



# Untersuchung der Anwendbarkeit eines neuen Protokolls zur Immobilisation der Wirbelsäule

## Indikationsstellung anhand des E.M.S. IMMO Protocol für erwachsene Traumapatienten

### Hintergrund

Das rasche Erfassen der verletzungsbedingten Gesamtbelastung und das schnelle Erkennen aller bedrohlichen Verletzungen sowie die schnelle Priorisierung der notwendigen Behandlung können als die großen Herausforderungen für die Mitarbeiter des Rettungsdienstes bei Behandlungen von Traumapatienten angesehen werden [26]. Um dieser Herausforderung gerecht zu werden, sollte die Behandlung von Schwerverletzten möglichst strukturiert erfolgen [72]. Weit verbreitet ist die Behandlung von Traumapatienten nach dem ABCDE-Schema [34], welches eine klare Priorisierung vorgibt (■ Tab. 1).

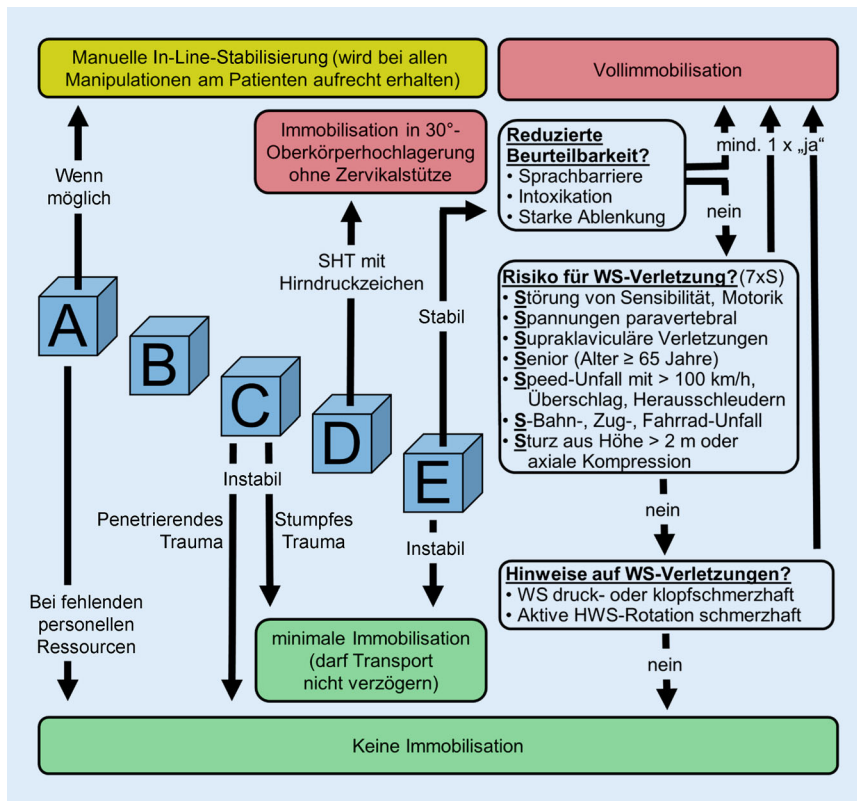
Die Wichtigkeit des Schutzes v. a. der Halswirbelsäule zeigt sich in der Tatsache, dass bereits gleich zu Beginn der Behandlung eine Immobilisation der Halswirbelsäule durchgeführt wird (■ Tab. 1). Die Durchführung der Immobilisation der Wirbelsäule erfolgt meist, um sekundäre Schädigungen des Rückenmarks bei potenziell instabilen Verletzungen der Wirbelsäule zu minimieren oder zu verhindern [9]. Während frühere Studien die häufig beobachtete präklinische neurologische Verschlechterung [20] bei Patienten mit Wirbelsäulenverletzungen auf eine fehlende Immobilisation zurückführten [13, 65],

konnte in aktuelleren Arbeiten dieser Zusammenhang nicht bestätigt werden [1, 39]. Heute muss anerkannt werden, dass es weder für noch gegen die Immobilisation eine eindeutige Evidenz gibt [1, 27, 44, 63]. Vielmehr muss zunehmend akzeptiert werden, dass sowohl die Anlage einer Zervikalstütze als auch die komplette Immobilisation eines Patienten mit Nachteilen vergesellschaftet ist. Zunächst scheint die alleinige Anlage einer Zervikalstütze keine volle Immobilisation der Halswirbelsäule erzielen zu können, da eine nicht zu vernachlässigende Restbeweglichkeit verbleibt. Diese Restbeweglichkeit zeigt sich in unterschiedlicher Ausprägung bei allen getesteten Modellen [6, 48, 53], sodass zum Schutz der Halswirbelsäule eine komplette Immobilisation des Kopfes und des Rumpfes zu fordern ist [18, 45, 46]. Des Weiteren kann es durch eine anliegende Zervikalstütze über die Kompression der V. jugularis [61] zur signifikanten Steigerung des Hirndrucks kommen [24, 25, 47, 50, 55]. Auch die komplette Immobilisation, z. B. auf einem Spineboard, ist nicht komplikationslos. Schon bei jungen, gesunden Probanden zeigten sich restriktive Effekte auf die Lungenfunktion durch die komplette Immobilisation [8]. Generell gilt das Atemwegsmanagement bei immobilisierten Patienten als erschwert

[36, 43]. Durch die Immobilisation auf dem Spineboard kann es zu Schmerzen [16, 17, 23] und zur Ausbildung von Druck-Ulzera [10] kommen.

Die Immobilisation der Wirbelsäule generell und die Immobilisation der Halswirbelsäule im Speziellen sind Standard-Prozeduren in der präklinischen Behandlung von Traumapatienten seit mehreren Jahrzehnten [44, 63]. Aufgrund der möglichen genannten Nachteile, sollte die Immobilisation der Wirbelsäule jedoch nicht routinemäßig, sondern nur bei gegebener Indikation erfolgen, was auch durch entsprechende Leitlinien gefordert wird [64, 66, 70]. Bei zunehmender Verletzungsschwere des Patienten ist zwar die Wahrscheinlichkeit einer begleitenden Wirbelsäulenverletzung erhöht [28], jedoch muss gerade bei diesen Patienten eine klare Priorisierung der Maßnahmen erfolgen, da die komplette Immobilisation von Traumapatienten eine Zeitverzögerung [22] und z. B. beim penetrierenden Trauma auch eine erhöhte Mortalität [40] mit sich bringt. Um im Einsatzfall eine schnelle und valide Entscheidung treffen zu können, wird in den entsprechenden Leitlinien die Anwendung von Entscheidungshilfen empfohlen [64, 66, 70].

In der englischsprachigen Literatur sind zahlreiche Entscheidungshilfen beschrieben. Einige davon wurden zu-



**Abb. 1** ▲ Das E.M.S. IMMO Protocol. Das ABCDE-Schema ist zentraler Bestandteil des Protokolls. In Abhängigkeit des Patientenzustands erfolgt eine differenzierte Indikationsstellung der verschiedenen Möglichkeiten der Immobilisation der Wirbelsäule. Bei stabilen Patienten erfolgt die Indikationsstellung auf der Basis der 7S-Kriterien und einer Untersuchung der Halswirbelsäule, nachdem die Beurteilbarkeit des Patienten evaluiert wurde (SHT Schädel-Hirn-Trauma, WS Wirbelsäule, HWS Halswirbelsäule)

nächst für die Indikationsstellung zur radiologischen Bildgebung in der Notaufnahme entwickelt, und später wurde ihre Anwendbarkeit auf die Indikationsstellung der Immobilisation der Wirbelsäule in der Präklinik getestet [68]. Manche wurden für die Anwendung in Deutschland übersetzt [51]. Die Anwendbarkeit vieler Entscheidungshilfen ist mit vielen Einschränkungen versehen. So sind die meisten Entscheidungshilfen für wache, voll orientierte Patienten konzipiert [41, 60]. Viele Entscheidungshilfen schließen penetrierende [14, 35, 54] oder stumpfe Verletzungen [7] aus. Oftmals wird der aktuelle Patientenzustand (stabil, instabil) nicht beachtet [5, 14, 41] oder die Entscheidungshilfe ist nur bei stabilen Kreislaufverhältnissen anzuwenden [60]. Andere Entscheidungshilfen sind nur für verunfallte Motorradfahrer entwickelt [52]. Ein universell einsetzbares Protokoll zur Indikationsstellung der Wirbelsäulenimmobilisation, welches

für alle erwachsenen Traumapatienten gilt und zudem den aktuellen Patientenzustand und die Verletzungsart berücksichtigt, existiert nach unseren Kenntnissen nicht. Ein solches Protokoll sollte leicht verständlich sein und unmittelbar ohne umfangreiche Erklärungen angewendet werden können.

Ziel der vorliegenden Studie war die Entwicklung eines Protokolls zur Indikationsstellung der präklinischen Wirbelsäulen-Immobilisation bei erwachsenen Traumapatienten sowie eine erste Testung des Protokolls bezüglich der unmittelbaren Anwendbarkeit durch Medizinstudenten ohne bedeutende Vorkenntnisse bezüglich der Notfallmedizin und der Wirbelsäulenimmobilisation anhand eines Fragebogens. Die zu entwickelnde Entscheidungshilfe sollte auf der aktuellen Literatur basieren und sich an dem etablierten ABCDE-Schema der Traumaversorgung orientieren. Die differenzierte Betrachtung von verschiedenen Me-

thoden der Immobilisation und deren mögliche Nachteile sollten unter Einbezug des Patientenzustands und der Verletzungsart erfolgen.

## Material und Methoden

### Entwicklung des E.M.S. IMMO Protocol

Es erfolgte eine strukturierte Recherche deutsch- und englischsprachiger Literatur in der Datenbank der United States National Library of Medicine and the National Institutes of Health durch PubMed ([www.pubmed.gov](http://www.pubmed.gov)) für den Zeitraum von 1980–2014. Die Hauptsuchbegriffe (cervical, spine, immobilization, protocol) wurden durch Boole'sche Operatoren mit weiteren Suchbegriffen (prehospital, out-of-hospital, motion) kombiniert. Aus den Literaturlisten der Artikel wurden weitere Artikel mit eingeschlossen. Auf der Basis der in der Literatur gefundenen Protokolle zur Indikationsstellung der Wirbelsäule sowie der Mechanismen und Einflussfaktoren, welche die Wahrscheinlichkeit einer Wirbelsäulenverletzung im Rahmen eines Unfallgeschehens erhöhen, wurde ein neues Protokoll zur Indikationsstellung zur Immobilisation der Wirbelsäule entwickelt.

### Testung der Anwendbarkeit des E.M.S. IMMO Protocol

Um die unmittelbare Anwendbarkeit des neuen Protokolls zur Indikationsstellung der Wirbelsäulenimmobilisation zu testen, erfolgte die Befragung von Medizinstudenten der Ruprecht-Karls-Universität in Heidelberg, die weder Vorkenntnisse in der Notfallmedizin noch zur Immobilisation von Traumapatienten besaßen. Die Befragung erfolgte anhand von Fragebögen mit 4 Musterfällen im Rahmen einer Lehrveranstaltung zum Thema präklinische Traumaversorgung. Zunächst erhielten die Studenten eine 25-minütige Vorlesung zu den Grundprinzipien der präklinischen Versorgung von Traumapatienten anhand des ABCDE-Schemas. Im Rahmen dieser Vorlesung wurde das ABCDE-Schema erläutert. Die Indikationsstellung zur Immobilisation der Wirbelsäule wurde

M. Kreinest · B. Gliwitzky · P. A. Grützner · M. Münzberg

## Untersuchung der Anwendbarkeit eines neuen Protokolls zur Immobilisation der Wirbelsäule. Indikationsstellung anhand des E.M.S. IMMO Protocol für erwachsene Traumapatienten

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Die Immobilisation der Wirbelsäule generell und die Immobilisation der Halswirbelsäule im Speziellen sind Standard-Prozeduren in der präklinischen Behandlung von Traumapatienten seit mehreren Jahrzehnten. In der aktuellen Literatur werden zunehmend auch Nachteile der Wirbelsäulenimmobilisation beschrieben, weshalb eine differenzierte Indikationsstellung zur Immobilisation anhand von Entscheidungsregeln empfohlen wird. Die Anwendbarkeit vieler Entscheidungshilfen ist mit zahlreichen Einschränkungen versehen. Ein universell einsetzbares Protokoll zur Indikationsstellung der Wirbelsäulenimmobilisation, welches für alle erwachsenen Traumapatienten gilt und zudem den aktuellen Patientenzustand und die Verletzungsart berücksichtigt, existiert nach unseren Kenntnissen nicht.  
**Ziel der Arbeit.** Ziel der vorliegenden Studie war die Entwicklung eines Protokolls zur Indikationsstellung der präklinischen

Wirbelsäulenimmobilisation bei erwachsenen Traumapatienten sowie eine erste Testung des Protokolls bezüglich der unmittelbaren Anwendbarkeit durch Medizinstudenten anhand eines Fragebogens.  
**Material und Methoden.** Es erfolgte eine umfangreiche Literaturrecherche. Basierend auf der aktuellen Literatur und den Leitlinien wurde das Emergency Medicine Spinal Immobilization Protocol (E.M.S. IMMO Protocol) für erwachsene Traumapatienten entworfen und bezüglich seiner unmittelbaren Anwendbarkeit mittels Fragebogen durch 86 Medizinstudenten getestet.  
**Ergebnisse.** Es konnte ein Protokoll als Entscheidungshilfe bei der Indikationsstellung zur Wirbelsäulenimmobilisation formuliert und grafisch dargestellt werden. Fragen zur Kontrolle der korrekten Anwendung des E.M.S. IMMO Protocol durch Medizinstudenten wurden überwiegend richtig beantwortet. Die Ursache der Häufung falscher Antworten

konnte durch ein direktes Feedback der Studenten evaluiert werden und liegt am ehesten außerhalb des Einflussbereichs des E.M.S. IMMO Protocol.  
**Diskussion.** Mit dem E.M.S. IMMO Protocol wird eine Entscheidungshilfe für die Indikationsstellung zur Wirbelsäulenimmobilisation bei erwachsenen Traumapatienten bereitgestellt, welche, basierend auf dem Patientenzustand und dem Verletzungsmuster, eine differenzierte Entscheidung zur Immobilisation generell und zur Immobilisationsmethode im Speziellen erlaubt. Weiterführende Studien müssen die Sensitivität und die Spezifität des E.M.S. IMMO Protocol analysieren.

### Schlüsselwörter

Algorithmus · Halswirbelsäule · Zervikalstütze · Protokoll · Wirbelsäule

## Analysis of the applicability of a newly developed spinal immobilization protocol. Indication by means of E.M.S. IMMO Protocol for adult trauma patients

### Abstract

**Background.** Spinal immobilization has been a standard procedure in out-of-hospital treatment of trauma patients for decades. There are increasing reports in the current literature about complications of spinal immobilization. Thus, the use of decision aids for the indication of spinal immobilization is recommended. The application of most existing immobilization protocols is limited to some extent. To our knowledge, an immobilization protocol, applicable for all adult trauma patients that permits variable decision-making depending on the current condition of the trauma patient and the pattern of injuries is currently not available.  
**Objectives.** The aim of the current study was to develop a protocol as a decision aid for preclinical spinal immobilization of adult trauma patients and to perform a preliminary

test of applicability by German medical students via a questionnaire.  
**Materials and methods.** A structured literature search for publications concerning spinal immobilization was performed. Afterwards, the Emergency Medicine Spinal Immobilization Protocol (E.M.S. IMMO Protocol) for adult trauma patients, basing on the current literature and guidelines, was developed. A preliminary test of applicability was performed with 86 German medical students by means of a questionnaire.  
**Results.** A new protocol for preclinical spinal immobilization could be provided and visualized. Questions that analyze the correct application and understanding of the E.M.S. IMMO Protocol were predominantly answered correctly by German medical students. The main reasons for incorrect answers were

evaluated in a direct feedback session and were not found to be directly related with the E.M.S. IMMO Protocol but with a lack of experience in emergency medicine.  
**Conclusions.** The E.M.S. IMMO Protocol provides a decision aid for the indication for out-of-hospital spinal immobilization in adult trauma patients that permits variable decision-making depending on the current condition of the trauma patient and the pattern of injuries for immobilization in general and for immobilization methods in particular.

### Keywords

Algorithm · Cervical spine · Collar · Protocol · Spine

in diesem Vortrag nicht erwähnt. Direkt im Anschluss an die Vorlesung wurde den Medizinstudenten ein einseitiger Fragebogen ausgehändigt. Hierauf war das E.M.S. IMMO Protocol (Abb. 1) abgedruckt und 4 Musterfälle zur Immo-

bilisation (Tab. 2), welche anhand des E.M.S. IMMO Protocol innerhalb von 10 min beantwortet werden sollten. Um die unmittelbare Anwendbarkeit überprüfen zu können, erfolgten keine weiteren Erläuterungen zu dem abgebildeten

Protokoll oder den gestellten Fragen. Die 4 Antwortmöglichkeiten waren für alle 4 Fragen identisch und spiegeln die Möglichkeiten aus dem E.M.S. IMMO Protocol wider: 1. Vollimmobilisation, 2. Immobilisation in 30°-Oberkör-

**Tab. 1** Das ABCDE-Schema zur Behandlung von Traumapatienten

A	Airway/Cervical Spine Protection	Atemweg/Immobilisation der Halswirbelsäule
B	Breathing	Atmung
C	Circulation	Zirkulation
D	Disability	Neurologische Defizite
E	Exposure/Environment	Entkleiden/Wärmeerhalt

perhochlagerung ohne Zervikalstütze, 3. minimale Immobilisation und 4. keine Immobilisation. Mehrfachnennungen bei den Antworten waren nicht möglich. Eine detaillierte Erklärung der Bedeutung der Antwortmöglichkeiten (z. B. minimale Immobilisation) erfolgte weder schriftlich noch mündlich, um den Fehler der Antworttendenz zu minimieren. So mag es dem Unerfahrenen nicht direkt ersichtlich erscheinen, warum ein schwerverletzter Patient mit instabilen Kreislaufverhältnissen nur minimal immobilisiert wird, da ja das Risiko einer Wirbelsäulenverletzung in dieser Population an Patienten erhöht ist.

Um ein Feedback über die Anwendbarkeit des Fragebogens und evtl. auftretende Probleme bei der Beantwortung der abgedruckten Fragen zu erkennen, erfolgte eine ca. 3-minütige unstrukturierte Besprechung der Fragen, nachdem der Fragebogen bereits bei der Studienleitung abgegeben war. Im Rahmen des Feedbackgesprächs sollten Erklärungen für evtl. falsch beantwortete Fragen gefunden werden.

## Statistik

Nur vollständig ausgefüllte Fragebögen wurden in die Auswertung einbezogen. Alle erhobenen Daten wurden rein deskriptiv ausgewertet.

## Ergebnisse

### Literaturrecherche

Titel und Abstract aller in der Literaturrecherche gefundenen Artikel wurden gelesen. Nach Aussortieren von Artikeln, welche sich nicht mit dem Thema der Immobilisation befassten, welche doppelt genannt waren und welche nicht in deutsch oder englisch verfasst waren, verblieben  $n = 162$  Artikel. Aus den Literaturangaben dieser Artikel wurden weitere

$n = 34$  Artikel mit in die Auswertung genommen. Diese  $n = 196$  Artikel wurden vollständig gelesen und die Kernaussagen tabellarisch zusammengefasst.

### Entwicklung des E.M.S. IMMO Protocol

Da die Behandlung von Traumapatienten nach dem ABCDE-Schema (**Tab. 1**) nicht nur in der Schockraumversorgung durch ATLS, sondern auch in der präklinischen Behandlung von Traumapatienten durch z. B. PHTLS etabliert wurde, sollte sich das E.M.S. IMMO Protocol ebenfalls an diesem Schema orientieren, sodass dies der zentrale Bestandteil des E.M.S. IMMO Protocol wurde (**Abb. 1**).

Wenn möglich sollte beim Traumapatienten zunächst immer die Immobilisation der Halswirbelsäule erfolgen [66, 72]. Um eine Verzögerung durch die Anlage einer Zervikalstütze vor der Beurteilung des Patienten anhand des ABCDE-Schemas zu vermeiden, kann die Immobilisation durch eine Fixierung des Kopfes mit den Händen (**Abb. 2a**) oder den Unterarmen (**Abb. 2b**) erfolgen [11]. Diese manuelle In-Line-Stabilisierung wird während der gesamten Beurteilung und Behandlung des Traumapatienten anhand des ABCDE-Schemas aufrechterhalten. So sollte auch die Atemwegssicherung, wenn möglich, ohne größere Manipulationen an der Halswirbelsäule durchgeführt werden. Auch das Drehen des Patienten, wenn immer dies notwendig ist, sollte achsgerecht erfolgen. Zeigt sich bei der Beurteilung der Atmung (B) ein schweres Thoraxtrauma mit Beeinträchtigung der Atmung, sollte im weiteren Verlauf die Immobilisation auf dem Spineboard kritisch hinterfragt werden, da speziell für diese Immobilisationsmethode restriktive Effekte auf die Lungenfunktion beschrieben sind [8]. Allerdings kann auch bereits die alleinige Anlage einer

Zervikalstütze die Lungenfunktion signifikant reduzieren [3]. Zeigt sich im Rahmen der Beurteilung der Kreislaufsituation des Traumapatienten (C) ein instabiler Kreislauf, besteht eine hohe Transportpriorität. Beim stumpfen Trauma kann eine minimale Immobilisation mittels einer Zervikalstütze erfolgen (**Abb. 1**). Zwar bewirkt die alleinige Anlage einer Zervikalstütze (**Abb. 2c**) keine ausreichende Einschränkung der Bewegungsausmaße der Halswirbelsäule [18, 45, 46], die verbleibende Restbeweglichkeit wird allerdings in Kauf genommen, da eine komplette Immobilisierung den zügigen Transport verzögern würde. Entsprechend den Literaturausagen, erfolgt beim Traumapatienten mit instabiler Kreislaufsituation nach einem penetrierenden Trauma keine Immobilisation (**Abb. 1**), da der Benefit äußerst fraglich ist [7, 21, 40, 62, 70]. Im Rahmen der Untersuchung des Traumapatienten bezüglich neurologischer Ausfälle (D) muss beurteilt werden, ob Zeichen eines schweren Schädel-Hirn-Traumas mit Steigerung des intrakraniellen Drucks vorliegen. Bei vorliegenden Hinweisen auf erhöhten intrakraniellen Druck (**Tab. 3**) sollte laut dem E.M.S. IMMO Protocol keine Zervikalstütze angelegt werden (**Abb. 1**), da dies eine weitere signifikante Hirndrucksteigerung bewirken kann [24, 47, 55]. Da die Koinzidenz von Verletzungen der Halswirbelsäule bei vorliegendem Schädel-Hirn-Trauma allerdings erhöht ist [28], wird eine Immobilisation in der Vakuummatratze empfohlen [66]. In den modernen Vakuummatratzen kann hier auch ohne anliegende Zervikalstütze eine gute Immobilisation erreicht werden (**Abb. 2d**). Zusätzlich ist eine 30°-Oberkörperhochlagerung möglich (**Abb. 2e**), welche bei vorliegendem schweren Schädel-Hirn-Trauma ebenfalls empfohlen wird [66]. Alternativ kann die Immobilisation auch auf dem Spineboard erfolgen, hier konnte gezeigt werden, dass auch ohne Zervikalstütze eine vollständige Immobilisation erreicht werden kann [43]. Die 30°-Oberkörperhochlagerung ist mit dem Spineboard allerdings nicht möglich.

Bei Patienten mit zunächst stabilen Kreislaufverhältnissen und keinen



**Abb. 2** ▲ Die verschiedenen Arten der Immobilisation des E.M.S. IMMO Protocol. Zunächst sollte bei jedem Traumpatienten die manuelle Immobilisation der Halswirbelsäule erfolgen (a, b). Bei instabilen Patienten mit hoher Transportpriorität erfolgt nur eine minimale Immobilisation der Halswirbelsäule mittels Zervikalstütze (c). Bei Patienten mit Anzeichen einer Hirndrucksteigerung erfolgt die Immobilisation in der Vakuummatratze mit 30°-Oberkörperhochlagerung ohne Zervikalstütze (d, e). Bei kreislaufstabilen Patienten kann eine komplette Immobilisation (f) indiziert sein

Hinweisen auf eine vorliegende Hirndrucksteigerung sollte nach der Entkleidung und der abschließenden Untersuchung (E) eine Entscheidung über die Transportpriorität fallen. Erneut sollte geprüft werden, ob der Patient in einem akut vital bedrohlichen Zustand ist. Hier besteht eine hohe Transportpriorität, und es erfolgt nur eine minimale Immobilisation der Halswirbelsäule durch Anlage einer Zervikalstütze (Abb. 1, Abb. 2c). Zeigt sich der Patientenzustand stabil, muss geprüft werden, ob die Indikation für eine komplette Immobilisation, z. B. auf dem Spineboard (Abb. 2f) oder der Vakuummatratze, besteht, oder ob die

bis jetzt aufrechterhaltene manuelle Immobilisation (Abb. 2a, b) aufgegeben werden kann. Hierzu wurden aus der Literaturrecherche Kriterien zusammengestellt, welche aufgrund der jeweiligen Studienlage für eine Immobilisation der Wirbelsäule sprechen. Tab. 4 gibt einen Überblick über diese Kriterien und zeigt, ob sie in das E.M.S. IMMO Protocol aufgenommen wurden.

Zunächst muss geprüft werden, ob der stabile Patient adäquat beurteilt werden kann (Abb. 1). Bei bestehenden Sprachbarrieren oder vorliegender Intoxikation kann keine adäquate Beurteilung erfolgen, weshalb sicherheitshalber die In-

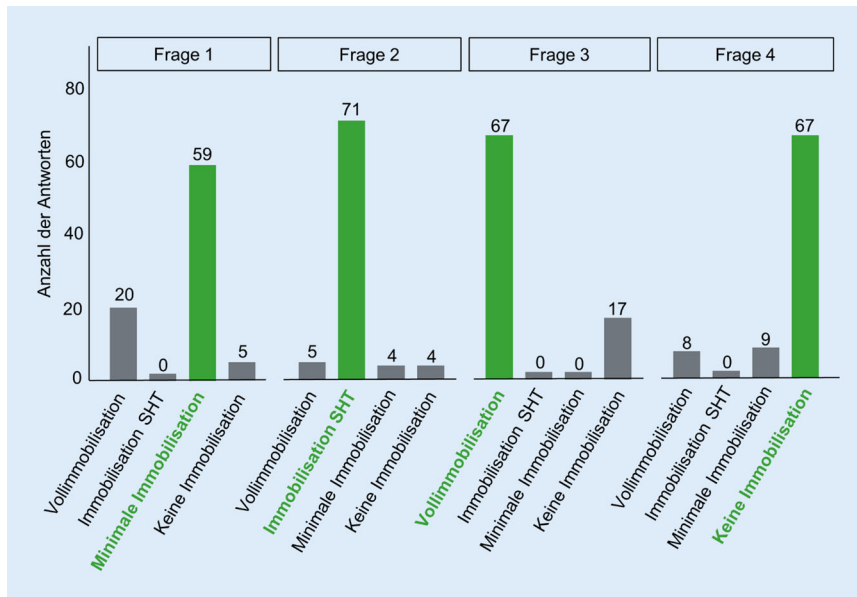
dikation zur vollständigen Immobilisation gestellt werden sollte. Situationen, welche den Patienten ablenken, wie z. B. ablenkende Verletzungen, Angstzustände, aber auch schwerverletzte oder beim Unfall verstorbene Angehörige oder ähnliches wurden unter dem Begriff „Starke Ablenkung“ zusammengefasst. Durch solche Ablenkungen ist die Beurteilung des Patienten nur eingeschränkt möglich, weshalb eine komplette Immobilisation durchgeführt werden sollte (Abb. 1). Ist die Beurteilbarkeit des Patienten nicht eingeschränkt, können Faktoren evaluiert werden, welche mit einem erhöhten Risiko an Verletzungen der Wirbelsäule einhergehen (Tab. 4). Diese Kriterien wurden im E.M.S. IMMO Protocol unter den sog. 7S-Kriterien von den Autoren zusammengefasst (Abb. 1). Demnach sollte eine Ganzkörperimmobilisation erfolgen, wenn mindestens eines der 7S-Kriterien vorliegt:

- Störung von Sensibilität und/oder Motorik,
- Spannungen paravertebral,
- Supraklavikuläre Verletzungen,
- Seniorität (Alter  $\geq 65$  Jahre),
- Speed-Unfall mit  $> 100$  km/h oder Überschlag oder Herausschleudern,
- S-Bahn-, Zug- oder Fahrradunfall,
- Sturz aus einer Höhe größer 2 m oder axiale Kompression der Wirbelsäule.

Konnte das Vorliegen der 7S-Kriterien komplett ausgeschlossen werden, folgt die Untersuchung der Wirbelsäule auf Druck- und Klopfschmerzhaftigkeit (Abb. 1). Verbleibt diese Untersuchung ohne pathologischen Befund, wird der Patient aufgefordert, den Kopf aktiv um 45° nach rechts und links zu drehen (Abb. 1). Ist auch diese Bewegung der Halswirbelsäule schmerzfrei möglich, kann auf eine Immobilisation verzichtet werden (Abb. 1).

Die isolierte Anlage einer Zervikalstütze bewirkt keine ausreichende Immobilisierung der Halswirbelsäule [18, 45, 46]. Diese kann allerdings durch die zusätzliche Immobilisation des Rumpfes und der Extremitäten signifikant verbessert werden [18]. Eine vollständige Immobilisation wird durch die zusätzliche Fixierung des Kopfes erreicht [59]. Das E.M.S. IMMO Protocol

Tab. 2 Fragen zur Immobilisation von Traumapatienten aus dem verwendeten Fragebogen	
Frage 1	Nach einem Motorradunfall mit ca. 120 km/h zeigt sich der Patient (25 Jahre) mit einem syst. RR von 60 mmHg und einer Herzfrequenz von 150 bpm. Bei abdomineller Abwehrspannung vermuten Sie ein stumpfes Bauchtrauma als Ursache für eine intraabdominelle Blutung. Der Patient gibt an, dass er Kribbelparästhesien im Bereich beider Beine hat
Frage 2	Eine 50-jährige Fußgängerin wurde von einem ca. 40 km/h schnellen Auto erfasst und ca. 5 m durch die Luft geschleudert, bis sie auf dem Asphalt aufprallte. Es zeigt sich eine frontale Kopfplatzwunde und eine offene Unterschenkelfraktur rechts. Die Patientin ist deutlich vigilanzgemindert (GCS 6/15) mit pathologischer Atmung und beidseits dilatierten Pupillen
Frage 3	Sie kommen zu einem 16-jährigen Patienten, der im Sommer am Badensee mit dem Kopf voran aus 1 m Höhe in flaches Gewässer gesprungen ist und auf dem Kopf aufgekommen ist. Der Patient ist voll beurteilbar und liegt wach, ansprechbar und voll orientiert in Rückenlage am Strand. Es besteht kein ABCDE-Problem und keine Störung von Sensibilität oder Motorik
Frage 4	Ein 32-jähriger Autofahrer ist mit ca. 90 km/h von der Landstraße abgekommen und mit der rechten Seite des PKW an einen Baum geprallt. Es besteht kein ABCDE-Problem und keine reduzierte Beurteilbarkeit. Der Patient hat weder Verletzungen noch Schmerzen, die periphere Motorik und Sensibilität ist intakt. Die Untersuchung der Wirbelsäule ist unauffällig



**Abb. 3** ▲ Auswertung der Befragung zur Anwendbarkeit des E.M.S. IMMO Protocol. Die Mehrheit der Probanden beantwortet die 4 Fragen (Tab. 2) korrekt (grüne Balken). Bei den Fragen 1 und 3 zeigt sich eine Häufung von falschen Antworten über 20%

unterscheidet deshalb nicht zwischen der Immobilisation der Halswirbelsäule und der übrigen Wirbelsäule, da bei Hinweisen auf eine Verletzung der Wirbelsäule aus oben genannten Gründen immer eine Ganzkörperimmobilisation durchgeführt werden sollte. Lediglich beim kritischen Patienten mit hoher Transportpriorität kann eine reduzierte Immobilisation durch die isolierte Anlage einer Zervikalstütze und die achsgerechte Lagerung auf der Tra-

ge im Sinne der Gewährleistung eines schnellen Transports akzeptiert werden (Abb. 1).

Bei der Anwendung des E.M.S. IMMO Protocol sind einige Details zu beachten. Das E.M.S. IMMO Protocol folgt, wie auch die Beurteilung und Behandlung des Traumapatienten, dem ABCDE-Schema (Tab. 1). Mit den im Rahmen der Beurteilung erhobenen Befunden soll die Indikation zur Wirbelsäulenimmobilisation gestellt werden können.

Wie bei einer Ampel handelt es sich bei den roten und grünen Feldern um Endzustände. In einem dieser Felder angelangt, sollte die entsprechende Maßnahme nun auch zeitnah durchgeführt werden. Die roten Felder weisen mit ihrer Signalfarbe nochmals darauf hin, dass durch diese Maßnahmen der Transport verzögert wird [22, 49]. Die grünen Felder weisen darauf hin, dass es (aufgrund der Immobilisation) keine großen Transportverzögerungen geben wird [48]. Wie bei einer Ampel beschreibt das gelbe Feld ein Zwischenstadium. Die manuelle In-Line-Stabilisation wird – wenn möglich – zunächst bei jedem Traumapatienten durchgeführt. Die weitere Beurteilung muss zeigen, ob eine dauerhafte Immobilisation indiziert ist.

### Testung der Anwendbarkeit des E.M.S. IMMO Protocol

Um die unmittelbare Anwendbarkeit des E.M.S. IMMO Protocol zu testen, sollte eine Umfrage unter Medizinstudenten erfolgen. Hierzu konnten 86 Studenten der Humanmedizin der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg mittels Fragebogen befragt werden. Alle Fragebogen wurden nach der zehnmündigen Bearbeitungszeit abgegeben. Zwei Fragebogen waren nicht vollständig ausgefüllt, sodass die weitere Auswertung mit 84 vollständig ausgefüllten Fragebogen erfolgte.

Die Auswertung zeigte, dass die überwiegende Anzahl an Medizinstudenten die Fragen richtig beantwortet (Abb. 3). Die Anzahl an Falschantworten liegt zwischen 13 (15,5 %; Frage 2) und 25 (29,8 %; Frage 1). Bei Frage 1 und Frage 3 zeigt sich eine Häufung der Falschantworten auf eine Antwort (Abb. 3).

Durch das im Anschluss an die Befragung durchgeführte Feedback konnten die Hauptfehlerquellen beim Beantworten der 4 Fragen identifiziert werden. Bei Frage 1 erkannten viele Studenten nicht den akut vital bedrohlichen Zustand des Patienten. Sowohl unter C als auch unter E folgten die Studenten bei der Anwendung des E.M.S. IMMO Protocols dem „stabilen Pfad“, der aufgrund des Hochrasanztraumas dann zur Vollimmobilisation führt. Das schwere

Tab. 3 Hinweise auf eine Steigerung des intrakraniellen Drucks bei Schädel-Hirn-Trauma	
Mögliche Hinweise auf steigenden Hirndruck	Vigilanzminderung
	Abfall der Glasgow-Coma-Scale um $\geq 2$
	Verzögerte Pupillenreaktion
	Entwicklung einer Hemiparese
Sichere Hinweise auf steigenden Hirndruck	Beidseitig dilatierte Pupillen
	Anisokorie bei Vigilanzminderung
	Beuge- und Strecksynergismen
	Cushing-Trias: Hypertension, Bradykardie, Pathologische Atemmuster

Tab. 4 Kriterien der Wirbelsäulenimmobilisation und die Aufnahme in das E.M.S. IMMO Protocol	
	Literatur
<i>In E.M.S. IMMO Protocol aufgenommene Kriterien</i>	
Alter > 65 Jahre	[5, 32, 60]
Angstzustände	[32]
Sprachbarriere	[32]
Akute Stressreaktion	[15]
Ablenkende Verletzungen	[5, 15, 41, 42, 54, 57]
Intoxikation	[15, 30, 31, 41, 42, 57, 69]
Sturz aus Höhe > 6 m	[29]
Sturz aus Höhe von 3–6 m	[29]
Sturz aus Höhe > 3 m	[37, 69]
Sturz aus Höhe > 2 m	[38]
Sturz von großem Tier	[29]
Hochrasanztrauma mit > 100 km/h	[5, 60, 69]
Unfall von Auto oder Fußgänger mit Zug	[29]
Herausschleudern aus Fahrzeug	[5, 29, 60]
Verstorbener Unfallbeteiligter	[12, 37]
Autoüberschlag	[5, 60]
Kollision eines Fahrradfahrers	[5, 60]
Axiale Stauchung des Kopfes	[5, 60]
Tauchunfall	[69]
Veränderte Vigilanz	[2, 15, 30–32, 56, 69]
Störung der Sensibilität/Motorik	[5, 30–32, 41, 42, 52, 56, 57, 69]
Relevante Verletzungen an Kopf/Gesicht	[2, 37, 69]
Supraklavikuläre Verletzungen	[52]
Verspannungen im Nacken	[41, 42]
Fehlende Fähigkeit, die HWS zu rotieren	[5, 60]
Physiologischer Range-of-motion	[4]
<i>Nicht in E.M.S. IMMO Protocol aufgenommene Kriterien</i>	
Spondylitis ankylosans	[69]
Sturz aus Höhe > 1 m	[5, 60]
Hochrasanztrauma mit > 56 km/h	[37]
Unfall im Straßenverkehr	[38]
Relevante Verformung des Fahrzeugs	[5]
Sportunfall	[38]
Schießerei	[38]
Weitere Verletzung der Wirbelsäule	[69]
Weitere ernsthafte Verletzungen	[2, 30, 31, 37, 69]
Penetrierendes Trauma	[70]

Schädel-Hirn-Trauma mit Anzeichen einer Hirndrucksteigerung wurde von den Studenten sehr sicher erkannt (Abb. 3, Frage 2). Beim Feedback durch die Studenten zur Frage 3 wurde deutlich, dass einige Studenten den Mechanismus der „axialen Kompression“ nicht dem in Frage 3 geschilderten Badeunfall zuordnen konnten. Da der in Frage 3 beschriebene Patient sonst keine Auffälligkeiten zeigte, folgten diese 17 Studenten dem E.M.S. IMMO Protocol in Richtung „keine Immobilisation“ (Abb. 3, Frage 3). Zur Frage 4 konnte kein richtungsweisendes Feedback, welches die Falschantworten erklären könnte, evaluiert werden.

## Diskussion

In der vorliegenden Studie konnte, basierend auf der aktuellen Literatur und den Forderungen der aktuellen Leitlinien, ein Protokoll zur Indikationsstellung der Immobilisation der Wirbelsäule entwickelt werden. Durch die Anbindung der Entscheidungsfindung an das bekannte ABCDE-Schema der Versorgung von Traumapatienten, handelt es sich um ein dynamisches Protokoll, welches sich am aktuellen Patientenzustand orientiert. In Abhängigkeit der Kreislaufsituation wird z. B. festgelegt, ob überhaupt eine weitere Evaluation der Wirbelsäule erfolgt oder ob aufgrund der hohen Transportpriorität darauf verzichtet wird. Im Gegensatz zu den bekannten Protokollen [42, 60] bietet das E.M.S. IMMO Protocol nicht nur eine Entscheidungshilfe bei der Frage, ob eine Immobilisation indiziert ist oder nicht, sondern unterscheidet auch zwischen verschiedenen Möglichkeiten der Immobilisation. So profitiert der Patient mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma und steigendem Hirndruck von einer Immobilisation ohne Zervikalstütze, da diese den Hirndruck weiter signifikant erhöhen könnte [24, 55]. Bisher wurde der Verletzungsmechanismus oftmals in unterschiedlichen Protokollen bedacht. So gab es spezielle Protokolle für penetrierende [14, 35, 54] oder stumpfe Verletzungen [7]. Das E.M.S. IMMO Protocol sieht keine Immobilisation beim instabilen Traumapatienten nach penetrierendem Trauma vor, weil kein Benefit der Immobilisation nach-

gewiesen werden konnte [7, 21, 40, 62, 70]. Zeigt ein Patient nach einem penetrierenden Trauma eine neurologische Symptomatik bei stabilen Kreislaufverhältnissen, was sowohl unter C als auch unter E abgefragt wird, erfolgt aufgrund der 7S-Kriterien eine Ganzkörperimmobilisation.

Zunehmend werden Nachteile, die mit der Immobilisation einhergehen können, beschrieben. So kann es z. B. zu restriktiven Effekten auf die Lungenfunktion kommen [8], und das Atemwegsmanagement kann erschwert sein [36, 43], Druck-Ulzera [10] und Schmerzen [16, 17, 23] können entstehen. Die generelle Ganzkörperimmobilisation eines jeden Traumapatienten wird deshalb durch das E.M.S. IMMO Protocol verhindert. Anhand der 7S-Kriterien und der anschließenden Untersuchung der Wirbelsäule erfolgt eine differenzierte Indikationsstellung beim stabilen Patienten, um unnötige Immobilisierungen zu vermeiden. Kann der Patient nicht adäquat beurteilt werden, erfolgt sicherheitshalber eine komplette Immobilisation.

Die für das E.M.S. IMMO Protocol durch die Autoren neu formulierten 7S-Kriterien basieren auf Kriterien aus der aktuellen Literatur. Die meisten Kriterien, welche durch die umfangreiche Literatursuche formuliert wurden, wurden in das E.M.S. IMMO Protocol übernommen. Bei Kriterien wie dem Hochrasanztrauma werden unterschiedliche Definitionen angegeben (> 100 km/h vs. > 56 km/h). Hier konnten Studien zeigen, dass die Sensitivität der Indikationsstellung zur Immobilisation nach einem Unfall mit einer Geschwindigkeit über 100 km/h ausreichend ist [67, 68]. Die niedrigere Geschwindigkeit wurde deshalb nicht in die 7S-Kriterien aufgenommen. Andere Kriterien wurden bewusst nicht übernommen, da sie eine zu allgemeine Formulierung zeigen (z. B. Unfall im Straßenverkehr, relevante Verformung des Fahrzeugs, Sportunfall, Schießerei). Außerdem sind gewisse Kriterien an der präklinischen Einsatzstelle nur schwer zu identifizieren (z. B. weitere Verletzung der Wirbelsäule) und wurden deshalb nicht in die 7S-Kriterien mit aufgenommen.

Bezüglich einiger aufgeführter Kriterien, gibt es in der Literatur widersprüchliche Aussagen. So erhöht sich z. B. das Risiko im Rahmen eines Unfallereignisses bei einer Spondylitis ankylosans eine Verletzung der Wirbelsäule zu erleiden [69]. Aufgrund von einzelnen Fallberichten erscheint hier eine zurückhaltende Indikationsstellung der Immobilisation angebracht, da es gerade bei diesen Patienten während der Immobilisation zum Auftreten einer neurologischen Symptomatik kommen kann oder bereits bestehende Symptome zunehmen können [19, 58]. Dieses Kriterium wurde deshalb nicht in das E.M.S. IMMO Protocol aufgenommen. Auch für das penetrierende Trauma gibt es in der Literatur unterschiedliche Aussagen. Zeigen sich nach einem penetrierenden Trauma sensorische Defizite, sollte der Patient immobilisiert werden [62], wie es auch im E.M.S. IMMO Protocol vorgesehen ist. Patienten, welche ein penetrierendes Trauma erlitten haben, aber keine neurologischen Defizite zeigen, sollten nicht immobilisiert werden, da der Nutzen fraglich ist [21, 40, 70].

Die Anwendung des E.M.S. IMMO Protocol bleibt auf erwachsene Traumapatienten beschränkt, da die zugrunde liegende Literatur sich ebenfalls nur auf den erwachsenen Patienten bezieht. In den meisten wissenschaftlichen Artikeln wird nicht genauer beschrieben, welche Kriterien einen Erwachsenen definieren. Die Autoren empfehlen die Anwendung des E.M.S. IMMO Protocol für ausgewachsene Personen. Empfehlungen zur Immobilisation von Kindern und Patienten im Wachstum finden sich in der Literatur deutlich seltener. Dennoch sollten weiterführende Studien, z. B. im Rahmen eines strukturierten Reviews, die vorliegenden Erkenntnisse zur Wirbelsäulenimmobilisation bei Kindern zusammenführen und bewerten, um klare Empfehlungen auszusprechen.

Zur Testung der unmittelbaren Anwendbarkeit des E.M.S. IMMO Protocol durch Medizinstudenten konnten 84 Fragebögen ausgewertet werden. Es bleibt unklar, warum 2 Fragebögen nicht vollständig ausgefüllt wurden. Letztlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich diese Teilnehmer mit der Anwendung

des E.M.S. IMMO Protocol überfordert fühlen.

Die Anzahl an richtigen Antworten, was die korrekte Anwendung des E.M.S. IMMO Protocol bestätigt, lag zwischen 70 % und 85 %. Eine unmittelbare Anwendbarkeit des E.M.S. IMMO Protocol ohne weiterführende Erläuterungen scheint also für einen Großteil der Studienteilnehmer ohne notfallmedizinische Erfahrung gegeben. Dennoch sind auch Falschantworten bis zu 30 % zu beobachten. Durch das direkte Feedback der Studenten konnten die Hauptgründe für die Falschbeantwortung einzelner Fragen evaluiert werden. Zum einen konnte von einigen Studenten ein Patient im hämorrhagischen Schock nicht als akut vital bedroht erkannt werden. Außerdem fiel es einigen Studenten schwer, den Mechanismus der axialen Kompression der Wirbelsäule, welcher unbedingt eine Immobilisation erfordert, auf den Unfallmechanismus eines Kopfsprungs in seichtes Gewässer zu übertragen. In beiden Fällen ist die Ursache der Falschantworten also weniger in einem Missverständnis des E.M.S. IMMO Protocol begründet, sondern ist vielmehr auf die fehlende notfallmedizinische Erfahrung der Medizinstudenten zurückzuführen. Dies unterstreicht die Wichtigkeit der Ausbildung der Studenten der Humanmedizin in der Beurteilung von Schwerverletzten, was auch von Notärzten gefordert [33] und vereinzelt bereits durchgeführt wird [71]. Die Autoren vermuten, dass bei der Testung von erfahrenem notfallmedizinischem Personal die Anzahl an Falschantworten deutlich reduziert werden kann. Dies muss in weiteren Studien getestet werden. Ein strukturiertes Feedback nach Abgabe der Fragebögen ist in diesen weiterführenden Studien zu fordern, da die vorliegende Studie zeigte, dass im Rahmen der Feedbackgespräche die Ursachen von falsch beantworteten Fragen erkannt werden können.

Die Schwäche der vorgelegten Studie ist v. a. die geringe Fallzahl an Probanden zur Evaluation der Anwendbarkeit des E.M.S. IMMO Protocol. Hier ist im Verlauf eine multizentrische Studie mit größeren, repräsentativen Teilnehmerzahlen erforderlich. Die generelle Anwendbar-

keit, aber auch die Dauer der Anwendung des E.M.S. IMMO Protocol sollte in dieser Studie auch an der Zielgruppe (Rettungsfachpersonal und Notärzte) getestet werden. Außerdem muss das E.M.S. IMMO Protocol bezüglich seiner Sensitivität und Spezifität in einer Multi-Zenterstudie evaluiert werden. Vor allem die Trennschärfe der einzelnen Parameter der 7S-Kriterien muss hier verifiziert werden.

Zusammenfassend wurde in der vorliegenden Studie mit dem E.M.S. IMMO Protocol eine Entscheidungshilfe für die Indikationsstellung zur Wirbelsäulenimmobilisation bei erwachsenen Traumatopatienten bereitgestellt, welche basierend auf dem Patientenzustand und dem Verletzungsmuster eine differenzierte Entscheidung zur Immobilisation generell und zur Immobilisationsmethode im Speziellen erlaubt. Weiterführende Studien müssen neben der Anwendbarkeit des E.M.S. IMMO Protocol in der Praxis auch die Auswirkungen auf das Zeitmanagement bei der Behandlung von Traumatopatienten analysieren. Ebenso müssen v. a. die Sensitivität und Spezifität des E.M.S. IMMO Protocol untersucht werden.

## Korrespondenzadresse

### Dr. M. Münzberg

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, BG Klinik Ludwigshafen  
Ludwig-Guttman-Str. 13, 67071 Ludwigshafen, Deutschland  
matthias.muenzberg@bgu-ludwigshafen.de

**Danksagung.** Wir danken Sarah Goller für ihre Hilfe bei der strukturierten Literatursuche. Wir danken Claudia Thompson für die Hilfe bei der Datenerfassung. Wir danken Sabine Kreinest für die Hilfe bei der grafischen Umsetzung des E.M.S. IMMO Protocol. Wir danken Lisa Ludes für ihre Hilfe beim Erstellen der Fotos.

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** M. Kreinest und M. Münzberg sind Medizinische Kursdirektoren bei PHTLS Deutschland. M. Münzberg ist Kursdirektor bei ATLS Deutschland. B. Gliwitzky ist Instruktor und Chair bei PHTLS Deutschland. P.A. Grützner gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

## Literatur

1. Abram S, Bulstrode C (2010) Routine spinal immobilization in trauma patients: what are the advantages and disadvantages? *Surgeon* 8:218–222
2. Agrawal A (2008) Cervical spine clearance: a review and understanding of the concepts. *JNMA J Nepal Med Assoc* 47:244–250
3. Ala A, Shams-Vahdati S, Taghizadieh A et al (2015) Cervical collar effect on pulmonary volumes in patients with trauma. *Eur J Trauma Emerg Surg*, doi:10.1007/s00068-015-0656-1
4. Anderson PA, Muchow RD, Munoz A et al (2010) Clearance of the asymptomatic cervical spine: a meta-analysis. *J Orthop Trauma* 24:100–106
5. Armstrong BP, Simpson HK, Crouch R et al (2007) Prehospital clearance of the cervical spine: does it need to be a pain in the neck? *Emerg Med J* 24:501–503
6. Askins V, Eismont FJ (1997) Efficacy of five cervical orthoses in restricting cervical motion. A comparison study. *Spine* 22:1193–1198
7. Barkana Y, Stein M, Scope A et al (2000) Prehospital stabilization of the cervical spine for penetrating injuries of the neck - is it necessary? *Injury* 31:305–309
8. Bauer D, Kowalski R (1988) Effect of spinal immobilization devices on pulmonary function in the healthy, nonsmoking man. *Ann Emerg Med* 17:915–918
9. Bengler J, Blackham J (2009) Why do we put cervical collars on conscious trauma patients? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 17:44
10. Berg G, Nyberg S, Harrison P et al (2010) Near-infrared spectroscopy measurement of sacral tissue oxygen saturation in healthy volunteers immobilized on rigid spine boards. *Prehosp Emerg Care* 14:419–424
11. Boissy P, Shrier I, Briere S et al (2011) Effectiveness of cervical spine stabilization techniques. *Clin J Sport Med* 21:80–88
12. Bortsov AV, Platts-Mills TF, Peak DA et al (2013) Pain distribution and predictors of widespread pain in the immediate aftermath of motor vehicle collision. *Eur J Pain* 17:1243–1251
13. Brunette DD, Rockswold GL (1987) Neurologic recovery following rapid spinal realignment for complete cervical spinal cord injury. *J Trauma* 27:445–447
14. Burton JH, Dunn MG, Harmon NR et al (2006) A statewide, prehospital emergency medical service selective patient spine immobilization protocol. *J Trauma* 61:161–167
15. Burton JH, Harmon NR, Dunn MG et al (2005) EMS provider findings and interventions with a statewide EMS spine-assessment protocol. *Prehosp Emerg Care* 9:303–309
16. Chan D, Goldberg R, Tascione A et al (1994) The effect of spinal immobilization on healthy volunteers. *Ann Emerg Med* 23:48–51
17. Chan D, Goldberg RM, Mason J et al (1996) Backboard versus mattress splint immobilization: a comparison of symptoms generated. *J Emerg Med* 14:293–298
18. Chandler DR, Nemejc C, Adkins RH et al (1992) Emergency cervical-spine immobilization. *Ann Emerg Med* 21:1185–1188
19. Clarke A, James S, Ahuja S (2010) Ankylosing spondylitis: inadvertent application of a rigid collar after cervical fracture, leading to neurological complications and death. *Acta Orthop Belg* 76:413–415
20. Cloward RB (1980) Acute cervical spine injuries. *Clin Symp* 32:1–32
21. Connell RA, Graham CA, Munro PT (2003) Is spinal immobilisation necessary for all patients sustaining isolated penetrating trauma? *Injury* 34:912–914
22. Connor D, Greaves I, Porter K et al (2013) Pre-hospital spinal immobilisation: an initial consensus statement. *Emerg Med J* 30:1067–1069
23. Cordell WH, Hollingsworth JC, Olinger ML et al (1995) Pain and tissue-interface pressures during spine-board immobilization. *Ann Emerg Med* 26:31–36
24. Craig GR, Nielsen MS (1991) Rigid cervical collars and intracranial pressure. *Intensive Care Med* 17:504–505
25. Davies G, Deakin C, Wilson A (1996) The effect of a rigid collar on intracranial pressure. *Injury* 27:647–649
26. Davis JW, Hoyt DB, Mcardle MS et al (1992) An analysis of errors causing morbidity and mortality in a trauma system: a guide for quality improvement. *J Trauma* 32:660–665; discussion 665–666
27. Deasy C, Cameron P (2011) Routine application of cervical collars - what is the evidence? *Injury* 42:841–842
28. Deutsche Gesellschaft Für Unfallchirurgie, Sektion Intensiv- & Notfallmedizin SNa-aDUG (2014) TraumaRegister DGU - Jahresbericht 2014
29. Domeier RM, Evans RW, Swor RA et al (1999) The reliability of prehospital clinical evaluation for potential spinal injury is not affected by the mechanism of injury. *Prehosp Emerg Care* 3:332–337
30. Domeier RM, Evans RW, Swor RA et al (1997) Prehospital clinical findings associated with spinal injury. *Prehosp Emerg Care* 1:11–15
31. Domeier RM, Frederiksen SM, Welch K (2005) Prospective performance assessment of an out-of-hospital protocol for selective spine immobilization using clinical spine clearance criteria. *Ann Emerg Med* 46:123–131
32. Dunn TM, Dalton A, Dorfman T et al (2004) Are emergency medical technician-basics able to use a selective immobilization of the cervical spine protocol?: a preliminary report. *Prehosp Emerg Care* 8:207–211
33. Frank CB, Wolf CG, Hogan A et al (2014) PHTLS (R) (Prehospital Trauma Life Support) provider courses in Germany - who takes part and what do participants think about prehospital trauma care training? *J Trauma Manag Outcomes* 8:7
34. Gassauer M, Münzberg M, Kreinest M (2015) Notärztliche Versorgung von Traumatopatienten. *Orthop Unfallchir up2date* 10:391–403
35. Goldberg W, Mueller C, Panacek E et al (2001) Distribution and patterns of blunt traumatic cervical spine injury. *Ann Emerg Med* 38:17–21
36. Goutcher CM, Lochhead V (2005) Reduction in mouth opening with semi-rigid cervical collars. *Br J Anaesth* 95:344–348
37. Hanson JA, Blackmore CC, Mann FA et al (2000) Cervical spine injury: a clinical decision rule to identify high-risk patients for helical CT screening. *AJR Am J Roentgenol* 174:713–717
38. Hasler RM, Exadaktylos AK, Bouamra O et al (2011) Epidemiology and predictors of spinal injury in adult major trauma patients: European cohort study. *Eur Spine J* 20:2174–2180
39. Hauswald M, Ong G, Tandberg D et al (1998) Out-of-hospital spinal immobilization: its effect on neurologic injury. *Acad Emerg Med* 5:214–219

40. Haut ER, Kalish BT, Efron DT et al (2010) Spine immobilization in penetrating trauma: more harm than good? *J Trauma* 68:115–120; discussion 120–111
41. Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB et al (2000) Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National emergency X-radiography utilization study group. *N Engl J Med* 343:94–99
42. Hoffman JR, Wolfson AB, Todd K et al (1998) Selective cervical spine radiography in blunt trauma: methodology of the national emergency X-radiography utilization study (NEXUS). *Ann Emerg Med* 32:461–469
43. Holla M (2012) Value of a rigid collar in addition to head blocks: a proof of principle study. *Emerg Med J* 29:104–107
44. Hood N, Considine J (2015) Spinal immobilisation in pre-hospital and emergency care: a systematic review of the literature. *Australas Emerg Nurs J* 18:118–137
45. Horodyski M, Dipaola CP, Conrad BP et al (2011) Cervical collars are insufficient for immobilizing an unstable cervical spine injury. *J Emerg Med* 41:513–519
46. Hostler D, Colburn D, Seitz SR (2009) A comparison of three cervical immobilization devices. *Prehosp Emerg Care* 13:256–260
47. Hunt K, Hallworth S, Smith M (2001) The effects of rigid collar placement on intracranial and cerebral perfusion pressures. *Anaesthesia* 56:511–513
48. James CY, Riemann BL, Munkasy BA et al (2004) Comparison of cervical spine motion during application among 4 rigid immobilization collars. *J Athl Train* 39:138–145
49. Johnson DR, Hauswald M, Stockhoff C (1996) Comparison of a vacuum splint device to a rigid backboard for spinal immobilization. *Am J Emerg Med* 14:369–372
50. Kolb JC, Summers RL, Galli RL (1999) Cervical collar-induced changes in intracranial pressure. *Am J Emerg Med* 17:135–137
51. Kreinest M, Goller S, Türk A (2015) Präklinische Akutbehandlung von Wirbelsäulenverletzungen. *Notfmed up2date* 10:117–131
52. Lin HL, Lee WC, Chen CW et al (2011) Neck collar used in treatment of victims of urban motorcycle accidents: over- or underprotection? *Am J Emerg Med* 29:1028–1033
53. McCabe JB, Nolan DJ (1986) Comparison of the effectiveness of different cervical immobilization collars. *Ann Emerg Med* 15:50–53
54. Meldon SW, Brant TA, Cydulka RK et al (1998) Out-of-hospital cervical spine clearance: agreement between emergency medical technicians and emergency physicians. *J Trauma* 45:1058–1061
55. Mobbs RJ, Stoodley MA, Fuller J (2002) Effect of cervical hard collar on intracranial pressure after head injury. *ANZ J Surg* 72:389–391
56. Muhr MD, Seabrook DL, Wittwer LK (1999) Paramedic use of a spinal injury clearance algorithm reduces spinal immobilization in the out-of-hospital setting. *Prehosp Emerg Care* 3:1–6
57. Myers LA, Russi CS, Hankins DG et al (2009) Efficacy and compliance of a prehospital spinal immobilization guideline. *Int J Emerg Med* 2:13–17
58. Papadopoulos MC, Chakraborty A, Waldron G et al (1999) Lesson of the week: exacerbating cervical spine injury by applying a hard collar. *BMJ* 319:171–172
59. Perry SD, McLellan B, McIlroy WE et al (1999) The efficacy of head immobilization techniques during simulated vehicle motion. *Spine* 24:1839–1844
60. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL et al (2001) The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA* 286:1841–1848
61. Stone MB, Tubridy CM, Curran R (2010) The effect of rigid cervical collars on internal jugular vein dimensions. *Acad Emerg Med* 17:100–102
62. Stuke LE, Pons PT, Guy JS et al (2011) Prehospital spine immobilization for penetrating trauma – review and recommendations from the Prehospital trauma life support executive committee. *J Trauma* 71:763–769; discussion 769–770
63. Sundstrom T, Asbjornsen H, Habiba S et al (2014) Prehospital use of cervical collars in trauma patients: a critical review. *J Neurotrauma* 31:531–540
64. Theodore N, Hadley MN, Aarabi B et al (2013) Prehospital cervical spinal immobilization after trauma. *Neurosurgery* 72(Suppl 2):22–34
65. Toscano J (1988) Prevention of neurological deterioration before admission to a spinal cord injury unit. *Paraplegia* 26:143–150
66. Unfallchirurgie DGF (2011) S3 – Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung AWMF-Register Nr. 012/019
67. Vaillancourt C, Charette M, Kasaboski A et al (2011) Evaluation of the safety of C-spine clearance by paramedics: design and methodology. *BMC Emerg Med* 11:1
68. Vaillancourt C, Stiell IG, Beaudoin T et al (2009) The out-of-hospital validation of the Canadian C-Spine Rule by paramedics. *Ann Emerg Med* 54:663–671.e661
69. Vandemark RM (1990) Radiology of the cervical spine in trauma patients: practice pitfalls and recommendations for improving efficiency and communication. *AJR Am J Roentgenol* 155:465–472
70. Walters BC, Hadley MN, Hurlbert RJ et al (2013) Guidelines for the management of acute cervical spine and spinal cord injuries: 2013 update. *Neurosurgery* 60(Suppl 1):82–91
71. Woelfl CG, Guehring T, Moghaddam A et al (2012) PHTLS team course: a pilot project. Structured student education in prehospital care of severely injured patients. *Unfallchirurg* 115:243–249
72. Wölfel CG, Bouillon B, Lackner CK et al (2008) Prehospital Trauma Life Support® (PHTLS®). *Unfallchirurg* 111:688–694

Hier steht eine Anzeige.

