

Hermann Brugger Ken Zafren Luigi Festi
Peter Paal Giacomo Strapazzon (Hrsg.)
Matthias Jacob Hermann Brugger (dt. Hrsg.)

Leseprobe

ALPINE NOTFALL- MEDIZIN



Inhaltsverzeichnis

I	Allgemeine Überlegungen	1	II	Gegenwärtige Situation weltweit	37
1	Einführung in die alpine Notfallmedizin	3	4	Bergrettungsdienste	39
	Hermann Brugger, Ken Zafren, Luigi Festi			Fidel Elsensohn	
			4.1	Hintergrund	39
2	Geschichte der Bergrettung	7	4.2	Die Internationale Kommission für alpine	
	Giancelso Agazzi			Rettung	40
2.1	Entwicklung der Bergrettung	7	4.3	Aktueller Stand der Bergrettung	41
2.1.1	Anfänge	7	4.3.1	Finanzierung	41
2.1.2	Hannibal mit seinen Elefanten	8	4.3.2	Bodengebundene/terrestrische Rettung	41
2.1.3	Erste organisierte Bergrettung	8	4.3.3	Luft	41
2.1.4	Alpine Rettung in den Alpen	8	4.3.4	Notfallmedizinisches System alpinen Bereich	46
2.1.5	Bergrettung auf der ganzen Welt	10	5	Hubschrauberrettung	49
2.2	Bergrettungsgeschichten aus der ganzen Welt	14		Iztok Tomazin, Patrick Fauchère, Günther Sumann	
2.2.1	Mont Blanc und Unglücke am Matterhorn	15	5.1	Hintergrund	50
2.2.2	Ein Gelübde nach der Kreuzfahrt	15	5.2	Geschichte	50
2.2.3	Unter der Lawine	15	5.2.1	Erste Schritte	50
2.2.4	Tragödien von 1936 und 1946	15	5.2.2	Fortschritt	51
2.2.5	Tragödien in den 1950er-Jahren	15	5.3	Epidemiologie	51
2.2.6	Tragödien in den 1960er-Jahren	16	5.4	Vorteile der Luftrettung in den Bergen	53
2.2.7	Tragödien in den 1970er-Jahren	17	5.5	Grundlagen der Luftrettung in den Bergen	53
2.2.8	Aktuellere Tragödien	17	5.5.1	ICAR ARC	53
2.3	Persönlichkeiten	18	5.5.2	ICAR MedCom	53
2.4	Such- und Rettungshunde	23	5.5.3	Terminologie	53
2.5	International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR)	24	5.5.4	Probleme in schwierigem Gelände	54
			5.5.5	Instrumentenflugregeln	55
3	Herausforderungen der Bergrettung	27	5.5.6	Rettungsflüge bei Nacht	55
	Oliver Reisten, Oliver Kreuzer, Michèle Imhasly und Philipp Venetz		5.5.7	Große Höhen	55
3.1	Einführung	27	5.5.8	Flugphysiologie	56
3.2	Generelle Überlegungen	27	5.5.9	Gefahren rund um den Hubschrauber	56
3.2.1	Der „Spirit“ des Bergsteigens und der Bergrettung	27	5.5.10	Crew Resource Management	57
3.2.2	Bergsteigen und Bergrettung als Herausforderung	28	5.6	Empfehlungen	57
3.2.3	Entscheidungsfindung	28	5.6.1	Organisation	57
3.2.4	Erfahrung	29	5.6.2	Arbeitsplatzbedingungen	59
3.3	Kultur des Rettungsteams	30	5.6.3	Dienstpläne	59
3.4	Kenntnisse und Fähigkeiten	31	5.6.4	Sicherheit	59
3.4.1	Fortbewegung im alpinen Gelände	31	5.6.5	Integration und Zusammenarbeit	59
3.4.2	Spezielle Überlegungen	34	5.6.6	Leitstellen	60
			5.6.7	Zeit	61
			5.6.8	Kommunikation	61
			5.6.9	Team	61

5.6.10	Medizinische Behandlung	62	IV	Ausrüstung	89
5.6.11	Winden- und Taubergungen	64			
5.6.12	Helikopter	65	7	Technische Ausrüstung, Rettungstechniken und Kommunikation	91
5.6.13	Rettungsausrüstung	65		Oliver Kreuzer, Danica Barron, Nathan Simonson, Anjan Truffer	
5.6.14	Medizinische Ausrüstung	65			
5.6.15	Persönliche Schutzausrüstung	66			
III	Aus- und Fortbildung	71			
6	Ausbildung und Training	73			
	Monika Brodmann Maeder, Steven Roy, Jason Williams, Mike Greene				
6.1	Einführung	73	7.1	Hintergrund	91
6.2	Theorien der Erwachsenenbildung	74	7.2	Technische Bergbekleidung	92
6.2.1	Andragogik: Unterricht für erwachsene Lernende	74	7.2.1	Baselayer	92
6.2.2	Heutagogik: selbstgesteuertes Lernen	74	7.2.2	Leichte Isolierung	93
6.3	Lehrplangestaltung	75	7.2.3	Mittlere Isolierung	93
6.3.1	Allgemeine Überlegungen	76	7.2.4	Hardshelljacke	93
6.3.2	Bedarfsanalyse	76	7.2.5	Handschuhe	93
6.3.3	Übergeordnetes Ziel und Zielsetzungen	76	7.2.6	Stiefel und Schuhe	93
6.3.4	Lehrmethoden und -inhalte	76	7.3	Tragemittel	93
6.3.5	Umsetzung	77	7.4	Persönliche Schutzausrüstung	94
6.3.6	Lehrkräfte	77	7.4.1	Klettergurt	94
6.3.7	Beurteilung der Lernenden und Kursevaluation	78	7.4.2	Helm	94
6.4	Lehrmethoden	78	7.4.3	Alpine Ausrüstung	94
6.4.1	Blended Learning	78	7.5	Rettungstechniken	96
6.4.2	E-Learning	78	7.5.1	Prinzipien der Bergrettung	96
6.4.3	Fernunterricht	78	7.5.2	Arten von Bergrettungseinsätzen	96
6.4.4	„Flipped Classroom“	79	7.5.3	Fähigkeiten für die technische Rettung	96
6.4.5	Interaktive Präsentationen	79	7.6	SAR-Dienste	97
6.4.6	Fallbasiertes Lernen	79	7.7	Transportarten	97
6.4.7	Problembasiertes Lernen	80	7.7.1	Bodengebundener Transport ohne Fahrzeugunterstützung	97
6.4.8	Skills Labs	80	7.7.2	Unmotorisierter Transport auf Schnee	97
6.4.9	Virtuelle Lernumgebung	81	7.7.3	Motorisierter Transport im Schnee	98
6.4.10	Simulation und Debriefing	81	7.8	Hubschrauber	99
6.5	Konkrete Planung von Lernaktivitäten	82	7.8.1	Hubschraubereinsätze	100
6.5.1	Inhalt und Ziele	82	7.8.2	Flugsicherheit	100
6.5.2	Aktivitätenplanung	82	7.9	Kommunikation	104
6.6	Tipps für einen erfolgreichen Unterricht	82	7.9.1	Mobiltelefone	105
6.7	Bewertung der Studierenden	84	7.9.2	Satellitentelefone	106
6.7.1	Formative Lernbeurteilung	84	7.9.3	Ortungssender, Peilsender oder Satellitennachrichtengeräte	107
6.7.2	Summative Lernbeurteilung	84	7.10	Danksagung	107
6.7.3	Schriftliche Beurteilung	84	8	Medizinische Ausrüstung im Bergrettungsdienst	109
6.7.4	Praktische Beurteilung	84		Fidel Elsensohn, Urs Pietsch	
6.8	Evaluierung der Ausbildung	84	8.1	Einleitung	109
6.9	Diplomkurse in Alpinmedizin	85	8.2	Epidemiologie	109
6.9.1	DiMM-Kurse: Wesentliche Elemente und Standards	85	8.3	Geschichte der medizinischen Versorgung in der Bergrettung	110
6.9.2	Kursarten	85	8.4	Konzepte der medizinischen Versorgung im Bergrettungsdienst	111
			8.5	Medizinische Ausrüstung im Bergrettungsdienst	111
			8.5.1	Allgemeine Überlegungen	111
			8.5.2	Hubschrauberrettung im Bergrettungsdienst	112

8.5.3	Medizinische Ausrüstung	112	11.8	Risikobewertung und -management in der Bergrettung	148
8.6	Aktueller Stand der medizinischen Ausrüstung	119	11.8.1	Grundsätze	148
8.6.1	Medizinische Rucksäcke für Bergretter	119	11.8.2	Risikomanagementprozess: Kommunikation und Situationsbewusstsein	148
8.6.2	Rucksäcke für Bergrettungsärzte und Sanitäter	120			
8.7	Empfohlene medizinische Ausrüstung	123	12	Wundversorgung	151
8.7.1	Medizinische Ausrüstung für Ersthelfer	123		Mike Greene	
8.7.2	Medizinische Ausrüstung für Ärzte	123	12.1	Hintergrund	151
8.8	Zusammenfassung	124	12.2	Pathophysiologie	151
V	Versorgung vor Ort	127	12.3	Wundbeurteilung	152
9	Einführung in die alpine Notfallversorgung	129	12.3.1	Anamnese	152
	Oliver Reisten, Hermann Brugger		12.3.2	Untersuchung	153
9.1	Einleitung	129	12.4	Blutungskontrolle	153
9.2	Bergrettungsdienst	130	12.5	Persönliche Schutzausrüstung und Sicherheit	154
9.3	Bergsteigen und Bergrettung	131	12.6	Langfristige Betreuung vor Ort	154
9.4	Menschliche Faktoren	131	12.6.1	Wundreinigung und Débridement	154
10	Sicherheit	133	12.6.2	Wundverschluss	155
	John Ellerton, Johannes Schiffer		12.7	Anästhesie	155
10.1	Hintergrund	133	12.8	Methoden des Wundverschlusses	155
10.2	Wissenschaft	134	12.9	Antibiotika	156
10.3	Wie verbessern wir die Sicherheit unserer Rettungseinsätze?	135	12.10	Tetanus	156
10.4	Crew Resource Management	136	12.11	Tollwut	157
11	Patientenbeurteilung und Risikomanagement in den Bergen	141	12.12	Spezielle Wunden	157
	Fidel Elsensohn		12.12.1	Bauch	157
11.1	Einleitung	141	12.12.2	Schürfwunden	157
11.2	Allgemeine Überlegungen	141	12.12.3	Tierbisse	158
11.3	Sicherheit von Rettern und Patienten	142	12.12.4	Blasen	158
11.4	Primary Survey (Notfall-Check)	142	12.12.5	Verbrennungen	158
11.5	Secondary Survey	142	12.12.6	Brustkorb	158
11.5.1	Kopfverletzungen	142	12.12.7	Füße	159
11.5.2	Wirbelsäulen- und Beckenverletzungen	143	12.12.8	Gesicht und Mund	159
11.5.3	Verletzungen im Bauch- und Brustbereich	144	12.12.9	Kopf	159
11.5.4	Frakturen und Verrenkungen der Extremitäten	144	12.12.10	Hände	159
11.6	Besondere Situationen	144	12.12.11	Insektenstiche	159
11.6.1	Lawinenunfall	144	12.12.12	Hals	159
11.6.2	Unterkühlung (Hypothermie)	145	12.12.13	Offene Frakturen	159
11.6.3	Unterkühlung durch Eintauchen in kaltes Wasser (cold water immersion)	145	12.12.14	Hautlappen	160
11.6.4	Stürze	145	13	Stabilisierung und Schienung	163
11.6.5	Spaltenstürze	146		Herbert Mayer, Herbert Forster	
11.6.6	Blitzschläge	146	13.1	Medizinischer Hintergrund	163
11.6.7	Hitzschlag	146	13.1.1	Schmerzlinderung	163
11.6.8	Höhenkrankheit	147	13.1.2	Vermeiden einer Verschlimmerung	163
11.7	Sonografie am Einsatzort (Point-of-Care-Ultraschall – POCUS)	147	13.1.3	Erleichterung des Transports	163
			13.2	Grundlagen der Stabilisierung und Schienung	163
			13.2.1	Stabilisierung der angrenzenden Gelenke	163
			13.2.2	Kraftschlüssige Schienung	164
			13.2.3	Formschlüssige Schienung	164
			13.2.4	Schienung am Rumpf oder an anderen Körperteilen	164
			13.2.5	Schienung mit Anwendung von Zug	164
			13.3	Schienung in der Bergrettung	165

13.3.1	SAM®-Splint	165	15.1.4	Mögliche Komplikationen im Zusammenhang mit Frakturen	193
13.3.2	Vakuumschienen und Vakuummatratzen	165	15.1.5	Beurteilung und Behandlung von Frakturen und Verrenkungen vor Ort	194
13.3.3	Luftkammerschienen	165	15.1.6	Häufige Frakturen und Verrenkungen in der Bergrettung	194
13.3.4	Vorgefertigte Schienen für häufig verletzte Körperregionen	165	15.2	Beckenfrakturen	198
13.4	Schienen in bestimmten anatomischen Regionen	166	15.3	Wirbelsäulenverletzungen	200
13.4.1	Fingerschienug	166	15.3.1	Einleitung	200
13.4.2	Handgelenksschienen	166	15.3.2	Beurteilung	201
13.4.3	Stabilisierung des Oberarms und der Schulter	166	15.3.3	Anzeichen und Symptome	201
13.4.4	Schienug des Oberschenkels	167	15.3.4	Lokalisation	202
13.4.5	Schienug des Unterschenkels	167	15.3.5	Komplikationen	202
13.4.6	Immobilisierung der Wirbelsäule	167	15.3.6	Behandlung vor Ort	202
13.4.7	Immobilisierung der Halswirbelsäule	168			
13.4.8	Stabilisierung des Beckens	169	16	Chirurgische Eingriffe vor Ort	207
14	Polytrauma	171		Luigi Festi, Giulio Carcano, Giuseppe Letto, Guido Giardini	
14.1	Einleitung, Begriffe und Definitionen	171	16.1	Einleitung	207
14.2	Hintergrund und Epidemiologie	172	16.2	Diagnostik	207
14.3	Verletzungsmechanismen	172	16.2.1	Ultraschall in schwierigen Umgebungen	208
14.4	Pathophysiologie des Polytraumas	173	16.2.2	Telemedizin	209
14.5	Primary Survey, Akutmaßnahmen, Interventionen und Entscheidungsfindung	173	16.2.3	Chirurgische Behandlung vor Ort	209
14.5.1	Sicherheit und Risikoreduktion	174	16.2.4	Bauch- und Beckenverletzungen	215
14.5.2	Primary Survey	174	17	Kletterunfälle	223
14.6	Secondary Survey	175		Volker Schöffl, Christoph Lutter, Thorsten Keil	
14.7	Vitalstabilisierung	176	17.1	Hintergrund und Geschichte	223
14.7.1	Respiratorisches Versagen und Intubation	176	17.2	Epidemiologie	224
14.7.2	Traumatischer Herz-Kreislauf-Stillstand	177	17.3	Verletzungsmuster	224
14.7.3	Schock	178	17.3.1	Verletzungsmuster und Schweregrad	225
14.7.4	Gerinnungsmanagement und Verwendung von Blutprodukten	180	17.3.2	Sterblichkeitsraten	226
14.7.5	Hypothermie bei Polytrauma	181	17.4	Management und Notfallversorgung vor Ort	226
14.8	Spezielle Verletzungsmuster	181	17.4.1	Lokalisation der Verletzung und Schweregrad	230
14.8.1	Neurotrauma: Schädelhirntrauma und Rückenmarksverletzung	181	17.4.2	Schmerzmanagement vor Ort und während des Transports	230
14.8.2	Thoraxtrauma	182	17.4.3	Intubation/Ventilation vor Ort und während einer Longlinebergung	230
14.8.3	Abdomen- und Beckentrauma	184	18	Hängesyndrom	235
14.8.4	Extremitätentrauma	184		Simon Rauch, Christian Nußbickel, Raimund Lechner	
14.9	Lagerung von Verletzten	185	18.1	Hintergrund, Geschichte und Epidemiologie	235
14.10	Medizinische Versorgung während Bergung und Transport	186	18.2	Pathophysiologie	236
			18.3	Prävention	237
			18.4	Behandlung	237
15	Frakturen, Verrenkungen und Wirbelsäulenverletzungen	191	19	Akzidentelle Hypothermie	241
	Herbert Forster, Herbert Mayer, Hermann Brugger			Peter Paal, Douglas J. Brown	
15.1	Frakturen und Verrenkungen der Extremitäten	191		Bearbeitung der deutschen Version: Peter Paal, Simon Rauch	
15.1.1	Einleitung	191	19.1	Epidemiologie	241
15.1.2	Allgemeine Erwägungen	192	19.2	Primäre und sekundäre Hypothermie	242
15.1.3	Beurteilung	192			

19.3	Pathophysiologie	242	20.7	Therapie	288
19.4	Diagnostik und Gradeinteilung	244	20.8	Lawinenunfälle mit Mehrfachverschütteten	289
19.4.1	Messung der Körperkerntemperatur	246	20.9	Prävention, Risikobewertung und Sicherheitsausrüstung	289
19.4.2	Klinische Symptome	247	20.9.1	Lawinenairbag	291
19.5	Bergungstod und Afterdrop	248	20.9.2	Geräte für künstliche Atemhöhlen	292
19.6	Behandlung vor Ort	248	20.9.3	LVS-Gerät, Lawinensonde und -schaufel	292
19.7	Triage am Einsatzort	250	20.9.4	RECCO®-Rettungssystem	293
19.8	Krankenhausmanagement	250	20.10	Medizinische Ausbildung von Lawinenrettungsteams	293
19.8.1	Triage im Krankenhaus bei hypothermen Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand	251	20.11	Prognose von Lawinenopfern	293
19.8.2	Nicht-extrakorporale Wiedererwärmung	252	21	Erfrierungen	297
19.8.3	Extrakorporale Erwärmung	253		<i>Emmanuel Cauchy, Ken Zafren, Chris Imray</i>	
19.9	Logistisches Patientenmanagement bei akzidenteller Hypothermie	254	21.1	Einleitung	297
19.10	Outcome	254	21.2	Epidemiologie	299
19.11	Danksagung	257	21.3	Risikofaktoren	299
20	Lawinenunfälle	261	21.4	Pathophysiologie	300
	<i>Hermann Brugger, Giacomo Strapazzon, Ken Zafren</i>		21.5	Klinik	300
20.1	Hintergrund	261	21.6	Differenzialdiagnose	301
20.2	Schnee und Lawine	263	21.7	Diagnosekriterien: Gradeinteilung bei Erfrierungen	302
20.2.1	Schnee	264	21.7.1	Ausmaß der anfänglichen Läsion	302
20.2.2	Lawinen	264	21.7.2	Knochenszintigrafie	304
20.3	Epidemiologie	266	21.8	Untersuchungen	304
20.3.1	Lawinenunfälle im freien Gelände	266	21.9	Behandlung	305
20.3.2	Lawinenunfälle in bewohntem Gebiet	268	21.9.1	Behandlung vor Ort	305
20.4	Pathophysiologie	268	21.9.2	Versorgung in der Notaufnahme	306
20.4.1	Atmung im Schnee	270	21.10	Ergänzende Therapien	309
20.4.2	Akzidentelle Hypothermie	273	21.10.1	Hyperbare Sauerstofftherapie (HBO)	309
20.4.3	Trauma	273	21.10.2	Sympathektomie	309
20.5	Präklinisches Management	275	21.10.3	Intraarterielles Reserpin	309
20.5.1	Erste Hilfe durch Begleitpersonen	275	21.11	Behandlung im Krankenhaus	310
20.5.2	Organisierte Lawinenrettung	275	21.11.1	Allgemeine Pflege und Wundversorgung	310
20.5.3	Sicherheit, Kommando und Management vor Ort	276	21.11.2	Amputation	310
20.5.4	Ausrüstung	276	21.12	Erfrierungen bei Expeditionen	311
20.5.5	Suche	277	21.13	Prognose	311
20.5.6	Leitlinien für die medizinische Erstversorgung	277	21.14	Folgeschäden	312
20.5.7	Bergung, Erstbeurteilung und Monitoring	277	21.15	Prävention	312
20.5.8	Trauma	279	21.16	Danksagungen	313
20.5.9	Erweitertes Atemwegsmanagement	279	22	Gletscherspaltenunfälle	315
20.5.10	Notfallmedikamente zur erweiterten Reanimation	280		<i>Oliver Reisten, Oliver Kreuzer, Alessandro Forti, Hermann Brugger</i>	
20.5.11	Prävention und Behandlung der Hypothermie	280	22.1	Hintergrund	315
20.5.12	Kardiopulmonale Reanimation	281	22.2	Epidemiologie und Verletzungsmuster	316
20.5.13	Defibrillation	282	22.2.1	Epidemiologie	316
20.5.14	Mechanische Thoraxkompressionen	282	22.2.2	Verletzungsmuster	317
20.5.15	Verzögerte und intermittierende Reanimation	283	22.3	Technische Rettung	318
20.5.16	CPR: Verzicht oder Abbruch	283	22.4	Medizinische Versorgung	320
20.5.17	Lawinen-Reanimationscheckliste	283	22.4.1	Trauma	320
20.6	Transport und innerklinisches Management	287	22.4.2	Hypothermie	320
20.6.1	Transport	287	22.5	Transport	321
20.6.2	Diagnostik und Triage	287			

23	Flugunfälle	327	24.7	Ausrüstung	353
	Iztok Tomazin, Corinna Ariane Schön, Monika Brodmann Maeder		24.7.1	Helm	353
23.1	Hintergrund	327	24.7.2	Schuhe	353
23.1.1	Popularität von Extremsport	327	24.7.3	Handschuhe	353
23.1.2	Terminologie	327	24.7.4	Trocken- und Nassanzüge	353
23.1.3	Motivation	328	24.7.5	Trillerpfeifen	354
23.2	Geschichte	328	24.7.6	Schnorchelausrüstung	354
23.3	Epidemiologie	328	24.7.7	Messer und Scheren	354
23.4	Flugunfälle: Ursachen und medizinische Auswirkungen	329	24.7.8	Persönliches technisches Equipment	354
23.4.1	Allgemeine Ursachen	329	24.7.9	Rucksäcke	354
23.4.2	Medizinische Auswirkungen	330	24.7.10	Technisches Equipment während SAR-Einsätzen	355
23.5	Spezielle Rettungsaspekte bei Unfällen in der Luftfahrt	330	24.8	Fortbewegungstechniken	355
23.5.1	Rettung von Opfern im Gurtzeug	330	24.8.1	Scrambling und Klettern	355
23.5.2	Flugzeugabsturz	332	24.8.2	Springen und Rutschen	356
23.6	Medizinische Behandlung	332	24.8.3	Abseilen und andere Techniken	356
23.7	Übliche Flugaktivitäten in den Bergen	333	24.8.4	Schwimmen und sich treiben lassen	356
23.7.1	Gleitschirmfliegen	333	24.9	Rettungstechniken und Ausrüstung	356
23.7.2	Drachenfliegen	334	24.9.1	Medizinisches Equipment	357
23.7.3	Motorbetriebenes Gleitschirmfliegen und Drachenfliegen	335	24.9.2	Kommunikationssysteme	359
23.7.4	Fallschirmspringen	335	24.10	Management der Canyon-Rettung	359
23.7.5	Basejumping	336	24.10.1	Risikominderung	360
23.7.6	Segelflugzeuge	339	24.10.2	Erster Eindruck	360
23.7.7	Allgemeine Luftfahrt	339	24.10.3	Das Opfer an einen sicheren Ort bringen	361
23.7.8	Hubschrauber	340	24.10.4	Primary Assessment (Erstuntersuchung)	362
23.7.9	Kommerzielle Luftfahrt/Linienflugverkehr	341	24.10.5	Management von lebensbedrohlichen Zuständen	362
23.7.10	Heißluftballonfahren	341	24.10.6	Secondary Assessment	364
			24.10.7	Vorbereitung für den Transport	364
24	Canyoning-Unfälle	345	24.11	Evakuierung und Transport	365
	Giacomo Strapazzom, Ingo Soteras, Oliver Reisten		25	Höhlenunfälle	369
24.1	Hintergrund	345		Inigo Soteras, Lana Donlagic, Giacomo Strapazon, Roger Mortimer	
24.2	Geschichte des Canyoning und der „Search-and- Rescue“ (SAR)-Einsätze	345	25.1	Geschichte	369
24.3	Epidemiologie von Canyoning-Unfällen und SAR- Einsätzen	347	25.2	Epidemiologie	370
24.4	Verletzungsmechanismen und umweltbedingte Krankheiten	349	25.2.1	Demografie	371
24.4.1	Verstauchung oder Bruch des Sprunggelenks	349	25.2.2	Verletzungsmuster	371
24.4.2	Verrenkungen	349	25.2.3	Ursachen	373
24.4.3	Verletzungen der Wirbelsäule	349	25.2.4	Schwere Verletzungen	373
24.4.4	Kopfverletzungen	349	25.2.5	Kontinuierliche Datenerfassung	373
24.4.5	Leichte Verletzungen	349	25.3	Gefahren und Schadensbegrenzung	373
24.4.6	Ertrinken	350	25.3.1	Dunkelheit und Licht	373
24.4.7	Akzidentelle Hypothermie	351	25.3.2	Navigation in der Höhle	374
24.4.8	Bergetod	351	25.3.3	Infektionskrankheiten	374
24.4.9	Hitzschlag und Rhabdomyolyse	351	25.3.4	Ungleichmäßige Oberflächen	375
24.4.10	Zoonose und andere Infektionen	351	25.3.5	Vertikale Exposition	375
24.5	Rettungseinsätze	351	25.3.6	Steinschlag	375
24.6	Sicherheit im Canyon	352	25.3.7	Giftige Wetter	376
			25.3.8	Temperatur	377
			25.3.9	Wasser	377
			25.4	Medizinische Überlegungen	378
			25.4.1	Grenzen der medizinischen Versorgung	379
			25.4.2	Vorerkrankungen	379

25.4.3	Medizinische Ausrüstung	380	26.9.5	Einschätzung	401
25.4.4	Patientenkomfort	381	26.9.6	Risikobewertung und Management	401
25.4.5	Monitoring	381	26.10	Wildwasser-Rettungstechniken	402
25.4.6	Leitlinien	382	26.10.1	Schwimmen im Wildwasser	402
25.4.7	Psychologische Überlegungen	382	26.10.2	Luftgestützte Rettungen	404
25.4.8	Hypothermie	382			
25.4.9	Hängen am Seil	383	27	Verletzungen durch Blitzschlag	409
25.4.10	Verbrennungen	383		<i>Ken Zafren, Daniel Migliaccio</i>	
25.4.11	Schienung häufiger Verletzungen	383	27.1	Hintergrund	409
25.4.12	Dokumentation	383	27.2	Geschichte	410
25.4.13	Schmerztherapie	383	27.3	Epidemiologie	410
25.4.14	Transport	383	27.4	Wissenswertes über Blitze	411
25.5	Management	385	27.5	Pathophysiologie	411
25.5.1	Alarmierung	385	27.5.1	Elektrische Verletzungen durch einen Blitzschlag	411
25.5.2	Suche	385	27.5.2	Indirekte Verletzungsmechanismen durch einen Blitzschlag	411
25.5.3	Aufbau des Einsatzes	385	27.5.3	Unterschiede zwischen Verletzungen durch Blitz- und Stromschlag	411
25.5.4	Teams	386	27.5.4	Herz-Kreislauf- und Atemstillstand	412
25.5.5	Ausrüstung	387	27.5.5	Kardiovaskuläre Schäden	412
25.5.6	Tauchen	388	27.5.6	Schädigungen der Lunge	412
25.5.7	Veränderung der Höhle	388	27.5.7	Neurologische Schädigungen	412
25.5.8	Kommunikation	388	27.5.8	Schädigungen der Haut	412
25.5.9	Verlorene Ausrüstung	389	27.5.9	Schädigungen der Augen	414
25.5.10	Einsatzende und Demobilisierung	389	27.5.10	Schädigungen der Ohren	414
			27.5.11	Psychische und kognitive Verletzungen	414
			27.5.12	Schwangerschaft	414
26	Wasserrettung	391	27.6	Management und medizinische Behandlung	414
	<i>Patrick Wenger, Danica Barron, Stephen Maier</i>		27.6.1	Differenzialdiagnosen	414
26.1	Hintergrund	391	27.6.2	Sicherheit am Einsatzort	414
26.1.1	Wildwasserhydrologie und Flusssdynamik	391	27.6.3	Primary Survey	414
26.1.2	Fachbegriffe	393	27.6.4	Triage bei Blitzschlagunfällen mit mehreren Verletzten	415
26.2	Gefahren des Flusses und Terminologie	394	27.6.5	Disposition	415
26.2.1	Verklausungen	394	27.6.6	Management im Krankenhaus	415
26.2.2	Unterspülungen	394	27.6.7	Langzeitmanagement	415
26.2.3	Kissen	395	27.7	Prävention	416
26.2.4	Löcher	395			
26.2.5	Höcker	395	28	Ermüdung und Erschöpfung in den Bergen	419
26.2.6	V-Form stromaufwärts	395		<i>Darryl Joseph Macias</i>	
26.2.7	V-Form stromabwärts	395	28.1	Hintergrund, Geschichte und Epidemiologie	420
26.2.8	Selbstrettungstechniken	396	28.2	Muskelererschöpfung und Ermüdung	421
26.3	Ertrinken	396	28.2.1	Trainingsreaktion	421
26.3.1	Epidemiologie	396	28.2.2	Energie und Stoffwechsel im Muskel	422
26.3.2	Definition	397	28.2.3	Systemische Faktoren, die zum Training beitragen	422
26.4	Pathophysiologie des Ertrinkens	397	28.2.4	Bewertung der körperlichen Leistungsfähigkeit	422
26.5	Hypothermie und Kälteschock	398	28.2.5	Maximale Sauerstoffaufnahme	423
26.6	Andere Ursachen für Morbidität und Mortalität bei der Wasserrettung	399	28.2.6	Laktatschwelle	423
26.7	Medizinisches Management	399	28.2.7	Beginn peripherer Ermüdung	423
26.8	Grundsätze der Wildwasserrettung	400	28.3	Zentrale Ermüdung und Erschöpfung	423
26.9	Vorplanung der Wasserrettung	400	28.4	Modell der zentralen Steuerung	425
26.9.1	Gefahrenanalyse	400	28.5	Müdigkeit infolge des unterschätzten Magen-Darm-Trakts	426
26.9.2	Ausrüstung	400			
26.9.3	Training	401			
26.9.4	Festgelegte Verfahren und Kommunikation	401			

28.6	Prävention von Müdigkeit und Erschöpfung	426	31	Kardiovaskuläre Notfälle im Gebirge	469
28.6.1	Körperliche Kondition und Ermüdung	426		Gianfranco Parati, Dario Pellegrini	
28.6.2	Intermittierendes hypoxisches Training	427	31.1	Hintergrund	469
28.6.3	Ernährung und Ermüdung	427	31.2	Plötzlicher Herztod	470
28.7	Nahrungsergänzung und Medikamente gegen		31.2.1	Epidemiologie und Hintergrund	470
	Ermüdung	428	31.2.2	Management und Behandlung	470
28.7.1	Koffein, Energydrinks und Nahrungsergänzungsmittel.	428	31.3	Akutes Koronarsyndrom	471
28.7.2	Medikamente und andere Ergänzungsmittel gegen		31.3.1	Epidemiologie	471
	Müdigkeit und Erschöpfung	429	31.3.2	Pathophysiologie	471
			31.3.3	Klinisches Bild	472
29	Hitzeerkrankungen	433	31.3.4	Management und Behandlung	472
	Flavio Gaudio, Grant Lipman		31.3.5	Prävention	475
29.1	Hintergrund	433	31.4	Lungenembolie	475
29.2	Definition	433	31.4.1	Epidemiologie	475
29.3	Physiologie	434	31.4.2	Pathophysiologie	475
29.3.1	Wärmeableitung	434	31.4.3	Klinisches Bild	476
29.3.2	Akuter Hitzestress	435	31.4.4	Therapie	477
29.3.3	Chronischer Hitzestress	435	31.5	Arterielle Thrombose	478
29.3.4	Beeinträchtigte Wärmeableitung	435	31.5.1	Epidemiologie	478
29.4	Hitzschlag	436	31.5.2	Pathophysiologie	478
29.4.1	Pathophysiologie	436	31.5.3	Klinisches Bild	478
29.4.2	Hitze und Dehydrierung	437	31.5.4	Behandlung	478
29.5	Klinische Syndrome	437	31.6	Hypertensive Notfälle	479
29.5.1	Hitzschlag und Hitzeerschöpfung	439	31.6.1	Epidemiologie	479
29.5.2	Leichte Hitzeerkrankungen	441	31.6.2	Pathophysiologie	479
29.6	Präklinische Behandlung einer Hitzeerkrankung.	441	31.6.3	Klinisches Bild	479
29.6.1	Immersion Kühlung bei Hitzschlag	441	31.6.4	Behandlung	480
29.6.2	Verdunstungskühlung bei Hitzschlag	443	31.7	Akute Herzinsuffizienz	480
29.6.3	Hitzeerschöpfung	444	31.7.1	Epidemiologie	480
29.6.4	Flüssigkeitszufuhr	444	31.7.2	Pathophysiologie	481
29.6.5	Behandlung leichter Hitzeerkrankungen	444	31.7.3	Klinisches Bild	481
29.6.6	Eispackungen oder chemische Kältepackungen.	445	31.7.4	Behandlung	481
29.6.7	Anwendung von Eishandtüchern	445	31.8	Aortendissektion	482
29.6.8	Antipyretika	445	31.8.1	Epidemiologie	482
29.7	Klinische Behandlung	445	31.8.2	Pathophysiologie	484
29.7.1	Ergänzende oder kombinierte Kühlmethoden.	446	31.8.3	Klinisches Bild	484
29.7.2	Ziel-Kühltemperaturen	446	31.8.4	Management und Behandlung	484
29.7.3	Medikamentöse Behandlung eines Hitzschlags	446	31.9	Ischämische zerebrovaskuläre Notfälle	485
29.7.4	Behandlung nach erfolgter Abkühlung	446	31.9.1	Epidemiologie	485
			31.9.2	Pathophysiologie	485
30	Notfälle durch Stiche und Bisse	451	31.9.3	Behandlung	486
	Rik De Decker, Gela Tölken		31.9.4	Prävention	486
30.1	Einleitung	451	32	Höhenkrankheiten	491
30.2	Toxikologie vs. Toxinologie	451		Ryan Paterson, Steven Roy	
30.3	Bedrohungen durch beißende und stechende		32.1	Hintergrund	491
	Tiere	452	32.2	Definitionen	491
30.4	Spezielle Gifttiere	453	32.3	Höhenphysiologie	491
30.4.1	Schlangen	453	32.3.1	Akute Höhenexposition	492
30.4.2	Skorpione	458	32.3.2	Chronische Höhenexposition	493
30.4.3	Spinnen	461	32.4	Prävention von Höhenkrankheiten bei Bergrettern.	493
30.4.4	Hymenoptera	463	32.4.1	Risikobewertung	493
30.5	Danksagung	467			

32.4.2	Vorakklimatisierung	493	33.14.1	Antipsychotika bei psychiatrischen Notfällen	516
32.4.3	Prävention der akuten Höhenkrankheit und des höhenbedingten Hirnödems	494	33.14.2	Benzodiazepine bei psychiatrischen Notfällen	517
32.4.4	Prävention des Höhenlungenödems	496	34	Medizinische Notfälle	521
32.4.5	Sonstige Überlegungen	496		Monika Brodmann Maeder, Bernd Wallner, Darryl Joseph Macias	
32.5	Akute Höhenkrankheit (AMS)	496	34.1	Einleitung	521
32.5.1	Epidemiologie	496	34.2	Anaphylaxie	522
32.5.2	Risikofaktoren	497	34.2.1	Hintergrund, Geschichte und Epidemiologie	522
32.5.3	Pathophysiologie	497	34.2.2	Pathophysiologie	522
32.5.4	Diagnostik	497	34.2.3	Therapie	523
32.5.5	Transport und medizinisches Management	498	34.3	Neurologische Notfälle	524
32.6	Höhenhirnödem	498	34.3.1	Einleitung	524
32.6.1	Epidemiologie	498	34.3.2	Unklare Bewusstseinsstörungen	525
32.6.2	Risikofaktoren	498	34.3.3	Kopfschmerz	526
32.6.3	Pathophysiologie	498	34.3.4	Krampfanfälle und Epilepsie	527
32.6.4	Transport und medizinisches Management	499	34.3.5	Zerebrovaskuläre Notfälle	528
32.7	Höhenlungenödem	499	34.4	Pneumologische Notfälle	529
32.7.1	Epidemiologie	499	34.4.1	Einleitung	529
32.7.2	Risikofaktoren	500	34.4.2	Pathophysiologie	530
32.7.3	Pathophysiologie	501	34.4.3	Anzeichen und Symptome von respiratorischen Notfällen	530
32.7.4	Transport und medizinisches Management	501	34.4.4	Klinische Probleme	530
32.8	Andere höhenbedingte Störungen	502	34.5	Notfälle bei Infektionskrankheiten	533
32.8.1	Höhenbedingte Netzhautblutung	502	34.5.1	Einleitung	533
32.8.2	Höhenpsychose	502	34.5.2	Pathophysiologie	533
33	Psychiatrische Notfälle	507	34.5.3	Behandlung von Infektionen	534
	Katharina Hufner, Barbara Sperner-Unterweger		34.6	Spezielle Situationen in der Bergrettung	534
33.1	Hintergrund	507	34.6.1	Diarrhö	534
33.2	Psychiatrische Erkrankungen bei Menschen, die dauerhaft in großen Höhen leben	508	34.6.2	Handinfektionen	534
33.3	Leitsymptom: psychomotorische Agitation	509	34.6.3	Fieberkrämpfe bei Kindern	535
33.4	Leitsymptom: Suizidalität	509	34.6.4	Übertragbare Krankheiten	535
33.5	Leitsymptom: Angst	510	35	Schmerztherapie	539
33.6	Leitsymptom: Insomnie in der Höhe	510		Elisabeth Gruber, Mathieu Pasquier, Bruce Brink, Maria Antonia Nerin	
33.7	Delir	511	35.1	Hintergrund	539
33.7.1	Delir im Zusammenhang mit Intoxikation oder Entzug	511	35.2	Nichtpharmakologisches Schmerzmanagement	542
33.7.2	Delir ohne Bezug zu Substanzintoxikation oder Entzug	512	35.2.1	Empathie	543
33.8	Substanzintoxikation	512	35.2.2	Basismaßnahmen	543
33.9	Höhenbedingte Psychose	512	35.2.3	Medikamentöse Behandlung: Verabreichungsformen	544
33.10	Akute Belastungsstörung und posttraumatische Belastungsstörung	513	35.2.4	Medikamentöse Therapie: Arzneimittel	546
33.11	Somatische Belastungsstörung und verwandte Erkrankungen	514	35.2.5	Inhalationen	553
33.12	Veränderungen der Stimmung in großen Höhen	515	35.3	Regionalanästhesie	554
33.13	Neuropsychologische Beeinträchtigung in großen Höhen	515	35.3.1	Lokalanästhesie	554
33.14	Psychiatrische Notfallmedikamente	516	35.3.2	Komplikationen	554
			35.3.3	Regionale Blockaden	554
			35.4	Kinder	557
			35.4.1	Schmerzerfassung	557
			35.4.2	Komplikationen	557

36	Erweitertes Atemwegsmanagement in der Bergrettung	563	38.5.8	Technische Überlegungen für den Einsatz eines AEDs in den Bergen	599
	Alexandre Kottmann, Natalie Hölzl, Peter Paal		38.5.9	Zukünftige Herausforderungen	600
36.1	Hintergrund	563	39	Abbruch der Reanimation bei Bergrettungseinsätzen	603
36.2	Indikationen für das erweiterte präklinische Atemwegsmanagement	564		Peter Paal, Mario Milani	
36.3	Alternativen zur präklinischen Rapid Sequence Induction (RSI) und zur endotrachealen Intubation.	565	39.1	Hintergrund	603
36.4	Geräte zur Atemwegssicherung in der Bergrettung.	566	39.2	Allgemeine Aspekte und ethische Überlegungen	604
36.5	Medikamente zur Rapid Sequence Induction (RSI) in der Bergrettung.	567	39.3	Primärer Herz-Kreislauf-Stillstand	606
36.6	Vorbereitung für Anästhesieeinleitung und Atemwegsmanagement	568	39.4	Umweltbedingte Einschränkungen und besondere Umstände	606
36.7	Oxygenierung und Präoxygenierung	569	39.4.1	Trauma	606
36.8	Endotracheale Intubation und Beatmung	570	39.4.2	Akzidentelle Hypothermie.	607
36.9	Lagekontrolle des Endotrachealtubus	570	39.4.3	Ertrinken	608
36.10	Schwieriger Atemweg	570	39.4.4	Lawinen	608
36.11	Aufrechterhaltung der Anästhesie, Monitoring und Beatmung	572	39.4.5	Blitzschlag	609
36.12	Nebenwirkungen der Anästhesie	572	39.4.6	Verbrennungen	609
36.13	Training	572	39.4.7	Vergiftungen	609
37	Herz-Kreislauf-Stillstand im alpinen Gelände	577	39.4.8	Kindernotfälle	609
	Simon Rauch, Peter Paal		39.5	Weitere Überlegungen	610
37.1	Hintergrund	577	39.5.1	Gefährliches Terrain, wodurch sich die Patientenbeurteilung verzögert	610
37.2	Epidemiologie und Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstands in den Bergen	577	39.5.2	Lange Transportzeiten	610
37.2.1	Primärer Herz-Kreislauf-Stillstand	577	39.5.3	Rechtsangelegenheiten	610
37.2.2	Sekundäre Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstands	578	39.5.4	Limitationen.	610
37.3	Versorgung	579	39.6	Glossar	611
37.3.1	Basic und Advanced Life Support	579	40	Transport	615
37.3.2	Wiederbelebung von Patienten eines Herz-Kreislauf-Stillstands in den Bergen	581		Alberto Zoli, Gianluca Marconi, Bruce Brink, Mario Teruzzi	
38	Automatisierte externe Defibrillatoren	591	40.1	Hintergrund	615
	Peter Paal, Fidel Elsensohn		40.2	Anforderungen an Rettungsdienste	616
38.1	Hintergrund	591	40.3	Transportvorbereitung	616
38.2	Epidemiologie.	592	40.3.1	Primäruntersuchung und Erstbehandlung	616
38.3	Risiko eines Herz-Kreislauf-Stillstands in Berggebieten	592	40.3.2	Beckenfrakturen.	616
38.4	Automatisierte externe Defibrillatoren	592	40.3.3	Extremitätenfrakturen	617
38.5	Kardiopulmonale Reanimation und automatisierte externe Defibrillation	593	40.3.4	Immobilisation der Wirbelsäule.	618
38.5.1	Kurze Zeit vom Herz-Kreislauf-Stillstand bis zur Defibrillation	593	40.4	Der Einsatz von Hubschraubern in der Bergrettung	619
38.5.2	Frühdefibrillation durch den Rettungsdienst	593	40.4.1	Flugrettungsorganisationen: Organisation und Regelwerk	621
38.5.3	Frühdefibrillation nicht durch den Rettungsdienst	594	40.4.2	Versorgung vor Ort und Evakuierung	622
38.5.4	Öffentlich zugängliche Defibrillation (PAD)	594	40.4.3	Hubschraubertransport.	623
38.5.5	Frühe Defibrillation in Berggebieten	595	40.4.4	Hubschraubertypen	625
38.5.6	Einsatz von automatisierten externen Defibrillatoren.	597	40.5	Terrestrischer Abtransport.	626
38.5.7	Anforderungen für den Einsatz von automatisierten externen Defibrillatoren in Berggebieten.	599	40.5.1	Dynamischer Entscheidungsprozess	626
			40.5.2	Front-End-Loading-Strategie.	626
			40.5.3	Methoden zur Unterstützung des Patienten	627
			40.5.4	Techniken für den Abtransport eines Patienten	627
			40.5.5	Medizinische Versorgung während des bodengebundenen Transports.	628

VI	Management im Krankenhaus	631	VII	Spezialwissen	677
41	Traumamanagement in der Notaufnahme	633	44	Alpiner Massenanfall von Verletzten	679
	Osvaldo Chiara, Ken Zafren, Stefania Cimbanassi			Marc Blancher, Natalie Hölzl	
41.1	Traumateam	635	44.1	Hintergrund	679
41.2	Kriterien der Trauma-Triage	636	44.2	Wann spricht man von einem MANV?	679
41.3	Notfallmaßnahmen	636	44.3	Grundsätze der Katastrophenmedizin für die Alpine Notfallmedizin	680
41.3.1	Primary Survey	638	44.3.1	Sicherheitsbewertung	680
41.3.2	Diagnostische Verfahren im Schockraum	640	44.3.2	Erste Reaktion: Organisation einer Kommando- und Kontrollstruktur	681
41.3.3	Chirurgische Noteingriffe	642	44.3.3	Kommunikationsnetz	681
41.3.4	Weiterer Verlauf nach der Erstversorgung	643	44.3.4	Triage	682
42	Management Mehrfachverletzter	645	44.3.5	Identifikation und Verfolgung	683
	Pierre Bouzat, Luigi Festi, Julien Ghelfi		44.3.6	Evakuierung	683
42.1	Einleitung	645	44.3.7	Lehren aus der Erfahrung: Ausbildungsstrategie	684
42.2	Systematische Traumaversorgung	645	44.4	MANV in Gebirgs- und Wildnisgebieten	685
42.3	Triage und Trauma-Scores	646	44.4.1	Kommunikation	685
42.4	Primärversorgung und Bildgebung	647	44.4.2	Verfügbarkeit und Einsatz von Hubschraubern	685
42.4.1	Bildgebung	647	44.4.3	Unverletzte Patienten	686
42.4.2	Damage Control Resuscitation	648	44.4.4	Medizinische Behandlung	686
42.4.3	Damage Control Hematology	648	44.5	Spezifische MANV	686
42.4.4	Damage Control Radiology	649	44.5.1	Lawinen	686
42.5	Chirurgische Behandlung von Schwerverletzten	651	44.5.2	Skilift- und Seilbahnunfälle	687
42.5.1	Damage Control Surgery	651	44.5.3	Blitzunfälle	688
42.5.2	Chirurgische Strategie	652	44.5.4	Verlorene oder gestrandete Gruppen	688
42.5.3	Spezielle Situationen	654	45	Krisenintervention und Peer-Support bei alpinen Notfällen	691
43	Behandlung einer akzidentellen Hypothermie im Krankenhaus	663		Barbara Juen, Heiner Brunner, Ruth Warger, Dietmar Kratzer	
	Peter Mair, Monika Brodmann Maeder		45.1	Psychosoziale Notfallversorgung und Psychische Erste Hilfe in Notfällen	691
43.1	Einleitung	663	45.1.1	Geschichte und Terminologie	691
43.2	Stationäre Behandlung einer milden akzidentellen Hypothermie	663	45.1.2	Traumabedingte psychische Gesundheitsprobleme	691
43.3	Stationäre Behandlung von mittelschwerer oder schwerer akzidenteller Hypothermie	664	45.1.3	Merkmale von Alpinnotfällen	693
43.3.1	Pathophysiologie	664	46	Gesundheitsschutz für Bergretter	701
43.3.2	Erstbeurteilung im Krankenhaus	664		Thomas Küpper	
43.3.3	Auswahl der Technik für die aktive Wiedererwärmung	665	46.1	Geschichte	701
43.3.4	Medizinische Therapie: Indikationen und Kontroversen	666	46.2	Grundsätze der Gesundheit und Sicherheit in der Bergrettung	701
43.4	Behandlung von schwerer Hypothermie im Krankenhaus	669	46.3	Kälteexposition bei der Bergrettung	702
43.4.1	Kardiopulmonale Wiederbelebung	669	46.4	Ultraviolette Strahlung	703
43.4.2	Prognose und Beendigung der laufenden kardiopulmonalen Wiederbelebung	670	46.5	Infektionskontrolle	703
43.4.3	Extrakorporale Kreislaufunterstützung bei hypothermem Herz-Kreislauf-Stillstand	671	46.6	Arbeitsbelastung und Fitness	704
43.4.4	Wiederbelebung eines unterkühlten Patienten ohne extrakorporale Kreislaufunterstützung	673	46.7	Lärmexposition	706
43.5	Unterkühlte Lawinenopfer	673	46.8	Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung von Hubschrauber-Rettungspersonal	707
			46.8.1	Voruntersuchung (vor Beginn der Arbeit)	707
			46.8.2	Nachuntersuchungen	710
			46.8.3	Nachgehende Untersuchung	710

47	Medikolegale Aspekte	713	47.4.5	Forensische Untersuchung von tödlichen Bergunfällen	730
	Corinna Ariane Schön				
47.1	Hintergrund	713	47.5	Umgang mit Medien	732
47.2	Rechtsfragen	714			
47.2.1	Verhaltenskodexe der medizinischen Versorgung	714	48	Ausblick – Riesenschritte	
47.2.2	Kostendeckung von Bergrettungseinsätzen	717		vorwärts	735
47.2.3	Bergsportrecht	717		Hermann Brugger, Peter Paal, Ken Zafren	
47.3	Dokumentation des Rettungseinsatzes	718	48.1	Einleitung	735
47.3.1	Dokumentation der Bergrettungseinsätze	718	48.2	Technologien und Therapien	737
47.3.2	Dokumentation der Aussagen von beteiligten Personen oder Zeugen	718	48.2.1	Automatische externe Defibrillatoren	737
47.3.3	Fotodokumentation während des Einsatzes	719	48.2.2	Behandlung von Blutungen	738
47.4	Todesfall im Gebirge	722	48.2.3	Kommunikation	738
47.4.1	Epidemiologie	722	48.2.4	Mechanische Thoraxkompression	739
47.4.2	Todesfeststellung aus medizinischer Sicht	722	48.2.5	Überwachung	739
47.4.3	Rechtliche Rahmenbedingungen der Todesfeststellung	725	48.2.6	Ultraschall	739
47.4.4	Folgen und Probleme bei Todesfeststellung im Gebirge	728	48.2.7	Ausbildung und Training	739
			48.2.8	Simulation	739
			48.2.9	Forschung	740
			Register		743

12

Mike Greene

Wundversorgung

Zusammenfassung

Dieses Kapitel beschreibt die Wundversorgung im Rahmen von Bergrettungseinsätzen mit verzögerter präklinischer Versorgung. Die Versorgung von Wunden basiert auf den allgemeinen Prinzipien der Wundheilung und den begrenzten Ressourcen in alpiner Umgebung. Blutungen sind eine potenziell lebensbedrohliche Komplikation von Wunden und es wird ein Überblick über die Möglichkeiten der Blutstillung gegeben. Auch das Wundmanagement sowie die Maßnahmen zur Vermeidung von Infekten und zum Wundverschluss werden diskutiert. Abschließend werden Wunden in den verschiedenen Körperregionen und deren Behandlung im unzugänglichen Gelände beschrieben. Eine effektive Wundversorgung ist Teil des Schockmanagements und kann im Rahmen einer Expedition dazu beitragen, dass ein verletzter Bergsteiger die Bergfahrt fortsetzen kann.

12.1 Hintergrund

Im Bergsport kommt es häufig zu offenen Verletzungen. Godden beschrieb im Rahmen einer Studie eine 10-prozentige Häufigkeit von Rissquetschwunden bei Bergrettungseinsätzen. [1] Eine andere Studie berichtet, dass 15 % der Verletzungen bei Freizeitaktivitäten im Freien Rissquetschwunden waren. [2] Bei den meisten Wunden handelt es sich um kleinere, nicht lebensbedrohliche Verletzungen. Schwere offene Verletzungen erfordern jedoch größte Aufmerksamkeit, weil die Blutung mitunter lebensbedrohlich sein kann. In solchen Fällen geht man nach dem cABCDE-Schema (c [critical bleeding] = kritische Blutung, A [airway] = Atemwegsverlegung und Stabilisierung der Halswirbelsäule, B [breathing] = respiratorische Insuffizienz; C [circulation] = Kreislauf, D [disability] = neurologische Defizite, E [exposure] = Umgebung und Exposition, Störungen des Wärmehaushalts v.a. Hypothermie) vor, wobei die Reihenfolge des Vorgehens durch den Grad der Gefährdung und die damit einhergehende Dringlichkeit der Behandlung definiert ist. Die Ziele der Wundversorgung sind:

- Lebensrettung durch Blutstillung
- Unterstützung der Heilung durch das Vermeiden von Infektionen und Komplikationen
- Wiederherstellung der Funktion durch das Erkennen des Ausmaßes des Gewebeverlustes und entsprechende Behandlung
- Schmerzreduktion durch Analgetika, Schienung und persönliche Zuwendung

Die Wundversorgung in den Bergen erfordert vom Arzt, der Situation angemessene Entscheidungen zu treffen. Die Verfügbarkeit von Ressourcen sowie die Einschränkungen durch extreme Umweltbedingungen können die Wundbeurteilung

und -behandlung behindern. Eine einfache Wunde wie etwa eine Fersenblase, die in einer dicht besiedelten Gegend kaum von Bedeutung ist, kann ein Unfallopfer in den Bergen in Gefahr bringen, weil es sich möglicherweise nicht mehr fortbewegen kann und daher über einen verlängerten Zeitraum widrigen Bedingungen ausgesetzt ist.

Die Kenntnis der für die Wundheilung entscheidenden Faktoren ermöglicht es dem medizinischen Personal, die geeigneten organisatorischen Entscheidungen für eine rasche Genesung zu treffen.

12.2 Pathophysiologie

Die Wundheilung ist eine orchestrierte Abfolge biologischer Ereignisse. Nach einer Verletzung mobilisiert der Körper in der Wunde Blutplättchen und Gerinnungsfaktoren, um die Blutung zu stoppen. Die Kapillardurchlässigkeit ermöglicht es den weißen Zellen, in die Wunde einzuwandern und Bakterien und Zelldetritus abzutransportieren. In den darauffolgenden Tagen kommt es zu einer akuten Entzündungsreaktion und es wird eine schwache, ungeordnete Kollagenstruktur in der Wunde angelegt. In den nächsten zwei bis drei Wochen wird dieses Kollagen zu dickeren und stärkeren Kollagenfasern umgebaut. Während dieser Zeit zieht sich die Wunde zusammen. Die Kollagensynthese erreicht am siebten Tag ihren Höhepunkt. In der dritten Woche hat die Wunde 20 % ihrer endgültigen Stabilität. Sie baut sich um und gewinnt in den nächsten Monaten weiter an Stärke. Während der Epithelisierung wandern neue Epithelzellen von den Wundrändern aus ein. Bei normaler Heilung ist diese innerhalb von fünf Tagen abgeschlossen. [3]

Das Ziel der Behandlung ist es, diesen natürlichen Prozess zu unterstützen, indem ein geeignetes Umfeld für die Gewebeheilung geschaffen wird. Wunden können ohne chirurgischen Verschluss heilen. Durch den chirurgische Verschluss wird die Integrität der Haut als Schutzschicht wieder hergestellt, ebenso wird die Funktion tiefer gelegener Gewebe, die schichtweise chirurgisch repariert werden, wiederhergestellt. Zudem kann das kosmetische Ergebnis verbessert werden. Ein frühzeitiger Verschluss birgt jedoch das Risiko einer Wundinfektion und ist für die Erstbehandlung vor Ort nicht unbedingt erforderlich.

Eine Wundinfektion kann die Heilung verzögern oder verhindern. Die Mikroorganismen kommen aus der Umgebung oder von der Hautoberfläche. Der behandelnde Arzt muss lokale Risikofaktoren berücksichtigen, z. B. die Kontamination durch Fremdmaterial als Infektionsherd. Bei stumpfen Quetschungen entsteht nekrotisches Gewebe, das anfällig für Infektionen ist. Erde und Verunreinigungen aller Art erhöhen die bakterielle Infektionsgefahr. [4]

Die Infektionsrate ist auch abhängig von der anatomischen Lage der Wunde. Wunden im Gesicht und auf der Kopfhaut haben eine Infektionsrate von < 4 %, am Ober- und Unterschenkel beträgt diese 20 % und am Rumpf und den oberen Extremitäten 10 %. [5]

Das durchschnittliche Infektionsrisiko bei offenen Wunden liegt bei 1–2 %, selbst bei guter Wundversorgung. [6] Obwohl die meisten Wunden bakteriell besiedelt werden, führt dies selten zu einer klinisch relevanten Infektion, es sei denn, die Keimzahl erreicht ein kritisches Niveau. [7] Eine Infektion kann einen Abszess oder eine Phlegmone verursachen. Sie kann sich außerdem in der Tiefe entlang der Faszien und durch Gewebzwischenräume ausbreiten und die hämatogene Ausbreitung kann zur Sepsis und zum Multiorganversagen führen.

Bei den meisten Verletzungen genügt es, die Blutung zu stillen und die Wunde mit einem sauberen Verband abzudecken. Wunden in der Nähe von Gelenken können geschient werden, um die Spreizung der Wunde zu vermeiden. Eine einfache Wundabdeckung kann helfen, Blutungen in Körperregionen zu stoppen, in denen das Anlegen eines Druckverbands nur schwer möglich ist, wie z. B. die Kopfhaut. Sie erleichtert es dem Verletzten auch, sich aus eigener Kraft aus einer schwierigen Situation zu befreien und selbst zu versorgen.

Sollte sich die Bergung erheblich verzögern oder tritt die Verletzung an einem abgelegenen Ort auf, sollte der Arzt die Risiken gegen den Nutzen eines sofortigen Wundverschlusses abwägen, da das Risiko eines vorzeitigen Verschlusses größer sein kann als im städtischen Bereich.

MERKE

Ein Wundverschluss ist in den meisten Rettungssituationen nicht erforderlich. Die vollständige Beurteilung und endgültige Versorgung kann bis zum Erreichen des Krankenhauses warten.

12.3 Wundbeurteilung

12.3.1 Anamnese

Verletzungsmechanismus

Die Abschätzung des Verletzungsmechanismus und der einwirkenden Kraft geben Aufschluss über Art und Ausmaß des Gewebeschädigung. Der Arzt sollte sich fragen: Ist die Verletzung eine Schnittwunde, eine stumpfe Verletzung, ein penetrierendes Trauma, eine Quetschverletzung, ein Biss oder eine Verbrennung?

Umwelt

Berücksichtigen Sie das Risiko einer Kontamination durch Erde, Mikroorganismen und Fremdkörper. Die Heilung wird zudem durch verschiedene Umweltfaktoren wie hohe Luftfeuchtigkeit, Kälte und Hypoxie beeinträchtigt.

Zeitpunkt der Verletzung

Eine Wunde, die älter als 12 Stunden ist, eignet sich möglicherweise nicht für einen sofortigen Verschluss.

Allgemeiner Zustand des Opfers

Fragen Sie nach, ob beim Verletzten Allergien gegen Medikamente bestehen oder ob eine für die unmittelbare Versorgung relevante medizinische Anamnese vorliegt, z.B. Gerinnungsstörungen. Fragen Sie, ob der Betroffene Medikamente einnimmt, welche die Blutgerinnung beeinflussen. Berücksichtigen Sie mögliche Erkrankungen und Gegebenheiten, die sich auf die Infektionsrate oder die Heilung auswirken, wie z. B. Diabetes mellitus, Einnahme von Steroiden oder Immunsuppressiva.

In einer Rettungssituation beeinflussen diese Überlegungen die unmittelbare Behandlung nicht, aber bei längerer Versorgung vor Ort müssten besondere Maßnahmen getroffen werden, um die Heilung zu optimieren.

Alpinistische Erfahrung

Berücksichtigen Sie die Bergerfahrung des Opfers und seine Vertrautheit mit den Bergen. Ein erfahrener Bergsteiger ist möglicherweise in der Lage, sich selbst zu befreien, während ein Anfänger mit ähnlichen Verletzungen möglicherweise überfordert und nicht in der Lage ist, klare Entscheidungen zu treffen und sich in Sicherheit zu bringen.

12.3.2 Untersuchung

Die Untersuchung der Wunde muss die folgenden Schritte umfassen:

- Form, Größe, Tiefe und Position der Wunde sollten notiert werden.
- Die Lokalisation der Wunde gibt dem Arzt Hinweise auf mögliche Schädigungen des darunter liegenden und umgebenden Gewebes.
- Die Gefäße und neurologische Funktion sollten distal der Verletzung untersucht werden. Wenn die betroffene Gliedmaße deformiert und die Durchblutung beeinträchtigt ist, kann eine Korrektur der Fehlstellung die Funktion verbessern.
- Sehnen und Bänder im Bereich der Wunde sollten gegebenenfalls mit untersucht werden.
- Ziehen Sie die Möglichkeit einer darunterliegenden offenen Fraktur oder Gelenkverletzung in Betracht.

12.4 Blutungskontrolle

Fallbeispiel 12.1

Ein Bergsteiger mit einer lebensbedrohlichen Blutung – was tun?

Ein Kletterer stürzte beim Führen einer Klettertour im Schwierigkeitsgrad V nach UIAA (*International Climbing and Mountaineering Federation*) von einem Felsen und löste einen Felsblock, der als Sicherung diente. Der Kletterer landete auf einem kleinen Felsvorsprung 150 m über dem Boden, der gelöste Felsblock zertrümmerte seinen rechten Oberschenkel und verursachte eine offene Oberschenkelfraktur mit Durchtrennung der Oberschenkelarterie.

- Frage: Welche Methoden gibt es zur Behandlung von lebensbedrohlichen Extremitätenblutungen in den Bergen?
- Outcome: Der Begleiter war nicht in der Lage, die Blutung zu stoppen, und der Bergsteiger starb, bevor das Rettungsteam eintraf. Die Obduktion ergab, dass keine weiteren Verletzungen vorlagen.

Direkter Druck auf die Wunde, die Verwendung von blutstillenden Tamponaden und ein Tourniquet sind mögliche Methoden, um Blutungen an den Gliedmaßen zu stoppen. In diesem Fall verzögerte die schlechte Erreichbarkeit des Unfallorts das Eingreifen eines Rettungsteams. Dieser Fall verdeutlicht die Bedeutung der Ersten Hilfe durch Kameraden und den Einfluss des Geländes, der Lage und der Reaktionsgeschwindigkeit als kritische Faktoren für den Ausgang von Bergunfällen.

Blutungen sind eine der Haupttodesursachen nach Unfällen und treten insbesondere nach Verletzungen der Extremitäten auf. [8] In den Bergen und anderen abgelegenen Orten ist es unwahrscheinlich, dass der Verunglückte schnell eine endgültige Versorgung erhalten kann. Retter sollten schnell handeln, um das zirkulierende Blutvolumen zu erhalten. So kann z.B. bei lebensbedrohlichen Blutungen eine Verzögerung beim Anlegen eines Druckverbands in der präklinischen Notfallversorgung zu einer erhöhten Morbidität und Mortalität führen. [9]

Es sollte so schnell wie möglich direkter Druck auf die Wunde ausgeübt werden. Ein durchschnittlicher Druck von 180 mmHg reicht aus, um die meisten Blutungen zu kontrollieren. [10]

Während des Transports auf einer Verletztentrage im Rahmen einer Bergung ist es meist nicht praktikabel, manuellen Druck auf eine Wunde aufrechtzuerhalten. In diesem Fall sollte vor Transportbeginn ein Druckverband mit einem Druck von ~90 mmHg angelegt werden. [11]

In der Vergangenheit wurde das Hochlagern von Gliedmaßen empfohlen. Es gibt jedoch keine Belege für dieses Vorgehen. [12] In den Bergen ist das Hochlagern einer Extremität oft unpraktisch und kann die Bergung verzögern. Das Abdrücken der zuführenden Arterie an Druckpunkten hat sich als unwirksam für die Blutungskontrolle über einen längeren Zeitraum erwiesen, zudem ist es auf einer Verletztentrage nicht praktikabel. [13]

Das frühzeitige Austamponieren der Wunde mit einem hämostatischen Verband, gefolgt von direktem Druck, kann in Betracht gezogen werden. Diese Technik wurde in entlegenen Gebieten bei Kriegsverletzungen erfolgreich eingesetzt. [14, 15] Die Nebenwirkungen, die sich bei früheren hämostatischen Verbänden gezeigt haben, treten bei heutigen Produkten nicht auf. Die korrekte Methode ist es, die Kompresse direkt in die Wunde zu stopfen und dann 5 min lang festen, direkten Druck auf die Wunde auszuüben.

Die Verwendung eines Tourniquets zum Stillen von großen Blutungen an den Gliedmaßen ist heute bei Notfällen in den Bergen eine anerkannte, potenziell lebensrettende Maßnahme. [16, 17] Der Retter oder Notarzt sollte die Konsequenzen bei der Anwendung eines Tourniquets bedenken, da die Rettung aus entlegenen Gebieten oftmals viele Stunden dauern kann. Das Komplikationsrisiko bei der Anwendung eines Tourniquets steigt, wenn die Rettung länger als > 2 h dauert. Wenn Tourniquets ordnungsgemäß verwendet werden, sind Komplikationen selten. [18] Bei der Entscheidung zum Abbinden sollte bedacht werden, dass zwar ein Leben gerettet werden kann, aber notfalls eine Gliedmaße bei einer verlängerten Rettung gefährdet wird. Wenn dies die einzige Möglichkeit ist, die Blutung zu stoppen, sollte für das Abbinden folgende Technik angewendet werden: [19]

- Das Tourniquet so nah wie möglich (5–15 cm) proximal von der Wunde anlegen.

- Ausreichend Druck anwenden, um die arterielle und nicht nur die venöse Blutung zu stoppen.
- Ein breites Tourniquet verwenden, wenn eine große Gliedmaße abgebunden werden soll. Falls erforderlich, zwei Tourniquets nebeneinander verwenden.
- Den Zeitpunkt des Abbindens notieren.
- Abbindung erst dann entfernen, wenn die Blutung endgültig gestoppt werden kann.

Es gibt Bergungssituationen, in denen ein Tourniquet vorübergehend verwendet werden kann, um die Blutung zu stoppen, bis der Verunglückte an einen sicheren und für die Versorgung günstigeren Ort gebracht werden kann. [20] Dort kann die Wunde mit einem blutstillenden Verband versehen und dabei fester direkter Druck angewendet werden. Die Abbindung sollte dann langsam gelöst und die Wunde beobachtet werden, um sicherzustellen, dass die Blutung kontrolliert werden kann, bevor die Abbindung ganz entfernt wird.

Die Verwendung von improvisierten Tourniquets wurde bereits beschrieben. Bei organisierten Rettungseinsätzen werden kommerzielle Produkte bevorzugt. [21]

MERKE

Oberste Priorität bei der Wundbehandlung hat die Blutstillung.

12.5 Persönliche Schutzausrüstung und Sicherheit

In einer Rettungssituation sollten die Retter geeignete Schutzausrüstung verwenden. Angebracht sind bei der Rettung nichtsterile Handschuhe. Es liegen keine Hinweise vor, dass die Verwendung steriler statt unsteriler Handschuhe für die Wundversorgung die Infektionsrate nach Trauma reduzieren kann. [22] Einzusetzen ist eine Schutzbrille zum Schutz vor Blut- und Körperflüssigkeiten, zudem sollte die Verwendung und Entsorgung scharfer Gegenstände klar geregelt sein. Außerdem sollten Retter geimpft sein, um sich gegen die häufigsten durch Blut übertragbaren Krankheiten, z.B. Hepatitis, zu schützen.

12.6 Langfristige Betreuung vor Ort

Wenn sich der Transport zur definitiven Wundversorgung verzögert, sind die Wundreinigung, das Debridement und der definitive Wundverschluss in Betracht zu ziehen. Eine solche Verzögerung kann durch lange Transportwege verursacht sein oder sie kann während einer Expedition auftreten. Eine definitive Versorgung vor Ort ermöglicht es dem Unfallopfer, bei der Gruppe zu bleiben.

Fallbeispiel 12.2

Ein Wanderer mit einer Handverletzung – was würden Sie tun?

Ein Trekker stürzte beim Überqueren eines Gletschers in 5.000 m Höhe in der Khumbu-Region, Nepal. Er wandte sich an eine nahegelegene Erste-Hilfe-Station. Der Trekker hatte sich beim Sturz auf das Eis zwei Risswunden an der Handfläche zugezogen. Die Wunde war mit Gletscherschutt verunreinigt. Er wollte weiter über den nächsten Pass zum Everest-Basislager.

- Fragen: Welche zusätzlichen Informationen benötigen Sie, um über die Behandlung zu entscheiden? Welche Behandlungsmöglichkeiten gibt es?
- Outcome: Der Arzt war ein erfahrener Notarzt, der mit der Behandlung von Handtraumata vertraut war. Bei der Untersuchung waren alle Beugesehnen und Nerven der Hand intakt. Der Wanderer war ein erfahrener Bergsteiger, der in der Lage war, auf sich selbst aufzupassen und er hatte Wegbegleiter sowie eine Versicherung für eine Evakuierung. Er war mit einem primären Wundverschluss einverstanden und wusste über das mögliche Infektionsrisiko Bescheid.

Ein verzögerter Primärverschluss wäre in dieser Umgebung schwieriger zu handhaben gewesen und hätte die Fähigkeit des Wanderers zur Selbstversorgung eingeschränkt. Die geschlossene Wunde hingegen heilt schneller und erfordert kleinere Verbände, die in einen Handschuh passen. Die Wunde wurde unter örtlicher Betäubung gespült, debridiert und mit einfachen Nähten geschlossen. Das Unfallopfer wurde über Anzeichen einer Infektion aufgeklärt und es wurden prophylaktisch Antibiotika verschrieben. Die Untersuchung fünf Tage später in einer anderen Rettungsstation zeigte, dass die Wunde ohne Infektion ausgeheilt war. Der Wanderer konnte seinen Trekkingurlaub fortsetzen.

12.6.1 Wundreinigung und Débridement

Die Reinigung einer Wunde soll Verunreinigungen und Fremdkörper entfernen und die Möglichkeit einer Infektion verringern. [23] Größere Verschmutzungen können mit einem Tupfer entfernt werden. Eine Spülung wird empfohlen, da sie Verunreinigungen entfernt und die Mikrobekonzentration verringert. Eine Druckspülung (40–100 kpa) mit einer Spritze auf einem 18-Gauge-Venenkatheter kann provisorisch hergestellt werden. [24] Alternativ kann eine Trinkblase zur Spülung verwendet werden, jedoch ohne nennenswerten Druck. Über die optimale Flüssigkeitsmenge gibt es in der Literatur keine Angaben. Es hat sich gezeigt, dass ein Volumen von bis zu einem Liter für eine ausreichende

Entfernung von Bakterien sorgt. Die Flüssigkeit kann aus einer beliebigen Quelle sauberen Wassers stammen. Eine sterile Kochsalzlösung ist nicht erforderlich. [25-27] Die Zugabe von Antiseptika oder Antibiotika zur Spülflüssigkeit ist nicht notwendig. Deren desinfizierende Wirkung wird durch die mögliche negative Wirkung auf die Wundheilung aufgehoben. [28, 29]

Unter Débridement versteht man die Entfernung von nekrotischem oder geschädigtem Gewebe aus der Wunde. Die beschädigten Wundränder und devitalisiertes Gewebe werden mit einer scharfen Klinge in Lokalanästhesie entfernt. Das Débridement ist in der Regel Teil der definitiven Versorgung, kann aber in einer abgelegenen Umgebung in Betracht gezogen werden, wenn die Versorgung nur mit Verzögerung erreicht werden kann.

12.6.2 Wundverschluss

Die Entscheidung, eine Wunde in der Wildnis zu verschließen, sollte von einem erfahrenen Arzt getroffen werden. Das Opfer sollte über die Möglichkeiten und die Risiken einer Infektion, die Bildung einer Wunddehiszenz und anschließende Narbenbildung informiert werden. Es wird davon ausgegangen, dass das Infektionsrisiko bei traumatischen Wunden nach etwa 6 Stunden steigt, denn die meisten Wunden sind mit Bakterien kontaminiert. Die Keimzahl steigt innerhalb von 5 Stunden an, ohne dass jedoch eine Infektion immer auftritt. [30] Wunden im Gesicht und auf der Kopfhaut sind weniger anfällig für Infektionen, in anderen Körperteilen ist die Evidenz nicht eindeutig. Optionen für den Verschluss sind:

- **Primärer Verschluss:** Gewebe und Haut werden innerhalb von 6–12 Stunden nach der Verletzung chirurgisch verschlossen, je nach anatomischer Lage und Risikofaktoren.
- **Verzögerter Primärverschluss** (delayed primary care DPC): Die Wunde wird gereinigt, debridiert, verbunden und nach etwa 48 Stunden erneut inspiziert. Der Verschluss erfolgt etwa 3–5 Tage nach der Verletzung. Bei vielen Wunden ist in diesem Stadium kein weiterer Eingriff erforderlich. Es besteht ein geringeres Infektionsrisiko als beim primärem Verschluss, aber es liegt ein höheres Risiko vor, dass sich eine Dehiszenz entwickelt und die Narbenbildung stärker ausfällt als beim Primärverschluss. DPC wurde in großem Umfang bei militärischen Wunden eingesetzt. [31]
- **Sekundärheilung nach Reinigung und Débridement:** Die Wunde heilt durch einen physiologischen Prozess mit der Bildung von Granulationsgewebe. Dieser Prozess ist langsam und führt zu einer stärkeren Narbenbildung als bei den anderen Methoden, aber die Wahrscheinlichkeit einer Infektion ist geringer.

12.7 Anästhesie

Für die Beurteilung und Behandlung von Wunden kann eine Lokalanästhesie angewendet werden. Durch die Schmerzlinderung kann das Unfallopfer mobiler werden und bei der Evakuierung mithelfen. Die Wahl des Anästhetikums sollte sich an den Eigenschaften der verschiedenen Wirkstoffe orientieren und folgende Punkte berücksichtigen:

- Wirkungsbeginn
- Wirkungsdauer
- Toxizität
- Erforderliches Volumen
- Haltbarkeit und Lagerung
- Allergien

Die Schmerzen bei der Injektion können durch Verdünnung und Erwärmung des Lokalanästhetikums minimiert werden, ohne dass dabei das Infektionsrisiko steigt. Beide Methoden können im Freien schwierig anzuwenden sein. [32, 33] Lang wirksame Mittel sorgen für eine verlängerte Schmerzlinderung, was dem Opfer helfen kann, bei der Evakuierung mit-zuhelfen.

Die meisten Wunden können durch lokale Infiltration behandelt werden. Der Arzt sollte jedoch Erfahrung in der Anwendung einfacher Nervenblockaden, wie z. B. der Leitungsanästhesie des Fingers haben. Die Oberflächenanästhesie, die äußerlich angewendet wird und sich als schnelle und einfache Methode in der Pädiatrie bewährt hat, kann auch bei Erwachsenen eingesetzt werden: Da ihre Wirkung langsamer eintritt (nach 30 bis 60 min) hat sich das schichtweise Auftragen mehrerer Anästhetika als sicher und wirksam erwiesen.

12.8 Methoden des Wundverschlusses

In diesem Abschnitt werden verschiedene Methoden und Instrumente zum Wundverschluss aufgeführt:

- **Klebeband:** Es können Papierstreifen mit einer klebenden Unterlage verwendet werden, um die Ränder der Haut miteinander zu verbinden. Dies lässt sich schnell und einfach durchführen und die Streifen sind leicht und vielseitig anwendbar. Allerdings können sie bei Nässe abfallen und sind nicht geeignet für Wunden, bei denen die Haut unter Spannung steht, was ihre Verwendung im Freien einschränkt.
- **Kleber:** Der Kleber lässt sich leicht und schnell auftragen. Die Tube ist klein und leicht zu tragen. Der Kleber wird nur auf die Wundränder aufgebracht und eine Minute lang festgehalten. Die Wunde wird versiegelt, was unter feuchten Bedingungen ein Vorteil ist, aber ein Nachteil,

wenn eine Infektion auftritt. Die Narbenbildung ist minimal, aber es besteht ein geringfügig erhöhtes Risiko einer Wunddehiszenz. Die Zugfestigkeit des Klebstoffs ist geringer als die von Nähten.

- **Nahtmaterial:** Diese Methode erfordert ein höheres Maß an Geschicklichkeit als andere Methoden und benötigt eine Lokalanästhesie. Notwendig ist eine entsprechende Ausrüstung, es kann aber auch improvisiert werden. Einige schnell gesetzte Nähte können eine komplexe Kopfhautblutung stoppen und die Evakuierung des Opfers erleichtern. Eine große Nadel mit Faden ist für die Wundnaht ideal, es sind keine weiteren Materialien notwendig. Absorbierbares Nahtmaterial erhöht die Infektionsrate nicht und kann in der Wildnis praktischer sein. Einzelknopfnähte bringen kaum Fremdmaterial in das Gewebe, und einige oder alle diese Nähte können bei Anzeichen einer Infektion wieder entfernt werden.
- **Hautklammern:** Diese erfordern eine zusätzliche spezielle Ausrüstung zum Einsetzen und Entfernen. Sie sollten nicht im Gesicht verwendet werden.
- **Haarbänder:** Diese wurden erfolgreich an der Kopfhaut eingesetzt, um kleine Wunden zu schließen. Die Stillung größerer Blutungen ist dadurch nicht möglich.

12.9 Antibiotika

Antibiotika sind kein Ersatz für eine gute Wundversorgung. Sie können aber nützlich sein, um sekundäre Infektionen zu vermeiden. In Rettungssituationen, in denen das Unfallopfer schnell in eine medizinische Versorgungseinrichtung gebracht werden kann, ist die Gabe von Antibiotika nicht zu rechtfertigen. Dauert die Evakuierung mehrere Stunden, ist die Verabreichung allerdings indiziert, wenn eine offene Fraktur oder Gelenkverletzung vermutet wird.

Antibiotika werden in Notaufnahmen routinemäßig verabreicht, um das Risiko von Infektionen im Rahmen offener Frakturen zu reduzieren. [34] Obwohl die Verabreichung von Antibiotika innerhalb einer Stunde nach der Verletzung eine tiefe Infektion verhindern kann, ergab ein systematisches Review keinen Hinweis, dass der Zeitpunkt der Antibiotikagabe auf das Outcome einen Einfluss hat. [35] Die Wahl des Antibiotikums sollte sich an den lokalen Leitlinien orientieren. Tierbisse und menschliche Bisswunden weisen erhebliche Infektionsraten auf und rechtfertigen den Einsatz prophylaktischer Antibiotikagaben, insbesondere bei Handwunden. [36] Die routinemäßige Anwendung von Antibiotika ist bei einfachen Wunden, die keine Bisswunden sind, nicht erforderlich. Trotz spärlicher Belege für die Wirksamkeit ist die Verwendung von Antibiotika sinnvoll bei Wunden, die grob kontaminiert sind

oder gequetschtes Gewebe aufweisen, ebenfalls bei Opfern mit medizinischen Vorerkrankungen, welche die Heilung beeinträchtigen sowie bei länger dauernder Versorgung vor Ort.

Antibiotika werden nicht für die routinemäßige prophylaktische Anwendung bei Verbrennungen empfohlen. Die topische Anwendung von Silbersulfadiazin hat die Infektionsrate in Studien bislang nicht verringern können. [37, 38]

12.10 Tetanus

Der Wundstarrkrampf ist die Folge einer Infektion mit *Clostridium tetani*, einem Bakterium, das in Erde und Dung vorkommt. Die Inkubationszeit beträgt 3 Tage bis 3 Wochen, die Sterblichkeitsrate reicht von 10–90 %, je nachdem, welche Ressourcen für die Behandlung zur Verfügung stehen. In den Industrieländern sind die meisten Menschen gegen Tetanus geimpft. Die Weltgesundheitsorganisation bietet eine Beratung zu den Impfungen an und sollte für die jeweils aktuellsten Empfehlungen konsultiert werden. [39]

Das Tetanustoxoid wird als Teil eines kombinierten Impfstoffs verabreicht (häufig als Tetanus-/Diphtherie-/Polio-Impfung). Ziel ist es, einen langfristigen Schutz durch ein Impfschema in einem angemessenen Zeitraum zu erreichen. Die Grundimmunisierung besteht aus drei Dosen. Daran schließen sich Auffrischungsimpfungen 3 und 10 Jahre nach der Grundimmunisierung an.

Zu den tetanusgefährdeten Wunden gehören:

- Wunden oder Verbrennungen, die einen chirurgischen Eingriff erfordern, der sich um mehr als 6 Stunden verzögert hat
 - Wunden oder Verbrennungen, die ein erhebliches Maß an devitalisiertem Gewebe aufweisen, insbesondere dann, wenn die Verletzung mit Erde oder Dung in Berührung gekommen ist
 - Wunden mit Fremdkörpern (z.B. Stichverletzung)
 - Offene Frakturen
 - Wunden oder Verbrennungen bei Opfern mit Sepsis
- Die gründliche Reinigung aller Wunden ist unerlässlich.

Ein hohes Infektionsrisiko haben Wunden, die eine starke Kontamination mit Material aufweisen, das wahrscheinlich Tetanussporen oder totes Gewebe enthält.

Saubere, nicht kontaminierte Wunden haben ein geringes Risiko, dass Tetanussporen enthalten sind und sich anaerobe Bedingungen entwickeln, die für die Sporenausbreitung erforderlich sind.

Bei Wunden mit hohem Risiko sollte je nach Impfanamnese humanes Tetanus-Immunglobulin zum sofortigen Schutz verabreicht werden (> Tab. 12.1). [40]

Tab. 12.1 Impfschema für saubere und tetanusgefährdete Wunden*

Impfstatus	Sofortige Behandlung		
	Saubere Wunde	Tetanusgefährdet	Hohes Tetanusrisiko
Voller Impfschutz	Keine	Keine	Keine
Grundimmunisierung erfolgt, aber Auffrischung nicht auf dem neuesten Stand bzw. bei Erwachsenen letzte Auffrischung vor mehr als 10 Jahren	Keine	Auffrischungsimpfung	Auffrischungsimpfung plus eine Dosis humanes Immunglobulin in die andere Seite
Kein voller Impfschutz oder Impfstatus unbekannt	Auffrischungsimpfung	Auffrischungsimpfung plus eine Dosis humanes Immunglobulin in die andere Seite	Auffrischungsimpfung plus eine Dosis humanes Immunglobulin in die andere Seite

*Saubere Wunden sind < 6 h alt, nicht penetrierend und mit vernachlässigbaren Gewebeschäden.

12.11 Tollwut

Die Tollwut ist in vielen Bergregionen endemisch. Es handelt sich um eine virale Infektion, die durch die Gattung der Lyssaviren verursacht wird. Die Erkrankung kommt auf allen Kontinenten mit Ausnahme der Antarktis vor und wird am häufigsten durch Hundebisse übertragen (99 % der Fälle). Andere Tiere wie Affen, Waschbären, Füchse und Fledermäuse sind ebenfalls Überträger. Die Inkubationszeit ist 3–20 Wochen, sie kann aber auch Jahre betragen. Die Infektion befällt das Nervensystem und führt zu einer tödlichen Entzündung des Gehirns und des Rückenmarks. Ist die Krankheit einmal ausgebrochen, führt die Infektion fast immer zum Tod durch Atemlähmung.

Die Vorbeugung und frühzeitige Behandlung von Hochrisikopatienten ist von entscheidender Bedeutung. Reisenden in ein Land, in dem Tollwut weit verbreitet ist, sollte eine Impfung empfohlen werden, wenn

- sie ein abgelegenes Gebiet besuchen, in dem es zu Kontakt mit Wild- oder Haustieren kommen kann und die medizinische Versorgung eingeschränkt ist oder sich die Behandlung verzögern kann,

- sie sich länger als einen Monat in dem Land aufhalten, wodurch sich das Risiko eines Kontaktes erhöht. Reisende sollten es vermeiden, sich Wild- oder Haustieren zu nähern oder diese zu erschrecken.

Empfohlen wird eine Erstimpfung mit drei Dosen durch eine intramuskuläre Injektion am Tag 0, am Tag 7 und am Tag 21 oder Tag 28. Eine serologische Untersuchung ist für Reisende nicht erforderlich, bei einem Biss oder einer möglichen Infektion vereinfacht eine vorbestehende Impfung die Behandlung.

Nach einer Verletzung muss eine Risikobewertung durchgeführt werden, um die Notwendigkeit einer Behandlung abzuschätzen. So bildet z.B. intakte Haut eine Barriere für Infektionen, während eine Risswunde und direkter Kontakt mit Speichel, oder wenn eine Schleimhaut kontaminiert wurde, eine Behandlung nach der Exposition erforderlich macht.

Die Wunde sollte 15 min lang gründlich gereinigt, mit einem Antiseptikum wie Alkohol oder Povidon-Jod behandelt werden. Die Wunde darf nicht verschlossen werden. Eine vollständig immunisierte Person benötigt weitere zwei Dosen des Impfstoffes an Tag 0 und zwischen Tag 3 und 7.

Nicht immunisierte Personen benötigen Humanes Rabies-Immunglobulin (HRIG) und vier Impfstoffdosen an den Tagen 0, 3, 7 und 21. HRIG ist am wirksamsten, wenn es um die Wunde herum infiltriert und nicht als intramuskuläre Injektion verabreicht wird. [41, 42]

Bergsteiger, die in endemische Gebiete reisen, sollten sich impfen lassen und über einen Plan für den Fall eines Tollwut-Verdachtsfalles verfügen.

12.12 Spezielle Wunden

12.12.1 Bauch

Offene Wunden im Bauchraum können penetrierende intra-abdominale Organverletzungen hervorrufen. Deshalb sollte eine sorgfältige klinische Untersuchung auf Anzeichen von Schock, Bauchschmerzen oder auf eine peritoneale Reizung durchgeführt werden. Eine einfache äußere Untersuchung gibt keinen sicheren Hinweis für eine innere Verletzung. Leichte tragbare Ultraschallgeräte, die zur Verfügung stehen, liefern wertvolle Informationen, z.B. darüber, ob freie Flüssigkeit im Bauchraum vorliegt, was die klinischen Entscheidungen in entlegenen Gebieten maßgeblich beeinflusst.

12.12.2 Schürfwunden

Schürfwunden sind oberflächliche Wunden, die nicht die gesamte Haut durchdringen. Sie sind schmerzhaft und oft mit Schmutz verunreinigt. Eine starke Verunreinigung kann

zur Tätowierung der Haut führen, was durch Reinigung und Schrubben der Wunde unter Betäubung vermieden werden kann.

12.12.3 Tierbisse

Tierbisse oder Bisse von Menschen können eine Infektionsquelle sein. Die Wunde sollte gründlich gereinigt und durch einen verzögerten Primärverschluss (DPC) behandelt werden. Bevorzugt einzusetzen ist ein Breitspektrum-Antibiotikum, z. B. Amoxicillin/Clavulansäure 1000 mg alle 12 Stunden.

12.12.4 Blasen

Blasen an den Füßen kommen bei Aktivitäten im Freien häufig vor und können die Mobilität stark einschränken. Es hat sich gezeigt, dass die Vorbeugung durch Tapes der Ferse die Entwicklung von Blasen verringert. [43, 44] Das Belassen der Blasenhaut als biologische Abdeckung und die Verwendung von Tapes oder einem Hydrokolloid-Verband wurden als erfolgreiche Behandlungen beschrieben. [45]

12.12.5 Verbrennungen

Verbrennungen sind bei Unfällen im Gebirge eher selten, können aber beim Zelten oder bei Expeditionen vorkommen. [46]

Zu den unmittelbaren Komplikationen von Brandverletzungen gehören:

- Schwellung der Atemwege mit Ödemen, die zu einer Obstruktion der Atemwege führen.
- Atemprobleme, die sowohl durch chemische als auch durch direkte thermische Verletzungen auftreten. Kohlenmonoxidvergiftungen können im Zusammenhang mit Verbrennungen in geschlossenen Räumen auftreten, vor allem, wenn Öfen in schlecht belüfteten Räumen, wie Schneehöhlen, Zelten oder behelfsmäßigen Unterständen oder Hütten stehen.
- Unzureichende Durchblutung aufgrund von Flüssigkeitsverlusten und Schock nach großflächigen Verbrennungen (> 15 % der Oberfläche Fläche beim Erwachsenen).

Im Rahmen der Einschätzung des Zustandes eines Verbrennungsopfers sind folgende Dinge erforderlich:

- **Ausmaß der Verbrennungsverletzung untersuchen:** Bei Verbrennungen, deren Fläche mehr > 15 % (Erwachsene) oder > 10 % (Kinder) der Gesamtkörperoberfläche ausmacht, ist die Sterblichkeit erhöht, was eine sofortige Behandlung und Evakuierung erfordert.
- **Flüssigkeit verabreichen:** Bei Opfern mit einer Gesamtverbrennungsfläche > 15 % (Erwachsene) oder > 10 %

(Kinder) ist eine Flüssigkeitsgabe erforderlich. Geben Sie eine Infusion mit 0,9-prozentiger Kochsalzlösung 2–4 mL/kg/pro 1 % der verbrannten Fläche (ohne Erythem). Dies ist die Gesamtdosis für die ersten 24 Stunden nach der Verbrennung, wobei die Hälfte der Menge in den ersten acht Stunden verabreicht wird. Die Effektivität der Flüssigkeitsgabe sollte klinisch überwacht werden. Eine einfache Methode zur Schätzung der Verbrennungsfläche ist die Handfläche des Opfers, die etwa 1 % der Körperoberfläche ausmacht.

- **Tiefe der Verbrennung bestimmen:** Die meisten oberflächlichen Verbrennungen heilen ohne Intervention. Tiefere Verbrennungen erfordern möglicherweise eine chirurgische Behandlung wie z.B. eine Hauttransplantation. Der Patient benötigt hierfür eine geeignete Versorgungseinrichtung. Kleine Verbrennungen sollten mit kühlem Wasser (10–20 °C) übergossen werden, um ein Fortschreiten der Schädigung zu verringern. Cave: Kein Eis verwenden. Größere Verbrennungen sollten wegen der Gefahr der Unterkühlung nicht mit kaltem Wasser gekühlt werden.
- **Wunde verbinden:** Die Wunde sollte danach mit einem sauberen, sterilen Verband abgedeckt werden, um Infektionen zu minimieren und die Wunde von der Luft zu isolieren. Plastikfolie für Lebensmittel ist ein geeigneter Expeditionsverband. Es sollte ein Schmerzmittel verabreicht werden. Die Wunden bilden ein Exsudat und der Verband muss regelmäßig gewechselt werden. Cave: Keine Blasen öffnen, falls vorhanden. Bei zirkulären Verbrennungen kann sich ein harter, nicht dehnbarer Belag bilden. Zirkumferentielle Verbrennungen an einer Gliedmaße bergen das Risiko eines Kompartmentsyndroms und im Bereich des Brustkorbs kann dies die Atmung einschränken und zu Atemversagen führen. Verletzte mit zirkumferentiellen Verbrennungen sollten dringend evakuiert werden für den Fall, dass eine Notfall-Escharotomie erforderlich ist.

Wenn Leben oder Gliedmaßen in unmittelbarer Gefahr sind, können Ärzte mit entsprechender Ausbildung eine Notfall-Escharotomie vor Ort erwägen. Das verbrannte Gewebe ist gefühllos und kann hierbei durch einen Längsschnitt bis zum Fettgewebe im Bereich des einschnürenden Schorfs eröffnet werden.

Antibiotika sind prophylaktisch für die Erstversorgung von Verbrennungsverletzungen nicht notwendig, sie sollten verabreicht werden, wenn eine Infektion auftritt.

12.12.6 Brustkorb

Wunden am Brustkorb können bis in die Brusthöhle reichen und das Brustfell, die Lunge und die Blutgefäße betreffen. Eine allgemeine körperliche Untersuchung ist erforderlich,

um Anzeichen einer Hypoxie, Hypovolämie und Atemnot frühzeitig zu erkennen. Ein Pulsoximeter kann nützlich sein, um auf dem Transportweg einen Verletzten zu überwachen, der nicht direkt untersucht werden kann, z.B. weil er in einem Bergesack eingepackt ist.

12.12.7 Füße

Fußverletzungen können erhebliche Probleme verursachen, da sich Infektionen durch die vielen Schichten der Fußsohle ausbreiten können. In Betracht zu ziehen sind ein verzögerter Primärverschluss und Antibiotika.

12.12.8 Gesicht und Mund

Wunden im Gesicht sind gut durchblutet, sie weisen eine geringe Infektionsrate auf und können in der Regel auch sekundär verschlossen werden. Lippenverletzungen, die das Lippenrot kreuzen, sollten sorgfältig und stufenlos genäht werden, um eine Stufe in der Narbe zu vermeiden. Schleimhautverletzungen in der Mundhöhle heilen gut und erfordern nur selten einen chirurgischen Verschluss. Der Betroffene sollte auf Mundhygiene achten und mehrmals täglich eine antiseptische Mundspülung anwenden.

12.12.9 Kopf

Kopfwunden können stark bluten. Druckverbände können schwierig anzulegen und zu halten sein. Gut platzierte Nähte können eine Blutung sofort stoppen. An abgelegenen Orten kann die Verwendung eines blutstillenden Verbands und das Aufsetzen einer engen Mütze, die den Verband an Ort und Stelle hält, hilfreich sein.

12.12.10 Hände

Gute Kenntnisse der Handanatomie sind erforderlich, um eine Handverletzung richtig beurteilen und behandeln zu können. Jede Sehne und jeder Nerv in den verletzten Bereichen sollten separat getestet werden. Die Stellung der Hand zum Zeitpunkt der Verletzung ist ausschlaggebend für die Lage und Ausdehnung einer Sehnen- und Nervenverletzung.

Eine Infektion kann aufgrund der raschen Ausbreitung über die Faszienlogen verheerend sein. Erhöhter Gewebedruck in Verbindung mit einer Infektion kann Sehnen und andere Strukturen zerstören. Bisswunden sollten gründlich gespült werden und mit einem verzögerten Primärverschluss verschlossen werden. Einfache Handwunden benötigen kei-

ne Antibiotika. Antibiotika sollten hingegen bei den meisten Bisswunden und anderen kontaminierten Wunden eingesetzt werden.

12.12.11 Insektenstiche

Insektenstiche können durch eine Vielzahl von Lebewesen verursacht werden. Die möglichen Folgen sind

- lokale oder systemische allergische Reaktion,
- lokale Infektion sowie
- systemische Infektion, die durch das Insekt übertragen wird.

Die meisten Fälle werden symptomatisch behandelt und benötigen keine routinemäßige Verabreichung von Antibiotika.

Schwere allergische Reaktionen erfordern die dringende Verabreichung von 0,1-prozentigem Adrenalin (1:1000) 0,5 ml durch intramuskuläre Injektion (Erwachsenendosis).

Eine kühlende antiseptische Salbe und 0,5-prozentige topische Hydrokortison-Creme können die Symptome lindern. Ein nicht sedierendes orales Antihistaminikum (Cetirizin 10 mg pro Tag für einen Erwachsenen) kann starken Juckreiz lindern. Cave: Eine seltene Nebenwirkung einiger Antihistaminika ist Lichtempfindlichkeit, die in großer Höhe und in Gebieten mit starker Sonneneinstrahlung unangenehm werden kann.

12.12.12 Hals

Halswunden, die über den Platysma-Muskel verlaufen, bergen ein hohes Risiko für Verletzungen der tieferen Strukturen. Halskrausen sind bei einfachen Wunden oder bei penetrierenden Verletzungen nicht notwendig.

12.12.13 Offene Frakturen

Die Kraft, die erforderlich ist, um eine offene Fraktur zu verursachen, ist beträchtlich und kann umfangreiche Gewebeschäden verursachen. Bei Frakturen der Extremitäten ist die Haut oft gefährdet und sollte mit Vorsicht behandelt werden. Es besteht ein erhöhtes Risiko von Infektionen bei ausgedehnten Weichteilverletzungen. Eine Infektion des tiefen Gewebes kann vermieden werden, wenn Antibiotika innerhalb von einer Stunde nach der Verletzung verabreicht werden. [47, 48] Offene Frakturen sollten mit Antibiotika behandelt werden, wenn sich der Transport in eine geeignete Versorgungseinrichtung verzögert. Beispiele für ein geeignetes Antibiotikaregime sind: Erythromycin 500 mg alle 8 Stunden oder Ciprofloxacin 500 mg 12-stündlich.

Bei stark kontaminierten Wunden Metronidazol 400 mg 8-stündlich plus Amoxicillin/Clavulansäure 1000 mg 12-stündlich.

12.12.14 Hautlappen

Hautlappen sind schonend zu behandeln. Der Lappen sollte über die eröffnete Stelle gelegt werden. Die Hautränder des Lappens können an die Wundränder genähert werden, soll-

ten aber nicht straff gezogen werden, um die Blutversorgung nicht zu beeinträchtigen.

Die Hautränder können mit Klebebändern stabilisiert werden.

MERKE

Die Grundlagen einer guten Wundversorgung sind Reinigung und sorgfältiges Débridement. Die meisten Wunden sollten offen gelassen werden, zumindest in den ersten 48 Stunden. Antibiotika sind in alpinen und anderen abgelegenen Gebieten manchmal indiziert

Fazit

- In einer Rettungssituation ist die Blutstillung gefolgt von einfachen Maßnahmen wie Wundverband und Schienung die einzig erforderliche Behandlung.
- Bei einer längeren Versorgung vor Ort oder einer verzögerten Evakuierung können die Wundreinigung, der Einsatz von Antibiotika und gelegentlich ein primärer Wundverschluss vor Ort von Vorteil sein.
- Die Wundbehandlung sollte sich an der Physiologie der Wundheilung orientieren. Unter Anwendung dieser Grundsätze kann medizinisches Personal die meisten Wunden in den Bergen behandeln.

LITERATUR

1. Mort A J, Godden D J. UK Mountain Rescue Casualties 2002–2006. *Emerg Med J*. 2002–2006. 2010;27:309–312.
2. Flores AH, Haileyesus T, Greenspan AI. National estimates of outdoor recreational injuries treated in emergency departments, United States, 2004–2005. *Wilderness Environ Med*. 2008;19:91–98.
3. Simon B, Gene Hern H. *Wound Management Principles*. In: *Rosen's Emergency Medicine Concepts and Clinical Practice*. Ed 7. Mosby Elsevier; 2010. pp 698–699.
4. Rodeheaver GT, Pettry D, Turnbull V, et al. Identification of wound infection-potential factors in soil. *Am J Surg*. 1974;128:8–14.
5. Simon B, Gene Hern H. *Wound Management Principles*. In: *Rosen's Emergency Medicine Concepts and Clinical Practice*. Ed 7. Mosby Elsevier; 2010. p 700.
6. Cummings P, Del Beccaro MA. Antibiotics to prevent infection of simple wounds: a meta-analysis of randomized studies. *Am J Emerg Med*. 1995;13:396–340.
7. Cooney WP, Fitzgerald RH Jr, Dobyns J H, Washington JA. Quantitative wound cultures in upper extremity trauma. *J Trauma*. 1982;22: 112–117.
8. Davis JS, Satahoo SS, Butler FKm et al. An analysis of prehospital deaths: Who can we save? *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;77:213–218.
9. Scerbo MH, Holcomb JB, Taub E, et al. The trauma center is too late: Major limb trauma without a pre-hospital tourniquet has increased death from haemorrhagic shock. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017;83: 1165–1172.
10. Naimer SA, Anat N, Katif G. Evaluation of techniques for treating the bleeding wound. *Injury*. 2004;35:974–979.
11. Naimer SA, Chemla F. Elastic adhesive dressing treatment of bleeding wounds in trauma victims. *Am J Emerg Med*. 2000;18:816–819.
12. Markenson D, Ferguson JD, Chameides L, et al.; on behalf of the First Aid Chapter Collaborators. Part 13: First Aid: 2010 American Heart Association and American Red Cross International Consensus on First Aid Science. *Circulation*. 2010;122(suppl 2):S582–S605.
13. Swan KG Jr, Wright DS, Barbaggioanni S, et al. Tourniquets revisited. *J Trauma*. 2009;66:672–675.
14. Brown MA, Daya MR, Worley JA. Experience with chitosan dressings in a civilian EMS system. *J Emerg Med*. 2009;37:1–7.
15. Rhee P, Brown C, Martin M, et al. QuikClot use in trauma for hemorrhage control: case series of 103 documented uses. *J Trauma*. 2008;64:1093–1099.
16. Lee C, Porter KM, Hodgetts TJ. Tourniquet use in the civilian prehospital setting. *Emerg Med J*. 2007;29(8):584–587.
17. Kragh JF, Walters TJ, Baer DG, et al. Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma. *Ann Surg*. 2009;249:1–7.
18. Kragh JF, Walters TJ, Baer DG, et al. Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma. *J Trauma*. 2008;64(Suppl):38–50.
19. Brendon D, Bennett BL, Littlejohn L. Application of Current Hemorrhage Control Techniques for Backcountry Care: Part One, Tourniquets and Hemorrhage Control Adjuncts. *Wilderness Environ Med*. 2015;26:236–245.
20. Richey S L. Tourniquets for the control of traumatic hemorrhage: a review of the literature. *World J Emerg Surg*. 2007;2:1–10.
21. Bequette BW, Kragh JF Jr, Aden JK 3rd, Dubick MA. Belts Evaluated as Limb Tourniquets: BELT Study Comparing Trouser Supporters Used as Medical Devices in a Manikin Model of Wound Bleeding. *Wilderness Environ Med*. 2017;28:84–93.
22. Perelman VS, Francis GJ, Rutledge T, et al. Sterile versus nonsterile gloves for repair of uncomplicated lacerations in the emergency department: A randomized controlled trial. *Ann Emerg Med*. 2004;43(3):362–370.
23. Anglen JO. Wound irrigation in musculoskeletal injury. *J Am Acad Orthop Surg*. 2001;9:219–226.
24. FLOW Investigators, Petrisor B, Sun X, Bhandari M, et al. Fluid lavage of open wounds (FLOW): a multi-center, blinded, factorial pilot trial comparing alternative irrigating solutions and pressures in patients with open fractures. *J Trauma*. 2011;71:596–606.
25. Griffiths RD, Fernandez RS, Ussia CA. Is tap water a safe alternative to normal saline for wound irrigation in the community setting? *J Wound Care*. 2001;10:407–411.

21

Emmanuel Cauchy, Ken Zafren, Chris Imray

Erfrierungen

Emmanuel Cauchy lieferte seinen Beitrag zu diesem Buch zwei Tage vor seinem Tod durch eine Lawine in den Bergen von Chamonix, die er so sehr liebte und so gut kannte. Wir haben einen wertvollen, begeisterten, leidenschaftlichen und höchst kompetenten Freund, Kameraden, Arzt und Bergführer verloren. Mit diesem Buch würdigen wir sein breites Lächeln, seine Hingabe zum Bergsteigen und zu den Bergsteigern sowie sein Leben. Wir werden ihn immer in Erinnerung behalten.

tenten Freund, Kameraden, Arzt und Bergführer verloren. Mit diesem Buch würdigen wir sein breites Lächeln, seine Hingabe zum Bergsteigen und zu den Bergsteigern sowie sein Leben. Wir werden ihn immer in Erinnerung behalten.

Zusammenfassung

Erfrierung ist das Gefrieren von Gewebe mit Bildung von Eiskristallen. Dazu sind Umgebungstemperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt erforderlich. Zu den gefährdeten Bevölkerungsgruppen gehören Menschen, die aufgrund sozioökonomischer oder verhaltensbedingter Faktoren unfreiwillig sehr niedrigen Umgebungstemperaturen ausgesetzt sind, sowie Personen, die sich bei ihren Aktivitäten absichtlich kalter Umgebung aussetzen. Selbst mit moderner Outdoor-Kleidung und den Fortschritten in der medizinischen Behandlung von Erfrierungen, können Patienten immer noch schwere Erfrierungen erleiden, die zu katastrophalen Amputationen führen.

Die Behandlung von Erfrierungen vor Ort bleibt aus mehreren Gründen eine Herausforderung. Erstens ist die Bewertung des Schweregrads der Verletzung schwierig. Diese Bewertung ist jedoch von entscheidender Bedeutung, da der Schweregrad die Entscheidungen über das Management und die Transportentscheidungen bestimmt. Zweitens hat der frühzeitige Einsatz von Thrombolytika und Iloprost im Krankenhaus zwar zu einer erheblichen Verringerung der Amputationsraten geführt, diese Medikamente sind jedoch für den Feldeinsatz nicht geeignet und oft nicht verfügbar. Und schließlich hängt die Behandlung von Erfrierungen vor Ort in hohem Maße von den medizinischen Fähigkeiten und den verfügbaren Mitteln ab. Diese Umstände wurden in den derzeitigen Behandlungsalgorithmen nicht berücksichtigt. Bei Expeditionen oder Rettungseinsätzen in großer Höhe könnten die Anwendung einer tragbaren Überdruckkammer, eine Thrombolyse, Iloprost-Infusion oder die Regionalanästhesie durch erfahrene Mediziner von Vorteil sein und sollten in Betracht gezogen werden.

21.1 Einleitung

Unter Erfrierungen versteht man das Gefrieren von Gewebe unter Bildung von Eiskristallen. Es sind vor allem zwei Gruppen von Menschen betroffen. Die erste betrifft städtische Obdachlose in kalten Klimazonen, die häufig nicht versorgt und deshalb besonders gefährdet sind. Die zweite Gruppe sind Menschen wie Soldaten, Bergsteiger, Polarforscher und andere, die sich aufgrund ihrer beruflichen Tätigkeit oder ihrer Freizeitaktivitäten kalten Umgebungen aussetzen. Das Erfrierungsrisiko dieser Gruppe wurde durch die Verbesserung der Outdoor-Kleidung reduziert.

Erfrierungen wurden ursprünglich als ein Problem bei Feldzügen beschrieben. So wurde Napoleons Armee im 19. Jh. während des Rückzugs aus Moskau damit konfrontiert. Auch im 20. Jh. waren Tausende US-Soldaten im Koreakrieg von Erfrierungen betroffen. [1, 2] Auch am Siachen-Gletscher im Karakorum – hier haben Pakistan und Indien 20 Jahre lang gekämpft – litten Hochgebirgssoldaten oftmals an Erfrierungen. Erfrierungen sind auch einer der Hauptgründe für

die hohe Morbidität von Opfern von Naturkatastrophen, wie z. B. Erdbeben und von erzwungener Migration im Winter, insbesondere in hoch gelegenen Gebieten. So sind z.B. tibetische Flüchtlinge, die hohe Pässe im Himalaya nach Nepal überqueren, sehr häufig von Erfrierungen betroffen.

Kältetraumen sind das Ergebnis eines unzureichenden Schutzes vor widrigen Umweltbedingungen. Erfrierungen entstehen, wenn das Gewebe über längere Zeit Temperaturen unter -5 °C ausgesetzt wird. [1] Neben der primären Erfrierung gibt es eine sekundäre, fortschreitende Phase weiterer Gewebeschäden, die durch Gefäßspasmen besonders in den ersten 24 Stunden verursacht werden.

MERKE

Erfrierungen entstehen durch unzureichenden Kälteschutz bei Temperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt.

Erfrierungen treten am häufigsten an den Händen und Füßen auf, häufig auch an Ohren, Nase und Wangen. Der Schweregrad der Verletzungen hängt sowohl vom Grad und der Dauer

der Kälteeinwirkung als auch von den Schutzmaßnahmen und dem Gesundheitszustand des Patienten ab. Da es keine randomisierten kontrollierten Studien gibt, ist es aus wissenschaftlicher Sicht nach wie vor unklar, welche die optimale Behandlung von Erfrierungen ist. Es ist ungewiss, ob die bestehenden Protokolle, abgesehen vom Auftauen des gefrorenen Gewebes in warmem Wasser, tatsächlich einen Nutzen haben. Folglich gab es in den letzten beiden Jahrzehnten keine standardisierten Behandlungsrichtlinien, jedes Zentrum musste sein eigenes Protokoll entwickeln.

Fallbeispiel

Erfrierungen bei der Erstbesteigung des Annapurna (8.091 m)

Am 3. Juni 1950 erreichten Maurice Herzog und Louis Lachenal als erste Bergsteiger einen 8.000er-Gipfel, den Annapurna im nepalesischen Himalaya. Vom letzten Lager aus brachen sie um sechs Uhr morgens auf. Herzog beschrieb das Wetter als „strahlend schön, aber auch kalt“. Bei jeder Pause während des Aufstiegs „stampften wir mit den Füßen“, um sie aufzuwärmen. Lachenal zog einen zu engen Bergschuhe aus: „Ich will nicht wie Lambert enden“, sagte er. Dem Genfer Bergführer Raymond Lambert mussten nach einem Besteigungsversuch am Everest alle Zehen amputiert werden. Als sie ihren Aufstieg fortsetzten, klagte Lachenal weiterhin über seine Füße. „Ich spüre nichts mehr. Ich glaube, ich bekomme Frostbeulen.“ Und wieder zog er seinen Bergschuh aus. „Ich wusste aus Erfahrung, wie heimtückisch und schnell man sich Erfrierungen zuziehen kann, wenn man nicht äußerst vorsichtig ist.“

Nachdem am Gipfel Fotos gemacht wurden und weil sich das Wetter verschlechterte, eilten die beiden den Berg hinunter. Sie stiegen über die Aufstiegsspur ab und querten einen felsdurchsetzten Schneehang. Dann öffnete Herzog aus unerfindlichen Gründen seinen Rucksack. „Meine Handschuhe! ... Ich sah, wie sie den Hang hinunterrutschten ... Schnell hinunter zum Lager V. Nie kam es mir in den Sinn, die Socken, die ich für ein solches Missgeschick in Reserve habe, als Handschuhe zu benutzen.“ Beide Bergsteiger waren sich bewusst, dass sie aufgrund des Sauerstoffmangels in den extremen Höhen über 7.000 m nicht klar denken konnten.

Als Herzog das Lager V erreichte, gab Lionel Terray, einer ihrer Begleiter, der auf sie wartete, ihm die Hand, und rief: „Maurice – deine Hände! ... Ich hatte vergessen, dass ich meine Handschuhe verloren hatte: Meine Finger waren violett, weiß und hart wie Holz.“ Lachenal verpasste das Camp V im Nebel und stürzte im Eis, wobei er Mütze und Handschuhe verlor. Nachdem ihn andere Bergsteiger unter dem Lager V entdeckt hatten, stieg Terray zu ihm ab. Lachenal sagte, er habe Erfrierungen an den Füßen und bat darum, hinunterge-

bracht zu werden, damit der Arzt ihn versorgen konnte, aber das schlechte Wetter und die herannahende Nacht machten dies unmöglich.

Während Terray in einem Zelt die Hände und Füße von Lachenal massierte, massierte Gaston Rébuffat im anderen Zelt die Gliedmaßen von Herzog. Terray versorgte Lachenal und Herzog mit heißen Getränken. „Sie haben uns gerieben, geohrfeigt und mit einem Seil geschlagen. Manchmal trafen die Schläge auf lebendes Gewebe und aus beiden Zelten ertönte Heulen ... Allmählich kehrte das Leben in meine Füße und Hände zurück und die Durchblutung setzte wieder ein.“

Am nächsten Morgen brachen sie bei Sturm auf. Lachenal konnte seine Bergschuhe nicht anziehen, weil seine Füße zu geschwollen waren. Terray, der größere Füße hatte, tauschte mit Lachenal die Bergschuhe. Er musste jedoch die kleineren Bergschuhe aufschneiden, um sie über seine eigenen Füße zu bekommen. Sie hatten Schwierigkeiten, das Lager IV zu finden und verbrachten die Nacht in einer Gletscherspalte. Sie zogen alle ihre Bergschuhe aus, um das Risiko von Erfrierungen zu verringern.

Am Morgen verbrachten die Bergsteiger viel Zeit damit, ihre Bergschuhe wiederzufinden. Das Wetter war gut, aber Terray und Rébuffat waren noch schneeblind vom Vortag. Terray musste Herzogs Stiefel aufschneiden. Selbst dann konnte Herzog sie nur mit großer Mühe anziehen. Sie bekamen Hilfe von anderen Mitgliedern der Expedition und wurden von ihnen nach unten begleitet. Während des Abstiegs wurden sie von einer Lawine erfasst, die sie etwa 150 m in die Tiefe riss. Glücklicherweise wurde dabei niemand ernsthaft verletzt. Herzog schürfte sich beim Abseilen an einem Fixseil die Haut an den Händen ab.

Im Lager II untersuchte der Expeditionsarzt, Jacques Oudot, die Bergsteiger. Herzog beschrieb seinen Zustand: „Meine Gliedmaßen waren taub bis weit über die Knöchel und Handgelenke hinaus. Meine Hände waren in einem furchtbaren Zustand; es gab praktisch keine Haut mehr, das Wenige, das übrig war, war schwarz und hing in langen Streifen herunter. Meine Finger waren geschwollen und verformt. Meinen Füßen ging es kaum besser. Die ganzen Sohlen waren braun und violett und völlig gefühllos.“ Lachenals Hände hatten keine Erfrierungen, aber seine Zehen und Fersen waren schwarz. Rébuffat hatte zwei kleine Erfrierungen an den Zehen. Dr. Oudot sagte, er werde Herzog einige Injektionen geben. „Ich habe diese während des Krieges verwendet und es ist die einzige sinnvolle Behandlung bei Erfrierungen.“

Dr. Oudot verabreichte Novocain (Procain) in Herzogs Oberschenkel- und Oberarmarterien. Die Injektionen waren äußerst schmerzhaft, aber am nächsten Morgen fühlte Herzog die Wärme bis in die Fußsohlen. Am nächsten Tag wurde Acetylcholin aus dem Lager

Herbeigebracht. Unter Schwierigkeiten, auch weil Herzogs Blut ungewöhnlich dick war, injizierte Dr. Oudot 100 ml in die Beinarterien. Auch diese Injektionen waren äußerst schmerzhaft. Mit noch größerer Schwierigkeit injizierte Dr. Oudot in die Arterien der Arme. Dr. Oudot führte auch eine Blockade der Halsganglien mit Novocain durch, um die Arterien des linken Arms zu erweitern, an dem sich Herzog als junger Mann eine Verletzung zugezogen hatte.

Die Evakuierung, bei der Herzog und Lachental von den Sherpas getragen wurden, dauerte fünf Wochen, heftiger Monsunregen erschwerte die Rettung. In der Anfangsphase der Evakuierung verabreichte Dr. Oudot weitere schmerzhaft injizierte Acetylcholin, bis es ausging. Später verabreichte er Morphin und Spartocampbor. Nach einigen Tagen begann Dr. Oudot damit, die gangränösen Finger von Herzog und Lachental zu entfernen. Als Herzog Fieber bekam, verabreichte Dr. Oudot Penicillin-Injektionen. Erst viel später, als die Abgrenzung zwischen Gangrän und lebendem Gewebe klar war, begann Dr. Oudot, Herzogs Finger und Zehen Gelenk für Gelenk zu amputieren. Anfang Juli begann Dr. Oudot auch mit der Amputation der Finger von Lachental. Auch nach der Ankunft in Indien mussten weitere Amputationen vorgenommen werden. Die Expedition reiste schließlich mit dem Zug weiter. Amputationen konnten in einem fahrenden Zug nicht durchgeführt werden. Darum entschieden sie sich beim Umsteigen am Bahnhof Gorakhpur, die restlichen Amputationen durchzuführen. Die Amputate wurden vor den Augen der Einheimischen am Bahnsteig entsorgt.

Quelle: Annapurna von Maurice Herzog. Übersetzt aus dem Französischen von Nea Morin und Janet Adam Smith. E.P. Dutton & Co. 1952.

21.2 Epidemiologie

Wie häufig es weltweit zu Erfrierungen kommt, ist unbekannt. Im Lauf der Geschichte waren Soldaten am häufigsten betroffen. Mit der Zunahme von Obdachlosen und Flüchtlingen und der Freizeitaktivitäten bei kaltem Wetter sind auch Zivilisten zunehmend gefährdet. Diese demografischen Veränderungen haben Forscher dazu veranlasst, die Risikofaktoren auch in der Zivilbevölkerung zu untersuchen.

Eine über 12 Jahre laufende Studie zu stationären Patienten mit Erfrierungen in der kanadischen Provinz Saskatchewan [3] ergab mehrere prädisponierende Faktoren: Alkoholkonsum (46 %), psychiatrische Erkrankungen (17 %), Fahrzeugpannen (19 %) und Drogenmissbrauch (4 %). Alkoholkonsum führt durch die periphere Vasodilatation zum Wärmeverlust und zu einem getrübbten Urteilsvermögen. Das Opfer verspürt keine Notwendigkeit, Schutz und Wärme zu suchen, was die

Erfrierung begünstigt. Das Amputationsrisiko hängt eher mit der Dauer der Kälteexposition als mit der absoluten Temperatur zusammen, aber die Temperatur, die zu einer Erfrierung führen kann, liegt deutlich unter dem Gefrierpunkt. [1, 2] Laut Studien betreffen mehr als 90 % aller Erfrierungen Hände und Füße. [4] Es können aber auch Gesicht, Ohren, Gesäß, Perineum und der Penis betroffen sein. Erfrierungen von Gesäß und Perineum werden in der Regel durch Sitzen auf Metall verursacht. Erfrierungen am Penis sind am häufigsten bei schlecht bekleideten Läufern an sehr kalten Tagen zu beobachten.

Erwachsene im Alter von 30–49 Jahren sind am häufigsten von Erfrierungen betroffen. [5] Bei älteren Menschen verstärken eine schlechte Durchblutung und Komorbiditäten oftmals die Gewebeschäden. Bei Säuglingen und Kindern können Erfrierungen der Knochen die Wachstumsfuge beschädigen. Dies kann zu einem Stopp des Knochenwachstums mit schweren Behinderungen führen. [6]

21.3 Risikofaktoren

Zu den Risikofaktoren für Erfrierungen gehören umweltbedingte, verhaltensbedingte, mechanische und physiologische Faktoren.

- Umweltfaktoren sind Temperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit und Höhe. Menschliches Gewebe gefriert ab -5 °C. [2] Bewegt sich ein gesunder, nicht unterkühlter Erwachsener aktiv, ist das Risiko von Erfrierungen an den Fingern bei einer Umgebungstemperatur über -9 °C, unabhängig von der Windgeschwindigkeit, gering. Die Geschwindigkeit der Abkühlung hängt nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Windgeschwindigkeit ab [7, 8]. Der sogenannte Windchill gibt den Unterschied zwischen gemessener und gefühlter Temperatur an. Bei Wind ist die gefühlte Temperatur tiefer als die gemessene Temperatur, da die warme Luft an der Hautoberfläche vom kalten Wind weggeblasen wird, wodurch ein Wärmeverlust entsteht. Bei einer Windchill-Temperatur von -28 °C können Erfrierungen innerhalb von 30 min auftreten. Die Bedingungen, die zu diesem Windchill von -28°C führen können, wären z.B. eine Umgebungstemperatur von -20 °C bei einer Windgeschwindigkeit von 16 km/h.
- Zu den verhaltensbedingten Faktoren gehören unzureichende Kleidung und fehlende Unterkunft, Tabakkonsum (hemmt die periphere Durchblutung), Alkoholkonsum und andere Drogen sowie psychiatrische Erkrankungen.
- Zu den mechanischen Faktoren zählen die Immobilität, einschnürende Kleidung und der Kontakt mit wärmeleitendem Material.
- Physiologische Faktoren beeinflussen in erster Linie den peripheren Kreislauf. Zu diesen Faktoren gehören frühere

Erfrierungen, Dehydratation, Hypovolämie, akute oder chronische Hypoxie, Hypothermie, Diabetes mellitus, Vaskulitis, Raynaud-Syndrom, gefäßverengende Medikamente und genetische Prädisposition.

21.4 Pathophysiologie

Wenn die Haut abkühlt, folgt auf die kälteinduzierte Vasokonstriktion die kälteinduzierte Vasodilatation (*cold-induced vasodilation, CIVD*). Dieses Phänomen der wellenförmigen Durchblutungsschwankungen auf den Kältereiz, auch als „hunting reaction“ bekannt, schützt die Extremitäten vor Kälteschäden auf Kosten des Wärmeverlusts. Die CIVD tritt in 5- bis 10-minütigen Zyklen auf. [6] Bei einer Hauttemperatur von 10 °C geht die Sensibilität verloren.

Bei weiterer Abkühlung wird das Blut zähflüssiger. Es kommt zur Verengung der Gefäße und zum transendothelialen Austritt von Blutplasma. Arteriovenöse Anastomosen können sich öffnen, wobei das Blut in den Extremitäten unter Umgehung der Kapillarbetten direkt von den Arterien in die Venen geleitet wird. Die Haut muss sehr kalt sein, damit sich Eiskristalle bilden können. [8] Kühlt die Haut auf -4 °C oder darunter ab, kommt es zum Gefrieren, und es beginnt die Erfrierung. Niedrige Umgebungstemperaturen, Wind und Nässe beschleunigen diesen Prozess. Handelt es sich um einen sehr raschen Gefrierprozess, bilden sich die Eiskristalle zuerst im extrazellulären Raum. [1,9] Der extrazelluläre osmotische Druck steigt und zieht freies Wasser durch die Zellmembranen in den extrazellulären Raum. [2] Dies führt zu intrazellulärer Dehydratation und Hyperosmolalität. Geht der Gefrierprozess weiter, kommt es zu extra- und intrazellulären Elektrolyt- und pH-Wert-Veränderungen mit dem Abbau von Enzymen. Das Zellvolumen wird reduziert. Durch die wachsenden Eiskristalle können direkte Schäden an der Zellmembran auftreten. Die Endothelzellen lösen sich von der Arterienwand ab, was zu einer mikrovaskulären Dysfunktion führt, gefolgt von Kapillarschäden, dem Verlust von Mitochondrien in Muskelzellen und anderen intrazellulären Schäden. [9] Knorpel, insbesondere Epiphysenknorpel, ist sehr anfällig für Gefrierschäden. [6]

Während der Wiedererwärmung kann es je nach angewandter Methode zur Hyperämie, Ischämie, Zyanose oder zu vollständigem Kreislaufversagen und in weiterer Folge zu Reperfusionsschäden kommen. [10] In Folge von Vasodilatation, Ödemen und Gerinnungsstörungen können innerhalb von 12–48 Stunden nach der Wiedererwärmung, manchmal auch schon früher, große Blasen auftreten. Thrombozyten- und Erythrozytenaggregate thrombosieren und verformen die Gefäße im durchbluteten Gewebe. Reperfusionsschäden können freie Radikale bilden, Neutrophile aktivieren und mit anderen entzündlichen Veränderungen einhergehen. Prosta-

glandin F₂α (PGF₂α) und Thromboxan A₂ (TXA₂) verursachen eine Thrombozytenaggregation und Thrombosen, die zur Ischämie führen. In der Flüssigkeit von Erfrierungsblasen wurden deutlich erhöhte Konzentrationen von PGF₂α und TXA₂ gefunden. [11] Diese Eicosanoidderivate werden als Auslöser einer fortschreitenden Ischämie der Haut bei Verbrennungen, Erfrierungen und Reperfusionsschäden gesehen. Eine unerkannte Erhöhung des Kompartimentdrucks kann zu weiteren Schäden führen.

Je nach Schweregrad kann sich die Gefäßschädigung durch Auflösung von Gerinnseln wieder erholen oder es kommt zum Gefäßkollaps, der zum Absterben von Gewebe führt. Gefriert Gewebe nach dem Auftauen ein zweites Mal, kommt es zur intrazellulären Eisbildung mit umfassender Zerstörung und weiterer Freisetzung von prothrombotischem, gefäßverengendem PGF₂α und TXA₂. Ein Tierversuch an einem Kaninchenohr zeigte eine erhöhte Gewebeüberlebensrate nach Blockade der Arachidonsäurekaskade auf allen Ebenen. [12] Am meisten Gewebe konnte gerettet werden, wenn spezifische TXA₂-Inhibitoren verwendet wurden. Obwohl dies bereits klinisch untersucht wurde, [13] gibt es keine randomisierte kontrollierte Studie, die eine Behandlungsempfehlung rechtfertigen würde.

21.5 Klinik

Die Schwere der Symptome steht in der Regel im Zusammenhang mit der Schwere der Erfrierung. Der zeitliche Verlauf einer Erfrierungsverletzung lässt sich in vier Phasen unterteilen:

- Die Gefrierphase ist klinisch durch ein Kälte- und Taubheitsgefühl gekennzeichnet. Die Extremität fühlt sich kalt an, die Betroffenen beschreiben ein klobiges Gefühl als wäre die Extremität „ein Stück Holz“ (> Abb. 21.1).



Abb. 21.1 Erfrierungen vor der Wiedererwärmung. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Nic Kanaan)

- Erholt sich ein Patient in einer warmen Umgebung, tritt die Wiedererwärmungsphase ein. Das betroffene Gebiet ist gut abgegrenzt und blaugrau violett verfärbt (> Abb. 21.2). Selbst in den schwersten Fällen kommt es nach einer raschen Wiedererwärmung zunächst zu einer Hyperämie. Die Wiedererwärmungsphase dauert bis zu 12 Stunden. 12–48 Stunden nach der Kälteexposition können große Blasen mit klarer Flüssigkeit (> Abb. 21.3) oder kleine mit hämorrhagischer Flüssigkeit entstehen. Gelegentlich treten diese auch schon früher auf.
- Während der Phase der progressiven Nekrose bilden sich Ödeme, Bläschen und Blasen (> Abb. 21.4). Im Allgemeinen dauert diese Phase 1–3 Tage.
- Die Phase der sekundären Nekrose und Mumifizierung beginnt am Ende der progressiven Phase und dauert etwa 6 Wochen. Das geschädigte Gewebe wird trocken, dunkel und brüchig (trockenes Gangrän). Wenn sich das Gewebe



Abb. 21.4 Hämorrhagische Blasen am Tag 3. Diese weisen auf eine Schädigung des Mikrogefäßsystems und eine schlechte Prognose hin. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Chris Imray)



Abb. 21.2 Initialstadium einer Erfrierung am Tag 0, 1h nach der Wiedererwärmung; Grad 3. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Ken Zafren)



Abb. 21.5 Mumifizierung am Tag 45; Grad 2. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Emmanuel Cauchy)



Abb. 21.3 Große klare Blasen im distalen Bereich der Finger weisen auf eine sehr günstige Prognose hin. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Emmanuel Cauchy)

infiziert, wird es feucht und gallertartig (feuchtes Gangrän). Es bildet sich eine scharfe Abgrenzung (Demarkation) zwischen lebensfähigem und totem Gewebe (> Abb. 21.5).

MERKE

Erfrierungen werden in ihrem zeitlichen Verlauf in vier Phasen unterteilt: Gefrierphase, Wiedererwärmungsphase, Phase der progressiven Nekrose und Phase der sekundären Nekrose und Mumifikation. [1]

21.6 Differenzialdiagnose

Differenzialdiagnosen von Erfrierungen sind in der Regel kein Problem. Die Anamnese und die körperliche Untersuchung sind fast immer ausreichend, um die Diagnose zu

stellen. Sogenannte „Nonfreezing cold injuries“ (nicht gefrorene Kälteschäden durch Nässe und Kälte), wie z. B. der sog. trench foot (Fußbrand)¹, können anfänglich ein ähnliches Aussehen haben und ähnlich wie Erfrierungen verlaufen, in der Regel besteht jedoch kein Gewebeverlust, es sei denn, es entwickelt sich ein Kompartmentsyndrom. Verbrennungen können Erfrierungen ähneln und Schorf bilden, sind aber bereits durch die Anamnese von Erfrierungen zu unterscheiden. Läsionen im Zusammenhang mit dem Kompartmentsyndrom und einigen Infektionen, wie die nekrotisierende Faszitis, können ebenfalls Erfrierungen ähneln, werden aber anhand des klinischen Erscheinungsbilds unterschieden. Im Gegensatz zu Erfrierungen erfordert der Grabenfuß keine Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. Der Grabenfuß kann sich bei Kälte, nassen Bedingungen, theoretisch bei Temperaturen bis zu 15 °C und stundenlanger Exposition nahe dem Gefrierpunkt entwickeln. Der Kontakt mit kalter, nasser Umgebung kann zu einer Beeinträchtigung und schließlich zur Zerstörung der Kapillaren führen. In schweren Fällen kann dies einen Gewebsverlust hervorrufen, häufig im Zusammenhang mit einem Kompartmentsyndrom.

21.7 Diagnosekriterien: Gradeinteilung bei Erfrierungen

Erfrierungen, also thermische Verletzungen durch Kälte, wurden in der Vergangenheit ähnlich wie Verbrennungen in vier Grade eingeteilt. Diese klassische Einteilung ist klinisch leider nicht sehr nützlich. Eine bessere Klassifizierung unterteilt Erfrierungen in leichte (kein Gewebeverlust zu erwarten) und schwere (Gewebeverlust zu erwarten) Erfrierungen. Allerdings kann es insbesondere in Grenzfällen schwierig sein, vorherzusagen, ob es zu einem Gewebeverlust kommen wird.

Das medizinische Personal des Krankenhauses in Chamonix, Frankreich, entwickelte anhand retrospektiver Daten eine neue Klassifizierung für Erfrierungen. Diese basiert auf der ersten klinischen Untersuchung nach der raschen Wiedererwärmung durch das Eintauchen in warmes Wasser, kombiniert mit einer frühen Isotopenuntersuchung [14] und bietet den Vorteil, bei der Behandlung von Erfrierungen frühzeitig eine Langzeitprognose stellen zu können. Diese Klassifizierung wurde auch zu Forschungszwecken verwendet,

¹ Im Kriegswinter 1914 erkannte man den Fußbrand als eine Folge des langen Aufenthalts in den Schützengräben. Wenn die Füße eines Soldaten über einen langen Zeitraum in nassen Schuhen stecken, weicht die dicke Haut der Fußsohle auf, die Füße schwellen an und schmerzen höllisch. Wird der Fuß nicht behandelt, stirbt das Gewebe ab, die Füße verfärben sich schwarz und müssen amputiert werden.

(Anm. des Übersetzers)

um die Wirksamkeit von klinischen Prozessprotokollen zu vergleichen. Dabei können die verschiedenen Studienarme einer randomisierten Studie anhand dieser einfachen anatomischen Klassifizierung verglichen werden.

21.7.1 Ausmaß der anfänglichen Läsion

Die anfängliche Läsion wird definiert durch das Ausmaß der blau-grauen Verfärbung an der Gliedmaße unmittelbar nach der raschen Wiedererwärmung. Diese Abgrenzung bleibt auch nach der raschen Wiedererwärmung bestehen und wird von Gefühllosigkeit begleitet. Die Grenze der ursprünglichen Läsion wird unmittelbar gemessen, nachdem die Extremitäten im Wasserbad bei 37–39 °C für bis zu 1 Stunde wiedererwärmt wurden. [3] Beschränken sich die initialen Läsionen an Händen und Füßen nur auf die distalen Finger- oder Zehenglieder, ist die Notwendigkeit einer Amputation auch im weiteren Verlauf unwahrscheinlich. Sind ganze Zehen oder Finger betroffen, steigt ohne den Einsatz von Gewebeplasminogenaktivator (t-PA) oder Iloprost die Wahrscheinlichkeit einer Knochenamputation progressiv an und erreicht bis zu 100 % (> Tab. 21.1).

Die Spezifität der Vorhersage der beurteilten primären Läsion bezüglich der späteren Amputationshöhe ist mit etwa 30 % allerdings sehr niedrig. Das Ausmaß der anfänglichen Läsion dient also der Vorhersage des Amputationsrisikos, nicht der Höhe. Präklinisch oder in der Notaufnahme wird aufgrund des Ausmaßes der anfänglichen Läsion am Tag 0 eine Behandlungsstrategie festgelegt. > Abb. 21.6 zeigt die Stadieneinteilung basierend auf der ursprünglichen Läsion:

- **Grad I:** Die leichteste Form einer lokalen Gewebeschädigung. Obwohl der Grad I mit Eisbildung und Gefäßverengung einhergeht, betrifft die Schädigung nur sehr oberflächliches Gewebe und ist durch ausschließliches

Tab. 21.1 Amputationsrisiko in Abhängigkeit vom Ausmaß der anfänglichen Läsion.

Lokalisation	Ausmaß der anfänglichen Läsion	Amputationsrisiko (%)
Hand	Handwurzel	100
	Mittelhandknochen	100
	Grundglied	83
	Mittelglied	39
	Endglied	1
Fuß	Fußwurzel	100
	Mittelfußknochen	98
	Grundglied	60
	Mittelglied	23
	Endglied	0

Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Emmanuel Cauchy

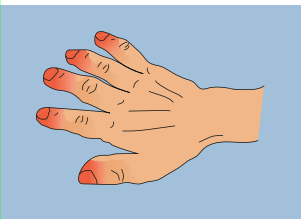
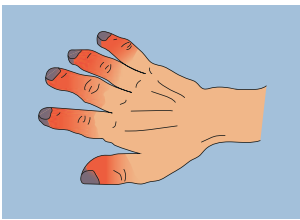
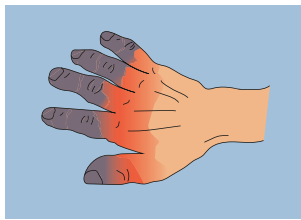
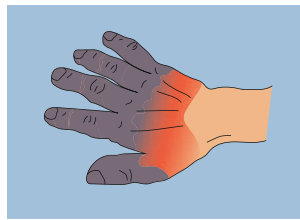


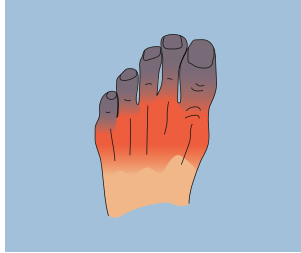

Klassifizierung der Erfrierungen an Tag 0 (nach Aufwärmen im 37-39 °C warmen Wasserbad für 60 min)			
Fehlen einer initialen Akrozyanose, Dysästhesie	Initiale Akrozyanose und Gefühllosigkeit des distalen Phalanx	Initiale Akrozyanose und Gefühllosigkeit der intermediären und proximalen Phalanx	Initiale Akrozyanose und Gefühllosigkeit des Finger- und Zehengrundgelenks
Signal an der Fingerspitze mit 18–20 MHz Doppler	Kein Signal an der Fingerspitze mit 18–20 MHz Doppler	Kein Signal an der Fingerspitze mit 18–20 MHz Doppler	Kein Signal an der Fingerspitze mit 18–20 MHz Doppler
			
			
Grad 1 Kein Amputationsrisiko	Grad 2 Geringes Amputationsrisiko	Grad 3 Amputationsrisiko	Grad 4 Hohes Amputationsrisiko

Abb. 21.6 Erfrierungs-Klassifizierung am Tag 0, nach Wiedererwärmung in einem 37–39 °C warmen Wasserbad für 1 Stunde.

Wiederaufwärmen der betroffenen Stelle vollständig reversibel. Die Haut der Akren kann normal sein oder gefühllos und grau zyanotisch verfärbt mit vollständiger Rückbildung nach rascher Wiedererwärmung.

- **Grad 2:** Beteiligung des ganzen distalen Fingerglieds, die Schädigung bleibt nach der Wiedererwärmung bestehen (> Abb. 21.7).
- **Grad 3:** Beteiligung des mittleren und proximalen Fingerglieds, Schädigung besteht ebenfalls nach dem Wiedererwärmen fort (3a für das mittlere Fingerglied und 3b für das proximale Fingerglied) (> Abb. 21.2).
- **Grad 4:** Beteiligung des Mittelhand-/Mittelfußknochens, die Schädigung bleibt nach Wiedererwärmung bestehen. (> Abb. 21.8)

Zur prognostischen Einschätzung der Amputationshöhe sollte zur Komplettierung des Stagings eine Knochenszintigrafie (Technetium-99 m-Hydroxy-Methylen-Diphosphonat [^{99m}Tc]) durchgeführt werden.

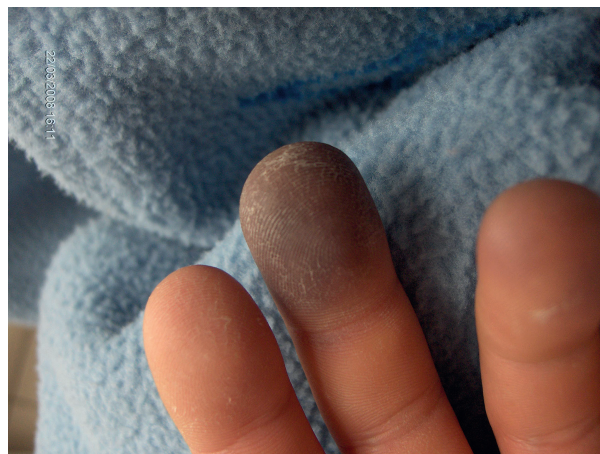


Abb. 21.7 Initiale Läsion am Tag 0, eine Stunde nach der Wiedererwärmung: Grad II. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr Emmanuel Cauchy)



Abb. 21.8 Erfrierung Grad IV am Tag 0, eine Stunde nach der Wiedererwärmung. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr Ken Zafren)

MERKE

Das Ausmaß der initialen Läsion der Erfrierung unmittelbar nach rascher Wiedererwärmung, ohne Applikation von Iloprost und t-PA, kann als Prädiktor des Amputationsrisikos verwendet werden.

21.7.2 Knochenszintigrafie

Eine Knochenszintigrafie (^{99m}Tc) bereits am dritten Tag erlaubt eine exakte Beurteilung des Schweregrads von Erfrierungsschäden. [14] Der Grad der Isotopenaufnahme in den Finger- oder Fußknochen und das Ausmaß der Amputa-

tion stehen in direktem Zusammenhang. Gibt es Bereiche, in denen keine radioaktiven Tracer aufgenommen werden, liegt die Wahrscheinlichkeit einer Amputation bei 84 %. Ein zweiter Scan, etwa am Tag 8, ist noch sensitiver und spezifischer, insbesondere dann, wenn der erste Knochenscan eine verminderte Aufnahme ergeben hat. Werden radioaktive Tracer aufgenommen, liegt die Wahrscheinlichkeit einer Restitutio ad integrum bei ca. 99 % (> Abb. 21.9).

Die Knochenszintigrafie spielt auch in der forensischen Medizin eine wichtige Rolle. Chirurgen können durch die Ergebnisse des ersten Knochenscans die Höhe der Amputation rechtfertigen. Am dritten Tag kann das Ausmaß der Amputation relativ gut vorhergesagt werden. [15]

21.8 Untersuchungen

Um die Durchblutung nach einer raschen Wiedererwärmung zu beurteilen, ist die sorgfältige Untersuchung der Hautfarbe und Temperatur, der Sensibilität, des Pulses und der Kapillarfüllung nötig. Das Expeditionsbasislager, ambulante Rettungsstationen sowie Krankenhäuser können mit Infrarot-Thermometern, Pulsoximetern oder tragbaren Ultraschallgeräten ausgestattet sein. Neuere Ultraschallgeräte mit 18–20-MHz-Sonden bieten im Vergleich zu älteren Geräten einen deutlichen Vorteil bei der Beurteilung der Durchblutung. Bei Begleitverletzungen oder dem Verdacht darauf

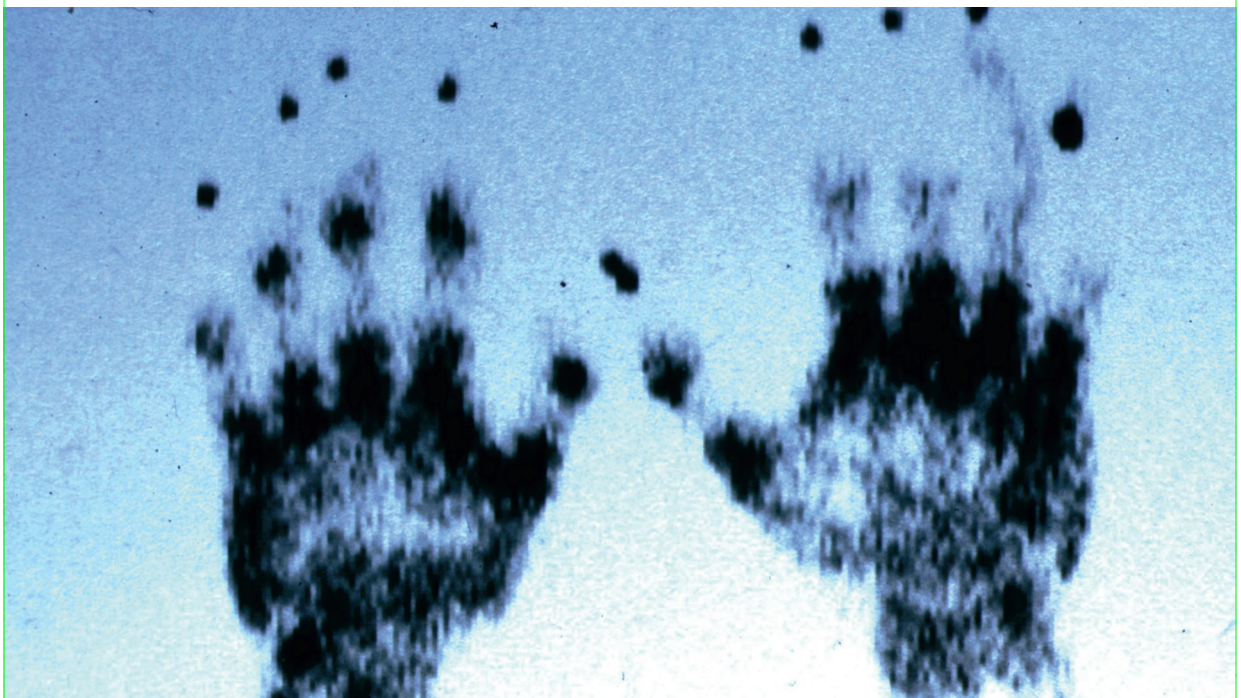


Abb. 21.9 Knochenszintigrafie am zweiten Tag. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Emmanuel Cauchy)

können einfache Röntgenbilder beim initialen Management von Erfrierungsschäden helfen.

Bei Patienten mit schweren Erfrierungen an den Gliedmaßen wird zur Prognoseabschätzung die Knochenszintigrafie mit ^{99m}Tc herangezogen. [15] Um den Schweregrad von Erfrierungen zu bestimmen und Prognosen zu stellen, wurden auch schon andere Diagnosemethoden eingesetzt, wie z.B. die Thermografie, [16] Angiografie, [17] Laser-Doppler-Bildgebung, [18, 19] digitale Plethysmografie, [19] und Magnetresonanztomografie/-angiografie (MRI/MRA). [20] Keine dieser Techniken wurde in großen Studien validiert oder findet in der Praxis breite Anwendung.

21.9 Behandlung

21.9.1 Behandlung vor Ort

Wer sich bei Minusgraden mit unzureichender Kleidung im Freien aufhält, sollte sich vor Wind schützen. Eine Kompressionen der Gliedmaßen durch enge Rucksäcke, Klettergurte oder enge Schuhe sollten vermieden werden. Sobald man sich in einer geschützten Umgebung befindet, sollte man warme, süße Getränke und kohlenhydratreiche Nahrung zu sich nehmen. Bergschuhe, nasse Handschuhe und Socken sind auszuziehen und durch trockene Socken zu ersetzen. Kalte Hände oder Füße, die keine Erfrierung aufweisen, können in der Achselhöhle oder der Leiste des Begleiters gewärmt werden. Einige Autoren empfehlen die Einnahme von Aspirin (250 oder 325 mg), Ibuprofen (400–600 mg), Nifedipin (10 mg) oder Sildenafil (50 mg). Dafür gibt es allerdings weder belastbare Daten noch breiten Konsens. Die betroffene Stelle sollte weder massiert noch mit Schnee eingerieben werden und auch keiner direkten Wärme ausgesetzt sein. Eine Erwärmung am offenem Feuer oder durch die Abgase eines Verbrennungsmotors kann das gefrorene Gewebe weiter schädigen und zu Verbrennungen führen. [6]

Gibt es keine andere Möglichkeit eines Abtransports, kann man den Patienten trotz Erfrierungen an den Füßen gehen lassen. Je schneller ein Betroffener medizinische Hilfe erhält, desto besser sind die zu erwartenden Ergebnisse. Nur wenn kein Risiko eines erneuten Erfrierens besteht, können Aufwärmversuche vor Ort unternommen werden. Erfriert bereits aufgetautes Gewebe nochmals, ist es sehr wahrscheinlich nicht mehr zu retten. Falls man sich dazu entscheidet, das erfrorene Gewebe vor Ort aufzutauen, sollte man im weiteren Verlauf für wirksame Schmerzbekämpfung und Aufrechterhaltung von Warmwasserbädern sorgen – und was am wichtigsten ist – das Gewebe vor weiterer Schädigung während des Transports schützen. Ein Patient ist nach der Wiedererwärmung erfrorener Füße wahrscheinlich nicht in

der Lage, selbstständig zu gehen. Außerdem wäre das Risiko einer erneuten Erfrierung zu groß. Wenn ein geeigneter Unterschlupf zur Verfügung steht und die oben genannten Kriterien erfüllt werden, sollte die rasche Wiedererwärmung über 30–60 min in 37–39 °C warmem Wasser in einer Wanne oder einem großen Becken erfolgen, in dem die Extremitäten weder die Seiten noch den Boden berühren. Die Wiedererwärmung ist abgeschlossen, sobald die Durchblutung in den distalen Fingern oder Zehen wiederhergestellt ist, die Finger und Zehen wieder beweglich sind und eine rote oder violette Färbung haben.

Eine spontane Wiedererwärmung vor Ort ist zwar suboptimal, lässt sich aber oft nicht vermeiden. Wenn erfrorenes Gewebe vor Ort aufgewärmt wurde, sollte alles unternommen werden, um erneutes Erfrieren zu verhindern. [2] Zusätzlicher Sauerstoff kann in großer Höhe hilfreich sein. Kürzlich wurde auch vorgeschlagen, Patienten mit Erfrierungen, die sich in großer Höhe befinden oder aus irgendeinem Grund hypoxisch sind, mit einer distalen Sympathikusblockade [21] und einer tragbaren Überdruckkammer zu behandeln. [22]

MERKE

Erfrorenes Gewebe sollte vor Ort nur dann wieder aufgewärmt werden, wenn während des Abtransports keine Gefahr des Wiedereinfrierens besteht. Sobald das Gewebe aufgetaut ist, muss erneutes Erfrieren unbedingt verhindert werden.

Regionalanästhesie (periphere Nervenblockaden)

Umfangreiche Literatur, vor allem aus der Handchirurgie, bestätigt, dass die Blockade des sympathischen Nervensystems der oberen Extremitäten eine Vasodilatation verursacht und die Hauttemperatur der Finger erhöhen kann. Theoretisch könnten Sympathikusblockaden bei erfrorenen Händen oder Fingern zu ähnlichen Effekten führen, es liegen hierzu allerdings keine systematischen Untersuchungen vor. [23–25] Im Krankenhaus wurden zur Behandlung von Erfrierungen Zervikal-, Axillar- und Brachialnervenblockaden und intra-arterielle Vasodilatoren eingesetzt, jedoch auch hierzu gibt es keine kontrollierten Studien. [26, 27] Ein Fallbericht beschreibt die Durchführung von bilateralen Handgelenksblöcken bei der Versorgung eines Alpinisten mit Erfrierungen an den Händen. [21] Die Nervenblockaden wurden proximal der Handgelenke mit Ropivacain durchgeführt. In beiden Händen haben die Schmerzen innerhalb von 10 min nahezu vollständig nachgelassen, die Genesung verlief ausgezeichnet und es war keine Amputation erforderlich. Diese Technik verdient weitere Untersuchungen und könnte für die Behandlung vor Ort, bei Erfrierungen im III. und IV. Grad sowohl zur Schmerzbekämpfung als auch zur Vasodilatation eingesetzt werden, um das Risiko einer Amputation zu verringern.

Oxygenierung oder tragbare Überdruckkammer

Es ist nicht bekannt, ob eine Erhöhung der arteriellen Sauerstoffsättigung in großer Höhe bei Erfrierungsverletzungen hilfreich ist. Zwar liegt die Vermutung nahe, dass eine Verbesserung des arteriellen Sauerstoffgehalts vorteilhaft sein könnte, doch die mangelnde Durchblutung des erfrorenen Gewebes macht diese Therapie möglicherweise sinnlos. Würde Sauerstoff die Gefäßerweiterung fördern und die Durchblutung verbessern, könnte die Gabe von Sauerstoff von Nutzen sein. Verursacht die Sauerstofftherapie jedoch eine Vasokonstriktion, wie es in geringer Höhe der Fall ist, wäre sie wahrscheinlich kontraproduktiv. Es wird angenommen, dass die CIVD (Cold-Induced Vasodilation, die kälteinduzierte Vasodilatation,) vor einem Kältrauma schützt, indem sie die periphere Durchblutung erhöht. [28] Eine akute Hypoxie vermindert die CIVD und beeinträchtigt damit die Wiedererwärmung der Hände. Eine Akklimatisierung von mehr als einer Woche verstärkt hingegen diese Reaktion. [29, 30] Die Wirkung von zusätzlichem Sauerstoff oder eine hyperbare Therapie auf die periphere Durchblutung kann auch von der Dauer der Hypoxie abhängen. Solange nicht klar ist, ob die Sauerstofftherapie eine periphere Gefäßverengung verursacht, ist bei der Verwendung von zusätzlichem Sauerstoff Zurückhaltung geboten. Tragbare Überdruckkammern und zusätzlicher Sauerstoff sorgen in großer Höhe jedoch lediglich für eine Verringerung der Hypoxie, und verursachen keine Hyperoxie. Außerdem kommt es zu einem leichten Anstieg des endexpiratorischen CO_2 , theoretisch mit vasodilatatorischen Effekten. [31] Letztendlich stellt sich die Frage, ob zusätzlicher Sauerstoff dazu beitragen könnte, den Grundumsatz zu erhöhen und zur peripheren Gefäßerweiterung in extremer Höhe führen kann. In Höhen über 8000 m berichten Bergsteiger häufig von einem starken Kältegefühl, das sich während der Sauerstoffatmung in ein Gefühl von Wärme umwandelt. Die Wirkung von Sauerstoffzufuhr in extremer Höhe könnte multifaktoriell sein: So kann z. B. der zusätzliche Sauerstoff den Sauerstoffverbrauch erhöhen, mehr Körperwärme erzeugen und die Kerntemperatur erhöhen, wodurch die periphere Vasokonstriktion verringert würde.

Jede Maßnahme zur Erhöhung oder Aufrechterhaltung der Kerntemperatur kann dazu beitragen, Erfrierungen vorzubeugen und die Behandlung zu verbessern. In extremen Höhenlagen kann die Gabe von Sauerstoff sowohl bei der Behandlung als auch bei der Prävention von Erfrierungen wichtig sein. In weniger extremen Höhen (unter 5.500 m) ist der potenzielle Nutzen weniger klar. Der arterielle Sauerstoffpartialdruck kann vor Ort entweder durch die Verabreichung von Sauerstoff oder durch die Verwendung einer tragbaren Überdruckkammer erhöht werden. In Höhen von 3500–5500 m kann, wenn die mit der Pulsoxymetrie gemessene arterielle Sauerstoffsättigung (SpO_2) $< 90\%$ beträgt, der SpO_2 durch eine geringe Sauerstoffflussrate von 1–2 l/min über eine Nasensonde im Allgemeinen auf $> 90\%$ erhöht werden. Die Verwendung niedriger Flussraten hilft, den Sauerstoffvorrat

zu schonen. Nach einer raschen Wiedererwärmung können innerhalb der ersten 12 Stunden bis zur Evakuierung alle drei Stunden jeweils einstündige Sitzungen in einer tragbaren Überdruckkammer erfolgen ($>$ Abb. 21.10). [22] Auch der Abstieg trägt zur Erhöhung der arteriellen Oxygenierung bei.

21.9.2 Versorgung in der Notaufnahme

Ein Patient mit Erfrierungen sollte auf eine Hypothermie und Begleitverletzungen hin untersucht werden. Lebensbedrohliche Probleme sind auf jeden Fall vor Erfrierungsschäden zu behandeln. Unterkühlte Patienten sollten auf eine Körpertemperatur von mindestens $34\text{ }^\circ\text{C}$ wiedererwärmt werden, bevor die Behandlung einer Erfrierung vorgenommen wird. [2] Bei hypovolämischen Patienten, die aus großer Höhe oder extremer Kälte gerettet werden, ist ein aggressiver kristalloider Volumenersatz angezeigt. Die zusätzliche Verwendung von kolloidalen Volumenexpandern, die in erster Linie wegen ihrer thrombozytenaggregationshemmenden und viskositätsvermindernden Eigenschaften und nicht zur Volumensubstitution eingesetzt werden, wird von einigen befürwortet, allerdings gibt es hierfür keine Evidenz. [6]

Protokoll zur raschen Wiedererwärmung

Erfrorene Extremitäten, die noch nicht aufgetaut sind, sollten in einem Warmwasserbad bei $37\text{--}39\text{ }^\circ\text{C}$ rasch wiedererwärmt werden. [32] In vielen Fällen sind erfrorene Gliedmaßen jedoch bereits aufgetaut, bevor das Opfer in der Notaufnahme eintrifft.

Idealerweise erfolgt die Wiedererwärmung in einem Wasserbad bei $38\text{ }^\circ\text{C}$. Einige Zentren fügen dem Wasser ein mildes Antiseptikum wie Jod oder Chlorhexidin zu. Die Wiedererwärmung kann bis zu einer Stunde dauern [1]. Sie ist so lange durchzuführen, bis sich die betroffene Extremität rot oder violett verfärbt ist und beweglich wird. Es wird empfohlen, die Extremitäten im Wasserbad aktiv zu bewegen, jedoch sollte darauf geachtet werden, dass die Ränder des Beckens oder des Gefäßes nicht berührt werden. Das Wasser sollte häufig umgerührt und die Temperatur überwacht werden. Von Zeit zu Zeit ist warmes Wasser hinzuzugeben, um die Zieltemperatur von $38\text{ }^\circ\text{C}$ aufrechtzuerhalten. Während der Wiedererwärmung kann eine Analgesie mit Opioiden angezeigt sein. In der Regel ist der Schmerz bei den empfohlenen $38\text{ }^\circ\text{C}$ geringer als bei höheren Temperaturen, die früher von einigen Autoren empfohlen wurden.

MERKE

In der Notaufnahme sollte das noch erfrorene Gewebe rasch im warmem Wasserbad ($37\text{--}39\text{ }^\circ\text{C}$) wiedererwärmt werden.

Sollte kein Impfschutz mehr bestehen, ist die Tetanusimpfung aufzufrischen. Der Einsatz von Antibiotika ist umstritten.



Abb. 21.10 Tragbare Überdruckkammer. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Emmanuel Cauchy)

Es gibt keine Belege dafür, dass sie bei Erfrierungsschäden eingesetzt werden sollten, es sei denn, die Läsion ist kontaminiert oder es liegen andere Indikationen wie z.B. offene Frakturen vor. Im Krankenhaus von Chamonix werden bei Erfrierungen der Füße im III. und IV. Grad routinemäßig systemisch Antibiotika (Amoxicillin/Clavulansäure oder Pristinamycin, ein Antistreptokokken-Antibiotikum) eingesetzt, um einer Superinfektion vorzubeugen. Ibuprofen und Aspirin werden häufig verwendet. Es ist weder eine optimale Dosierung bekannt, noch ist bislang der Nutzen nachgewiesen. Die empfohlene Dosis von Ibuprofen beträgt 12 mg/kg/Tag in 2–4 Dosen oder 400–600 mg alle 12 Stunden. [33] Die empfohlene Dosis von Aspirin sind 250 mg oder 325 mg täglich.

Ibuprofen und Aspirin sollten nicht gleichzeitig eingesetzt werden.

- Aspirin birgt einerseits das Risiko, dass es die für die Wundheilung erforderliche Prostaglandinsynthese blockiert, andererseits kann seine thrombozytenaggregationshemmende und antithrombotische Wirkung in der Reperfusionphase von Vorteil sein.
- Ibuprofen ist theoretisch wirksamer, da es eine vorübergehende Antiprostaglandinwirkung bietet und die initiale Entzündungskaskade hemmt, ohne die spätere Wundheilung zu verzögern. [1, 34]

Die weitere Behandlung orientiert sich an dem Grad der Erfrierung. Um den Schweregrad und die damit verbundene Behandlung zu bestimmen, sollte nach der Wiedererwärmung die anfängliche Läsion bewertet werden, nach der sich das Behandlungsprotokoll richtet (➤ Abb. 21.11):

- Grad I und II: Da das Risiko einer Amputation gering ist, ist bei einem Patienten mit Läsionen im Grad I oder II (➤ Abb. 21.7) keine stationäre Behandlung oder eine Knochenszintigrafie erforderlich. Eine lokale Behandlung mit Verbänden ist in den meisten Fällen ausreichend. Eine ergänzende Behandlung mit Aspirin oder Ibuprofen über 8–21 Tage kann in Betracht gezogen werden.
- Grad III (➤ Abb. 21.2): Diese Läsionen bergen ein erhebliches Amputationsrisiko. Ein Patient mit einer Erfrierung im Stadium III sollte ins Krankenhaus gebracht und dort mit Iloprost behandelt werden. Iloprost ist ein synthetisches Analogon des Prostazyklins PGI₂, es erweitert die systemischen und pulmonalen arteriellen Gefäße und verringert außerdem die Thrombozytenaggregation. Iloprost wird am häufigsten bei pulmonal arterieller Hypertonie, Sklerodermie und Raynaud-Phänomen eingesetzt. Es steht grundsätzlich in inhalativer und intravenöser Form zur Verfügung, ist aber in vielen Ländern einschließlich der Vereinigten Staaten nicht in intravenöser Form erhältlich. Ob die inhalative Applikation zur Behandlung von

35

Elisabeth Gruber, Mathieu Pasquier, Bruce Brink, Maria Antonia Nerin

Schmerztherapie

Zusammenfassung

Die Beurteilung und Behandlung von Schmerzen gehören zur Erstversorgung jedes Unfallopfers. Für das Schmerzmanagement in schwierigem Gelände sollte ein schrittweiser Ansatz verfolgt werden, beginnend mit der Schmerzerfassung und nichtpharmakologischen Basismaßnahmen, wie z. B. dem empathischen Umgang mit dem Patienten und der Basisversorgung nach dem sog. RICE-Schema (*Rest, Ice, Compression and Elevation* = Immobilisation, Kühlung, Kompression, Hochlagerung). Abschließend erfolgt die nach Wirkstärke ansteigende medikamentöse Therapie unter Berücksichtigung der möglichen Nebenwirkungen. Ausbildungsgrad und Fachkompetenzen der Retter müssen bei der Erstellung von Algorithmen für die Schmerzbehandlung berücksichtigt werden.

35.1 Hintergrund

Bei Bergrettungseinsätzen aufgrund von Verletzungen oder schmerzhaften Erkrankungen ist zumindest die Schmerzlinderung meistens möglich. Schmerzbehandlung ist ein grundlegendes Menschenrecht. Dieses sollte immer umgesetzt werden, wenn es in Sicherheit durchführbar und die logistischen und klinischen Umstände es erlauben.

Sean Crickmer, MD Absolvent des ersten kanadischen DiMM-Kurses, Mentor, Pionier der Alpinmedizin

Schmerz ist einer der häufigsten Gründe für die Inanspruchnahme des medizinischen Notdienstes. [1] Bis zu 86 % dieser Patienten haben Schmerzen aufgrund eines Traumas. [2] Im Gebirge sind Indikationen zur Schmerztherapie häufig Verletzungen, wie Zerrungen oder Verstauchungen, Luxationen und Knochenbrüche, schmerzhafte Zustände durch Verbrennungen, Bisse und Erfrierungen [3], aber auch weniger häufige Ursachen für Schmerzen wie akute Rückenschmerzen, Nierenkoliken oder akute Migräne. Zur Behandlung jedes Patienten sollte eine strukturierte Schmerzerfassung (Erhebung von Schmerzen) und Schmerztherapie gehören. [4] Eine effiziente Schmerzbehandlung verringert das Unbehagen und reduziert die physiologische Stressreaktion, die zu Tachykardie und Hypertonie führen kann. Eine Schmerzlinderung kann die Atemfunktion und die Sauerstoffversorgung bei Patienten mit Thoraxtrauma und Rippenfrakturen verbessern.

Es gibt Belege dafür, dass eine präklinische Schmerzbehandlung das Outcome des Verletzten verbessern kann. [4] Bei Notfällen in den Bergen ist eine angemessene Schmerzlinderung von entscheidender Bedeutung, um schwierige Bergungen zu erleichtern, ebenso bei langen Transportzeiten. [3] Werden

Schmerzen nicht behandelt, kann dies hingegen die Entwicklung einer posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS) und die Entstehung chronischer Schmerzen begünstigen. [5,6]

MERKE

Die präklinische Schmerzbehandlung kann das Patientenoutcome positiv beeinflussen. Unbehandelte Schmerzen begünstigen das Auftreten einer posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS) und können in chronische Schmerzen übergehen.

Schmerzen werden häufig unzureichend behandelt (Oligoanalgesie). [6,7] Es gibt zahlreiche Faktoren für eine unbefriedigende Schmerztherapie: Geschlecht und Alter, Schwierigkeiten bei der Beurteilung der Vigilanz durch Schädeltrauma oder Intoxikationen, unzureichende Schmerzerfassung, falsche Anwendung einer Schmerzgraduierung (Skala), fehlende Ausbildung und Kenntnis über pharmakologische Eigenschaften einzelner Schmerzmedikamente, inadäquate Dosierung, eingeschränkter Zugang zu Schmerzmitteln, Einschränkungen für die Anlage eines intravenösen (IV) Zuganges, sowie die Angst vor unerwünschten Arzneimittelreaktionen wie Atemdepression, Übelkeit, Erbrechen und Aspiration oder Kreislaufinstabilität. [3, 6, 8] Wichtige pharmakologische Eigenschaften verschiedener Schmerzmedikamente und empfohlene Dosierungen sind in > Tab. 35.1 und > Tab. 35.2 angegeben.

Die numerische Bewertungsskala („Numeric Rating Scale“ NRS 0–10) ist ein einfaches, validiertes Instrument zur Einteilung bzw. Quantifizierung von Schmerzen und zur Steuerung der Behandlung [9]. Im Gegensatz zu visuellen Hilfsmitteln und Skalen, die häufig in exponiertem Gelände nicht verfügbar und praktikabel sind, erfordert die NRS nur

Tab. 35.1 Pharmakologische Eigenschaften und Dosierungen von Analgetika

	Morphin	Fentanyl	Ketamin	Ibuprofen
Metabolismus, Ausscheidung				
Metabolismus	Leber	Leber	Leber	Leber
Ausscheidung	Niere	Niere	Niere	Niere
Verabreichung				
I. v., i. m., i. o.	+	+	+	+
Oral/rektal	+/+	-/-	+/+	+/+
Intranasal	-(+)	+	+	-
SL/TB	-	+	(+) ^a	-
Inhalation	-	-	-	-
Wirkungseintritt				
I. v., i. o.	5–10 min	1–5 min	1 min	30–60 min
I. m.	5–10 min.	-	10–15 min	
Oral/rektal	30 min	-	30 min	30–60 min
Intranasal	-	5–10 min	10 min	
SL/TB	-	5–15 min	-	-
Inhalativ	-	-	-	-
Wirkungsdauer	2–4 h	30–60 min	15–30 min	6–8 h
Dosierung bei Erwachsenen				
Start				
I. v., i. m., i. o.	0,05–0,1 mg/kg	1–3 µg/kg	0,1–0,6 mg/kg	400–800 mg
Oral/rektal	10–30 mg	-	-	400–800 mg
Intranasal	-	1–3 µg/kg	0,5–1 mg/kg	-
Sublingual/trans-bukkal	-	-	-	-
Inhalativ	-	100 µg	25 mg ^a	-
Repetition				
I. v., i. m., i. o.	0,05 mg/kg ^b	0,5 µg/kg ^b	0,1–0,6 mg/kg ^b	
Oral/rektal	10–30 mg alle 4 h	-	-	400–800 mg alle 6 h
Intranasal	-	1–3 µg/kg ^b	0,5–1 mg/kg	-
SL/TB	-	100 µg innerhalb 30 min	-	-
Inhalativ	-	-	-	-
Dosierungen bei Kindern				
Start				
I. v., i. o.	0,1–0,2 mg/kg	1–5 µg/kg	1–2 mg/kg	-
I. m.	-	-	4–5 mg/kg	-
Oral/rektal	0,2–0,5 mg/kg		Oral: 5–(10) mg/kg Rektal: 1,5–3 mg/kg	5–10 mg/kg
Intranasal	-	1–3 µg/kg	3–6 mg/kg	-
SL/TB	-	10–15 µg/kg	-	-
Inhalativ	-	-	-	-
Repetition				
I. v., i. m., i. o.	0,05 mg/kg ^b	1 µg/kg ^b	I.v. 0,5–1 mg/kg ^b	
Oral/rektal	0,2–0,5 mg/kg alle 4 h	-	-	5–10 mg/kg alle 6–8 h
Intranasal		1–3 µg/kg ²		

Tab. 35.1 Pharmakologische Eigenschaften und Dosierungen von Analgetika (Forts.)

	Morphin	Fentanyl	Ketamin	Ibuprofen
Maximale Dosis	Kinder: 20 mg/Verabreichung	Kinder: 50 µg/Verabreichung	Kinder: • I.v.: 2 mg/kg/ • I.m.: 6 mg/kg/	• I.v.: 3.000 mg/d • Oral: 1.800 mg/d • Kinder: 40 mg/kg/d
Weitere Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Überwachung Patienten • Titration bis zur Schmerzfreiheit • Antidote: Naloxon • Aktiver Metabolismus • Reduktion der Dosis bei Niereninsuffizienz 	<ul style="list-style-type: none"> • Überwachung der Patienten • Titration bis zur Schmerzfreiheit • Antidote: Naloxon • SL/TB im „Off-label use“ • Repetition einmalig alle 4 Stunden 	<ul style="list-style-type: none"> • Überwachung der Patienten • Halbe Dosis, wenn Ketamin S mit Midazolam verwendet wird • IN Gabe mit hohem Volumen bei Erwachsenen 	

Befolgen Sie lokal gültige Vorgaben und Leitlinien. I.v.=Intravenös, i.o.=Intraossär, i.m.= intramuskulär SL/TB = sublingual/transbukkal

Tab. 35.2 Pharmakologische Eigenschaften und Dosierungen von Analgetika

	Ketorolac	Metamizol	Paracetamol	Methoxyfluran	Lachgas/Sauerstoff (50 %/50 %)
Metabolismus	Leber	Leber	Leber	Leber (75 %)	
Ausscheidung	Niere	Niere	Niere	Lunge (25 %) Niere	Lunge
Verabreichung					
I.v., i.m., i.o.	+	+	+	-	-
Oral/rektal	+/-	+/+	+/+	-	-
Intranasal	(+) ^a	-	-	-	-
SL/TB	-	-	-	-	-
Inhalativ	-	-	-	+	+
Wirkungseintritt					
I.v., i.o.	30 min	5–15 min	5–10 min	–	–
I.m.	–	15–30 min	–	–	–
Oral/rektal	30–60 min	–	60 min	–	–
Intranasal	–	–	–	–	–
SL/TB	–	–	–	–	–
Inhalativ	–	–	–	1–3 min	–
Wirkungsdauer	6–8 h	4–6 h	6–8 h	25–30 min	2–5 min
Dosierung bei Erwachsenen					
Start					
I.v., i.m., i.o.	15–30 mg	1.000 mg	15 mg/kg	–	–
Oral/rektal	10 mg	500–1.000 mg	500–1.000 mg	–	–
Intranasal	–	–	–	–	–
SL/TB	–	–	–	–	–
Inhalativ	–	–	–	3 ml	–
Repetition					
I.v., i.m., i.o.	15–30 mg alle 8 h	1.000 mg alle 6–8 h		15 mg/kg alle 6 h	–
Oral/rektal	10 mg alle 8 h	500–1.000 mg alle 6–8h		325–1.000 mg alle 6 h	–
I.n.	–	–	–	–	–
S.l./t.b.	–	–	–	–	–
Inhalativ	–	–	–	3 ml	–

Tab. 35.2 Pharmakologische Eigenschaften und Dosierungen von Analgetika (Forts.)

	Ketorolac	Metamizol	Paracetamol	Methoxyfluran	Lachgas/Sauerstoff (50%/50%)
Dosierungen bei Kindern					
Start					
i. v., i. o.	0,5 mg/kg	15–20 mg/kg	15 mg/kg	–	–
i. m.	–	–	–	–	–
Oral/rektal	10 mg	15–20 mg/kg	20 mg/kg	–	–
i. n.	–	–	–	–	–
s. l./t. b.	–	–	–	–	–
Inhalativ	–	–	–	–	Alter=Liter/min
Repetition					
i. v., i. m., i. o.	0,5 mg/kg alle 6–8 h	15–20 mg/kg alle 6–8 h	15 mg/kg alle 6–8 h	–	–
Oral/rektal	10 mg/kg alle 6–8 h	20–40 mg/kg alle 6–8 h	20 mg/kg alle 6–8 h	–	–
i. n.	–	–	–	–	–
Maximale Dosis	i. v. 90 mg/d für 2 d Oral: 40 mg/d Kinder: • IV 60 mg/d für 2 d • Oral 40 mg/d	Erwachsene: 4.000 mg/d	Erwachsene: 4 g/d Kinder: • I.V.: max. 60 mg/kg/Tag • Oral/Rektal: max. 90 mg/kg/d	6 ml/d	–
Weitere Maßnahmen	Kontraindikationen: Herzinsuffizienz, Schlaganfall, PAVK Kinder: • i. v. > 6 Mon., max 30 mg/Gabe • Oral > 16 Jahre	Agranulozytose	Kontraindikationen: Leberinsuffizienz, Alkoholismus Antidot: N-Acetylcystein	Kontraindikationen: Leber- und Niereninsuffizienz	Kontraindikationen: Tauchunfälle, Pneumothorax, Pneumenzephalon, mangelnder Druckausgleich im Mittelohr, Ileus, niedrige Umgebungstemperatur

Befolgen Sie lokal gültige Vorgaben und Leitlinien. i. v. = Intravenös, i. o. = Intraösär, i. n. = Intranasal, s. l./t. b. = sublingual/transbukkal

eine verbale Bewertung auf einer Skala von 0 bis 10: 0 kein Schmerz; 1–3 milder Schmerz; 4–7 moderater Schmerz; 8–10 starker Schmerz.

Retter berücksichtigt werden und die Sicherheit der Verabreichung einer eskalierenden Schmerztherapie je nach Zustand des Patienten gewährleistet werden. [3]

TIPPS

„Wie stark ist Ihr Schmerz aktuell von 0 bis 10, wenn 0 keinem Schmerz und 10 dem stärksten vorstellbaren Schmerzerlebnis entspricht?“

Für das Schmerzmanagement wird ein stufenweises Vorgehen empfohlen. Am Beginn der Behandlung steht die Schmerzerfassung (NRS), gefolgt von nichtpharmakologischen Basismaßnahmen mit geringen Nebenwirkungen. Die medikamentöse Schmerztherapie beginnt mit milden Schmerzmitteln und schrittweiser Steigerung der Wirkstärke bis hin zur Verabreichung von systemischen Opioiden mit zunehmendem Risiko von Nebenwirkungen. Bei diesem Vorgehen müssen die Ausbildung und die Fachkompetenzen der

35.2 Nichtpharmakologisches Schmerzmanagement

Zunächst werden nichtpharmakologische Therapiemöglichkeiten zur Schmerzbehandlung eingesetzt. Durch ein sicheres und empathisches Auftreten sowie durch Zuspruch der Helfer kann der Patient vom Schmerz abgelenkt werden, während Erstmaßnahmen wie die Immobilisierung der verletzten Extremität oder die Applikation von Kühlpacks erfolgen. [10] Diese nichtpharmakologischen Maßnahmen sind von großer Bedeutung, insbesondere unter extremen Umweltbedingungen.

35.2.1 Empathie

In Situationen, in denen Schmerzmittel nicht sofort verfügbar sind, ist Empathie besonders wichtig. Die Anwesenheit eines einfühlsamen Helfers hilft dem ängstlichen Verunglückten, die Schmerzen weniger wahrzunehmen und senkt die Herzfrequenz. [11] Da es weder Kontraindikationen gibt, noch Nebenwirkungen auftreten, sollte ein einfühlsamer und achtsamer Umgang mit dem Patienten immer Teil der Behandlung eines Unfallopfers sein und seine Wirkung auf den Patienten nicht unterschätzt werden. [3]

Ablenkung

Schmerzwahrnehmung und Schmerzempfindung können sehr unterschiedlich sein. In Kampfsituationen oder unter ähnlichen Extremsituationen kann die Ablenkung so intensiv sein, dass die Patienten keine Schmerzen spüren. Ablenkung kann Ängste, aber auch die Schmerzwahrnehmung deutlich reduzieren. Selbst die erste einfache Kontaktaufnahme mit dem Verunglückten kann bereits eine wichtige Ablenkung darstellen. Den Patienten zu berühren, den Augenkontakt zu halten und grundlegende Fragen zu stellen, wie „Was kann ich tun, um Dir am besten zu helfen?“, kann dem Betroffenen helfen, sich gedanklich vom Schmerz zu lösen.

Den Patienten in die Rettung selbst miteinzubeziehen, indem er notwendige Gegenstände festhält oder Notizen machen soll, kann auch von Schmerzen ablenken. Der Kontakt sollte über ein kontinuierliches Gespräch aufrechterhalten werden. Entspannungsmethoden, Hypnose, stressreduzierendes Atmen oder meditative Techniken können außerdem hilfreich sein. Der Retter kann auch vorschlagen, dass sich der Patient positive Gefühle, Erinnerungen und Orte vorstellt, um die Gedanken zu einer angenehmeren Situation zu leiten.

Vertrauen

Das Rettungspersonal sollte eine Atmosphäre der Ruhe, des Selbstvertrauens und der Professionalität ausstrahlen und auf den Patienten übertragen, um diesen aber auch das Rettungsteam zu beruhigen. Zweifel, Sorgen und Angst, die von anderen geäußert werden, können die Schmerzwahrnehmung des Betroffenen beeinflussen, da Menschen in Notfallsituationen sehr sensibel auf diese Signale reagieren. Bei der Kommunikation mit dem Verletzten sollten die Auswirkungen des Schmerzes niemals heruntergespielt oder bagatellisiert werden.

35.2.2 Basismaßnahmen

Bei Verletzungen des Bewegungsapparates ist die Immobilisation der Patienten eine wichtige Basismaßnahme. Diese

sollte nach dem RICE-Schema (*Rest, Ice, Compression and Elevation* = Immobilisation [Ruhe], Kühlung, Kompression, Hochlagerung) erfolgen [3]. Dazu gehören der Schutz der verletzten Körperregion, Ruhe, Kühlung, Kompression und Hochlagerung. [3] Ziel dieser Maßnahmen ist es, die Ödembildung zu reduzieren, welche die Schmerzen verstärken und der Heilung abträglich sein kann.

Schutz und Abschirmung vor der Witterung sowie die Vermeidung weiterer Verletzungen sind für das Schmerzmanagement wichtig. Eine schnell improvisierte schützende Mikroumgebung wie ein Zelt oder ein Biwaksack vermittelt dem Opfer sofort ein Gefühl der Sicherheit. Außerdem sorgt dies für einen fast sofortigen und deutlichen Temperaturanstieg und ein höheres Maß an Komfort durch den Schutz vor der Witterung. Ein Schutzraum kann außerdem mehr Privatsphäre, weniger Lärm und ausreichend Licht für eine optimale Untersuchung bieten (> Abb. 35.1). Eine gründlichere körperliche Untersuchung ist in diesem Schutz besser möglich, und die manuelle Geschicklichkeit des Retters bleibt erhalten, sodass mit bloßen Fingern die Feinarbeit der körperlichen Untersuchung und der Versorgung des Opfers erfolgen kann, einschließlich der Ruhigstellung von Frakturen, der Reposition von Luxationen, der Anlage eines Venenzugangs, dem Durchführen regionaler Nervenblockaden oder der Vorbereitung von Medikamenten.

RICE-Schema

- **REST (Immobilisation):** Ruhigstellung der verletzten Extremität, es sollte jedoch, wenn möglich, ein aktiver Patiententransport möglich sein.
- **ICE (Kälte):** Um Schmerzen und Ödeme zu reduzieren, können Kälteanwendungen, wie Eis, Eispackungen oder kaltes Wasser angewendet werden. [12] Damit Erfrierungen und Unterkühlungen vermieden werden, sollten diese in 10-min-Intervallen zur Anwendung kommen. [13]



Abb. 35.1 Schutzzelt.

- **Compression (Kompression):** Durch elastische Bandagen können Ödeme und Schwellungen reduziert werden, ohne dass die Durchblutung beeinträchtigt wird.
- **Elevation (erhöhte Lagerung):** Die Lagerung der betroffenen Körperstelle über dem Herzniveau erhöht den venösen Rückfluss und reduziert Schwellungen und Schmerzen.

Immobilisation

Die Ruhigstellung (Immobilisation) von Frakturen dient dazu, sekundäre Verletzungen des Gewebes, der Nerven und der Blutgefäße zu verhindern, aber auch Blutungen zu verringern und Schmerzen zu behandeln. Der Erfolg dieser Maßnahme zeigt sich an den Rückmeldungen des Patienten, sofern dieser wach und ansprechbar ist. Besonders wichtig ist es, die Durchblutung der immobilisierten Extremität distal der Schienung zu überprüfen, um eine adäquate Blutversorgung sicherzustellen. Dies gilt insbesondere bei Kälte und Einsätzen in großer Höhe, aber auch, um ggf. die Position der Extremität zu korrigieren, um die bestmögliche Durchblutung zu gewährleisten.

Achsenrechtliches Ausrichten von Frakturen der Extremitäten

Gebrochene Gliedmaßen sollten möglichst so gelagert werden, wie es der anatomischen Position entspricht und am wenigsten schmerzhaft für den Verunglückten ist. Wird mit der Reposition begonnen, muss diese auch zu Ende geführt werden. Dazu gehört auch das Ausziehen der Schuhe bei Verletzungen der unteren Extremitäten. Nach der Reposition eines Knochenbruchs, ohne Gelenkbeteiligung kann ein gewisses Maß an Traktion Blutungen und Schmerzen verringern. Die Durchblutung der Extremität sollte regelmäßig überprüft werden.

Reposition dislozierter Frakturen

Die adäquate Reposition einer dislozierten Fraktur kann eine deutliche Schmerzlinderung hervorrufen und die Komplexität des gesamten Rettungseinsatzes reduzieren. [14] Da die Gefahr einer neurovaskulären Verletzung besteht, sollten Gelenkrepositionsversuche (mit Ausnahme der Hüfte) vor Ort nur von erfahrenen Ärzten durchgeführt werden. Es ist wichtig, die neurovaskuläre Untersuchung der Extremität vor und nach der Reposition zu dokumentieren. (➤ Kap.15 *Frakturen, Verrenkungen und Wirbelsäulenverletzungen*).

35.2.3 Medikamentöse Behandlung: Verabreichungsformen

Das ideale Analgetikum für die Alpinmedizin ist „kompakt und leicht, lange haltbar, nicht sedierend, hat ein breites Anwendungsspektrum, es ist biochemisch inert und stabil

gegenüber Temperatur- oder Wetterextremen, verfügt über mehrere verschiedene Verabreichungswege und hat nur minimale Nebenwirkungen“. [3]

Orale Verabreichungen

Orale Medikamente in Form von Tabletten, Granulat oder Tropfen sind einfach zu verabreichen, nichtinvasiv und werden von den Patienten gut akzeptiert. Sie sind im Allgemeinen klein, leicht und einfach zu transportieren. Bei leichten bis mäßigen Schmerzen sind orale Verabreichungsformen weit verbreitet und bieten eine gute Schmerzlinderung. Eine Einschränkung besteht darin, dass sich die Bioverfügbarkeit nur schwer vorhersagen lässt, was teilweise auf den hepatischen First-Pass-Effekt zurückzuführen ist. Zudem ist auch die Absorption variabel und von mehreren Faktoren abhängig, wie z.B. von der Verabreichungsform des Arzneimittels, aber auch von der Geschwindigkeit der Magenentleerung. Ein weiteres wichtiges Merkmal ist die Zeit bis zum Einsetzen der Wirkung, die in der Regel 15–20 min beträgt. Bei akuten Schmerzen sollten Medikamente mit sofortigem Wirkungseintritt bevorzugt werden. Einige Arzneimittel haben eine kontrollierte Wirkdauer von mehreren Stunden. [15]

Intravenöse Verabreichung

Die Vorteile einer intravenösen Gabe (i. v.) von Medikamenten sind der schnelle Wirkungseintritt, eine hohe Bioverfügbarkeit und die einfache Verabreichung, sobald ein intravenöser Zugang angelegt ist. In extremen Situationen im Gebirge kann es jedoch auch unmöglich sein, solch einen Zugang zu legen. Gründe dafür können sein: ungünstige Position, Zeitmangel, Alter des Patienten, Körperbau, Hydratationsstatus, Kleidungsschichten, niedrige Hauttemperatur, Unterkühlung oder Probleme mit der Ausrüstung. Muss ein intravenöser Zugang aus anderen medizinischen Gründen gelegt werden, sollte dieser auch zur Behandlung von Schmerzen benutzt werden. Wenn jedoch die Schmerzbehandlung die einzige Indikation für die Anlage eines intravenösen Zugangs darstellt, können auch alternative Methoden der Verabreichung gewählt werden, ohne dass die Wirkung beeinträchtigt ist. [16]

MERKE

Intravenöse Zugänge ausschließlich zum Zweck der Schmerztherapie sind nicht immer indiziert.

Intramuskuläre Verabreichung

Der intramuskuläre Zugang (i. m.) ist oft eine Option, wenn ein intravenöser Zugang oder alternative Verabreichungs-

formen nicht genutzt werden können. [3] Ein Nachteil ist die Schwierigkeit, die Absorption des Medikaments, die von Schwankungen der Durchblutung der Muskeln abhängt. Eine erfolgreiche intramuskuläre Verabreichung setzt voraus, dass das Medikament in den Muskel und nicht in das subkutane Gewebe appliziert wird, was eine ausreichend lange Nadel erforderlich macht. Dies ist besonders wichtig bei adipösen Patienten. [17]

Subkutane Verabreichung

Viele Medikamente können auch subkutan (s. c.) verabreicht werden, wenn kein intravenöser Zugang oder andere Verabreichungswege verfügbar sind. Die subkutane Verabreichung von Morphin ist bei postoperativen Eingriffen ebenso wirksam, wie eine intramuskuläre Applikation. In einer rauen und kalten Umgebung, in der die Hautperfusion bei Patienten aufgrund von Hypovolämie, Hypothermie oder Schock vermindert ist, kann es sein, dass das Medikament unzureichend aufgenommen wird. Dadurch ist es möglich, dass die Analgesie nur langsam einsetzt oder eine späte Absorption des Medikaments aus dem Hautdepot erfolgt, wenn sich die Durchblutung normalisiert. [15]

Intraossäre Verabreichung

Der intraossäre (i. o.) Zugang bietet eine Alternative zum intravenösen Zugang. Er ermöglicht eine ebenso schnelle und sichere Verabreichung von Medikamenten bei einem ähnlichen Wirkeintritt. Mögliche Punktionsstellen sind die proximale und distale Tibia, der distale Oberschenkelknochen und der proximale Oberarmknochen. Der i. o.-Zugang darf niemals in einen frakturierten Knochen angelegt werden. [18] Bei bewusstseinsklaren Patienten sollte die Lokalanästhesie der Haut und des Periosts durchgeführt werden. Um lokale Schmerzen bei der Volumengabe zu vermeiden, sollte Lidocain vor Beginn der Infusion in das Knochenmark injiziert werden. Die Extremität sollte freigelegt werden, was bei niedrigen Umgebungstemperaturen problematisch sein kann. Die sichere und stabile Fixierung der i. o.-Nadel ist manchmal schwierig, besonders während komplexer Rettungseinsätze. [18]

Transmukosale Applikationen

Intranasal

Die intranasale Verabreichung von Medikamenten ist einfach, schnell und nichtinvasiv. Es wird kein intravenöser Zugang benötigt und diese Applikation ist weniger unangenehm, wie eine intramuskuläre oder venöse Punktion. Auch Personen

mit einer basalen notfallmedizinischen Ausbildung können sie durchführen. [17] Ein weiterer Vorteil ist, dass gastrointestinale und hepatische First-Pass-Effekte vermieden werden, was insbesondere bei Medikamenten mit geringer oraler Bioverfügbarkeit wie Fentanyl von Bedeutung ist.

Die Nasenschleimhaut ist reich an Blutgefäßen, hat einen hohen Blutfluss (höher als der Blutfluss von Gehirn, Muskel oder Leber) und eine hohe Permeabilität. All dies sind Schlüsselfaktoren für eine effektive Absorption von systemisch wirksamen Arzneimitteln. Eine Vasokonstriktion oder Vasodilatation hingegen beeinträchtigt die Arzneimittelabsorption. Dies kann z.B. bei einer allergischen Rhinitis von Bedeutung sein, die mit vasokonstringierenden Medikamenten behandelt wird. Der größte Teil der Absorption findet in der unteren Nasenmuschel statt (> Abb. 35.2). Nach der Diffusion durch die Schleimhaut gelangen Wirkstoffmoleküle über das venöse System ins Gehirn. Nur eine kleine Menge des Medikaments erreicht die Oberfläche der olfaktorischen Zone, wo die Riechfasern direkt mit dem Gehirn in Verbindung stehen. Dadurch haben die Medikamente unmittelbaren Zugang zum Liquor und zum Gehirn. Dieser noch nicht gut erforschte Weg ist langsam und steht im Widerspruch zu den rasch einsetzenden hohen Medikamentenspiegeln, die nach der intranasalen Verabreichung im Liquor und Gehirn nachweisbar sind. Voraussetzungen für ein ideales intranasal zu verabreichendes Medikament sind: niedriges Molekulargewicht (< 300 Dalton), ein geringes Volumen, um ein Abfließen in den Rachen zu vermeiden, idealerweise 100–150 µl und nicht mehr als 1 ml pro Nasenloch, eine niedrige Viskosität, eine hohe Lipophilie und eine elektrische Ladung von Null bei physiologischem pH-Wert. [19, 20]

Medikamente, die intranasal verabreicht werden können, sind Fentanyl, Sufentanil, Ketamin, Diamorphin, der Opioidantagonist Naloxon und das Benzodiazepin Midazolam. Midazolam ist auch bei Krampfanfällen indiziert. Morphin ist stark hydrophil und daher begrenzt für die nasale Absorption. Spezielle Rezepturen mit Chitosan sind notwendig, um die Adhärenz an der Schleimhaut zu erhöhen und die Bioverfügbarkeit in der Nase zu verbessern. [21]

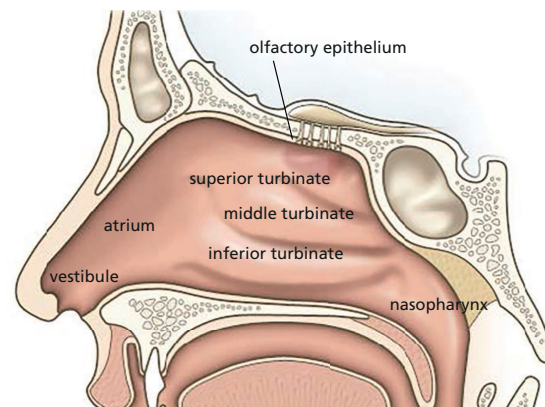


Abb. 35.2 Nasenhöhle.

Applikation

Tropfen oder Spritzen können verwendet werden, um Medikamente direkt in die Nasenöffnung zu verabreichen. Dies setzt eine gute Compliance und eine angemessene Kopfposition des Patienten voraus. Diese Bedingungen können in einer Notfallsituation nicht immer gegeben oder erreichbar sein. Besser einsetzbar ist der nasale mukosale Medikamentenzerstäuber (*mucosal atomization device* MAD), bestehend aus einer Spritze und einem konischen Pfropfen (dem Zerstäuber), der weich und leicht in ein Nasenloch einzuführen ist. Der Zerstäuber wandelt die Flüssigkeit in einen feinen Nebel, der sich ausdehnt und die verfügbare Oberfläche bedeckt, wodurch der Flüssigkeitsabfluss in den Pharynx reduziert und eine schnelle Absorption ermöglicht wird. Es ist keine spezielle Kopfposition erforderlich. Der MAD kann auch für unkooperative oder krampfende Patienten eingesetzt werden. [20]

Arzneiformen

Einige derzeit verfügbare intravenös zu verabreichende Medikamente können für die intranasale Applikation in der Notfallschmerzbehandlung verwendet werden. Fentanyl-Nasensprays sind zur Behandlung von Tumorschmerzen verfügbar. Das nichtsteroidale entzündungshemmende Medikament Ketorolac ist in den Vereinigten Staaten als Nasenspray zur Migränebehandlung erhältlich.

MERKE

Medikamente, die wirksam intranasal verabreicht werden können, sind Fentanyl, Sufentanil, Ketamin, Diamorphin, Naloxon und Midazolam.

Praxistipp

Die Wirksamkeit der nasalen Applikation kann durch folgende Maßnahmen erhöht werden.

- Untersuchen Sie die Nase und saugen Sie Schleim oder Blut ab.
- Verwenden Sie eine hohe Arzneimittelkonzentration.
- Verwenden Sie ein geringes Volumen.
- Verdünnen Sie das Medikament nicht.
- Teilen Sie die Dosis zwischen beiden Nasenlöchern auf.

Sublingual/Bukkal

Einige Schmerzmittel sind auch für die sublinguale Verabreichung unter die Zunge (s. l.) oder für die bukkale Verabreichung in die Wangenschleimhaut (bukkal) verfügbar. Das physiologische Prinzip der Absorption ähnelt der intranasalen Verabreichung. Die Absorption direkt über die Mundschleimhaut ermöglicht einen schnellen Wirkungseintritt (innerhalb von 10–15 min) unter Umgehung des hepatischen First-Pass-Effekts. Etwa 20 % des Medikaments wird geschluckt und sorgt zusätzlich für eine anhaltende Schmerzlinderung. [16] Es gibt spezielle Formulierungen

von Fentanyl (s. u.). In Australien ist sublinguales Ketamin in einer Dosis von 25 mg für mäßige bis starke Schmerzen einsetzbar. [22]

Transdermal

In der präklinischen Notfallmedizin gibt es nur wenig Indikationen für den Einsatz von transdermalen Systemen zur Schmerzbehandlung. Die Wirksamkeit transdermaler Formulierungen hängt erstens vom Eindringen durch die Hautbarriere und zweitens vom Erreichen des betroffenen Gewebes ab. [23] Transdermal verabreichte Medikamente können Salben, Gele oder Sprays sein. Dazu gehören nichtsteroidale entzündungshemmende Medikamente zur Behandlung von muskuloskelettalen Schmerzen wie Verstauchungen oder Zerrungen. Transdermale Opioidpflaster können zwar zu einer lang wirkenden systemischen Schmerzlinderung eingesetzt werden, sind allerdings aufgrund des sehr langsamen Wirkungseintritts (bis zu 12–24 h) nicht zur akuten Schmerztherapie geeignet. Für die Hautanästhesie stehen mehrere Zubereitungsformen zur Verfügung: Die eutektische Mischung aus Lokalanästhetika (EMLA), Lidocain 2,5 % und Prilocain 2,5 %, kann auf die intakte Haut für eine schmerzfreie Venenpunktion aufgetragen werden. 4-prozentiges Lidocain, 0,1-prozentiges Adrenalin und 0,5-prozentiges Tetracain (LAT)-Gel (LET in Ländern, die das Wort „Epinephrin“ verwenden) können zur topischen Lokalanästhesie auf verletzte mit Nähten zu versorgender Haut aufgetragen werden. [24]

Inhalation

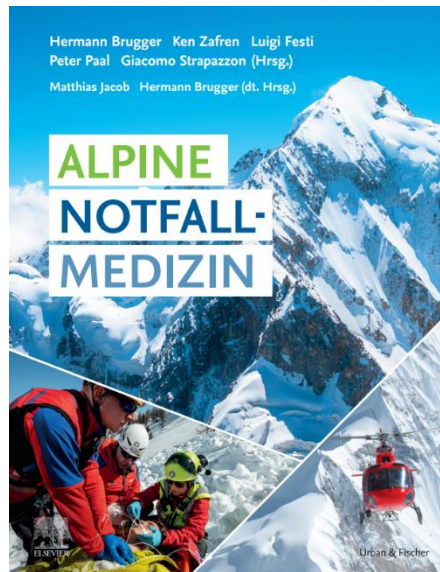
Inhalative Gase wie Methoxyfluran und Lachgas (N₂O) können verwendet werden, um leichte bis mittelschwere Schmerzen im präklinischen Setting zu behandeln. Inhalativ verabreichte Medikamente werden schnell über die Lunge in den Kreislauf aufgenommen, die Analgesie setzt rasch ein.

35.2.4 Medikamentöse Therapie: Arzneimittel

Nichtopioid-Analgetika

Nichtopioid-Analgetika, eine heterogene Gruppe von Medikamenten, die Paracetamol, Metamizol (Dipyrone) und nichtsteroidale entzündungshemmende Medikamente (NSAR) umfasst, haben ein breites Wirkungsspektrum. Sie wirken schmerzlindernd sowohl als Monopräparat, aber auch in Kombination mit anderen Schmerzmitteln (multimodaler Therapieansatz). NSAR und Paracetamol sind leicht verfügbar und werden weltweit häufig verwendet. [25]

Erhältlich in Ihrer Buchhandlung oder im Elsevier-Webshop



Dieses Buch bietet Ihnen fundiertes und spezialisiertes Fachwissen zu:

- Geschichte und Fortschritten der Bergrettung
- Ausbildung, Übung, Ausrüstung, Arbeiten im alpinen Gelände von Bergung über Erstdiagnose bis zum Transport
- pathophysiologischen Besonderheiten von Unfällen im Gebirge
- Diagnose und optimaler Behandlung von Traumen, internistischen Notfällen, neurologischen und psychiatrischen Krankheiten bis hin zu Infektionen
- Versorgung von Verletzten nach Unfällen beim Klettern, Canyoning, Höhlensport, Lawinenabgang, bei Hypothermie, Fatigue, Höhenkrankheit, Höhenhirnödem u.v.m.

Viele „Real-Life“-Beispiele, Abbildungen, Grafiken und Cave-Kästen unterstützen das Verständnis und machen das Buch zu einem Muss für alle in der Bergrettung Tätigen.

Herausgegeben von führenden Experten der Internationalen Kommission für alpine Notfallmedizin ICAR.

Das Buch wird von der Bergwacht Bayern, dem Österreichischen Bergrettungsdienst, der Schweizerischen Rettungsflugwacht und der Alpinen Rettung Schweiz empfohlen.

Alpine Notfallmedizin

2023. 800 S., 260 farb. Abb., geb.

ISBN: 978-3-437-15102-6 | € [D] 149,- / € [A] 153,20



ELSEVIER

elsevier.de