortality.

**Methods:** Selective literature review including an overview over national and international recommendations.

**Results:** Shaken baby syndrome is a common manifestation of non-accidental head injury in infancy. In Germany, there are an estimated 100 to 200 cases annually. The characteristic findings are diffuse encephalopathy and subdural and retinal hemorrhage in the absence of an adequate explanation. The mortality can be as high as 30%, and up to 70% of survivors suffer long-term impairment. Assessment of suspected child abuse requires meticulous documentation in order to preserve evidence as well as radiological, ophthalmological, laboratory, and forensic investigations.

**Conclusions:** The correct diagnosis of shaken baby syndrome requires understanding of the underlying pathophysiology. Assessment of suspected child abuse necessitates painstaking clinical examination with careful documentation of the findings. A multidisciplinary approach is indicated. Continuation, expansion, and evaluation of existing preventive measures in Germany is required. *Dtsch Arztebl Int* 2009; 106(13): 211–7  
DOI: 10.3238/arztebl.2009.0211

Key words: head injury, brain damage, child abuse, pediatric care, forensic medicine



Mit „e“ gekennzeichnete Literatur:  
[www.aerzteblatt.de/iit1309](http://www.aerzteblatt.de/iit1309)

The English version of this article is available online:  
[www.aerzteblatt-international.de](http://www.aerzteblatt-international.de)

## ÜBERSICHTSARBEIT

# Das Schütteltrauma-Syndrom

Eine häufige Form des nicht akzidentellen Schädel-Hirn-Traumas im Säuglings- und Kleinkindesalter

Jakob Matschke, Bernd Herrmann, Jan Sperhake, Friederike Körber,  
Thomas Bajanowski, Markus Glatzel

## eLITERATUR

- e1. Minns RA: Shaken baby syndrome: Theoretical and evidential controversies. *J R Coll Physicians Edinb* 2005; 35: 5–15.
- e2. Stoodley N: Controversies in non-accidental head injury in infants. *Br J Radiol* 2006; 79: 550–3.
- e3. Sperhake J, Herrmann B: Schütteltrauma (nichtakzidentelle Kopfverletzung). Aktuelle Kontroversen. *Rechtsmedizin* 2008; 18: 48–52.
- e4. Geddes JF, Plunkett J: The evidence base for shaken baby syndrome. *BMJ* 2004; 328: 719–20.
- e5. Punt J, Bonshek RE, Jaspan T, McConachie NS, Punt N, Ratcliffe JM: The 'unified hypothesis' of Geddes et al. is not supported by the data. *Pediatr Rehabil* 2004; 7: 173–84.
- e6. Evans HH: The medical discovery of shaken baby syndrome and child physical abuse. *Pediatr Rehabil* 2004; 7: 161–3.
- e7. Matschke J: „Ich möchte nicht zurück zu Mama“. In: „Die Zeit“ vom 31.5.2007: 98.
- e8. Lynch MA: Child abuse before Kempe: an historical literature review. *Child Abuse Negl* 1985; 9: 7–15.
- e9. Caffey J: Multiple fractures in the long bones of infants suffering from chronic subdural hematoma. *Am J Roentgenol* 1946; 56: 163–73.
- e10. Guthkelch AN: Infantile subdural haematoma and its relationship to whiplash injuries. *BMJ* 1971; 2: 430–1.
- e11. Asamura H, Yamazaki K, Mukai T et al.: Case of shaken baby syndrome in Japan caused by shaking alone. *Pediatr Int* 2003; 45: 117–9.
- e12. Newton AW, Vandeven AM: Update on child maltreatment with a special focus on shaken baby syndrome. *Curr Opin Pediatr* 2005; 17: 246–51.
- e13. Baeesa SS, Jan MM: The shaken baby syndrome. *Saudi Med J* 2000; 21: 815–20.
- e14. Pierce L, Bozalek V: Child abuse in South Africa: an examination of how child abuse and neglect are defined. *Child Abuse Negl* 2004; 28: 817–32.
- e15. Finkelhor D, Korbin J: Child abuse as an international issue. *Child Abuse Negl* 1988; 12: 3–23.
- e16. Statistisches Bundesamt Deutschland. [www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/)
- e17. Bundeskriminalamt: Polizeiliche Kriminalstatistik 2006 Bundesrepublik Deutschland. [www.bka.de/pks/pks2006/index2.html](http://www.bka.de/pks/pks2006/index2.html)
- e18. Bajanowski T, Vennemann M, Bohnert M et al.: Unnatural causes of sudden unexpected deaths initially thought to be sudden infant death syndrome. *Int J Legal Med* 2005; 119: 213–6.
- e19. Barlow KM, Minns RA: Annual incidence of shaken impact syndrome in young children. *Lancet* 2000; 356: 1571–2.
- e20. Keenan HT, Runyan DK, Marshall SW, Nocera MA, Merten DF, Signal SH: A population-based study of inflicted traumatic brain injury in young children. *JAMA* 2003; 290: 621–6.
- e21. Jayawant S, Rawlinson A, Gibbon F et al.: Subdural haemorrhages in infants: population based study. *BMJ* 1998; 317: 1558–61.
- e22. Talvik I, Metsvaht T, Leito K et al.: Inflicted traumatic brain injury (ITBI) or shaken baby syndrome in Estonia. *Acta Paediatr* 2006; 95: 799–804.
- e23. Kelly P, Farrant B: Shaken baby syndrome in New Zealand, 2000–2002. *J Paediatr Child Health* 2008; 44: 99–107.
- e24. Billmire ME, Myers PA: Serious head injury in infants: accident or abuse? *Pediatrics* 1985; 75: 340–2.
- e25. Svedin CG, Wadsby M, Sydsjo G: Mental health, behaviour problems and incidence of child abuse at the age of 16 years. A prospective longitudinal study of children born at psychosocial risk. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2005; 14: 386–96.
- e26. Wu SS, Ma CX, Carter RL et al.: Risk factors for infant maltreatment: a population-based study. *Child Abuse Negl* 2004; 28: 1253–64.
- e27. Kendall-Tackett K, Lyon T, Taliaferro G, Little L: Why child maltreatment researchers should include children's disability status in their maltreatment studies. *Child Abuse Negl* 2005; 29: 147–51.
- e28. Hazen AL, Connelly CD, Kelleher KJ, Barth RP, Landsverk JA: Female caregivers' experiences with intimate partner violence and behavior problems in children investigated as victims of maltreatment. *Pediatrics* 2006; 117: 99–109.
- e29. Barr RG, Trent RB, Cross J: Age-related incidence curve of hospitalized Shaken Baby Syndrome cases: convergent evidence for crying as a trigger to shaking. *Child Abuse Negl* 2006; 30: 7–16.
- e30. Talvik I, Alexander RC, Talvik T: Shaken baby syndrome and a baby's cry. *Acta Paediatr* 2008; 97: 782–785.
- e31. Reynolds A: Shaken baby syndrome: diagnosis and treatment. *Radiol Technol* 2008; 80: 151–70.
- e32. Runyan DK: The challenges of assessing the incidence of inflicted traumatic brain injury: a world perspective. *Am J Prev Med* 2008; 34: 112–5.
- e33. Theodore AD, Chang JJ, Runyan DK, Hunter WM, Bangdiwala SI, Agans R: Epidemiologic features of the physical and sexual maltreatment of children in the Carolinas. *Pediatrics* 2005; 115: e331–7.
- e34. Dias MS, Smith K, DeGuehery K, Mazur P, Li V, Shaffer ML: Preventing abusive head trauma among infants and young children: a hospital-based, parent education program. *Pediatrics* 2005; 115: e470–7.
- e35. Starling SP, Patel S, Burke BL, Sirotnak AP, Stronks S, Rosquist P: Analysis of perpetrator admissions to inflicted traumatic brain injury in children. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2004; 158: 454–8.
- e36. Starling SP, Holden JR, Jenny C: Abusive head trauma: the relationship of perpetrators to their victims. *Pediatrics* 1995; 95: 259–62.
- e37. Schnitzer PG, Ewigman BG: Child deaths resulting from inflicted injuries: household risk factors and perpetrator characteristics. *Pediatrics* 2005; 116: e687–93.
- e38. Prange MT, Coats B, Duhaime AC, Margulies SS: Anthropomorphic simulations of falls, shakes, and inflicted impacts in infants. *J Neurosurg* 2003; 99: 143–50.
- e39. Goldsmith W, Plunkett J: A biomechanical analysis of the causes of traumatic brain injury in infants and children. *Am J Forensic Med Pathol* 2004; 25: 89–100.

- e40. Case ME: Abusive head injuries in infants and young children. *Leg Med (Tokyo)* 2007; 9: 83–7.
- e41. Gerber P, Coffman K: Nonaccidental head trauma in infants. *Childs Nerv Syst* 2007; 23: 499–507.
- e42. Ommaya AK, Faas F, Yarnell P: Whiplash injury and brain damage: an experimental study. *JAMA* 1968; 204: 285–9.
- e43. Ommaya AK, Yarnell P: Subdural haematoma after whiplash injury. *Lancet* 1969; 2: 237–9.
- e44. Howard MA, Bell BA, Uttley D: The pathophysiology of infant subdural haematomas. *Br J Neurosurg* 1993; 7: 355–65.
- e45. Cory CZ, Jones BM: Can shaking alone cause fatal brain injury? A biomechanical assessment of the Duhaime shaken baby syndrome model. *Med Sci Law* 2003; 43: 317–33.
- e46. Duhaime AC, Gennarelli TA, Thibault LE, Bruce DA, Margulies SS, Wiser R: The shaken baby syndrome. A clinical, pathological, and biomechanical study. *J Neurosurg* 1987; 66: 409–15.
- e47. Leadbeatter S, James R, Claydon S, Knight B: The shaken infant syndrome. Shaking alone may not be responsible for damage. *BMJ* 1995; 310: 1600.
- e48. Biron D, Shelton D: Perpetrator accounts in infant abusive head trauma brought about by a shaking event. *Child Abuse Negl* 2005; 29: 1347–58.
- e49. Alexander R, Sato Y, Smith W, Bennett T: Incidence of impact trauma with cranial injuries ascribed to shaking. *Am J Dis Child* 1990; 144: 724–6.
- e50. Leestma JE: Case analysis of brain-injured admittedly shaken infants: 54 cases, 1969–2001. *Am J Forensic Med Pathol* 2005; 26: 199–212.
- e51. Geddes JF, Vowles GH, Hackshaw AK, Nickols CD, Scott IS, Whitwell HL: Neuropathology of inflicted head injury in children. II. Microscopic brain injury in infants. *Brain* 2001; 124: 1299–306.
- e52. Shannon P, Smith CR, Deck J, Ang LC, Ho M, Becker L: Axonal injury and the neuropathology of shaken baby syndrome. *Acta Neuropathol (Berl)* 1998; 95: 625–31.
- e53. Geddes JF, Hackshaw AK, Vowles GH, Nickols CD, Whitwell HL: Neuropathology of inflicted head injury in children. I. Patterns of brain damage. *Brain* 2001; 124: 1290–98.
- e54. Parizel PM, Ceulemans B, Laridon A, Ozsarlak O, Van Goethem JW, Jorens PG: Cortical hypoxic-ischemic brain damage in shaken-baby (shaken impact) syndrome: value of diffusion-weighted MRI. *Pediatr Radiol* 2003; 33: 868–71.
- e55. Bioussé V, Suh DY, Newman NJ, Davis PC, Mapstone T, Lambert SR: Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in Shaken Baby Syndrome. *Am J Ophthalmol* 2002; 133: 249–55.
- e56. Suh DY, Davis PC, Hopkins KL, Fajman NN, Mapstone TB: Non-accidental pediatric head injury: diffusion-weighted imaging findings. *Neurosurgery* 2001; 49: 309–18.
- e57. Nashelsky MB, Dix JD: The time interval between lethal infant shaking and onset of symptoms. A review of the shaken baby syndrome literature. *Am J Forensic Med Pathol* 1995; 16: 154–7.
- e58. Gilliland MG: Interval duration between injury and severe symptoms in non-accidental head trauma in infants and young children. *J Forensic Sci* 1998; 43: 723–5.
- e59. Biron DL, Shelton D: Functional time limit and onset of symptoms in infant abusive head trauma. *J Paediatr Child Health* 2007; 43: 60–65.
- e60. Jenny C, Hymel KP, Ritzen A, Reinert SE, Hay TC: Analysis of missed cases of abusive head trauma. *JAMA* 1999; 281: 621–626.
- e61. Prasad MR, Ewing-Cobbs L, Swank PR, Kramer L: Predictors of outcome following traumatic brain injury in young children. *Pediatr Neurosurg* 2002; 36: 64–74.
- e62. Kochanek PM: Pediatric traumatic brain injury: quo vadis? *Dev Neurosci* 2006; 28: 244–55.
- e63. Reece RM, Sege R: Childhood head injuries: accidental or inflicted? *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000; 154: 11–15.
- e64. Bourgeois M, Di Rocco F, Garnett M et al.: Epilepsy associated with shaken baby syndrome. *Childs Nerv Syst* 2008; 24: 169–72.
- e65. Bruce DA, Zimmerman RA: Shaken impact syndrome. *Pediatr Ann* 1989; 18: 482–4.
- e66. King WJ, MacKay M, Sirnack A: Shaken baby syndrome in Canada: clinical characteristics and outcomes of hospital cases. *CMAJ* 2003; 168: 155–9.
- e67. Haviland J, Russell RI: Outcome after severe non-accidental head injury. *Arch Dis Child* 1997; 77: 504–7.
- e68. Barlow KM, Thomson E, Johnson D, Minns RA: Late neurologic and cognitive sequelae of inflicted traumatic brain injury in infancy. *Pediatrics* 2005; 116: e174–85.
- e69. Jonsson CA, Horneman G, Emanuelson I: Neuropsychological progress during 14 years after severe traumatic brain injury in childhood and adolescence. *Brain Inj* 2004; 18: 921–34.
- e70. Barlow K, Thompson E, Johnson D, Minns RA: The neurological outcome of non-accidental head injury. *Pediatr Rehabil* 2004; 7: 195–203.
- e71. Hartley LM, Khwaja OS, Verity CM: Glutaric aciduria type 1 and nonaccidental head injury. *Pediatrics* 2001; 107: 174–5.
- e72. Gago LC, Wegner RK, Capone A, Jr., Williams GA: Intraretinal hemorrhages and chronic subdural effusions: glutaric aciduria type 1 can be mistaken for shaken baby syndrome. *Retina* 2003; 23: 724–6.
- e73. Ganesh A, Jenny C, Geyer J, Shoultice M, Levin AV: Retinal hemorrhages in type I osteogenesis imperfecta after minor trauma. *Ophthalmology* 2004; 111: 1428–31.
- e74. Osaka H, Kimura S, Nezu A, Yamazaki S, Saitoh K, Yamaguchi S: Chronic subdural hematoma, as an initial manifestation of glutaric aciduria type-1. *Brain Dev* 1993; 15: 125–7.
- e75. Nassogne MC, Sharrard M, Hertz-Pannier L et al.: Massive subdural haematomas in Menkes disease mimicking shaken baby syndrome. *Childs Nerv Syst* 2002; 18: 729–31.
- e76. Woelfle J, Kreft B, Emons D, Haverkamp F: Subdural hemorrhage as an initial sign of glutaric aciduria type 1: a diagnostic pitfall. *Pediatr Radiol* 1996; 26: 779–81.
- e77. Kohler M, Hoffmann GF: Subdural haematoma in a child with glutaric aciduria type I. *Pediatr Radiol* 1998; 28: 582.
- e78. Morris AA, Hoffmann GF, Naughten ER, Monavari AA, Collins JE, Leonard JV: Glutaric aciduria and suspected child abuse. *Arch Dis Child* 1999; 80: 404–5.
- e79. Pierre-Kahn V, Roche O, Dureau P et al.: Ophthalmologic findings in suspected child abuse victims with subdural hematomas. *Ophthalmology* 2003; 110: 1718–23.
- e80. Morad Y, Kim YM, Armstrong DC, Huyer D, Mian M, Levin AV: Correlation between retinal abnormalities and intracranial abnormalities in the shaken baby syndrome. *Am J Ophthalmol* 2002; 134: 354–9.
- e81. Green MA, Lieberman G, Milroy CM, Parsons MA: Ocular and cerebral trauma in non-accidental injury in infancy: underlying mechanisms and implications for paediatric practice. *Br J Ophthalmol* 1996; 80: 282–7.
- e82. Massicotte SJ, Folberg R, Torczynski E, Gilliland MG, Luckenbach MW: Vitreoretinal traction and perimacular retinal folds in the eyes of deliberately traumatized children. *Ophthalmology* 1991; 98: 1124–7.
- e83. Bechtel K, Stoessel K, Leventhal JM et al.: Characteristics that distinguish accidental from abusive injury in hospitalized young children with head trauma. *Pediatrics* 2004; 114: 165–8.
- e84. Einer SG, Einer VM, Arnall M, Albert DM: Ocular and associated systemic findings in suspected child abuse. A necropsy study. *Arch Ophthalmol* 1990; 108: 1094–1101.
- e85. Greenwald MJ, Weiss A, Oesterle CS, Friendly DS: Traumatic retinoschisis in battered babies. *Ophthalmology* 1986; 93: 618–25.
- e86. Kivlin JD, Simons KB, Lazoritz S, Ruttum MS: Shaken baby syndrome. *Ophthalmology* 2000; 107: 1246–54.
- e87. Wilkinson WS, Han DP, Rappley MD, Owings CL: Retinal hemorrhage predicts neurologic injury in the shaken baby syndrome. *Arch Ophthalmol* 1989; 107: 1472–4.

- e88. Morad Y, Kim YM, Mian M, Huyer D, Capra L, Levin AV: Nonophthalmologist accuracy in diagnosing retinal hemorrhages in the shaken baby syndrome. *J Pediatr* 2003; 142: 431–4.
- e89. Nimkin K, Kleinman PK: Imaging of child abuse. *Radiol Clin North Am* 2001; 39: 843–64.
- e90. Gruber TJ, Rozzelle CJ: Thoracolumbar spine subdural hematoma as a result of nonaccidental trauma in a 4-month-old infant. *J Neurosurg Pediatrics* 2008; 2: 139–42.
- e91. Ewing-Cobbs L, Prasad M, Kramer L et al.: Acute neuroradiologic findings in young children with inflicted or noninflicted traumatic brain injury. *Childs Nerv Syst* 2000; 16: 25–33.
- e92. Laskey AL, Sheridan MJ, Hymel KP: Physicians' initial forensic impressions of hypothetical cases of pediatric traumatic brain injury. *Child Abuse Negl* 2007; 31: 329–42.
- e93. Essen H, Schlickewei W, Dietz HG: Kindesmisshandlung. *Unfallchirurg* 2005; 108: 92–101.
- e94. Reece RM: The evidence base for shaken baby syndrome: response to editorial from 106 doctors. *BMJ* 2004; 328: 1316–7.
- e95. Alexander R, Crabbe L, Sato Y, Smith W, Bennett T: Serial abuse in children who are shaken. *Am J Dis Child* 1990; 144: 58–60.
- e96. Trenchs V, Curcoy AI, Navarro R, Pou J: Subdural haematomas and physical abuse in the first two years of life. *Pediatr Neurosurg* 2007; 43: 352–7.
- e97. Warrington SA, Wright CM: Accidents and resulting injuries in premobile infants: data from the ALSPAC study. *Arch Dis Child* 2001; 85: 104–7.
- e98. Chadwick DL, Chin S, Salerno C, Landsverk J, Kitchen L: Deaths from falls in children: how far is fatal? *J Trauma* 1991; 31: 1353–5.
- e99. Rivara FP, Alexander B, Johnston B, Soderberg R: Population-based study of fall injuries in children and adolescents resulting in hospitalization or death. *Pediatrics* 1993; 92: 61–3.
- e100. Williams RA: Injuries in infants and small children resulting from witnessed and corroborated free falls. *J Trauma* 1991; 31: 1350–2.
- e101. Vinchon M, Noizet O, Defoort-Dhellemmes S, Soto-Ares G, Dhellemmes P: Infantile subdural hematomas due to traffic accidents. *Pediatr Neurosurg* 2002; 37: 245–53.
- e102. Wilkins B: Head injury-abuse or accident? *Arch Dis Child* 1997; 76: 393–6; discussion 396–7.
- e103. Marcus DM, Albert DM: Recognizing child abuse. *Arch Ophthalmol* 1992; 110: 766–8.
- e104. Buys YM, Levin AV, Enzenauer RW et al.: Retinal findings after head trauma in infants and young children. *Ophthalmology* 1992; 99: 1718–23.
- e105. Child abuse and the eye. The Ophthalmology Child Abuse Working Party. *Eye* 1999; 13: 3–10.
- e106. Taylor D: Unnatural injuries. *Eye* 2000; 14: 123–50.
- e107. Tsao K, Kazlas M, Weiter JJ: Ocular injuries in shaken baby syndrome. *Int Ophthalmol Clin* 2002; 42: 145–155.
- e108. Whitby EH, Griffiths PD, Rutter S et al.: Frequency and natural history of subdural haemorrhages in babies and relation to obstetric factors. *Lancet* 2004; 363: 846–51.
- e109. Emerson MV, Pieramici DJ, Stoessel KM, Berreen JP, Gariano RF: Incidence and rate of disappearance of retinal hemorrhage in newborns. *Ophthalmology* 2001; 108: 36–9.
- e110. Piatt JH: A pitfall in the diagnosis of child abuse: external hydrocephalus, subdural hematoma, and retinal hemorrhages. *Neurosurg Focus* 1999; 7: e4.
- e111. Gelabert-Gonzales M, Fernandez-Villa J, Cutrin-Prieto J, Garcia Allut A, Martinez-Rumbo R: Arachnoid cyst rupture with subdural hygroma: report of three cases and literature review. *Childs Nerv Syst* 2002; 18: 609–613.
- e112. Schloff S, Mullaney PB, Armstrong DC et al.: Retinal findings in children with intracranial hemorrhage. *Ophthalmology* 2002; 109: 1472–6.
- e113. Levy HL, Brown AE, Williams SE, de Juan E Jr.: Vitreous hemorrhage as an ophthalmic complication of galactosemia. *J Pediatr* 1996; 129: 922–5.
- e114. Odom A, Christ E, Kerr N et al.: Prevalence of retinal hemorrhages in pediatric patients after in-hospital cardiopulmonary resuscitation: a prospective study. *Pediatrics* 1997; 99: E3.
- e115. Sandramouli S, Robinson R, Tsaloumas M, Willshaw HE: Retinal haemorrhages and convulsions. *Arch Dis Child* 1997; 76: 449–451.