

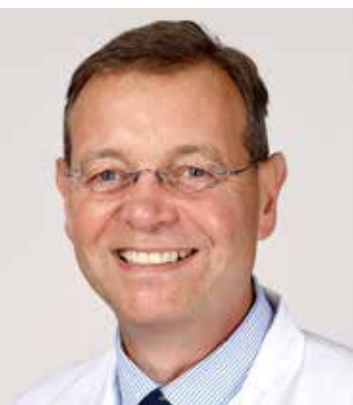
# Entwicklung und aktueller Stand der Techniken des «Damage Control»

Yannik Kalbas, Assistenzarzt Klinik für Traumatologie, USZ, yannik.kalbas@usz.ch

Prof. Dr. med. Hans-Christoph Pape, Direktor Klinik für Traumatologie, USZ, hans-christoph.pape@usz.ch



Yannik Kalbas



Prof. Dr. med. Hans-Christoph Pape

**Der Begriff «Damage Control»(DC) für die Versorgung schwerverletzter Patienten wurde aus der Marine entlehnt. Wird ein Schiff schwer getroffen (z. B. Loch in der Bordwand durch eine Kollision oder eine Granate im Krieg), so gilt es, zumindest die Fahrfähigkeit zu erhalten, um Passagiere zu retten und ein Sinken zu vermeiden.**

Viszeralchirurgen in den USA verwenden den Begriff u. a. für die Blutstillung traumatischer Leberlazerationen durch intraabdominelles «Packing». Pringle beschreibt bereits 1908 Fälle, in denen eine schwere isolierte Blutung in der Leber durch Tamponade gestillt wurde. Diese Technik findet allerdings erst seit 1976 weitläufigere Verwendung<sup>1</sup>; initial vor allem bei isolierten Schussverletzungen nach Auseinandersetzungen von Gang-Mitgliedern in den USA. 1983 konnten Stone et al. in einer Population aus physiologisch entgleisenden Patienten mit zumeist penetrierenden abdominalen Verletzungen erstmalig eine Verbesserung des Outcomes durch die Verwendung von Packing nachweisen<sup>2</sup>. Hierbei konnte nach Stabilisierung der Gerinnung und Temperatur dann eine sekundäre Resektion erfolgen. Zusätzlich etablierte sich das Vorgehen, bei intraoperativ ersichtlicher starker Koagulopathie mit diffusen Blutungen auf einen Verschluss der Bauchwand(faszie) zu verzichten, um einen schnellen Rückzug und einen schnellen Wiedereinstieg zu ermöglichen sowie ein abdominelles Kompartmentsyndrom zu vermeiden<sup>3</sup>. Derartiges Vorgehen der abgekürzten Laparotomie wurde 1993 erstmalig durch Rotondo et al. als «Damage Control» bezeichnet<sup>4</sup>.

Zur gleichen Zeit wurden grosse Fortschritte im Verständnis der physiologischen und immunologischen posttraumatischen Reaktion gemacht und es entwickelten sich die Konzepte der letalen Triade aus Hypothermie, Azidose und Koagulopathie<sup>5</sup> und des «systemischen inflammatorischen Response Syndroms (SIRS)» als Traumafolge<sup>6</sup>.

In Anbetracht dieser Erkenntnisse hat am Ende des 20. Jahrhunderts ein Wechsel der Versorgungsstrategie für schwerverletzte Patienten mit multiplen Frakturen stattgefunden:

Bis zum Anfang der 90er-Jahre wurde das Konzept der frühen definitiven Frakturversorgung «early total care» (ETC) propagiert<sup>7-9</sup> und 1989 wiesen Bone et al. in einer randomisierten Studie ein verbessertes Outcome bei der primären (< 24 h) Versorgung von Femurschaftfrakturen im Vergleich zur Traktion nach<sup>10</sup>. Etwa zeitgleich wurde ein Zusammenhang zwischen pulmonalen Komplikationen und primärer intramedullärer Nagelung in polytraumatisierten Patienten nachgewiesen<sup>11</sup>. 1996 wurde dann durch Waydhas et al. das inflammatorische Potenzial umfangreicher Operationen im Sinne eines «2nd-Hit»-Phänomens<sup>12</sup> beschrieben. Es wurde zunehmend ersichtlich, dass eine möglichst zeitnahe Frakturstabilisation vorteilhaft, eine ausgedehnte operative Versorgung bei instabilen Patienten aber nicht immer ratsam ist. Aus der Notwen-

digkeit einer schnellen und minimalinvasiven Frakturstabilisation entwickelte sich das Konzept der temporären externen Fixation bei Schwerverletzten, welches 2000 von Scalea et al. «Damage Control Orthopedics» (DCO)<sup>13</sup> genannt wurde. Dies wurde durch die erste prospektiv randomisierte Studie, bei der Mehrfachverletzte eingeschlossen wurden, bestätigt<sup>14</sup>.

Die Verbesserung des Outcomes von schwerverletzten und physiologisch instabilen Patienten in den letzten Jahrzehnten ist zum Teil der Etablierung und der Weiterentwicklung dieser Strategien geschuldet. Demgegenüber kann allerdings auch diskutiert werden, dass eine fehlende Standardisierung<sup>15</sup> bei der Indikationsstellung zu einem inflationären Gebrauch geführt hat. So konnten Analysen des Deutschen Trauma Registers (TR-DGU) von 1993 bis 2003 die Verwendung von Damage Control Orthopedics in bis zu 50.9% der mehrfachverletzten Patienten mit bilateralen Femurschaftfrakturen nachweisen, was man als Überversorgung bezeichnen sollte<sup>16</sup>.

Grade bei Patienten an der Grenze zur physiologischen Instabilität ist die Entscheidungsfindung besonders schwierig. Diese Patienten wurden bereits 1993 als «borderline patients» beschrieben<sup>17</sup> und in 2019 präzisiert definiert<sup>14,18</sup>. Um besonders risikobehaftete Patienten zu definieren, bei denen initiale Massnahmen wie «Resuscitation» oder «Mass transfusion protocol» zu einer Verbesserung führen, wurde das Konzept des «early total care» durch «safe definitive surgery» (SDS) ersetzt<sup>19</sup>, welches eine tägliche Neubeurteilung und eine individuelle dynamische Anpassung der Behandlungsstrategien anhand verschiedener statischer und dynamischer Parameter vorschlägt.

In den USA wurde ein Konzept der frühen Versorgung aller Frakturen, inklusive Acetabulum, Becken und Wirbelsäule, propagiert und «Early Appropriate care» (EAC) genannt<sup>20</sup>. Allerdings beruft sich dieses Konzept nur auf Veränderungen im Säure-Basen-Haushalt. Eine Untersuchung verschiedener Scoring-Systeme ergab, dass die Fokussierung auf nur diese Parameter (pH, Laktat,) weniger Sicherheit bietet, insbesondere da das EAC-Konzept nur eine einmalige Blutabnahme vorsieht. Dezman et al. zeigten 2018, dass serielle Blutabnahmen die Identifizierung einer «lactate clearance» erlauben<sup>21</sup>. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass bei Verwendung mehrerer Scoring-Parameter (Shock, Gerinnung, Säure-Basen-Haushalt, Weichteilschaden) die Vorhersagekraft deutlich verbessert wird<sup>22</sup>. Laktat bei Aufnahme war sinnvoll zur Vorhersage hinsichtlich frühen Versterbens (hauptsächlich durch SHT), wies aber gegenüber drei anderen Scores eine geringere Vorhersagekraft aus, insbesondere bei Multiorganversagen und SIRS (bester Score: PTGS Score<sup>23</sup>).

Betreffend die Versorgung komplexer Gelenkfrakturen wird der zeitliche Rahmen von 72 Std. von vielen Autoren ebenfalls nicht geteilt, u. a. da bei Schwerverletzten die Gerinnung noch nicht stabilisiert ist. Somit liegt im Bereich des Acetabulums eine vermehrte Blutungsneigung<sup>18,24</sup> und an den Extremitäten (Knie, Pilon) eine Gefährdung des Weichteilmantels vor.

Neben der chirurgischen Schadensbegrenzung hat insbesondere der zielgerichtete Ausgleich der Physiologie noch stärker an Bedeutung gewonnen. Die Konzepte der «Damage Control Resuscitation» wurden 2007 u. a. durch Holcomb et al. neu definiert<sup>25</sup> und priorisieren nun umso mehr den frühzeitigen und gezielten Ausgleich von metabolischen Entgleisungen und Koagulopathie<sup>25</sup> sowie den Einsatz gezielter Transfusionsstrategien<sup>26,27</sup>.

Hieraus lässt sich für die Behandlung von instabilen mehrfachverletzten Patienten ein 5-Phasen-Modell ableiten<sup>28</sup>:

- 1) Identifikation des Patienten anhand von physiologischen Parametern und Verletzungsmustern
- 2) abgekürzte chirurgische Massnahmen «Damage Control»
- 3) dynamische intraoperative Neubewertung der physiologischen Reserve
- 4) fortgesetzte Wiederherstellung der Vitalfunktion auf Intensivstation
- 5) definitive chirurgische Versorgung mit dem Ziel der Rekonstruktion

**Derzeitige Anwendungsgebiete des DC-Konzepts in der Medizin:**

Mit dem Ziel der Schadensbegrenzung umfasst «Damage Control» also gezielte Massnahmen der Blutungskontrolle, Fokussanierung, Frakturstabilisation und Wiederherstellung der Physiologie. Dabei wird oftmals auf eine anatomische Rekonstruktion verzichtet und ein mehrzeitiges chirurgisches Vorgehen in Kauf genommen, um dem Patienten die zusätzliche Belastung einer ausgedehnten Operation zu ersparen.

Auch in der Behandlung von nicht traumatisch bedingten Komplikationen haben sich die Konzepte des «Damage Control» etabliert. So können z. B. in der Abdominalchirurgie im Fall von mesenterialen Ischämien, Perforationen, Peritonitis oder unkontrollierbaren diffusen Blutungen gezielte Massnahmen (Lavage, Nähte, Resektion, Packing) ergriffen und im Anschluss ein zeitiger Rückzug und ein Wiedereinstieg bei stabilisierter Physiologie erwogen werden. Auch in den anderen Fachdisziplinen gibt es derartige Prinzipien. So gibt es «Damage Control» in der Neurochirurgie<sup>29</sup>, Augenchirurgie<sup>30</sup>, Gesichtschirurgie<sup>31</sup>, Thoraxchirurgie<sup>32</sup>, Verbrennungschirurgie<sup>33</sup> und Intensivmedizin<sup>34</sup>.

Zusätzlich findet in der Traumatologie ein mehrzeitiger Ansatz bei physiologisch stabilen Patienten zur Konsolidation schwerer Weichteilverletzungen Verwendung. Dieses Vorgehen kann als «temporäre muskuloskeletale Chirurgie» (MuST-Surgery)<sup>35</sup> bezeichnet werden.

In Anbetracht dieses grossen Angebots an Herangehensweisen und der grosszügigen Verwendung von Damage-Control-Strategien sind standardisierte Indikationsstellung, interdisziplinäre Kommunikation und dynamische Beurteilung von individuellen Parametern essenziell. Eine wichtige Aufgabe für die Zukunft sollte die Etablierung von einheitlichen Definitionen, Behandlungsalgorithmen und Leitlinien sowie die Entwicklung von randomisierten Studien zu deren Validierung sein.



Die Referenzen finden Sie auf: [www.swiss-knife.org](http://www.swiss-knife.org)

**Tabelle 1: Zeitleiste wichtiger Meilensteine**

Jahr	Meilenstein
1908	erste Beschreibung von abdominalem Packing
1983	abdominales Packing bei schwerer Koagulopathie
1989	randomisierte Studie bestätigt «Early Total Care»
1993	«Damage Control» für abdominelle Verletzungen
1996	ausgedehnte Chirurgie als physiologischer «Second Hit»
2000	«Damage Control Orthopedics» für Frakturen von Becken und Extremitäten
2000	«Damage Control» für Verletzungen des Thorax
2007	«Damage Control Resuscitation»

**Tabelle 2: Nomenklatur verschiedener momentan gebräuchlicher Konzepte**

Übersetzt aus Pfeifer, R., & Pape, H. C. «Trends in nomenclature to describe concepts in trauma patients: Time for standardization.»<sup>36</sup>

Begriff	Indikation	Verletzungsmuster
Acute Traumatic Coagulopathy (ATC)	akute Blutung	nicht definiert
Damage control resuscitation (DCR) <sup>25</sup>	akute Blutung	nicht definiert
Resuscitation associated coagulopathy (RAC)	akute Blutung	nicht definiert
MuST-Surgery: «MusculoSkeletal Temporary Surgery» <sup>35</sup>	instabile Fraktur	Monotrauma
Early Total Care (ETC) <sup>7</sup>	instabile Fraktur	isolierte oder multiple Frakturen
Damage Control Orthopedics <sup>13</sup>	instabile Fraktur	multiple Frakturen
Early Appropriate Care (EAC) <sup>20</sup>	instabile Fraktur	isolierte oder multiple Frakturen
Safe definitive Surgery (SDS) <sup>19,37</sup>	instabile Fraktur	multiple Frakturen

## Literatur

1. Lucas CE, Ledgerwood AM. Prospective evaluation of hemostatic techniques for liver injuries. *J Trauma*. 1976;16(6):442-451
2. Stone HH, Strom PR, Mullins RJ. Management of the major coagulopathy with onset during laparotomy. *Ann Surg*. 1983;197(5):532-535
3. Burch JM, Ortiz VB, Richardson RJ, Martin RR, Mattox KL, Jordan GL, Jr. Abbreviated laparotomy and planned reoperation for critically injured patients. *Ann Surg*. 1992;215(5):476-483; discussion 483-474
4. Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, et al. 'Damage control': an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma*. 1993;35(3):375-382; discussion 382-373.
5. Rotondo MF, Zonies DH. The damage control sequence and underlying logic. *Surg Clin North Am*. 1997;77(4):761-777
6. Bone RC, Balk RA, Cerra FB, et al. Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. The ACCP/SCCM Consensus Conference Committee. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine. *Chest*. 1992;101(6):1644-1655
7. Bone LB, McNamara K, Shine B, Border J. Mortality in multiple trauma patients with fractures. *J Trauma*. 1994;37(2):262-264; discussion 264-265
8. Riska EB, von Bonsdorff H, Hakkinen S, Jaroma H, Kiviluoto O, Paa-vilainen T. Primary operative fixation of long bone fractures in patients with multiple injuries. *J Trauma*. 1977;17(2):111-121
9. Seibel R, LaDuca J, Hassett JM, et al. Blunt multiple trauma (ISS 36), femur traction, and the pulmonary failure-septic state. *Ann Surg*. 1985;202(3):283-295
10. Bone LB, Johnson KD, Weigelt J, Scheinberg R. Early versus delayed stabilization of femoral fractures. A prospective randomized study. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1989;71(3):336-340
11. Pape HC, Auf'm Kolk M, Paffrath T, Regel G, Sturm JA, Tscherne H. Primary intramedullary femur fixation in multiple trauma patients with associated lung contusion--a cause of posttraumatic ARDS? *J Trauma*. 1993;34(4):540-547; discussion 547-548
12. Waydhas C, Nast-Kolb D, Trupka A, et al. Posttraumatic inflammatory response, secondary operations, and late multiple organ failure. *J Trauma*. 1996;40(4):624-630; discussion 630-621
13. Scalea TM, Boswell SA, Scott JD, Mitchell KA, Kramer ME, Pollak AN. External Fixation as a Bridge to Intramedullary Nailing for Patients with Multiple Injuries and with Femur Fractures: *Damage Control Orthopedics*. 2000;48(4):613-623
14. Pape HC, Rixen D, Morley J, et al. Impact of the method of initial stabilization for femoral shaft fractures in patients with multiple injuries at risk for complications (borderline patients). *Ann Surg*. 2007;246(3):491-499; discussion 499-501
15. Rixen D, Grass G, Sauerland S, et al. Evaluation of criteria for temporary external fixation in risk-adapted damage control orthopedic surgery of femur shaft fractures in multiple trauma patients: „evidence-based medicine“ versus „reality“ in the trauma registry of the German Trauma Society. *J Trauma*. 2005;59(6):1375-1394; discussion 1394-1375
16. Steinhilber E, Lefering R, Tjardes T, Neugebauer EA, Bouillon B, Rixen D. A risk-adapted approach is beneficial in the management of bilateral femoral shaft fractures in multiple trauma patients: an analysis based on the trauma registry of the German Trauma Society. *The journal of trauma and acute care surgery*. 2014;76(5):1288-1293
17. Pape HC, Regel G, Dwenger A, et al. Influences of different methods of intramedullary femoral nailing on lung function in patients with multiple trauma. *J Trauma*. 1993;35(5):709-716
18. Pape HC, Halvachizadeh S, Leenen L, Velmahos GD, Buckley R, Giannoudis PV. Timing of major fracture care in polytrauma patients - An update on principles, parameters and strategies for 2020. *Injury*. 2019;50(10):1656-1670
19. Pape HC, Pfeifer R. Safe definitive orthopaedic surgery (SDS): repeated assessment for tapered application of Early Definitive Care and Damage Control?: an inclusive view of recent advances in poly-trauma management. *Injury*. 2015;46(1):1-3
20. Vallier HA, Wang X, Moore TA, Wilber JH, Como JJ. Timing of orthopaedic surgery in multiple trauma patients: development of a protocol for early appropriate care. *J Orthop Trauma*. 2013;27(10):543-551
21. Dezman ZDW, Comer AC, Smith GS, et al. Repeat lactate level predicts mortality better than rate of clearance. *The American journal of emergency medicine*. 2018;36(11):2005-2009
22. Halvachizadeh S, Baradaran L, Cinelli P, Pfeifer R, Sprengel K, Pape HC. How to detect a polytrauma patient at risk of complications: A validation and database analysis of four published scales. *PLoS one*. 2020;15(1):e0228082
23. Hildebrand F, Lefering R, Andruszkow H, Zelle BA, Barkatali BM, Pape HC. Development of a scoring system based on conventional parameters to assess polytrauma patients: PolyTrauma Grading Score (PTGS). *Injury*. 2015;46 Suppl 4:S93-98
24. Kutcher ME, Howard BM, Sperry JL, et al. Evolving beyond the vicious triad: Differential mediation of traumatic coagulopathy by injury, shock, and resuscitation. *The journal of trauma and acute care surgery*. 2015;78(3):516-523
25. Holcomb JB, Jenkins D, Rhee P, et al. Damage Control Resuscitation: Directly Addressing the Early Coagulopathy of Trauma. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2007;62(2)
26. Holcomb JB, Tilley BC, Baraniuk S, et al. Transfusion of Plasma, Platelets, and Red Blood Cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 Ratio and Mortality in Patients With Severe Trauma: The PROPPR Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2015;313(5):471-482
27. Spahn DR, Bouillon B, Cerny V, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition. *Crit Care*. 2019;23(1):98
28. Benz D, Balogh ZJ. Damage control surgery: current state and future directions. *Curr Opin Crit Care*. 2017;23(6):491-497
29. Rosenfeld JV. Damage control neurosurgery. *Injury*. 2004;35(7):655-660
30. Kuhn F, Slezak Z. Damage control surgery in ocular traumatology. *Injury*. 2004;35(7):689-695
31. Krausz AA, Krausz MM, Picetti E. Maxillofacial and neck trauma: a damage control approach. *World journal of emergency surgery: WJES*. 2015;10:31
32. Rotondo MF, Bard MR. Damage control surgery for thoracic injuries. *Injury*. 2004;35(7):649-654
33. Brown TLH, Muller MJ. Damage limitation in burn surgery. *Injury*. 2004;35(7):696-706
34. Parr MJA, Alabdi T. Damage control surgery and intensive care. *Injury*. 2004;35(7):712-721
35. Pfeifer R, Kalbas Y, Coimbra R, et al. Indications and interventions of damage control orthopedic surgeries: an expert opinion survey. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020
36. Pfeifer R, Pape HC. Trends in nomenclature to describe concepts in trauma patients: Time for standardization. *Injury*. 2020;51(11):2353-2355
37. Pape HC, Andruszkow H, Pfeifer R, Hildebrand F, Barkatali BM. Options and hazards of the early appropriate care protocol for trauma patients with major fractures: Towards safe definitive surgery. *Injury*. 2016;47(4):787-791