

Ertrinken

Dr. med. Patrik Schwab



Agenda

- Einführung
- Definition / Nomenklatur
- Klinisches Bild
- Effekte auf Organe / Symptome
- Behandlung
- Spezialfall: Kinder
- Zusammenfassung
- Fragen



Einführung

-  360'000 Fälle [1]
-  66 Fälle [2]
-  12 Fälle

- 80% Männer
- 10% Kinder
- 90% nicht tödlich
- 40% Hospitalisation



Ertrinkungsfälle
Statistiques des noyades
Statistica degli annegamenti

	See/Lac/Lago	Fluss/Rivière/Fiumi	Schwimmbad/Piscine	Tauchen/Plongée/Immersione	Divers/Diversi	Total/totale	in %
2022 (31.12.2022)							
Männer/hommes/uomini	30	18	1	2		51	77
Frauen/femmes/donne	6	4	0	1		11	17
Kinder/enfants/bambini		2	2			4	6
Total/totale	36	24	3	3	0	66	
in %	55	36	5	5	0		

Definition / Nomenklatur

- **Ertrinken:** Prozess bei welchem es zu einer Beeinträchtigung der Atemwege durch Untertauchen in Flüssigkeit kommt [3]
- **Tödliches Ertrinken:** Ertrinken mit tödlichem Ausgang
- **Nicht tödliches Ertrinken:** Ertrinken bei welchem der Prozess der Beeinträchtigung der Atemwege vor dem Tod unterbrochen wird und der Patient/die Patientin überlebt. [4]
 - Milde Beeinträchtigung: Atmend, Husten, voll orientiert
 - Moderate Beeinträchtigung: Atemprobleme und/oder nicht voll orientiert
 - Schwere Beeinträchtigung: Atemstillstand und/oder bewusstlos

Ber·ner

Substantiv [Bääär - ner]

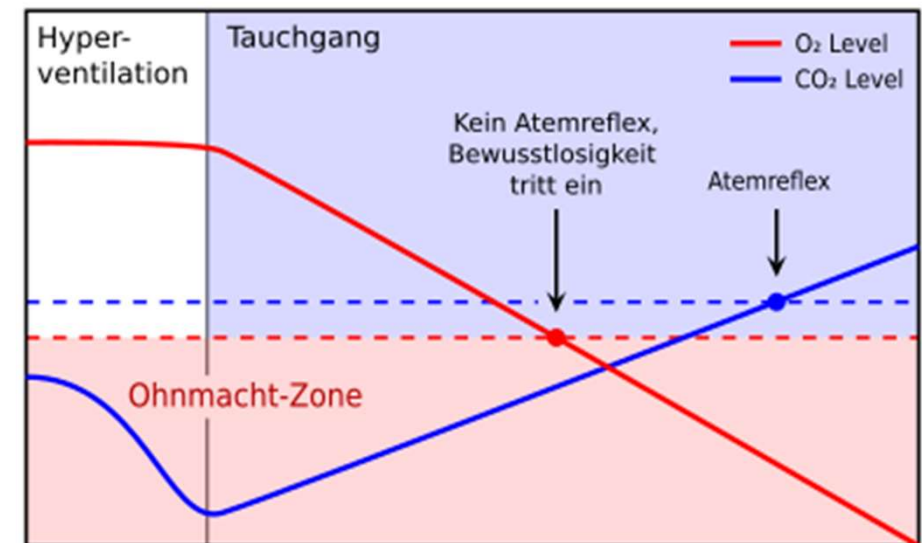
1. jemand, der in der Regel etwas langsamer unterwegs ist

2. sollte sich das Wort äüää in seinem Sprachgebrauch befinden, so haben Sie es mit einem echten Berner zu tun

Risikofaktoren [1,5,6,7,8,9-18]

- Alleine / keine Überwachung
- Unfähigkeit zum Schwimmen
- Selbstüberschätzung/Risikoverhalten
- Alkohol (50%)
- Hypothermie
- Trauma
- Medizinische Erkrankung (Epilepsie, Kardial...)
- Hyperventilation vor Apnoe-Tauchen

Tauchen mit Hyperventilation



Ertrinken - live



Klinisches Bild

Allgemein: Ertrinken beginnt mit einer Phase von Panik, Verlust des normalen Atemmusters, Luftnot und Schwierigkeit über Wasser zu bleiben. Es kann zu Inspirationsreflex kommen mit Aspiration von Wasser und Husten. Innerhalb Minuten kommt es zur Hypoxämie, Bewusstseinsverlust und Apnoe.

Der Kreislaufstillstand mit Bradykardie und PEA auf Grund der Hypoxämie ist klassisch. Der Effekt auf das Hirn ist ausschlaggebend für die Prognose. [9]

Grundsätzlich: Die Menge der aspirierten Flüssigkeit ist entscheidender als die Zusammensetzung!

Aber: - Kaltes Wasser -> Ventrikuläre Rhythmusstörung [18]
- Kontaminiertes Wasser -> Infektion



Lunge

Flüssigkeitsaspiration verursacht verschiedene Lungenverletzungen. Salz- und Süßwasser zerstört den Surfactant* und erhöhen die Durchlässigkeit der Alveolarmembran.

Dies führt häufig zu einem Lungenödem und im Verlauf zu einem ARDS [7,20]. Hypoxämie entsteht durch die Verminderung der Compliance, Ventilations-Perfusions-Mismatch und intrapulmonalen Shunt.

Es ist nach heutigem Kenntnisstand nicht entscheidend ob eine Süß- oder Salzwasser Aspiration vorliegt [21-25]

Die Symptome entwickeln sich meist rapide. Die Auskultation zeigt brummen, RG's und die AF ist erhöht.

Die Symptome entwickeln sich (fast) immer innert 8h [26,27]

* ist eine von Pneumozyten Typ II in der Lunge produzierte und auf die Oberfläche des alveolären Epithels sezernierte, oberflächenaktive Substanz.



Neurologie

Allgemein:

Ca. 20% der Überlebenden entwickeln eine hypoxiebedingte, neurologische Störung [28]. Diese können von subtilen Einschränkungen bis zum Wachkoma alles beinhalten.

Outcome:

Leider kann das Outcome bei der initialen Beurteilung nicht prognostiziert werden. [28,29]



Kardiovaskulär

Die entscheidende Einflüsse auf das kardio-vaskuläre System sind Hypoxämie und Hypothermie.

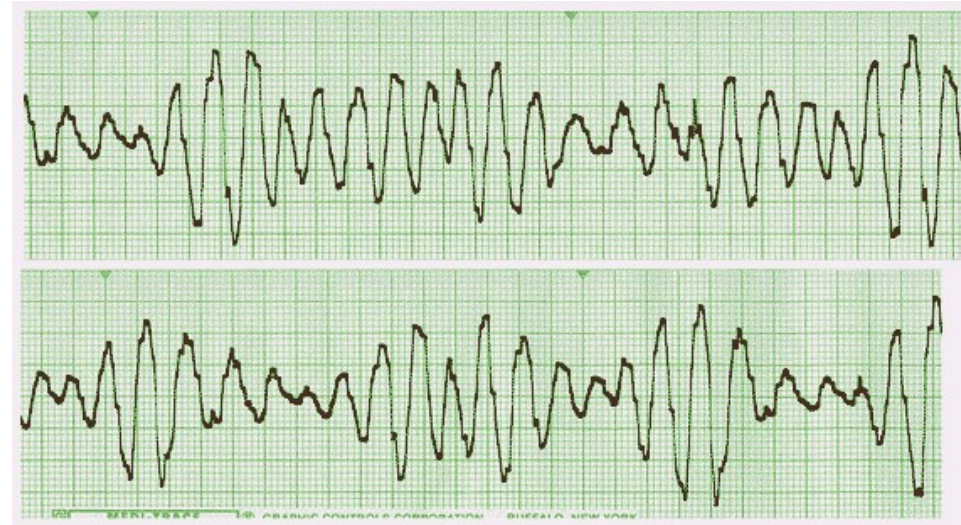
Klassisch ist der Ablauf: **Bradykardie -> PEA -> Asystolie**

Kammerflimmern ist sehr selten und meist Zeichen einer Co-Morbidität (Myokardinfarkt der zum Ertrinken führte) [19,30]

ST-Streckenänderung ist häufiger ein Zeichen für ein Takotsubo, Spasmen in den Koronararterien, Hypothermie und Hypoxie als ein kardial-ischämisches Geschehen [31]

Hypothermie kann zu einer signifikanten Hypovolämie führen (kalte Diurese)

Eintauchen in kaltes Wasser kann zu ventrikulären Rhythmusstörungen führen (Gleichzeitige Sympaticus- und Parasympaticus Aktivierung) [18,32]



Andere Organsysteme

Azidose: Respiratorische und/oder metabolische Azidosen sind häufig [33]

Elektrolytstörungen: sind selten! Ausnahme spezielle Flüssigkeiten (Totes Meer...) [34,35]

Systemische inflammatorische Reaktion kann auftreten [24,36-38]

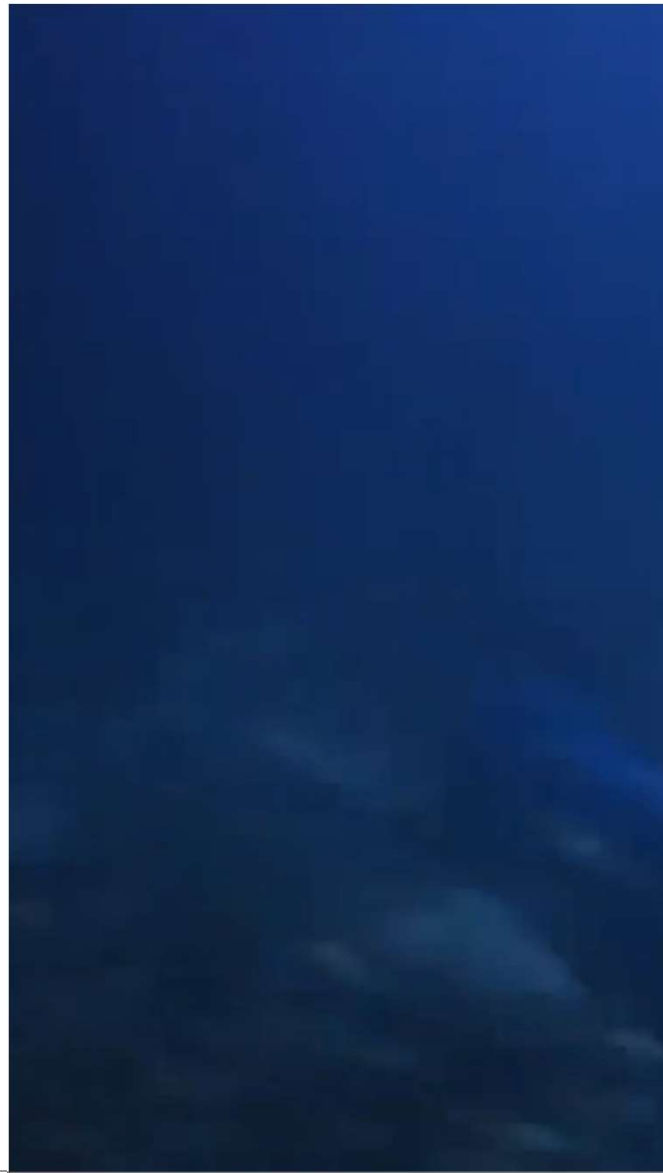
Niereninsuffizienz ist häufig bei Tubulusnekrosen (Hypoxämie, Schock, Hämö-/Myoglobulinurie [39,40])

Hämolyse ist selten [41-45]

Blutgas Ergebnis			
↓ pH	6,920		[7,370 - 7,450]
↓ pCO ₂	3,14	kPa	[4,70 - 6,10]
↓ pO ₂	5,51	kPa	[9,50 - 13,3]
↓ cHCO ₃ ⁻ (P) _c	4,8	mmol/L	[21,0 - 26,0]
↓ ABE _c	-27,0	mmol/L	[-2,0 - 3,0]
Oxymetrie Ergebnis			
↑ Hct _c	0,595		[0,370 - 0,520]
↑ ctHb	12,0	mmol/L	[7,5 - 11,2]
↓ sO ₂	79,4	%	[96,0 -]
↓ FO ₂ Hb	76,8	%	[96,0 -]
FCOHb	1,3	%	[- 2,0]
↑ FMetHb	2,0	%	[- 1,5]
↑ FHHb	19,9	%	[0,0 - 5,0]
Temperatur Korrektur			
pH(T)	6,920		
pCO ₂ (T)	3,14	kPa	
pO ₂ (T)	5,51	kPa	
Elektrolyt Ergebnis			
cK ⁺	3,8	mmol/L	[3,6 - 4,8]
cNa ⁺	142	mmol/L	[135 - 145]
cCa ²⁺	1,29	mmol/L	[1,15 - 1,35]
? cCa ²⁺ (7.4) _c		mmol/L	
↑ cCl ⁻	110	mmol/L	[95 - 105]
Metabolit Ergebnis			
↑ cGlu	19,4	mmol/L	[3,9 - 5,5]
↑ cLac	3,5	mmol/L	[- 1,8]

Behandlung

Lernen von den Profis



Erste Massnahmen

Schnelles Bergen und Beginn mit der Wiederbelebung verbessert das Outcome [45-51]

Outcome-Kriterien:

- Zeit unter Wasser >5min
- Zeit bis BLS >10min
- Dauer Rettung >25min



A: Airway

- KEIN Heimlich-Manöver
- HWS Fixation nur wenn grosser Verdacht auf Trauma
- ITN vs. supraglottischem Airway: -> ITN [52]



B: Breathing

- **Rescue Breathing** so rasch als möglich
- **FiO₂** initial so hoch als möglich (100% O₂, Maske mit Reservoir oder Beatmungsbeutel)
- Frühzeitig **PEEP**:
 - NIV
 - ITN (SGD)
- Bei persistierender Hypoxämie:
 - **V-V-ECMO**

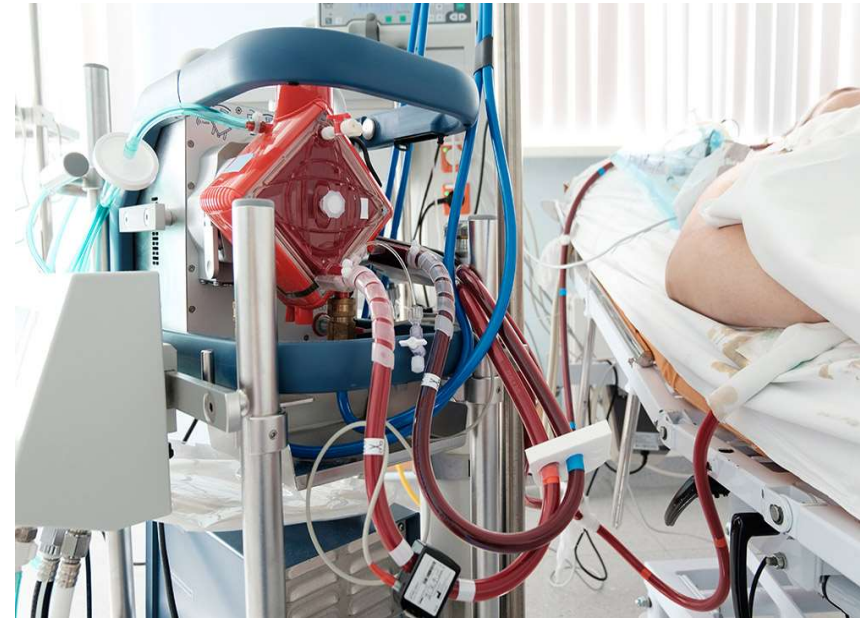


C: Cirrculation

- Puls spüren CAVE: Sinusbradykardie bei Hypothermie
- Bei OHCA -> CPR sobald möglich (Beatmung ist besser als alleinige Herzdruckmassage).
- Herzdruckmassage: nicht im Wasser! [51]
- AED
- Kontrolle Volumenstatus (Kalte Diurese)

Beachte Hypothermie

- **ECPR:** Temperatur $<29^{\circ}\text{C}$, normales Kalium -> **A-V ECMO**



D: Dissability

- Initial keine Zeit verschwenden -> normaler Primary Survey
- Initiales Assessment und Outcome korrelieren schlecht



E: Exposure

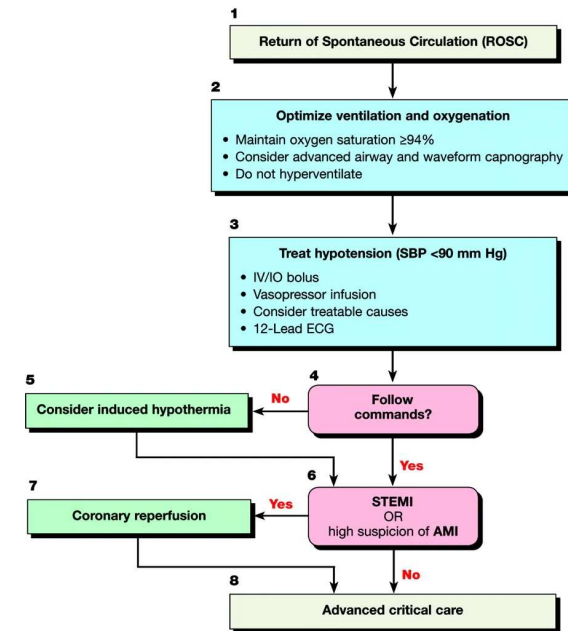
- Kälteschutz
- Körperkerntemperatur messen!
- $<33^{\circ}\text{C}$ -> wärmen
- $<29^{\circ}\text{C}$ -> ECPR



ROSC

- Target-Temperature-Management (TTM) 33-36°C für 24h (Schlechte Evidenz) [53,54]
- Hyperthermie verhindern

Adult Immediate Post-Cardiac Arrest Care



© 2010 American Heart Association

Doses/Details
Ventilation/Oxygenation Avoid excessive ventilation. Start at 10-12 breaths/min and titrate to target PETCO ₂ of 35-40 mm Hg. When feasible, titrate Fio ₂ to minimum necessary to achieve SpO ₂ ≥94%.
IV Bolus 1-2 L normal saline or lactated Ringer's. If inducing hypothermia, may use 4°C fluid.
Epinephrine IV Infusion: 0.1-0.5 mcg/kg per minute (in 70-kg adult: 7-35 mcg per minute)
Dopamine IV Infusion: 5-10 mcg/kg per minute
Norepinephrine IV Infusion: 0.1-0.5 mcg/kg per minute (in 70-kg adult: 7-35 mcg per minute)
Reversible Causes - Hypovolemia - Hypoxia - Hydrogen ion (acidosis) - Hypo-/hyperkalemia - Hypothermia - Tension pneumothorax - Tamponade, cardiac - Toxins - Thrombosis, pulmonary - Thrombosis, coronary

Abklärung

Jeder symptomatische Patient braucht:

- Körpertemperatur
- EKG
- Rx Thorax/CT Thorax
- ABGA inkl. Glc
- Primary/Secondary Survey
- Magensonde?

Jeder neurologisch auffällige Patient braucht:

- CT Schädel

Hypoxämie unter voller Therapie:

- Consider V-V-ECMO



Was braucht es nicht?

- Antibiotika (Ausser bei sehr verschmutzter Flüssigkeit)
- Glucocortikoide
- Surfactent
- Barbiturate



Outcome-Marker bei Ankunft Notfall ^[55-64]

- Zeit unter Wasser >5min
- Zeit bis BLS >10min
- Dauer Rettung >25min

- Dauer OHCA >25min
- Alter >14 Jahre
- GCS <5
- Apnoe und Herz-Kreislaufstillstand



Entlassung

- Asymptomatische Patienten
- Normale SpO2
 - Volles Bewusstsein
 - Symptome nicht verschlechtert
 - normale Vitalparameter
 - Normale Auskultation

*Symptome entwickeln sich innert 8h



Mehr Cartoons unter:
www.medi-learn.de/cartoons www.facebook.de/medilearn

Kinder

- Klinisch wie Erwachsene
- Besseres Outcome
- **Speziell: «Lautloses» Ertrinken**



Lautloses Ertrinken

Eline 2 Jahre alt

Stürzt kopfvoran in Putzeimer der Mutter
Unklare Downtime
OHCA mit ROSC nach 4 min



Schockraum:

- Aktuell KL völlig stabil, ITN in SR
- CT Schädel: schwerster hypoxischer Hirnschaden nach Ertrinken
- Palliativsetting



Zusammenfassung

- Rettung so rasch als möglich

Vorgehen nach ABCDE

- **A:** Keine Manöver zum Entleeren der Lunge, HWS nur bei starkem Verdacht immobilisieren
- **B:** Beatmung wichtig, FiO₂ 1.0 anstreben. Frühzeitig an PEEP (NIV oder ITN) denken, V-V ECMO
- **C:** CPR wie immer (Beatmung zuerst), Hypovolämie suchen. ECPR erwägen
- **D:** Keine Prognose auf Grund der initialen Beurteilung möglich (GCS <5 = schlechtes Outcome)
- **E:** Frühzeitiger Kälteschutz, REA Abbruch bei >33° und >25 min REA



Elektrolytstörungen selten Problem

Fragen

**Gratulation!!!
Du hast es geschafft!**



Mehr Cartoons unter:
www.rippenspreizer.com

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.

Referenzen

1. Solomez F, Vincent JL. Drowning: review of epidemiology, pathophysiology, treatment and prevention. *Resuscitation* 2004; 63:261.
2. Statistik SLRG 2022
3. [van Beeck EF, Branche CM, Szpilman D, et al. A new definition of drowning: towards documentation and prevention of a global public health problem. *Bull World Health Organ* 2005; 83:853.](#)
4. Beerman S, Bierens JJLM, Clemens T, et al. Clarification and Categorization of Non-fatal Drowning. A draft Position Statement for review and input by the global drowning community. Draft Position Statement, World Health Organization; Workshop on Non-fatal Drowning, Toronto, Canada, 2018.
5. [Brenner RA. Prevention of drowning in infants, children, and adolescents. *Pediatrics* 2003; 112:440](#)
6. [Karaye IM, Farhadi K, Sengstock G, et al. Recent trends in fatal unintentional drowning rates in the United States, 1999-2020. *J Safety Res* 2023; 84:411.](#)
7. [DeNicola LK, Falk JL, Swanson ME, et al. Submersion injuries in children and adults. *Crit Care Clin* 1997; 13:477.](#)
8. [Dunne CL, Sweet J, Clemens T. The link between medical conditions and fatal drownings in Canada: a 10-year cross-sectional analysis. *CMAJ* 2022; 194:E637.](#)
9. [Olshaker JS. Near drowning. *Emerg Med Clin North Am* 1992; 10:339.](#)
10. [Quan L, Gore EJ, Wentz K, et al. Ten-year study of pediatric drownings and near-drownings in King County, Washington: lessons in injury prevention. *Pediatrics* 1989; 83:1035. CRAIG AB Jr. Causes of loss of consciousness during underwater swimming. *J Appl Physiol* 1961; 16:583.](#)

Referenzen

11. [Cummings P, Quan L. Trends in unintentional drowning: the role of alcohol and medical care. JAMA 1999; 281:2198.](#)
12. [Tester DJ, Kopplin LJ, Creighton W, et al. Pathogenesis of unexplained drowning: new insights from a molecular autopsy. Mayo Clin Proc 2005; 80:596.](#)
13. [Diekema DS, Quan L, Holt VL. Epilepsy as a risk factor for submersion injury in children. Pediatrics 1993; 91:612.](#)
14. [Brehaut JC, Miller A, Raina P, McGrail KM. Childhood behavior disorders and injuries among children and youth: a population-based study. Pediatrics 2003; 111:262.](#)
15. [Smith GS, Keyl PM, Hadley JA, et al. Drinking and recreational boating fatalities: a population-based case-control study. JAMA 2001; 286:2974.](#)
16. [Brenner RA, Saluja G, Smith GS. Swimming lessons, swimming ability, and the risk of drowning. Inj Control Saf Promot 2003; 10:211](#)
17. [Shattock MJ, Tipton MJ. 'Autonomic conflict': a different way to die during cold water immersion? J Physiol 2012; 590:3219.](#)
18. [Dyson K, Morgans A, Bray J, et al. Drowning related out-of-hospital cardiac arrests: characteristics and outcomes. Resuscitation 2013; 84:1114.](#)
19. [Bierens JJ, Knape JT, Gelissen HP. Drowning. Curr Opin Crit Care 2002; 8:578.](#)
20. [Orlowski JP, Szpilman D. Drowning. Rescue, resuscitation, and reanimation. Pediatr Clin North Am 2001; 48:627.](#)

Referenzen

21. [Harries MG. Drowning in man. Crit Care Med 1981; 9:407.](#)
22. [Harries M. Near drowning. BMJ 2003; 327:1336.](#)
23. [Orlowski JP, Abulleil MM, Phillips JM. The hemodynamic and cardiovascular effects of near-drowning in hypotonic, isotonic, or hypertonic solutions. Ann Emerg Med 1989; 18:1044.](#)
24. [Smith R, Ormerod JOM, Sabharwal N, Kipps C. Swimming-induced pulmonary edema: current perspectives. Open Access J Sports Med 2018; 9:131.](#)
25. [Brennan CE, Hong TKF, Wang VJ. Predictors of safe discharge for pediatric drowning patients in the emergency department. Am J Emerg Med 2018; 36:1619.](#)
26. [Shenoi RP, Allahabadi S, Rubalcava DM, Camp EA. The Pediatric Submersion Score Predicts Children at Low Risk for Injury Following Submersions. Acad Emerg Med 2017; 24:1491.](#)
27. [McGillicuddy JE. Cerebral protection: pathophysiology and treatment of increased intracranial pressure. Chest 1985; 87:85.](#)
28. [Sarnaik AP, Preston G, Lieh-Lai M, Eisenbrey AB. Intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in near-drowning. Crit Care Med 1985; 13:224.](#)
29. [Claesson A, Lindqvist J, Herlitz J. Cardiac arrest due to drowning--changes over time and factors of importance for survival. Resuscitation 2014; 85:644.](#)
30. [Omar HR, Sprenker C, Bosco G, et al. Causes of ischemic electrocardiographic changes in near drowning: A literature review. J Crit Care 2015; 30:1121.](#)

Referenzen

31. [Vincenzi FF. Drug-induced long QT syndrome increases the risk of drowning. Med Hypotheses 2016; 87:11.](#)
32. [Szpilman D. Near-drowning and drowning classification: a proposal to stratify mortality based on the analysis of 1,831 cases. Chest 1997; 112:660.](#)
33. [Yagil Y, Stalnikowicz R, Michaeli J, Mogle P. Near drowning in the dead sea. Electrolyte imbalances and therapeutic implications. Arch Intern Med 1985; 145:50.](#)
34. [Matsumoto R, Yamada G, Amano A, et al. Hypercalcemic crisis resulting from near drowning in an indoor public bath. Am J Case Rep 2013; 14:210.](#)
35. [Mtaweh H, Kochanek PM, Carcillo JA, et al. Patterns of multiorgan dysfunction after pediatric drowning. Resuscitation 2015; 90:91.](#)
36. [Hansen LK, Brandslund I, Johannessen D, Andersen PK. Low plasma fibronectin after drowning. Intensive Care Med 1985; 11:100.](#)
37. [Southard-Goebel C, Pike F, Rowan CM, Cater DT. Risk Factors Associated With Development of Multiple-Organ Dysfunction Syndrome After Pediatric Drowning. Pediatr Emerg Care 2023; 39:902.](#)
38. [Fandel I, Bancalari E. Near-drowning in children: clinical aspects. Pediatrics 1976; 58:573.](#)
39. [Bonnor R, Siddiqui M, Ahuja TS. Rhabdomyolysis associated with near-drowning. Am J Med Sci 1999; 318:201.](#)
40. [Layon AJ, Modell JH. Drowning: Update 2009. Anesthesiology 2009; 110:1390.](#)

Referenzen

41. [Mirvis E, Bain BJ. Fresh water-induced hemolysis in near-drowning. Am J Hematol 2022; 97:657.](#)
42. [RATH CE. Drowning hemoglobinuria. Blood 1953; 8:1099.](#)
43. [Hattesen AL, Berg HK, Folkersen L, Hvas AM. \[Drowning-induced hyperfibrinolytic disseminated intravascular coagulation\]. Ugeskr Laeger 2017; 179.](#)
44. [Schwameis M, Schober A, Schörgenhofer C, et al. Asphyxia by Drowning Induces Massive Bleeding Due To Hyperfibrinolytic Disseminated Intravascular Coagulation. Crit Care Med 2015; 43:2394.](#)
45. [Schmidt AC, Sempstrott JR, Hawkins SC, et al. Wilderness Medical Society Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Drowning. Wilderness Environ Med 2016; 27:236.](#)
46. [Ryan K, Bui MD, Johnson B, et al. Drowning in the United States: Patient and scene characteristics using the novel CARES drowning variables. Resuscitation 2023; 187:109788.](#)
47. [Bierens J, Abelairas-Gomez C, Barcala Furelos R, et al. Resuscitation and emergency care in drowning: A scoping review. Resuscitation 2021; 162:205.](#)
48. [Venema AM, Groothoff JW, Bierens JJ. The role of bystanders during rescue and resuscitation of drowning victims. Resuscitation 2010; 81:434.](#)
49. [Tobin JM, Ramos WD, Pu Y, et al. Bystander CPR is associated with improved neurologically favourable survival in cardiac arrest following drowning. Resuscitation 2017; 115:39.](#)
50. [Wyckoff MH, Singletary EM, Soar J, et al. 2021 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations: Summary From the Basic Life Support; Advanced Life Support; Neonatal Life Support; Education, Implementation, and Teams; First Aid Task Forces; and the COVID-19 Working Group. Resuscitation 2021; 169:229.](#)

Referenzen

51. [Ryan KM, Bui MD, Dugas JN, et al. Impact of prehospital airway interventions on outcome in cardiac arrest following drowning: A study from the CARES Surveillance Group. Resuscitation 2021; 163:130](#)
52. [Guenther U, Varelmann D, Putensen C, Wrigge H. Extended therapeutic hypothermia for several days during extracorporeal membrane-oxygenation after drowning and cardiac arrest Two cases of survival with no neurological sequelae. Resuscitation 2009; 80:379.](#)
53. [de Pont AC, de Jager CP, van den Bergh WM, Schultz MJ. Recovery from near drowning and postanoxic status epilepticus with controlled hypothermia. Neth J Med 2011; 69:196.](#)
54. [Bierens JJ, van der Velde EA, van Berkel M, van Zanten JJ. Submersion in The Netherlands: prognostic indicators and results of resuscitation. Ann Emerg Med 1990; 19:1390.](#)
55. [Orlowski JP. Prognostic factors in pediatric cases of drowning and near-drowning. JACEP 1979; 8:176.](#)
56. [Biggart MJ, Bohn DJ. Effect of hypothermia and cardiac arrest on outcome of near-drowning accidents in children. J Pediatr 1990; 117:179.](#)
57. [Dean JM, Kaufman ND. Prognostic indicators in pediatric near-drowning: the Glasgow coma scale. Crit Care Med 1981; 9:536.](#)
58. [Lavelle JM, Shaw KN. Near drowning: is emergency department cardiopulmonary resuscitation or intensive care unit cerebral resuscitation indicated? Crit Care Med 1993; 21:368.](#)
59. [Levin DL, Morriss FC, Toro LO, et al. Drowning and near-drowning. Pediatr Clin North Am 1993; 40:321.](#)
60. [Quan L, Wentz KR, Gore EJ, Copass MK. Outcome and predictors of outcome in pediatric submersion victims receiving prehospital care in King County, Washington. Pediatrics 1990; 86:586.](#)

Referenzen

61. [Suominen P, Baillie C, Korpela R, et al. Impact of age, submersion time and water temperature on outcome in near-drowning. Resuscitation 2002; 52:247.](#)
62. [Habib DM, Tecklenburg FW, Webb SA, et al. Prediction of childhood drowning and near-drowning morbidity and mortality. Pediatr Emerg Care 1996; 12:255.](#)
63. [Quan L, Bierens JJ, Lis R, et al. Predicting outcome of drowning at the scene: A systematic review and meta-analyses. Resuscitation 2016; 104:63.](#)