

1

Active Cooling 実践の手引き

2

日本救急医学会 熱中症および低体温症に関する委員会

本資料は、パブリックコメント募集のために作成した暫定版です。
今後、寄せられたご意見を踏まえて内容を修正する可能性があります。
本資料の無断転載・二次利用はご遠慮ください。

序文

4 日本救急医学会 熱中症および低体温症に関する委員会 担当理事
5 ERCA S24 気候変動適応の社会実装に向けた総合的研究テーマ 5 テーマリーダー
6 日本医科大学
7 横堀将司

8 日本救急医学会 熱中症および低体温症に関する委員会（以下、熱中症委員会）は、
9 2006年より全国の救命救急センター、日本救急医学会認定指導医指定施設、大学病院
10 救急部などを対象に、隔年で熱中症全国調査「Heatstroke STUDY (HsS)」を実施し
11 てきた。本委員会が主導する HsS の結果は、会員諸氏や市民に広く報告され、本邦に
12 おける熱中症の実態把握やその予防、対策に大きな貢献を果たしてきた。また、本委
13 員会からは熱中症に関するガイドラインが発出され、予防、診断、治療に関するエビ
14 デンスを明確にすることで、熱中症診療におけるスタンダードを確立してきたのであ
15 る。

16 例えば、2024年に発出された『熱中症診療ガイドライン 2024』（以下、ガイドライ
17 ン 2024）は、画期的な熱中症診療の指針を明示している。熱中症 I 度から IV 度までの
18 重症度分類が明確化され、「現場で様子を見てよいか」「医師への受診が必要か」「入院
19 が必要か」「集中治療が必要か」といった治療指針を直接的に反映した分類を提示した
20 ことで、医療従事者のみならず一般市民にとっても極めて理解しやすいものとなった。
21 さらに、ガイドライン 2024 の中で、患者への積極的な冷却法を「Active Cooling」
22 と定義したことは、我が国の熱中症診療における特筆すべき進歩である。従来、「体温
23 管理」「体内冷却」「体外冷却」「血管内冷却」「従来の冷却法（氷嚢、蒸散冷却、水冷
24 式ブランケット）」「ゲルパッド法」「ラップ法」など、雑多に混在していた治療概念を
25 包括的に整理し、III 度以上の熱中症患者において Active Cooling を含めた集学的治療
26 を行うことを推奨した点は、先進的かつ画期的な取り組みであった。

27 我が国の熱中症対策実行計画は、2030年に熱中症による死亡者数の半減を目指すとい
28 う高い目標を掲げている。現状、熱中症患者の多くは軽症・中等症が占めているが、
29 これらの患者をいかに重症化させないか、あるいは重症化した患者をいかに早く認知
30 し、迅速に Active Cooling を行うか。これこそが、我が国の熱中症被害を減ずるため
31 の方略であると確信している。

32 熱中症という病態は、単なる環境性障害という概念を超え、全身の炎症と臓器障害
33 が連鎖する、極めて複雑かつ危機的な全身性疾患である。しかし、前述の如く根本的

34 な治療は極めて単純である。生理学的に調節不能となった深部体温を一刻も早く治療
35 者の管理下におき、「Internal burn（体内熱傷）」ともいえる病態を抑制することこそ
36 が、まさに熱中症の特効薬といえる。ガイドライン 2024 が Active Cooling を包括的
37 な治療戦略として掲げたのは、それが患者の生命予後を左右するからに他ならない。

38 一方、前回のガイドラインで Active Cooling の意義と概念は明確になったものの、
39 その具体的方法論についてはさらなる整理が必要であると考えられていた。今回、神
40 田 潤 熱中症委員会委員長を中心に、Active Cooling の技術がどうあるべきか、臨床
41 現場でいかに安全かつ効果的に施行すべきかが重点的にまとめられ、本手引きが作成
42 された。ガイドライン 2024 と本手引きが揃ったことで、初めて画竜点睛がなされ、熱
43 中症診療の「心技体」が整ったといっても過言ではない。

44 本手引きが、熱中症診療や応急処置に関わるすべての人にとっての良き道標となり、
45 一人でも多くの熱中症患者の救命に繋がることを心より願う。

46 なお、本研究は、環境省・独立行政法人環境再生保全機構（ERCA）の環境研究総
47 合推進費（JPMEERF25S12452）の支援を受け作成されたことを、ここに謝辞として
48 明記する。

50 序文

51 はじめに

52 冷却法

53 1. 蒸散冷却法

54 2. Cold water immersion

55 3. ウェアラブル体表冷却材を用いた冷却法

56 4. ガイドラインに挙げられたその他冷却法

57 5. 中心静脈留置型体温調節装置（サーモガードシステム）

58 6. ジェルパッド式体温調節装置（Arctic Sun™）を用いた冷却

59 7. ECMO

60 Active Cooling 以外の集学的治療

61 8. 深部体温（core body temperature）モニタリング指針

62 9. Active Cooling におけるシバリング対策

63 10. 補液・輸液療法

64 11. 熱中症と感染症の鑑別

65 12. 抗 DIC 治療

66 小児の治療戦略

67 13. 小児の冷却法について

68 14. 小児の経口補水療法・輸液療法

69 応急処置と病院前の対応（プレホスピタル対応）

70 15. Cool First, Transport Second

71 16. 二次救急における重症熱中症対応：転院搬送を待たずに始める Active
72 Cooling

73 17. 診療所などにおける労作性熱中症対応

74 Active Cooling（『熱中症診療ガイドライン 2024』）の評価

75	18. 公衆衛生的視点から見た熱中症死亡率低下の構造的解釈と Active Cooling
76	の社会的インパクト
77	19. 2023-2025 年の記録的高温下における熱中症死亡数：モデル予測と観測値
78	の比較

熱中症対策

80 はじめに

81 神田 潤（日本医科大学武蔵小杉病院）

82 1. 目的

83 本手引きは、『熱中症診療ガイドライン 2024』¹⁾において推奨された Active
84 Cooling を含めた集学的治療について、特定の治療法を推奨することができな
85 かった領域における集学的治療の実践方法を紹介したものであり、『熱中症診
86 療ガイドライン 2024』の推奨を修正・変更・追加するものではなく、新たな
87 Clinical Question（以下 CQ）や推奨を作成していない。

88 また、特定の機器・製品・企業を推奨することを目的としたものではなく、
89 Active Cooling の概念および重要性の普及、実際の冷却法・運用方法の整理、
90 『熱中症診療ガイドライン 2024』の補足、救急外来、集中治療、病院前診療
91 を含めた現場運用支援を主たる目的としている。

92 2. 要約

93 1. 冷却法

94 以前は、「体温管理」「体内冷却」「体外冷却」「血管内冷却」「従来の冷却法
95 （氷嚢、蒸散冷却、水冷式ブランケット）」「ゲルパッド法（Arctic Sun™;
96 Becton, Dickinson and Company, USA）」「ラップ法（水冷式冷却マットで
97 体幹および四肢を被覆する：Gaymar Medi-Therm®; Gaymar, USA）」などと
98 記載されていたが、『熱中症診療ガイドライン 2024』では、何らかの方法で、
99 熱中症患者の身体を冷却することを、「Active Cooling」として、包括的な記
100 載に統一した。

101 ■ 『熱中症診療ガイドライン 2024』における推奨

102 ● CQ3-01

103 Active Cooling は、点滴(水分補給)のみの治療に比べて有用か？

104 【推奨】
105 2) 介入を行うことを弱く推奨（提案）する。
106 重症熱中症において死亡率を改善するためには、点滴加療だけでなく、早急に
107 Active Cooling を含めた集学的治療を行うことを弱く推奨する。

108 ●CQ3-02

109 熱中症の治療において、いずれの冷却法が有用か？

- 110 1. 冷水浸水 (Cold water immersion)
- 111 2. 蒸散冷却法 (Evaporative plus convective cooling)
- 112 3. 胃洗浄 (Cold water gastric lavage)
- 113 4. 膀胱洗浄 (Cold water bladder irrigation)
- 114 5. 血管内体温管理療法 (Intravascular temperature management)
- 115 6. 体外式膜型人工肺 (Extracorporeal membranous oxygenation)
- 116 7. 腎代替療法 (Renal replacement therapy)
- 117 8. ゲルパッド法による水冷式体表冷却
118 (The Arctic Sun™ temperature management system)
- 119 9. クーリングブランケット (Cooling blankets)
- 120 10. 局所冷却 (Ice packs)

121 【推奨】

122 5) 明確な推奨を提示しない
123 熱中症治療における特定の冷却法について、明確な推奨を提示しない

124 ●CQ3-03

125 熱中症の治療において、目標体温を 38.0°C とすることは有用か？

126 【推奨】

127 2) 介入を行うことを弱く推奨（提案）する。
128 重症熱中症に対して、従来の Active Cooling（冷水浸水 (Cold water immersion)、
129 蒸散冷却法、氷嚢など）では目標体温を 38.0°C として速やかに冷却することを弱く
130 推奨する。

131 ●CQ3-04

132 熱中症の治療において、冷却の目標速度を設定することは有用か？

133 【推奨】

134 2) 介入を行うことを弱く推奨（提案）する。

冷却の目標速度を設定することを弱く推奨する。

136 熱中症は単なる体温異常ではなく、炎症および凝固異常を伴う全身性疾患と
137 して理解し、Active Cooling を含めた集学的治療を行うことが重要である。特
138 にはⅢ～Ⅳ度の重症例では、Active Cooling を含めた集学的治療が重要となる。
139 一方で、『熱中症診療ガイドライン 2024』では特定の冷却法を一律に推奨して
140 おらず、現場の状況や人的・物的資源に応じて最適な方法を選択することが重
141 要である。

142 2026 年の診療報酬改定で【L008-3 体温調節療法（一連につき）】が以下の
143 ように導入された。

144 【L008-3 体温調節療法（一連につき）】²⁾

- 145 (1) 「1」については、救急外来又は集中治療室などにおいて、急性重症脳障害（くも
146 膜下出血又は頭部外傷によるものに限る。）を伴う発熱患者又は重症熱中症（深
147 部体温 40℃以上かつ GCS 8 点以下の状態にある熱中症をいう。以下この項にお
148 いて同じ。）若しくは偶発性低体温症（深部体温 32℃以下の状態にあるものに限
149 る。以下この項において同じ。）の患者に対して、中心静脈留置型経皮的体温調
150 節装置コントロールユニット及び中心静脈留置型経皮的体温調節装置システムを
151 用いて体温調節を行った場合に、一連につき 1 回に限り算定する。
- 152 (2) 「2」については、救急外来又は集中治療室などにおいて、重症熱中症又は偶発性
153 低体温症の患者に対して、ウォーターパッド特定加温装置コントロールユニット
154 及びウォーターパッド加温装置を用いて体温調節を行った場合に、一連につき 1
155 回に限り算定する。なお、使用するパッドなどの消耗品の費用は、所定点数に含
156 まれる。
- 157 (3) 「1」及び「2」を同時に行った場合には、それぞれ算定できる。

158 ■Active Cooling の適応について

159 この高度な体温管理機器を使用した Active Cooling が保険収載されたのは、
160 熱中症治療の Active Cooling の実施に貢献すると考えられる。

161 しかしながら、Ⅳ度にだけ、Active Cooling を行うという誤解が広まること
162 を強く懸念している。『熱中症診療ガイドライン 2024』では、深部体温を測定
163 できない場合のために、qⅣ度〔表面体温 40.0℃以上（もしくは皮膚に明らか
164 な熱感あり）かつ GCS ≤8（もしくは JCS ≥100）【深部体温の測定不要】〕が
165 提唱された。これは、救急現場では深部体温測定が困難な場合があるため、表
166 面体温と意識状態から重症例を推定するために導入された概念で、重症例への

167 対応が遅れないようにするための実践的な指標である。qIV度に該当する場合
168 には、速やかに深部体温を測定するとともに、Active Cooling の実施を検討す
169 る必要がある。

170 『熱中症診療ガイドライン 2024』でも紹介した日本救急医学会の報告
171 (Tabel.1) によると、qIV度 471 例のうち深部体温 40.0°C以上の症例 (IV度)
172 208 例では、Active Cooling の実施率は 90%以上であるが、院内死亡率は約
173 21%に達している。一方、深部体温未測定例 119 例では Active Cooling 実施
174 率が約 63%にとどまり、死亡率は約 37%とさらに高値であった。これらの結
175 果から、深部体温の測定および Active Cooling の適切な実施が予後改善に重
176 要であることが示唆される。

177 ただし、IV度でなければ Active Cooling を行わないという理解は適切では
178 ないと考えられる。さらに、同報告 (Tabel.1) では、深部体温 39.9°C以下
179 (Ⅲ度相当) 144 例においても、Active Cooling 実施率は 86.1%、死亡率は
180 11.1%と報告されている。すなわち、IV度以外であっても一定の死亡率が存在
181 し、Active Cooling の実施率が低下すれば予後が悪化する可能性がある点には
182 十分注意が必要である。

		深部体温		
		-39.9	40.0-	不明・未測定
		144	208	119
転帰	院内死亡	16	44	44
		11.1%	21.2%	37.0%
Active Cooling	実施	124	189	76
		86.1%	90.9%	63.9%

183 Table.1 ●Active Cooling の有効性について 文献 1) より引用

184 表面体温 40.0°C以上 (もしくは皮膚に明らかな熱感あり)

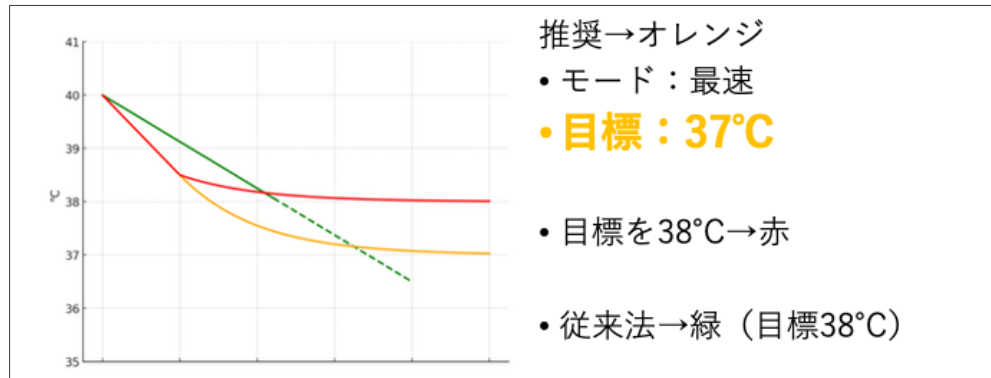
185 かつ GCS \leq 8 (もしくは JCS \geq 100) 【qIV度】

186 ■目標体温について

187 『熱中症診療ガイドライン 2024』では、従来の Active Cooling [冷水浸水
188 (Cold water immersion)、蒸散冷却法、氷嚢など] では目標体温を 38.0°Cと
189 して速やかに冷却することを弱く推奨するとされているが、これは目標体温よ
190 りさらに体温が低下するのを見込んでいるためである。サーモガードシステム
191 (旭化成ゾールメディカル) や Arctic Sun™ (Becton, Dickinson and
192 Company, USA) などの高度な体温管理機器では、目標体温で体温を維持する

193
194

ことになり、38.0℃を目標にすると、かえって冷却を途中でやめてしまうこと
になってしまうので、37.0℃を目標にするのがよいと考えられる (Figure.1)。



195
196

Figure.1 ●高度な体温管理機器による冷却

197

2. Active Cooling 以外の集学的治療

198
199
200
201
202
203
204
205

熱中症は、暑熱環境への曝露により発症する環境性障害である。『熱中症診療ガイドライン 2024』では「暑熱環境に居る、あるいは居た後」の症状として、めまい、失神（立ちくらみ）、生あくび、大量の発汗、強い口渇感、筋肉痛、筋肉の硬直（こむら返り）、頭痛、嘔吐、倦怠感、虚脱感、意識障害、痙攣、せん妄、小脳失調、高体温等の諸症状を呈するもので、感染症や悪性症候群による中枢性高体温、甲状腺クリーゼ等、他の原因疾患を「除外」したものと熱中症を定義している。ただし、この「除外」は、他の原因疾患に熱中症が合併することを否定するものではない。

206
207
208

熱中症の病態は、高体温と脱水を中心とした複合的な病態であり、多様な臨床症状を呈する。一般に「暑さによる脱水」として理解されることが多いが、実際にはそれにとどまらず、全身性炎症反応と臓器障害を伴う疾患である。

209
210
211
212

特に重症例では、炎症性サイトカインの上昇や血管内皮障害を背景とした病態が進行し、敗血症に類似した全身反応を呈する。このため、単なる環境障害としてではなく、適切な初期対応を要する救急疾患として認識することが重要である。

213

■『熱中症診療ガイドライン 2024』における推奨

214

●CQ1-01

215
216

日本救急医学会熱中症重症度分類 2015・Bouchama 基準・J-ERATO スコアは予後判定に有用か？

217

【推奨】

218 2) 介入を行うことを弱く推奨（提案）する。
219 最重症（IV度）と判断される患者群を同定し、Active Cooling を含めた集学的治療
220 を早急に開始することを弱く推奨する。
221 ※ガイドラインサマリーより：重症例（III～IV度、IV度は本ガイドラインから新出の
222 概念）の治療法としては、Active Cooling を含めた集学的治療を行うことを推奨
223 した。

224 ●FRQ1-02
225 熱中症の重症度の判定基準として、以下のものは有用か？（深部体温/意識レベル/
226 急性期 DIC スコア/尿量/画像検査）

227 【推奨】
228 推奨決定会議にて FRQ に変更することに満場一致で合意した。

229 ●FRQ1-03
230 重症熱中症の治療において、バイオマーカーで臓器障害や抗炎症・凝固作用の状態
231 を把握することは有用か？

232 【推奨】
233 推奨決定会議にて FRQ に変更することに満場一致で合意した。

234 ●CQ3-06
235 熱中症の治療において、解熱薬は有用か？

236 【推奨】
237 3) 介入を行わないことを弱く推奨（提案）する。
238 熱中症の治療において、解熱薬を使用しないことを、弱く推奨する。

239 ●CQ4-04
240 熱中症例で合併した DIC において、DIC 治療薬は有用か？

241 【推奨】
242 5) 明確な推奨を提示しない
243 熱中症で合併した DIC において、DIC 治療薬が有用かについては、明確な推奨を提
244 示しない。

245

●CQ4-05

246

熱中症による DIC でいずれの DIC 治療薬が有用か？

247

【推奨】

248

5) 明確な推奨を提示しない

249

DIC を伴う成人熱中症患者に対するトロンボモジュリンとアンチトロンビンについての比較については、明確なエビデンスはなく、まだ十分な検討がなされていない。

250

251

『熱中症診療ガイドライン 2024』に従って、I～IV度に分類して、重症例（Ⅲ～Ⅳ度）の治療法としては、Active Cooling を含めた集学的治療を行うことが重要である。

252

253

254

重症度の分類および Active Cooling の実施に当たっては、深部体温の測定を待つことが治療開始の遅延につながらないように、深部体温モニタリングの特徴を把握する必要がある。実際の臨床では、Active Cooling の過程において深部体温と表面体温が乖離し、体表の冷却が先行する一方で深部体温の低下が不十分な状況が生じることがある。このような状況ではシバリングが誘発され、冷却効率が低下するため、体温の推移を適切に評価しながら対応することが求められる。

255

256

257

258

259

260

261

また、熱中症の初療においては、他疾患との鑑別が困難である点にも留意が必要である。特に感染症は臨床像が類似することが多く、近年では感染症患者在熱中症を合併する症例も認識されている。したがって、熱中症が疑われる場合には冷却を遅らせることなく開始しつつ、血液培養採取や画像検査などの評価を並行して行い、必要に応じて抗菌薬投与を検討するという対応が重要である。

262

263

264

265

266

267

さらには、熱中症の病態は、高体温の遷延による神経細胞障害だけでなく、細胞死に起因した DAMPs (damage-associated molecular patterns) や炎症性サイトカイン (IL-6、TNF- α など) の放出からの炎症と凝固の活性化も関与していると考えられている。DIC への対応としては、早急な Active Cooling を行い、細胞傷害の進行を抑制することが重要である。そのうえで、Active Cooling だけでは救命できない重症例が多く存在する現状を踏まえて、免疫・炎症反応の制御を目的とした抗 DIC 治療を考慮する場合がある。

268

269

270

271

272

273

274

3. 小児の治療戦略

275

2025 年の熱中症搬送数 (100,510 人) のうち、少年 (満 7 歳以上満 18 歳未満) は 8,447 人 (8.4%)、乳幼児 (生後 28 日以上満 7 歳未満) は 531 人

276

277 (0.5%) であり、小児は概ね 10%程度を占めており、2021 年以降大きな変化
278 はない。

279 『熱中症診療ガイドライン 2024』では、小児関連で別個にクリニカルクエ
280 スションを設定して、小児特有の視点から検討を行った。

281 ■『熱中症診療ガイドライン 2024』における推奨

282 ●BQ5-01

283 熱中症の小児患者において、重症度の判定基準として、腋窩温は深部体温に比べて
284 有用か？

285 【推奨】

286 推奨決定会議にて BQ に変更することに満場一致で合意した。

287 【要約】

288 重症度の判定としては正確な体温の評価が必要であり、測定が可能な環境であれば深
289 部体温の測定を優先する。

290 ●CQ5-02

291 熱中症の小児患者の治療において、いずれの冷却法が有用か？

292 1.冷水浸水・アイスプール (Cold water immersion)

293 2.蒸散冷却法 (Evaporative plus convective cooling)

294 3.胃洗浄 (Cold water gastric lavage)

295 4.膀胱洗浄 Cold water bladder irrigation)

296 5.血管内体温管理法 (Intravascular temperature management)

297 6.体外式膜型人工肺 (Extracorporeal membranous oxygenation)

298 7.腎代替療法 (Renal replacement therapy)

299 8.ゲルパッド法による水冷式体表冷却

300 (The Arctic Sun™ temperature management system)

301 9.クーリングブランケット (Cooling blankets)

302 10.局所冷却 (Ice packs)

303 【推奨】

304 5) 明確な推奨を提示しない

305 熱中症の治療において各冷却法の明確な推奨を提示しない。

306 ●FRQ5-03

307 熱中症の小児患者の治療において、目標体温を 38.0°Cに設定することは有用か？

308 【推奨】
309 推奨決定会議にて FRQ に変更することに満場一致で合意した。
310 【要約】
311 可及的速やかに 38.0°C以下を目安として治療することが妥当であると考えているが、目
312 標体温を 38.0°Cに設定するかは今後検討する必要性がある。

313 ●BQ5-04
314 小児の熱中症予防において、水分摂取量を目安を設定することは有用か？

315 【推奨】
316 推奨決定会議にて BQ に変更することに満場一致で合意した。
317 【要約】
318 必要水分量は個人で異なるため水分摂取の推奨量は設定できないが、小児においても
319 水分摂取は熱中症予防・治療において重要である。

320 ●FRQ5-05
321 小児の熱中症予防において暑熱順化は有用か？

322 【推奨】
323 推奨決定会議にて FRQ に変更することに満場一致で合意した。
324 【要約】
325 小児熱中症予防に気象情報や運動負荷を加味した暑熱順化プログラムを検討する。

326 ●BQ5-06
327 小児の熱中症の発症のリスク判定に、WBGT は有用か？

328 【推奨】
329 推奨決定会議にて BQ に変更することに満場一致で合意した。
330 【要約】
331 熱中症発症リスクの判定に WBGT は有用である。

332 ●FRQ5-07
333 乳幼児の車内閉じ込めによる熱中症を予防するには、どの対策が有用か？

334 【推奨】
335 推奨決定会議にて FRQ に変更することに満場一致で合意した。
336 【要約】

337 車内温度推移の啓発、車両施設の安全性確保、車内安全装置設置の対策を講じること
338 で、乳幼児の熱中症は予防可能かを検討する必要性がある。

339 4. 応急処置と病院前の対応（プレホスピタル対応）

340 本項では、現場（スポーツ・労働環境など）から診療所・救急搬送前までの、
341 いわゆる病院前対応（プレホスピタル対応）について概説する。

342 ■『熱中症診療ガイドライン 2024』における推奨

343 ●BQ3-05

344 熱中症の治療において、搬送前の冷却は有用か？

345 【推奨】

346 推奨決定会議にて BQ に変更することに満場一致で合意した。

347 【要約】

348 本 BQ は当初 CQ として設定されたが、システマティックレビューの結果、PICO に
349 該当した RCT はなく、明確な推奨・非推奨を提示できなかった。しかし搬送前の冷
350 却は広く一般で受け入れられていること、RCT はないが搬送前の冷却が、重症熱中
351 症の改善につながったとされるケースレポートが多数あることから BQ に変更となっ
352 た。

353 ■重症例における応急処置

354 熱中症が疑われる場合には、迅速かつ段階的に評価と対応を行う必要がある。
355 特に重要なのは、救命措置と並行して冷却を最優先とする対応である。この概
356 念は「Cool First, Transport Second」という概念とも関連するが、実際の救
357 急医療に応用するには注意を要する。熱中症では体温上昇の持続時間が臓器障
358 害の進行に直結するため、検査や搬送に先立ち、可能な限り早期に冷却を開始
359 することが合理的である。

360 ①症状の確認

361 めまい、失神、筋痙攣、頭痛、嘔吐、倦怠感、意識障害など、熱中症を疑う
362 症状の有無を確認する。これらを認めた場合には、直ちに対応を開始する。気
363 道・呼吸・循環が破綻しているような重症例では、救命処置〔ABC（Airway,
364 Breathing, Circulation）アプローチ〕を優先する。

365 ②意識障害の評価と救急要請

366 意識障害を認める場合には重症例と判断し、速やかに救急要請を行う。同時
367 に、搬送を待つのではなく、現場で可能な範囲で冷却を開始する。

368 ③環境調整と初期冷却（Active Cooling の開始）

369 意識が保たれている場合には、涼しい環境へ移動させ、衣服を緩めるまたは
370 脱がせることで体表からの放熱を促進する。そのうえで、送風や水を用いた冷
371 却など、可能な範囲で直ちに Active Cooling を開始する。

372 ④水分・電解質補給の評価

373 水分を自力で摂取できるかを確認し、可能であれば水分および電解質の補給
374 を行う。一方で、摂取が困難な場合には重症化リスクが高いため、医療機関へ
375 の搬送を考慮する。

376 ⑤経過評価と受診判断

377 応急処置後は症状の改善の有無を評価する。改善しない場合には速やかに医
378 療機関を受診させる。改善した場合でも安静とし、再発予防のための休養と経
379 過観察を行う。

380 ■軽症例における応急処置

381 軽症例（Ⅰ～Ⅱ度）は、涼しい環境での安静（Passive Cooling）と水分補
382 給で軽快することが多いが、改善に乏しい場合には、深部体温評価を考慮した
383 うえて Active Cooling を実施する。一見、軽症であっても経過中に増悪する
384 ことがあるため、注意深い観察が必要である。

385 ■Cool First, Transport Second の位置づけ

386 「Cool First, Transport Second」とは、冷却を最優先し、搬送はその後に
387 行うという考え方である。ただしこれは「搬送を遅らせる」という意味ではな
388 い。

- 389 ・冷却を開始しながら搬送の準備をする
- 390 ・搬送の準備ができたら、冷却・評価・搬送を並行して行う
- 391 ・いずれの場合も、「冷却の遅れを生じさせない」
- 392 ことが重要である。

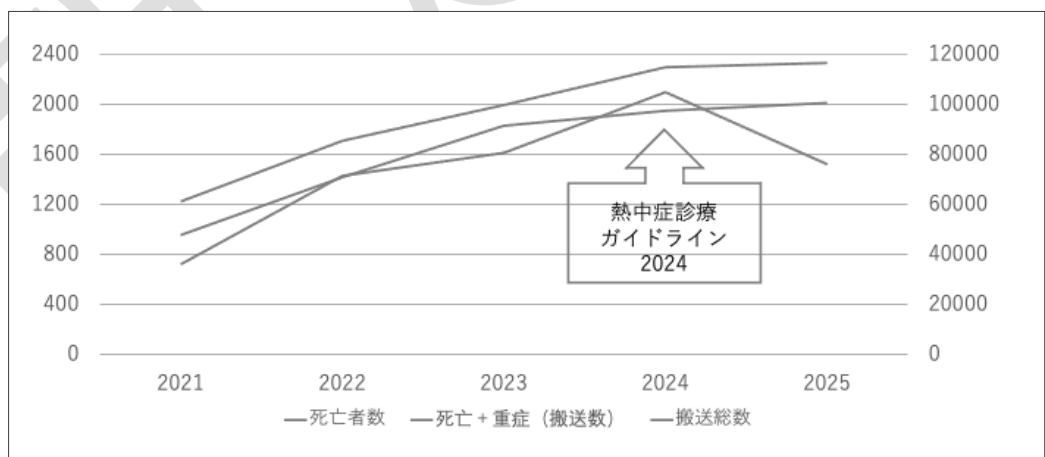
393 また、熱中症と他疾患（感染症、中枢神経疾患など）の鑑別はしばしば困難
394 であるため、特に医療従事者が関与する場面では、冷却を行いながら速やかに
395 医療機関へ搬送し、並行して鑑別診断を進める必要がある。

396 一方、スポーツ現場や労働現場など、明らかに労作性熱中症が疑われる状況
397 では、現場での積極的な冷却介入が予後改善に寄与することが示されている。

398 5. Active Cooling (『熱中症診療ガイドライン 2024』) の評価

399 『熱中症診療ガイドライン 2024』では、重症例については、Ⅲ度 (2015 年)
400 の中の特に重症度の高い群をⅣ度と分離したこと、重症例に対する Active
401 Cooling を含めた集学的治療を推奨したことが大きな特色であった。ガイドラ
402 イン発行後、厚生労働省および総務省消防庁が公表した全国データによれば、
403 搬送総数および「死亡+重症」は増加傾向が継続している一方で、死亡者数お
404 よび死亡率 (死亡+重症に対する死亡者数の比) は減少に転じている
405 (Figure.2)。

- 406 ① 総務省消防庁「熱中症による救急搬送状況」³⁾
407 ・搬送総数：97,578 人 (2024 年) →100,510 人 (2025 年)
408 ・死亡+重症 (搬送者数)：2,298 人 (2024 年) →2,334 人 (2025 年)
- 409 ② 厚生労働省「5～9月の熱中症による死亡数」⁴⁾
410 ・死亡者数：2,098 人 (2024 年) →1,521 人 (概数) (2025 年)
- 411 ③ ①②より計算
412 ・死亡率 (死亡者数/死亡+重症)：91.2% (2024 年) →65.1% (2025 年)



413 Figure.2 ●各年度の熱中症の死亡者数 (5-9 月) と搬送数
414

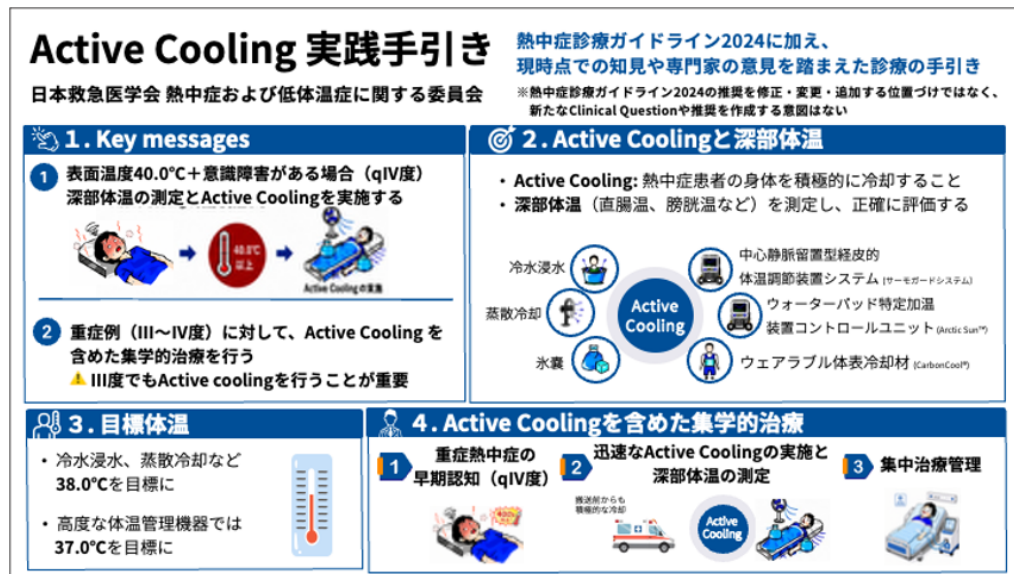
415 ※2025 年の死亡者数は概算

416 この死亡者数・死亡率の改善傾向に、『熱中症診療ガイドライン 2024』と

417 Active Cooling がどの程度影響しているかを、公衆衛生的・気象学的に検証
418 した。

419 6.本手引きの要点

420 本手引きの要点を Figure.3 にまとめた。詳細については本手引きの各論を参
421 照していただきたいが、周囲のスタッフへの周知などにご活用いただきたい。



422
423 Figure.3 ● 『Active Cooling 実践的の手引き』の要点

424 3. 作成組織

425 日本救急医学会が作成主体、日本救急医学会熱中症および低体温症に関する
426 委員会が手引き統括委員会となり、本手引きを作成した。

427 日本救急医学会熱中症および低体温症に関する委員会より本手引きの執筆担
428 当者を選抜した。一部は委員会以外の専門家に執筆を依頼した。

429 本手引きでは、新規のシステマティックレビューは行っていないので、シス
430 テマティックレビューチームは組織していない。

431 4. 使用上の注意

432 本手引きに記載された内容は、『熱中症診療ガイドライン 2024』に加えて、
433 現時点での知見や実践経験を踏まえた実践的整理であり、実際の診療は、各施

434 設の人的・設備的環境に応じて、医療者各々の責任の下で、適切に運用される
435 べきものである。

436 したがって、日本救急医学会および本手引きの執筆者は、学会員および非学
437 会員に本手引きを遵守させる権利はなく、監視義務は存在しない。また、医療
438 者は本手引きに従った医療行為を行う権利を有するが、本手引きの遵守義務お
439 よび患者への説明義務はない。

440 5. 利益相反

441 日本救急医学会を所管学会として、ガイドラインタスクフォースメンバーの
442 利益相反状況を適切に収集・保管した。

443 執筆担当者に、以下に該当する申告事項はなかった。

444 ①外部活動（診療活動を除く全てを記載）

445 有の場合：企業名、役割（役員・顧問等）、活動内容

446 ②産学連携活動の相手先のエクイティ

447 エクイティ（equity とは、公開・未公開を問わず、株式、出資金、ストックオプション、
448 受益権等をいう。

449 有の場合：企業名、エクイティの種類

450 ③申告研究者の産学連携活動にかかる受け入れについて

451 ・研究費開発費等：年間の合計受入れ額が同一企業等から 200 万円を超える場合

452 ・学術研究助成金：年間の合計受入れ額が同一企業等から 200 万円を超える場合

453 ・原稿執筆料等：年間講演料あるいは原稿執筆料が 50 万円を超える場合

454 ・企業雇用者の受け入れ

455 ・企業からの労務・役務の提供

456 ・贈答、接遇、その他：年間に 5 万円を超える場合

457 ④申告研究者の家族（一親等まで）の COI 状態の有無

458 ・申告者①②の項目に準じる。

459 6. 作成資金

460 本手引きは、独立行政法人環境再生保全機構（ERCA）の環境研究総合推進
461 費（JPMEERF25S12452）の支援を受け作成された。

462

○環境研究総合推進費

463

気候変動適応の社会実装に向けた総合的研究（S-24）

464

【サブテーマ 5(2)】熱中症弱者（要配慮者）を対象とした環境リスク評価

465

サブテーマリーダー 神田 潤

466

文献

467

1) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:

468

https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.

469

2) 厚生労働省: 診療報酬の算定方法の一部改正に伴う実施上の留意事項について（通知）（令和 8 年 3 月 5 日保医発 0305 第 6 号）（0529 訂正後），2026.

470

471

3) 総務省消防庁: 令和 7 年（5 月～9 月）の熱中症による救急搬送状況. 令和 7 年 10 月 29 日.

472

Available online at:

473

https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/items/r7/heatstroke_nenpou_r7.pdf.

474

Accessed June 18, 2026.

475

4) 厚生労働省: 5～9 月の熱中症による死亡数. 令和 8 年 2 月 3 日. Available online at:

476

<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/m2025/09.html>. Accessed

477

June 18, 2026.

479

1.

480

蒸散冷却法

481

席 望（さいたま赤十字病院）

482

1. 特徴

483

484

485

486

487

488

489

490

491

蒸散冷却法は、皮膚表面を湿潤させ、送風によって蒸発を促進し、気化熱として体熱を奪う方法である。熱中症、特に重症熱中症では高体温の持続が中枢神経障害、多臓器障害、死亡と関連するため、補液のみならず能動的冷却（以下 Active Cooling）を速やかに開始することが重要である。日本救急医学会『熱中症診療ガイドライン 2024』¹⁾では、重症熱中症に対して Active Cooling を含む集学的治療が推奨され、従来の Active Cooling の具体例として冷水浸水、蒸散冷却、氷嚢などが挙げられている。さらに同ガイドラインでは、従来の Active Cooling では目標体温を 38.0°C として速やかに冷却することが提案されている。

492

493

494

495

496

497

蒸散冷却法の本質は、単に身体を濡らすことではなく、広い体表面を均一に湿潤させ、その表面から継続的に蒸発させることにある。古典的には Weiner と Khogali が、水噴霧と送風を組み合わせた body-cooling unit を報告²⁾し、蒸散効率を高めることの重要性を示した。したがって本法は、導入しやすく実施可能性が高い一方、湿潤と送風が一体となって初めて十分な冷却効果を得る方法と理解すべきである。

498

499

500

501

また、日本救急医学会 Heatstroke STUDY の 2020–2021 年データ³⁾では、Active Cooling の内訳として蒸散冷却法が約 60% と最も多く用いられていたことが示されており、本法は日本の実臨床で実際に広く運用されている冷却手段である。

502 2. 想定される患者・シナリオ

503 蒸散冷却法が最も想定されるのは、Classic / Non-exertional heat stroke、
504 すなわち高齢者、基礎疾患保有者、屋内・居宅・介護施設などで発症した熱中
505 症である。これらの症例では、救急外来や ICU において気道管理、循環管理、
506 採血、画像前評価などを並行して進める必要があり、患者へのアクセスを保ち
507 ながら冷却を行えることが本法の大きな利点となる。『熱中症診療ガイドライン
508 2024』も、施設で実施可能な Active Cooling を速やかに導入する実務的姿勢
509 を採っている。

510 一方、労作性熱中症 (exertional heat stroke、以下 EHS) においても、直
511 ちに冷水浸水が実施できない場合や、病院搬入後にまずベッド上で冷却を開始
512 すべき場面で、本法は現実的な選択肢となる。Wilderness Medical Society
513 2024 (以下 WMS 2024) ⁴⁾ は、EHS に対しては冷水浸水を第一選択としつつ、
514 冷水浸水が利用できない場合、蒸散冷却を Second-line treatment として位置
515 づけている。送風と散水を組み合わせた蒸散冷却は、冷水浸水のおおむね半分
516 程度の速度とされるが、実施しやすい利点を有する ⁵⁾。

517 3. 準備するもの

518 蒸散冷却法の実施に必要な物品は、特殊な専用機器を前提としない。基本的
519 には、衣類を除去して広い体表面を露出できる環境、防水シート、皮膚を湿潤
520 させるための水または微温水、噴霧器または洗浄ボトル、濡れタオルや濡れシ
521 ーツ、十分な送風を行うための扇風機またはサーキュレーター、深部体温測定
522 手段、通常の生体モニターが必要である。『熱中症診療ガイドライン 2024』で
523 は、蒸散冷却は比較的導入しやすい従来型 Active Cooling の一つに位置づけ
524 られる。

525 本法では、水そのものよりも送風環境の確保が重要である。送風が弱い場合、
526 皮膚表面に飽和水蒸気層が形成され、蒸発効率が低下する。逆に、十分な送風
527 が確保されれば、比較的シンプルな物品構成でも実用的な冷却が可能である。
528 これは蒸散冷却の古典的原理と一致する。

529 4. 必要な人員

530 蒸散冷却法は、比較的少人数で開始しやすいことが利点である。実施の最小

531 単位としては、1 名が全身の湿潤と送風環境の調整を担い、もう 1 名がモニタ
532 リング、深部体温確認、気道・循環評価、ルート確保や採血などを並行する体
533 制が望ましい。したがって、少なくとも 2 名で開始可能であるが、意識障害、
534 興奮、痙攣、循環不安定、気道介入が想定される場合には、医師を含む複数名
535 体制で行う方が安全である。これは本法がベッド上で実施でき、冷水浸水ほど
536 搬送・保持に多人数を要しないためである。

537 また、日本の全国データ⁶⁾では、重症熱中症において Active Cooling の実
538 施が予後改善と関連しており、蒸散冷却法も単独の手技としてではなく、全身
539 管理のなかで並行して行う集学的治療の一部として捉えるのが妥当である。

540 5. 目標体温

541 従来の冷却法としての蒸散冷却法では、深部体温 38.0°C程度を目標として速
542 やかに冷却し、過冷却を避けることが一般的である。『熱中症診療ガイドライン
543 2024』でも、重症熱中症に対して、従来の Active Cooling では目標体温を
544 38.0°Cとして速やかに冷却することが提案されている。これは、40.5°C以上の
545 深部体温持続が予後悪化と関連する一方、過度の冷却は不利益となりうるため
546 である。

547 国際的にも、WMS 2024 では冷却終了の目安として 38.3~38.8°Cが扱われ
548 ており、38°C台前半で過冷却を避けつつ離脱する考え方は整合的である。

549 蒸散冷却の冷却速度は、報告により幅があるものの、おおむね 0.046~
550 0.11 °C/min 程度とされる。WMS 2024 では、wet towels と air exposure を
551 用いた蒸散冷却が約 0.11 °C/min であり、氷水浸漬の約 0.20 °C/min に比べて
552 低速であるとされる。また、古典的文献を要約したレビューでは、Khogali と
553 Weiner の 18 例報告⁷⁾で 0.046 °C/min、Al-Aska らの simplified cooling
554 bed で 0.087 °C/min とされている⁸⁾。

555 6. 実施の流れ（簡易フロー）

556 1. 準備フェーズ（即座に開始）

557 ・衣類の除去：患者の衣類をすべて脱がせ、体幹・四肢を含む広い体表面を露
558 出させる。

559 ・モニタリング開始：深部体温測定（直腸温や膀胱温）、心電図、血圧、SpO₂

- 560 の監視を開始する。
- 561 ・物品準備：防水シーツの敷設、送風機（扇風機やサーキュレーター）の配置
562 を行う。
- 563 ・並行処置：重症例では、ルート確保、採血、気道評価などの集学的治療を同
564 時に進める。

565 2. 冷却開始フェーズ

- 566 ・全身の湿潤：皮膚表面を水または微温水で十分に濡らす。
- 567 ・連続送風：濡らした直後から、強力かつ連続的な送風を行う。
- 568 ・蒸発の維持：単に濡らすだけでなく、「常に蒸発し続けている状態」を維持す
569 るよう、適宜散水と送風を繰り返す。

570 3. 評価・強化フェーズ（継続的監視）

- 571 ・定期的評価：深部体温の低下速度、意識状態、循環動態、呼吸状態を継続的
572 に確認する。
- 573 ・冷却強度の調整（冷却が不十分、または EHS の場合）：サーモガードシステ
574 ム（旭化成ゾールメディカル）などの使用、氷嚢の追加、クーリングパッド
575 や水冷式ブランケットの併用など

576 4. 終了・事後管理フェーズ

- 577 ・冷却終了の目安：深部体温が概ね 38.0° C 前後 に到達した時点で冷却を停止
578 する。
- 579 ・過冷却の防止：目標体温付近では過冷却に注意し、冷却を弱める、あるいは
580 中止する。
- 581 ・再上昇の監視：終了後も体温の再上昇がないか慎重に監視し、必要に応じて
582 微調整を行う。

583 準備として、患者の衣類を除去し、体幹・四肢を含む広い体表面を露出する。
584 同時に、深部体温測定、心電図、血圧、SpO₂ などのモニタリングを開始し、
585 防水シーツや送風機器を準備する。重症例では、ルート確保、採血、必要に応
586 じた気道評価も並行する。

587 冷却開始では、全身皮膚を水または微温水で十分に湿潤させ、直ちに連続送
588 風を行う。必要に応じて濡れタオルやシーツを併用するが、重要なのは「濡ら
589 すこと」自体ではなく、「蒸発し続ける状態を維持すること」である。

590 評価では、深部体温の低下速度、意識状態、循環動態、呼吸状態を継続的に
591 確認する。反応が乏しい場合や、EHS でより迅速な冷却が必要な場合には、サ
592 ーモガードシステムや氷嚢、クーリングパッド、水冷式ブランケットなどを追
593 加し、冷却強度を高める。

594 終了は、深部体温が概ね 38.0°C前後に到達し、過冷却の懸念が高まる時点
595 を目安とする。その後も再上昇の有無を監視し、必要に応じて冷却を微調整する。

596 7. Tips

597 蒸散冷却法で最も重要なのは、「濡らす」「風を当てる」「深部体温を追う」の
598 3 点を切らさないことである。濡れタオルのみ、霧吹きのみ、あるいは送風な
599 しでは、冷却効果は不十分になりやすい。蒸散効率は環境湿度にも影響される
600 ため、高温多湿環境では送風をより強くし、可能であれば空調環境も整える方
601 がよい。

602 また、本法は他の冷却法と併用しやすい。たとえば、蒸散冷却を開始しながら
603 ら、体幹・四肢を中心に氷嚢や保冷材を補助的に追加する、あるいは後からク
604 ーリングパッドや水冷式ブランケットへ移行するといった運用は、遅滞なく冷
605 却を開始するのに適する。さらには、サーモガードシステムなど血管内冷却と
606 の併用も冷却効果をあげ、かつ過冷却を防ぐ優れた方法である。

607 コロナ禍には、蒸散冷却法で用いる噴霧と送風により、患者体表面や呼気由
608 来の飛沫・エアロゾルが拡散する可能性が懸念された⁹⁾。日本救急医学会の
609 「新型コロナウイルス感染症流行下における熱中症対応の手引き」¹⁰⁾では、通
610 常の感染対策を行ったうえで蒸散冷却法を用いた積極的冷却を行ってもよいが、
611 各施設で迅速に使用できる冷却法を選択するのが望ましいとされている。

612 この論点に対し、神田らの 2025 年シミュレーション研究¹¹⁾では、蒸散+対
613 流冷却の安全性と有効性を実験的に検証することが目的とされ、体表面を模し
614 たモデルでの評価が行われた。少なくともこの研究は、蒸散冷却そのものが体
615 表由来の有意なエアロゾル発生源となるかを検討対象にしており、コロナ禍に
616 提起された懸念に対して実証的な検討が加えられた点で重要である。実臨床上
617 は、蒸散冷却法そのものを過度に忌避するのではなく、患者の感染症リスクに
618 応じて標準予防策や必要な防護を継続しつつ運用する、というのが実践的であ
619 る。

620 8. コメント

621 蒸散冷却法は、冷却速度の点で最速の手法ではない場面があるものの、日本
622 の実臨床では最も導入しやすく、実際に最も広く使われている Active Cooling
623 の一つである。Heatstroke STUDY 2020–2021 の解析により、蒸散冷却法
624 が Active Cooling の約 60%を占めていたことは、この方法が日本の救急現場
625 において、標準的手段であることを示している。

626 本邦において、蒸散冷却法は「冷水浸水ができない場合の消極的代替」とし
627 てではなく、病院前・救急外来・ICU で即時に開始できる能動的冷却の基本形
628 として理解するのが適切である。とくに高齢者の classic heat stroke では、患
629 者へのアクセスを保ちながら冷却できるという利点が多い。

630 以上のことから蒸散冷却は、簡便で安価であり、かつ他の冷却法とも併用で
631 き、全身管理を行いやすい優れた冷却方法といえよう。

632 文献

- 633 1) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:
634 https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 635 2) Weiner JS, Khogali M: A physiological body-cooling unit for treatment of heat
636 stroke. *Lancet*. 1980; 1: 507-9.
- 637 3) Kanda J, Miyake Y, Tanaka D, et al: Current status of active cooling, deep body
638 temperature measurement, and face mask wearing in heat stroke and heat exhaustion
639 patients in Japan: a nationwide observational study based on the Heatstroke STUDY
640 2020 and 2021. *Acute Med Surg*. 2023;10: e820.
- 641 4) Eifling KP, Gaudio FG, Dumke C, et al: Wilderness Medical Society Clinical Practice
642 Guidelines for the Prevention and Treatment of Heat Illness: 2024 Update.
643 *Wilderness Environ Med*. 2024; 35: 112S-127S.
- 644 5) Hadad E, Rav-Acha M, Heled Y, et al: Heat stroke : a review of cooling methods.
645 *Sports Med*. 2004; 34: 501-11.
- 646 6) Kanda J, Nakahara S, Nakamura S, et al: Association between active cooling and
647 lower mortality among patients with heat stroke and heat exhaustion. *PLoS One*.
648 2021; 16: e0259441.
- 649 7) Khogali M, Weiner JS: Heat stroke: report on 18 cases. *Lancet*. 1980; 2: 276-8.
- 650 8) Al-Aska AK, Abu-Aisha H, Yaqub B, et al: Simplified cooling bed for heatstroke.
651 *Lancet*. 1987; 1: 381.
- 652 9) Kanda J, Miyake Y, Umehara T, et al: Influence of the coronavirus disease 2019
653 (COVID-19) pandemic on the incidence of heat stroke and heat exhaustion in Japan:
654 a nationwide observational study based on the Heatstroke STUDY 2019 (without
655 COVID-19) and 2020 (with COVID-19). *Acute Med Surg*. 2022; 9: e731.

656
657
658

10) 新型コロナウイルス感染症の流行を踏まえた熱中症診療に関するワーキンググループ: 新型コロナウイルス感染症流行下における熱中症対応の手引き (第2版). Available online at: <https://www.jaam.jp/info/2022/files/20220715.pdf>. Accessed June 19, 2026.

659
660
661

11) Kanda J, Miyake Y, Sakamoto Y, et al: Evaluation of aerosol generation and cooling effects of evaporative plus convective cooling in heat stroke treatment: A simulation study. *Acute Med Surg.* 2025; 12: e70023.

第五版

2.

663

Cold water immersion

664

665 伊藤誠朗、伊藤史生（総合病院国保旭中央病院）

1. 特徴

666

667 冷水浸水法（cold water immersion、以下 CWI と表記する）は、若年者の
668 労作性熱中症に対して標準的な治療として広く認知されている。2009 年の労
669 作性熱中症に関するシステマティックレビュー¹⁾では、スポーツ選手や兵士な
670 どを対象とした研究において、CWI が冷却速度において優れ、第一選択として
671 推奨されている。2025 年の米国集中治療医学会のガイドライン²⁾によると
672 CWI（水温 1～5℃）の冷却速度は 0.178℃/min であり、冷水シャワー
673（0.070℃/min）やアイスパック（0.021℃/min）に比して有意に高いとされ
674 ている。また、高齢者に対しても CWI が有効かつ安全に施行可能であること
675 が報告されている³⁾。

2. 想定される患者・シナリオ

676

677 ①体表温 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 、②意識障害あり、③暑熱環境下で熱中症が疑われる場合
678（Bouchama 基準）を満たす場合に CWI の適応とする。救急隊の事前情報で
679 準備を開始するが、患者に一定の侵襲を伴う処置であるため、病院到着後も同
680 症状が持続する場合に CWI を実施する。深部体温の測定が望ましいが、よく
681 使用される温度センサー付きフォーリーカテーテルによる膀胱温測定では、測
682 定値が安定するまで時間を要することも多い。そのため、緊急性を考慮し、深
683 部体温測定に過度にこだわらない判断も重要である。

684 3. 準備するもの

685 必要物品

- 686 ・患者冷却用物品：介護用浴槽（空気で膨らませるタイプ）、氷、水温計、防水
687 シート、タオルケット
- 688 ・患者管理用物品：小型モニター、ディスプレイサブル SpO₂プローブ、膀胱温付
689 バルーンカテーテル、パーミロール、救急カート、吸引器具、酸素投与物品、
690 末梢ルート確保物品、記録用紙、アナルプラグ

691 実施場所

692 シャワー、排水設備が必要である。

693 事前準備

694 ストレッチャー上にバスタオル、防水シート、空気を抜いた状態の浴槽を順
695 に重ねておく。

696 4. 必要な人員

697 直接処置に関わらないリーダー医師を配置し、来院前に役割分担を明確にし
698 ておく。初動の役割分担として、頭側で気道確保担当、静脈路確保担当、脱
699 衣・モニター装着および固定担当、膀胱留置カテーテル挿入（深部体温測定）
700 担当、記録担当、外回り担当を配置する。救急外来の繁忙度にもよるが、当院
701 では医師 2～3 名、看護師 3～5 名程度で対応している。

702 5. 目標体温

703 熱中症の Active Cooling において、一般的な目標体温は『熱中症診療ガイ
704 ドライン 2024』でも 38℃とされている。しかし、簡易プールからの排水に時
705 間を要するため、過冷却を回避する目的で膀胱温が 39℃程度になった時点で終
706 了する。高齢患者は体温調節機能が低下しており、過冷却のリスクが高い。実
707 際に体温が 30℃台前半まで低下し、3M™ベアーハガー™ペーシェントウォー
708 ミング（3M, USA）での再加温を要した症例も経験している。

709 6. 実施の流れ（簡易フロー）

710 熱中症患者が到着した時点で意識障害が継続していれば、救急隊のストレッ
711 チャーから、空気を入れていない浴槽上に直接移乗させる。その後、リーダー
712 の指示のもと、脱衣、モニター装着、バイタル測定、末梢静脈路確保、膀胱留
713 置カテーテル挿入、アナルプラグ挿入を行う。

714 心電図モニター、点滴刺入部は水で濡れないようにパーミロール™（株式会
715 社ニトムズ）で被覆する。SpO₂ モニターはディスプレイ製品を使用する。
716 膀胱温のモニタリングを開始するが、初期には膀胱温は安定しないことが多い
717 ので、腋窩温で 40℃以上かつ意識障害を認めれば、膀胱温に固執しない。

718 アナルプラグの使用目的は、便失禁による浴槽の汚染予防である。患者の身
719 体は土壌や排泄物で汚染されていることも多く、水に浸ける前にしっかりと清
720 拭を行う。

721 処置と並行して、ハンドブローにより浴槽を膨らませる。準備が完了後、浴
722 槽に水道水と氷を投入して冷却開始。さらに氷水を患者体表にかけて冷却効率
723 を上げる。膀胱温が 39℃に近づいた時点で終了準備を開始する。まず氷を廃棄
724 し、排水。浴槽の脱気を行い、萎ませてから除去し、患者を清拭して初療室へ
725 搬送する。当院では、患者搬送から冷却終了までを 30 分程度で実施している。

726 7. Tips

727 急変対応

728 一般的には、CWI はモニタリング困難が懸念されるが、防水処置により継続
729 的モニタリングが可能である。重症例では循環血液量減少と血管拡張により低
730 血圧をきたしていることも多く、末梢静脈路を 2 本確保し、急速輸液しながら
731 冷却を開始する。体表冷却が開始されると血圧は上昇することのほうが多い。
732 必ず頭側に気道確保担当者を置き、必要に応じて用手気道確保や気管挿管を実
733 施する。当院で使用している介護用浴槽は患者の頭部が水面から出る構造で、
734 スニッフイングポジションが自然と得られるため、気道確保、気管挿管は容易
735 である。仮に冷却処置中に心停止となった場合でも、浴槽からの排水は迅速に
736 可能であり、CPR 開始や除細動の遅延はほとんどない。バイタルの安定化に過
737 度に固執し、冷却が遅延することは避けるべきである。

738 患者の不快感

739 意識レベルが低下している患者を対象としているので、患者本人の不快や興
740 奮による治療中止に至ることは基本的にないが、モニタリングと気道確保に留
741 意したうえで必要に応じて軽鎮静を行うことも可能である。

742 熱中症以外の疾患の鑑別

743 感染症の合併を否定できない場合は、CWI の準備と並行して迅速に血液培養
744 を採取し、抗菌薬を投与しながら CWI を実施している。のちに感染症と判明
745 した場合でも、治療の遅れを最小とすることができる。冷却が最優先であるた
746 め、CT 検索は CWI 終了後に行うことが原則である。

747 スタッフ教育

748 CWI は比較的単純な処置ではあるものの、いかに早く患者体温を下げられる
749 かで予後が規定されるため、安全かつ迅速に行うためにチームワークが重要で
750 ある。医師、看護師などを交えて簡易的なブリーフィング、シミュレーション
751 を行うのが望ましい。

752 以下のリンク (Figure.1) に当院でのシミュレーション動画を示す。



753
754 Figure. 1 ●CWI シミュレーション動画

755 https://youtu.be/tbT8YcM94zQ?si=jp4gGxspVdlj_Zmr

756 参考

757 アリゾナ州の三次救急病院の救急外来での CWI のプロトコルが報告されて
758 おり⁴⁾、参考までに記載する。浴槽に浸すのではなく、遺体袋に患者と氷水
759 を入れて冷却する方法である。

760 遺体袋はフロントジッパー付きで、液体を通さない素材のものを用意し、症
761 例ごとに使い捨てとする。患者到着後、袋の中に移し、ジッパーを胸部中ほど
762 まで閉める。頭部や胸部、上肢は露出させることで、気道管理、モニター装着、
763 静脈路確保をしやすいとする。その後、袋の中に氷水を投入し、冷却を開始する。
764 体温が 39℃まで低下したところで終了する。終了の際には、頭側を高くした逆
765 トレンデレンブルグ体位にしてから、袋の下の角を切ることで、簡単に水を排

766 出させることができる。その後、患者を袋から出し、タオルで拭き、CWI 終了
767 となる

768 文献

- 769 1) McDermott BP, Casa DJ, Ganio MS, et al: Acute whole-body cooling for exercise-
770 induced hyperthermia: a systematic review. *J Athl Train.* 2009; 44: 84-93.
- 771 2) Barletta JF, Palmieri TL, Toomey SA, et al: Society of Critical Care Medicine
772 Guidelines for the Treatment of Heat Stroke. *Crit Care Med.* 2025; 53: e490-e500.
- 773 3) Ito C, Takahashi I, Kasuya M, et al: Safety and efficacy of cold-water immersion in the
774 treatment of older patients with heat stroke: a case series. *Acute Med Surg.* 2021; 8:
775 e635.
- 776 4) Comp G, Pugsley P, Sklar D, et al: Heat Stroke Management Updates: A Description
777 of the Development of a Novel In-Emergency Department Cold-Water Immersion
778 Protocol and Guide for Implementation. *Ann Emerg Med.* 2025; 85: 43-52.

3.

780

781

ウェアラブル体表冷却材を用いた冷却法

782

高橋治花^{1,2}, 田上隆³, 岡田遥平¹

783

1. Health Services Research and Population Health, Duke-NUS Medical School, National University of Singapore, Singapore

784

785

2. 日本体育大学, 保健医療学部

786

3. 東京慈恵会医科大学 救急災害医学講座 危機管理・救命分野

787

概要/ 要点

788

背景と現状の冷却法の課題

789

- ・熱中症患者に対しては迅速な冷却、体温管理が重要である。

790

- ・しかし従来の冷却方法（冷水浸水、蒸散冷却、血管内カテーテルなどのデバイスを用いた冷却）には実施環境、処置や搬送中に冷却できないという制約がある。そのため病院前診療や暑熱環境におけるスポーツ、労働に伴う熱中症の応急処置における冷却手段は限定されていた。

791

792

793

794

ウェアラブル体表冷却材を用いた冷却の特徴と有用性

795

- ・ウェアラブル体表冷却材は、カーボングラファイトを基盤とした冷却材で高い熱伝導性と均一な吸熱構造により効率的かつ安定した体温低下を可能とする。専用のスーツを併用することで冷却材を体表に密着させ冷却効率を高めつつ、診療や搬送と並行した冷却が可能である。

796

797

798

799

- ・ウェアラブル体表冷却材は冷凍庫で 6 時間以上冷凍した後に専用の保管バッグで 10 時間冷却性能を維持でき携帯性に優れる。スポーツイベントなどの応急処置用として準備することも可能である。

800

801

802

- ・冷却効率は冷水浸水や血管内デバイスを用いた冷却に比べ劣る可能性がある

803 が、モニタリング、処置、搬送を妨げることなく冷却を行うことができ、
804 応急処置、病院前診療、搬送中、院内において従来の冷却方法が困難な場合
805 において冷却手段の一つとして有用と考えられる。

806 ウェアラブル体表冷却材の実際の利用法

- 807 ・ウェアラブル体表冷却材を冷凍庫で6時間以上冷凍する。
- 808 ・救急外来で使用する場合は、使用直前に冷凍庫から出して専用のスーツを用
809 いて患者に密着させる。院外に携帯する場合は、専用の保管バッグに収納し、
810 救急車内や応急救護所などで保管し、使用時にはバッグから取り出し患者に
811 装着する。
- 812 ・適応としては体温冷却が必要な熱中症である。

813 課題と限界点

- 814 ・さらなる有効性・潜在的な合併症のリスク（皮膚障害など）の検証や、プレ
815 ホスピタルやスポーツ現場、労働環境など多様な場面での検証を通じて、そ
816 の実践的な運用方法を明らかにしていくことが必要である。

817 はじめに

818 迅速な冷却・体温管理の重要性と新たな体温管理の必要性

819 熱中症は、特に日本救急医学会熱中症重症度分類IV度と診断される状態、す
820 なわち体温が40°C以上に上昇し中枢神経障害を伴う状態は、迅速に体温を低下
821 させることが予後改善のために重要であり、発症予防とともに迅速かつ効果的
822 な冷却と体温管理が必要不可欠である。

823 これまでの冷却方法としては、冷水浸水、蒸散冷却、局所冷却など様々な手
824 法が提唱されているが、それぞれに実施場所や設備、限られた資源、気管挿管
825 や静脈路確保などの処置、モニタリング、搬送が両立できるか、といった制約
826 が存在する。このような課題はプレホスピタルにとどまらず、スポーツ環境や
827 労働環境といった医療機器へのアクセスが制限される状況、さらには高度な冷
828 却装置を有しない医療機関においても課題となる。場所や設備に依存せず、モ
829 ニタリング、処置、搬送を妨げることなく、かつ継続的に冷却を実施できる手
830 段の確立が求められている。

831 近年、こうした課題に対する新たなアプローチとして、ウェアラブル体表冷
832 却材が注目されている。本稿では、熱中症に対する冷却戦略のなかでも特にウ

833 ウェアラブル体表冷却材による冷却に着目し、その特徴、実際の利用例、および
834 応用の可能性について解説する。

835 ウェアラブル体表冷却材とは

836 1. 概要

837 ■ウェアラブル体表冷却材（CarbonCool®）とは

838 ウェアラブル体表冷却材として本邦では CarbonCool®(アドバンス社)が販
839 売されている。専用のスーツを用いて胸部、腹部、大腿部など体幹部を中心に
840 ウェアラブル体表冷却材を密着させることで、体表から効率的に熱を奪い、深
841 部体温を低下させる（Figure.1）。



842
843 Figure.1 ●ウェアラブル体表冷却材（CarbonCool®） アドバンス社より提供

844 左: ウェアラブル体表冷却材を専用のスーツで装着した状態

845 右: ウェアラブル体表冷却材を専用のスーツにセットアップする過程、冷凍庫で補完

846 2. 使用方法

847 ■装着方法と使用目的に応じた運用

848 使用にあたっては、事前準備として冷却材を十分に冷凍しておく。一般的に
849 は、 -20°C から 0°C 以下の冷凍環境で6時間以上保管・凍結し、使用直前に取
850 り出して専用のスーツの収納ポケットに入れ、専用スーツを患者に装着する。
851 専用スーツは胸部用、腹部用、大腿用がセットになっており、冷却効率を最大
852 化するため原則、胸部、腹部、大腿をすべて同時に装着する（Figure.2）。

853 救急外来で使用する場合は、使用直前に冷凍庫から出して患者に密着させる。
854 院外に携帯する場合は、専用の保管バッグに収納し、救急車内や応急救護所な
855 どで保管し、使用時にはバッグから取り出し患者に装着する。患者に装着前
856 には可及的に体幹部、大体の脱衣、衣服を除去し体表に密着させるように装着さ
857 せる。装着方法については販売元より動画が公開されているので参照されたい
858 (Figure.3)。



859 Figure.2 ●ウェアラブル体表冷却材 (CarbonCool®) の部位別専用スーツ
860 アドバンス社より提供
861



862
863 動画(日本語):
864 <https://vimeo.com/1186803347/580e91b9fd?fl=ip&fe=ec>

865 動画(英語):
866 <https://www.youtube.com/watch?v=AIECdUrHwDM>

867 Figure.3 ●ウェアラブル体表冷却材 (CarbonCool®) の装着方法解説動画

868 適応としては体温冷却が必要な熱中症である。小児に対しても有効であると

869 期待されるが、現状スーツは成人用のみ利用可能であり、また過度な冷却のリス
870 スクもあるので、小児への適応可否については患者の体格や状況に応じての適
871 応判断になる。特段の禁忌事項はないが、体幹部、大腿の外傷がある場合は適
872 応が難しいことが想定される。

873 使用後は冷却剤をスーツの収納ポケットから脱着し、冷凍庫に戻し再度冷凍
874 する。冷却材は繰り返し利用可能である。スーツは必要に応じて衣服同様に洗
875 濯を行うことができる。

876 3. 特徴

877 ■継続的な冷却を可能とする設計と実用性

878 ウェアラブル体表冷却材（CarbonCool®）はカーボングラファイトを基盤と
879 した高熱伝導性冷却材で、氷の約 15 倍、水の約 58 倍という高い熱伝導性を有
880 しているとされ、体表から効率的に熱を吸収することが可能とされる。さらに、
881 冷却材は均一に融解する構造となっているため、従来の氷を用いた冷却で問題
882 となる皮膚との間の水層形成による断熱効果が生じにくく、安定した熱交換が
883 持続する。また、実際の病院前診療や救急外来での使用を前提とした設計とな
884 っている。冷却材は冷凍保存後、専用の保冷バッグを用いることで長時間その
885 冷却性能を維持したまま携行可能であり、さまざまな場所で使用可能である。
886 またスーツは柔軟性の高い素材で構成されており、体表への密着性を確保しつ
887 つ簡便に装着・固定できるため、冷却効率と操作性の両立が図られている。

888 本手法の重要な特徴として、診療行為と並行した冷却が可能である点が挙げ
889 られる。従来の冷水浸水ではバイタルサインのモニタリングや静脈路確保、搬
890 送などに制約があるが、ウェアラブル体表冷却材ではこれらの処置を妨げるこ
891 となく冷却を継続することができる。これにより、気管挿管や搬送、さらには
892 CT などの画像検査を行う際にも冷却可能であり、診療を中断することなく体
893 温管理が可能である。扇風機を用いた蒸散冷却や血管内カテーテルなどの電源
894 を使用する冷却方法と異なり、電源のない環境でも使用可能である。また冷水
895 浸水は救急外来などでは周囲を水で濡らしてしまうことで他の患者の診療の阻
896 害となる可能性があるが、ウェアラブル体表冷却材ではそうした懸念がない。

897 このようにウェアラブル体表冷却材は、熱中症診療において様々な環境で冷
898 却を行うことができ、搬送や処置を妨げない救急医療のワークフローにおいて
899 実用性の高い体表冷却手段として期待されている。

900 ウェアラブル体表冷却材は主に熱中症発症後の治療を目的として使用される
901 製品（CarbonCool®）と、主として熱中症の予防や軽度の体温管理を目的とし
902 て用いられる製品（EMCOOLS®, Austria）がある。予防用では胸部などの限

903 局した部位を対象とし、冷却性能は CarbonCool®に比べて落ちるが、持続時
904 間長いことが特徴である¹⁾。

905 4. 冷却性能と活用事例

906 ■高い熱伝導性と優れた冷却速度

907 冷却性能としていくつかの研究が報告されている。健常男性を対象とし実験
908 環境で運動負荷をかけ深部体温が 39.5°Cに達した後に複数の冷却手段を比較し
909 たクロスオーバー比較試験では、ウェアラブル体表冷却材 (EMCOOLS®
910 Flex.Pad, Austria) は深部体温を毎分 0.12°C (毎時約 7.2°C) の速度で低下さ
911 せ、蒸散冷却より優れていた (毎分 0.09°C, 毎時約 5.4°C) と報告されている
912 ²⁾。さらに、救急外来における心停止患者に対する低体温療法での応用では、
913 従来の氷嚢による方法と比較して研究では、氷嚢を用いた従来の冷却方法の群
914 (84 人) が目標体温 (34°C) に到達するまでに中央値 482 分を要したのに対
915 し、ウェアラブル体表冷却材 (CarbonCool®) 群では 119 分で達成されており、
916 短時間で治療域に到達している³⁾。このように従来の氷嚢や蒸散冷却よりも効
917 率よく冷却できることが期待されている。

918 ■活用事例 (病院前診療、救急部門、HAZMAT 訓練)

919 日本国内でも重度の熱中症患者に対して病院前からウェアラブル体表冷却材
920 を適用した事例が報告されている。深部体温 42.0°C、意識障害を呈した重度熱
921 中症患者に対し、救急現場でウェアラブル体表冷却材 (CarbonCool®) による
922 冷却を開始し、病院到着後も冷却継続した結果、開始から 60 分以内に 35.8°C
923 まで体温を低下させることができた。その後、神経学的後遺症を残すことなく
924 社会復帰に至っている⁴⁾。また、院内での活用事例として若年男性の重度の熱
925 中症患者に対して、救急外来でウェアラブル体表冷却材 (CarbonCool®) を使
926 用し (下半身は汚染のため体幹部のみ使用)、約 2 時間で直腸温を 41.0°Cから
927 38.7°Cまで低下させ、良好な臨床経過を得た例が報告されている⁵⁾。このよう
928 に、院内においても冷水浸水や血管内冷却カテーテルなどの侵襲的手段が困難
929 な場合に良い適応と考えられる。加えて、医療用途にとどまらず、CBRNE 災
930 害や HAZMAT 対応といった特殊環境における予防での活用も報告されている。
931 気密性の高い個人用防護具 (personal protective equipment、以下 PPE) を
932 着用する除染チームにおいて、CarbonCool®ハーフボディベストを使用した結
933 果、心拍数の上昇が抑制されるとともに、主観的な快適性の向上が認められて
934 いる⁶⁾。これは、熱ストレスの軽減という観点から、医療従事者の安全確保に
935 も寄与する可能性を示している。

936 5. 潜在的なデメリットと課題

937 ウェアラブル体表冷却材の導入および運用にあたってはいくつかの課題が存
938 在する。まず、使用に際しては冷却パッドを事前に冷凍保存しておく必要があ
939 り、そのための冷凍庫の確保や保管・搬送を含めた運用体制の整備が求められ
940 る。この点は、特にプレホスピタル領域や災害医療といった資源が限られる環
941 境において課題となりうる。次に、安全性および有効性のエビデンスがまだ不
942 足している点が挙げられる。現時点では実験的環境での研究や症例報告が報告
943 されているのみで、実際の臨床現場でのデータ、エビデンスは不足している。
944 搬送中の冷却効率なども今後さらに正確に評価する必要がある。また体表冷却
945 に伴う皮膚障害などの合併症のリスクについて十分な評価が必要である。その
946 ため、今後のさらなる検証が求められる。さらに、医療経済的な側面も重要な
947 課題があげられる。本邦で使用可能なウェアラブル体表冷却材として紹介した
948 CarbonCool®は現時点で保険収載されておらず、導入や運用にかかる費用は医
949 療機関の負担となる可能性がある。よって特に、冷却材の管理や更新に伴うコ
950 スト、費用対効果の検討が必要である。またウェアラブル体表冷却材は比較的
951 歴史の浅い冷却材であるので、経年劣化による冷却効率の低下などにも留意が
952 必要である。

953 このように、ウェアラブル体表冷却材は今後期待される一方で、運用体制、
954 安全性、有効性、医療経済といった複数の側面から課題を有しており、これら
955 を踏まえた適切な導入と評価が重要である。

956 今後の展望

957 臨床応用に向けた課題と今後の展望

958 ウェアラブル体表冷却材を用いた冷却は、プレホスピタルから院内に至るま
959 で一貫した冷却を可能とする方法として、我が国においても今後の応用が期待
960 される。今後は、我が国の実臨床に即した運用方法を検証することが重要であ
961 る。また、発症環境や重症度に応じた適切な使用方法や適応の整理に加え、プ
962 レホスピタル、スポーツ現場、労働環境など、さまざまな現場・環境における
963 さらなる検証が求められる。これらの知見が蓄積されることで、より実践的か
964 つ適切な活用が可能になると考えられる。

965 まとめ

966 熱中症に対する新たなアプローチとなりうる可能性

967 本稿では、熱中症に対する冷却、体温管理の一つとしてウェアラブル体表冷
968 却材に着目し、その特徴と臨床応用について概説した。ウェアラブル体表冷却
969 材は携帯可能で発症早期からの冷却介入が可能であり、従来の冷却手段を補完
970 する新たな選択肢となりうる。特に場所や状況に依存せず使用可能な体温管理
971 の手段の一つとして、ウェアラブル体表冷却材は今後その活用の広がりが期待
972 される。

973 文献

- 974 1) Griffiths SA, Ahmad J, Francoeur CL, et al: The EMCOOLs surface cooling system for
975 fever control in neurocritical care patients: A pilot study. *Clin Neurol Neurosurg.*
976 2019; 184: 105412.
- 977 2) Tan PM, Teo EY, Ali NB, et al: Evaluation of Various Cooling Systems After Exercise-
978 Induced Hyperthermia. *J Athl Train.* 2017; 52: 108-16.
- 979 3) Yap LG, Shahidah N, Pothiwala S, et al: Novel wearable cooling device for early
980 initiation of targeted temperature management in the Emergency Department. *J Emerg*
981 *Crit Care Med.* 2020; 4: 13.
- 982 4) Kido N, Tagami T, Otake K, et al: Exploring the Potential of CarbonCool® in Rapid
983 Prehospital Cooling for Severe Heat Stroke. *Prehosp Emerg Care.* 2024; 28: 905-9.
- 984 5) Tay PJM, Ho AFW, Shahidah N, et al: Management of heatstroke using the novel,
985 reusable, CarbonCool® suit: a case report. *J Emerg Crit Care Med.* 2022; 6: 9.
- 986 6) Tay PJM, Koh ZX, Hao Y, et al: Safety and efficacy of CarbonCool half-body vest for
987 HAZMAT decontamination crews wearing personal protective equipment: A pilot study.
988 *Prehosp Disaster Med.* 2020; 35: 645-50.

4.

990

991

ガイドラインに挙げられたその他冷却法

992

遠藤香織（北海道大学）

993

994

995

996

997

下記に挙げられる冷却法（腎代替療法、胃洗浄、膀胱洗浄、局所冷却）は『熱中症診療ガイドライン 2024』において成人・小児共に各冷却法のエビデンスや明確な推奨はない。疾患特異的で補助的冷却法として把握する必要がある。本稿は『救急診療指針 下巻』を参考として熱中症診療時の補完として作成し、先行文献を参考にまとめている¹⁾。また、補助的項目のため目標体温項目を割愛している。

998

1. 腎代替療法

999

1. 特徴

1000

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

腎代替療法は、体外循環を用いて血液中の病因物質を除去し、あるいは不足物質を補充する治療であり、透析、濾過、吸着、血漿交換など複数の原理から成り立つ。目的としては、電解質異常や尿毒素の是正のみならず、炎症性メディエーター、ミオグロビン、アンモニア、自己抗体、免疫複合体などの除去が含まれる。熱中症において、腎代替療法に期待される臨床効果は大きく三つある。第一に、透析液・補充液・回路を介した体外性熱交換による補助的冷却効果である。透析液温度は通常患者の体温維持のため 35～37℃前後に設定されているが、一部装置で Cool dialysis（透析液温度 34～35℃設定）として血圧安定化に用いることを利用する。第二に、急性腎障害や高カリウム血症、アシドーシス、体液過剰に対する支持療法である。第三に、横紋筋融解や高サイトカイン血症、敗血症様病態に対する病因・病態関連物質の除去である。ただし、これらの理論的有用性はそのまま生命予後改善を意味するものではなく、熱中症に特化した高品質エビデンスは限定的である。

1013 2. 想定される患者・シナリオ

1014 想定されるのは、重症熱中症に加えて **Table.1** を合併する患者である。中国
 1015 エキスパートコンセンサス²⁾を参考とする。

① 導入所見	開始基準
高体温持続	全身的な物理的冷却が無効で、40°C以上が2時間以上持続
電解質異常	血清 K \geq 6.5 mmol/L
横紋筋融解	CK \geq 5,000 U/L または急速上昇（短時間で倍増）+ AKI 合併
腎機能障害	乏尿・無尿、または SCr 44.2 μ mol/L/日以上の上昇
体液管理困難	制御不能な容量過負荷
代謝異常	補正困難な電解質異常・代謝性アシドーシス
② 導入目的	内容
冷却補助	体外循環により一定の体温低下効果を有する（※主目的ではない）
体液管理	正確な水分管理が可能（AKI 合併例）
内部環境維持	電解質・酸塩基平衡の是正
有害物質除去	ミオグロビン、炎症関連物質、ビリルビンなどの除去
二次障害軽減	多臓器障害進展の抑制が期待される
③ 中止基準	基準
全身状態	バイタルサインおよび病態が安定
横紋筋融解改善	CK < 1,000 U/L
代謝是正	電解質・酸塩基異常が是正
腎機能回復	尿量 \geq 1,500 mL/日 または腎機能改善

1016 **Table.1** ●腎代替療法の施行が想定される患者・シナリオ

1017 3. 準備するもの

1018 持続的血液浄化療法（continuous hemodiafiltration、以下 CHDF）実施で
 1019 は、バスキュラーアクセス、抗凝固、膜種、血液流量、透析液流量、濾過流量、

1020 補充液流量の設定が重要となる (Table.2)。一般的には右内頸静脈が第一選択
 1021 で、抗凝固薬としては調整しやすいメシル酸ナファモスタットが用いられるこ
 1022 とが多い。一方で、熱中症では DIC や出血傾向を伴うことがあり、抗凝固管
 1023 理は難しい。活動性出血は相対的禁忌であるが、無抗凝固での施行が全く不可
 1024 能というわけではなく、十分な血流量確保や膜選択、条件設定の工夫で短時間
 1025 の管理が可能なのもある。

項目	内容 (施設プロトコルに準じて変更)
血液浄化装置	CHDF/CRRT 装置、透析液・補充液、回路
バスキュラーアクセス	透析用カテーテル、超音波装置、穿刺・固定物品
抗凝固関連	メシル酸ナファモスタットなど、施設プロトコルに応じた抗凝固薬
モニタリング	深部体温、フルモニター (心電図、血圧、SpO ₂)、尿量、Aline 留置推奨 (血液ガス、電解質、凝固系)

1026 Table.2 ●腎代替療法施行時に準備するもの

1027 CRRT : continuous renal replacement therapy (持続的腎代替療法)

1028 ■補足) モダリティ選択

1029 Table. 3 は、熱中症における血液浄化療法の各モダリティの特徴と適応を整
 1030 理したものである。循環動態不安定な重症例では CHDF が現実的選択となる。

モダリティ	意義	利点	注意点
持続的血液浄化療法(CHDF)	第一選択 AKI、循環不安定、横紋筋融解、敗血症様病態	循環動態が安定しやすい、除水・溶質管理が持続的に可能	長時間管理、抗凝固管理が必要
間欠的血液透析(IHD)	限定的適応：循環安定例に限る	小分子除去が迅速	血圧低下・循環変動が大きい
血液吸着(HA)	DIC 治療推奨に準じる	エンドトキシン・炎症物質除去	予後改善効果が不明確 (PMX-DHP 含む)
血漿交換(PE)	個別適応：劇症肝障害、特殊病態	免疫物質・毒性物質除去	侵襲性高い、エビデンス限定的

1031	Table.3●熱中症における腎代替療法の各モダリティの特徴と適応
1032	IHD : intermittent hemodialysis、HA : hemoadsorption、PE : plasma exchange
1033	4. 必要な人員
1034	救急医（集中治療医）、血液浄化に習熟した医師、臨床工学技士、看護師が
1035	最低各一人は必要である。カテーテル留置、回路管理、抗凝固管理、電解質補
1036	正、循環管理を同時に行うため、多職種運用が前提となる。
1037	5. 実際の流れ
1038	①採血、血液ガス、CK、Cr、K、乳酸、凝固系、尿量を評価し、AKI、横紋筋
1039	融解、高カリウム血症、アシドーシス、容量過負荷を確認する。
1040	②血液浄化の適応をチームで判断する（Table.1 の①導入所見、②導入目的を
1041	参照）。
1042	③透析用カテーテルを留置し、CHDF/CRRT を開始する。
1043	④深部体温、電解質、酸塩基平衡、尿量、回路凝固を継続評価する。
1044	⑤バイタル安定、CK 低下、電解質・酸塩基平衡是正、尿量回復をもって中止を
1045	検討する（Table.1 の③中止基準を参照）。
1046	6. Tips
1047	血液浄化は「冷却目的」ではなく、「臓器障害管理のために導入し、その結
1048	果として補助的冷却効果も期待しうる治療」と位置づけると誤解が少ない。
1049	DIC や出血傾向を伴う重症熱中症では抗凝固管理が難しく、回路凝固と出血リ
1050	スクの両方を想定しておく。CHDF 長期施行では低 K、低 P、低 Mg に注意す
1051	る。
1052	7. コメント
1053	血液浄化は、急性腎障害、横紋筋融解、電解質異常、アシドーシス、循環不
1054	安定、多臓器障害を伴う症例で検討される重要な支持療法である。ただし、現
1055	時点では熱中症に対する血液浄化が死亡率、神経学的転帰、目標体温到達時間
1056	を改善することを示す高品質エビデンスは乏しい。
1057	2. 胃洗浄

1058 1. 特徴

1059 胃洗浄は、胃内へ低温液を反復注入・排液することで、消化管壁および周囲
1060 血流を介した熱交換を期待する体内冷却である。体表冷却では衣服、皮膚湿潤、
1061 体格、末梢循環、処置スペースなどの影響を受けるが、胃洗浄は体内側から熱
1062 交換に関与できる可能性がある。胃洗浄は犬モデルの冷却報告で 0.56°C/min
1063 と体外冷却よりも冷却速度が優れていた報告³⁾があり、スポーツ医学領域総説
1064 にも紹介がある⁴⁾。治療開始を遅らせず、他法と組み合わせて冷却を加速する
1065 という文脈に置く必要がある。胃洗浄は他冷却法の実施困難例や院内併用場面
1066 で検討される手段と考えられる。このため、冷却速度が不十分と判断される場
1067 合、あるいは搬入後すぐに冷水浸水や高度体温管理機器が使用できない状況で、
1068 補助的に追加しうる。

1069 2. 想定される患者・シナリオ

1070 意識障害を伴う重症熱中症で、すでに気道確保（挿管管理）が行われ、体表
1071 冷却のみでは冷却速度が不十分と判断される症例である（Table.4）。

適応を検討しうる状況	避けるべき状況
挿管・気道確保済み	非挿管の意識障害例
体表冷却だけでは不十分	嘔吐・誤嚥リスクが高い
ICU・救急外来で人員がある	胃管位置確認が困難
他冷却法との併用が可能	食道・胃病変が疑われる

1072 Table.4●胃洗浄の施行が想定される患者・シナリオ

1073 3. 準備するもの

1074 Table.5 を参照。

項目	内容
胃管	太径胃管または施設で使用可能な胃洗浄用チューブ
冷却液	低温生理食塩液など（液温・量は施設プロトコルで標準化、病室内冷却として 4°C の生理食塩液 200～500 mL による胃洗浄または直腸内投与が例示されている ²⁾ 。）
排液管理	排液バッグ、吸引装置、防水シート
位置確認	吸引内容確認に加え X 線、超音波検査

1075 Table.5●胃洗浄施行時に準備するもの

1076 4. 必要な人員

1077 気道・循環管理を担当する医師、胃管挿入に習熟した医師または看護師、排
1078 液管理・モニタリングを行う看護師が必要である。意識障害例では気道管理が
1079 前提となるため、挿管・鎮静・誤嚥対応が可能な体制で実施する。

1080 5. 実際の流れ

- 1081 ①意識障害例では気道確保の必要性を評価する。
1082 ②胃管を挿入し、位置を確認する。
1083 ③冷却液を少量ずつ注入し、確実に排液する。
1084 ④注入量、排液量、液温、反復回数を記録する。
1085 ⑤深部体温を継続測定し、冷却効果と合併症を確認する。
1086 ⑥目標体温到達、排液不良、循環・呼吸状態悪化があれば中止する。

1087 6. Tips

1088 胃洗浄は「胃内に冷水を入れる」ことよりも、「安全な胃管位置確認」と
1089 「誤嚥予防」が重要である。気泡音のみの位置確認は不確実であり、X線検査
1090 や超音波検査などを含めた確認を行う。胃洗浄準備で Active Cooling 開始が
1091 遅れる場合は他冷却法を先行する。

1092 7. コメント

1093 胃洗浄は、気道安全性を担保したうえで、他冷却法と併用する補助的体内冷
1094 却法として位置づけるのが妥当である。冷却速度、目標体温到達時間、神経学
1095 的転帰、死亡率に関する比較エビデンスは限定的で、液温、注入量、反復間隔、
1096 併用法、合併症発生率の標準化が今後の課題である。

1097 3. 膀胱洗浄

1098 1. 特徴

1099 膀胱洗浄は、膀胱内に低温液を注入・排液することで体内からの熱交換を期
1100 待する方法である。しかし、熱中症における冷却法としてのエビデンスは極め
1101 て乏しく、標準的冷却法として積極的に推奨されるものではない。他の冷却法
1102 が使用できず、即時冷却が必要な際に簡便性を優先して利用されうる。主たる

1103 冷却法ではなく、理論的には選択肢となりうる補助的手段にとどまる。文献的
1104 裏付けは極めて乏しく、系統的検索においても熱中症に対する膀胱洗浄の有効
1105 性を示す十分な研究は認められず、HsS 報告 27 例と医中誌検索で症例報告 2
1106 件^{5、6)}は存在するが、冷却速度や転帰改善への寄与は明らかではない。

1107 2. 想定される患者・シナリオ

1108 他の冷却法が十分に行えず、かつ尿道カテーテルがすでに留置されている、
1109 または留置が容易な症例である。ただし、膀胱温を深部体温モニタリングとし
1110 て用いる場合、膀胱内灌流は温度測定と両立しにくい (Table.6)。

検討しうる状況	適応しにくい状況
他法が困難な補助的場面	膀胱温を連続測定している
尿道カテーテル留置済み	尿道損傷・血尿・尿路感染疑い
胃洗浄が困難な場合	尿量評価を厳密に行いたい症例
人員・物品が限られる場面	膀胱損傷リスクがある症例

1111 Table.6●膀胱洗浄の施行が想定される患者・シナリオ

1112 3. 準備するもの

1113 Table.7 を参照。

項目	内容
尿道カテーテル	3-way カテーテル (膀胱温測定を優先し、尿道カテーテルも可)
冷却液	低ナトリウム血症を避けるため、原則として冷却生理食塩液
注入・排液物品	50ml シリンジ、排液バッグ、(灌流セット)

1114 Table.7●膀胱洗浄施行時に準備するもの

1115 4. 必要な人員

1116 尿道カテーテル留置・灌流操作を行う医師または看護師、体温・尿量・排液
1117 を記録する看護師が必要である。手技自体は比較的簡便だが、深部体温モニタ
1118 リングや尿量評価との兼ね合いを理解したスタッフが行う必要がある。

1119 5. 実際の流れ

1120 ①尿道カテーテル留置の適応と禁忌を確認する。

- 1121 ②可能であれば冷却生理食塩液を準備する。
- 1122 ③少量ずつ注入し、膀胱内に貯留させず排液を確認する。
- 1123 ④注入量・排液量・尿量を区別して記録する。
- 1124 ⑤腹部膨満、血尿、疼痛、尿路感染徴候を確認する。
- 1125 ⑥温度測定や尿量評価に支障が出る場合は中止する。

1126 6. Tips

1127 実施する場合は、低ナトリウム血症や水中毒を避ける観点から、生理食塩液
1128 を用いる方が実務上説明しやすい。膀胱温モニタリングと競合する点を必ず記
1129 載する。

1130 7. コメント

1131 膀胱洗浄は、泌尿器科領域では術後管理として確立した手技であるが、救急
1132 熱中症診療では標準的必須手技ではない。尿路感染、膀胱損傷、電解質異常、
1133 水中毒、尿量評価困難などの問題があり、熱中症に対する有効性・安全性を示
1134 す十分なエビデンスはない。したがって、標準的冷却法ではなく、例外的・補
1135 助的手段として記載する。

1136 4. 局所冷却

1137 1. 特徴

1138 局所冷却（アイスパック）は、基本的には大血管（頸動脈、腋窩動脈、鼠径
1139 動脈）近傍を局所的に冷却することで、血液を介した全身熱の放散を促進する
1140 ⁷⁾。伝導および対流による熱移動が主な機序であり、蒸発冷却や浸水冷却と比
1141 較して冷却効率は限定的である。特別な装置を必要とせず、現場、搬送中、救
1142 急外来で直ちに開始できる点が最大の利点である。一方で、冷却効率は条件依
1143 存性が大きく、冷水浸水や十分な蒸散冷却に比べて不安定である。局所冷却単
1144 独の冷却速度は先行メタアナライシスでも異方性が高く、 $0.01^{\circ}\text{C}/\text{min}^{4、8)}$ 、
1145 $0.03\sim 0.17^{\circ}\text{C}/\text{min}^{9)}$ とされ、重症熱中症の推奨冷却速度（ $0.155^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ）に
1146 は達しない⁸⁾。単独の主要冷却法としてではなく補助的手段として位置づけら
1147 れている。局所冷却単独の冷却速度は研究間異質性が大きく、単独の主要冷却
1148 法ではなく補助的手段として位置づけられている。

1149 **2.想定される患者・シナリオ**

1150 想定されるのは、冷水浸水や高度体温管理機器を直ちに使用できない場面、
1151 病院前、搬送中、初療室での Bridging cooling である (Table.8)。

想定される場面	役割
病院前・搬送中	すぐ開始できる初期冷却
救急外来初療	他冷却法準備中のつなぎ
軽症～中等症	水分補給・環境調整と併用
重症例	蒸散冷却、冷水浸水、体温管理機器との併用

1152 Table.8●局所冷却の施行が想定される患者・シナリオ

1153 **3. 準備するもの**

1154 Table.9 を参照。

項目	内容
冷却材	市販アイスパック、氷嚢、氷袋
保護材	タオル、ガーゼ、不織布など
(固定具)	包帯、テープ、ネット包帯

1155 Table.9●局所冷却施行時に準備するもの

1156 **4. 必要な人員**

1157 1名でも開始可能。

1158 **5. 実際の流れ**

- 1159 ①衣服を緩め、または除去し、体表を露出する。
1160 ②頸部、腋窩、鼠径部などに市販アイスパックや氷嚢などの冷却剤を配置する。
1161 ③可能であれば顔面・手掌・足底なども冷却部位として検討する。
1162 ④タオルなどを介して皮膚障害を予防する。
1163 ⑤皮膚状態と深部体温を反復評価する。

1164 **6. Tips**

1165 凍傷予防のため、氷を直接皮膚に長時間接触させない。頸部・腋窩・鼠径部
1166 のみで十分と考えず、全身冷却や蒸散冷却へ早めに接続することが重要である。

1167 7. コメント

1168 局所冷却は最も導入しやすい冷却法の一つであり、現場対応・搬送中・初療
1169 での即時性に優れる。冷却速度は一定せず、より効果的な Active Cooling を
1170 開始するまでの補助・併用手段として記載する。

1171 文献

- 1172 1) 日本救急医学会監: 日本救急医学会指導医・専門医制度委員会, 日本救急医学会専門医認定委員
1173 会編. 改訂第6版 救急診療指針 下巻. へるす出版, 2024.
- 1174 2) Liu SY, Song JC, Mao HD, et al: Expert consensus on the diagnosis and treatment of
1175 heat stroke in China. *Mil Med Res.* 2020; 7: 1.
- 1176 3) Bynum G, Patton J, Bowers W, et al: Peritoneal lavage cooling in an anesthetized dog
1177 heatstroke model. *Aviat Space Environ Med.* 1978; 49: 779-84.
- 1178 4) Hadad E, Rav-Acha M, Heled Y, et al: Heat stroke : a review of cooling methods. *Sports
1179 Med.* 2004; 34: 501-11.
- 1180 5) 丸橋竜太, 剣持いづみ, 原島有希枝, 他: 重症熱中症患者の身体冷却法の効果 体表と体腔内の同
1181 時冷却. 群馬県救急医療懇談会誌. 2012; 8: 86-8.
- 1182 6) 岡澤成祐, 若杉雅浩, 奥寺敬, 他: 症例報告 後遺症なく救命しえた深部体温 43.1℃の熱中症の1
1183 例. 日本救急医学会中部地方会誌. 2007; 3: 44-7.
- 1184 7) McDermott BP, Casa DJ, Ganio MS, et al: Acute whole-body cooling for exercise-
1185 induced hyperthermia: a systematic review. *J Athl Train.* 2009; 44: 84-93.
- 1186 8) Barletta JF, Palmieri TL, Toomey SA, et al: Society of Critical Care Medicine
1187 Guidelines for the Treatment of Heat Stroke. *Crit Care Med.* 2025; 53: e490-e500.
- 1188 9) 日本蘇生協議会監: JRC 蘇生ガイドライン 2020. 医学書院, 2021.

1190

5.

1191

中心静脈留置型体温調節装置

1192

(サーモガードシステム)

1193

瀧口 徹 (日本医科大学)

1194

1. 特徴

1195

1196

1197

1198

1199

中心静脈留置型体温調節装置（サーモガードシステム；旭化成ゾールメディカル）は、中心静脈内に専用カテーテルを留置し、血液との熱交換を介して体温を制御するデバイスである。従来の体表面冷却（冷却ブランケット、氷嚢、蒸散冷却、冷却輸液など）と異なり、体内から直接的かつ連続的に体温を制御できる点が最大の特徴である。

1200

1201

1202

1203

1204

1205

本デバイスでは、カテーテル内を循環する温度制御された生理食塩水と血流との間で熱交換が行われる。これにより、発汗や皮膚血流、外気温などの影響を受けにくく、外的環境に依存しない安定した冷却・加温が可能となる。また、体温フィードバックに基づく自動制御機構を有しており、設定した目標体温に応じて冷却強度がリアルタイムに調整されるため、精密かつ再現性の高い体温管理を実現できる。

1206

1207

1208

1209

1210

冷却速度の点でも、血管内冷却は体表面冷却と比較して迅速に目標体温へ到達しうることが報告されている¹⁾。重症熱中症患者を対象とした多施設前向き研究では、本デバイスを用いることで高体温からの速やかな離脱が可能であり、臓器障害指標の改善傾向が示されている¹⁾。これらの知見は、単なる冷却速度だけでなく、「制御された体温低下」が病態修飾に寄与する可能性を示唆する。

1211

1212

さらに重要なのは、本デバイスが冷却と維持を一体化した体温管理を可能にする点である。従来の冷却法では、目標体温到達後の再上昇を防ぐことが難し

1213 い場合があるが、血管内冷却では持続的なフィードバック制御により、正常体
1214 温域の安定維持が可能となる。この特性は、炎症反応や循環動態の変動が持続
1215 する重症熱中症において重要である。

1216 一方で、本デバイスは中心静脈カテーテル挿入を必要とする侵襲的手技であ
1217 り、感染、血栓形成、血管損傷などの合併症リスクを伴う²⁾。したがって、適
1218 切な無菌操作と継続的なモニタリングが必須であり、ICU レベルの管理体制の
1219 もとで運用されるべきである。

1220 2026 年診療報酬改定において「L008-3 体温調節療法（一連につき）」が新
1221 設され、本デバイスを用いた体温管理が制度的に評価されたことは重要である。
1222 これは、体温管理が従来 of 支持療法にとどまらず、積極的治療介入として位置
1223 付けられつつあることを示している。

1224 また、本デバイスは単独使用に限らず、蒸散冷却や体表面冷却などと併用す
1225 ることで、初期冷却速度の補完と維持管理の最適化を図ることができる。熱中
1226 症レジストリによる予備的解析結果によると、熱中症IV度において、サーモガ
1227 ードシステムによる冷却に蒸散冷却の併用は、院内死亡および神経学的転帰と
1228 関連する可能性が示唆されている (Table.1)。特に重症例においては、複数の
1229 冷却モダリティを適切に併用することが、より効果的な体温管理戦略となりう
1230 る可能性がある。

1231 以上より、中心静脈留置型体温調節装置は、迅速性・精密性・安定性を兼ね
1232 備えた高度体温管理デバイスであり、適切な症例選択と体制整備のもとで、重
1233 症熱中症および低体温症の治療において重要な役割を担う。

	合計	院内死亡 死亡	mRS 3-6
Active Cooling	226	19 (8.4)	129 (57.1)
蒸散冷却 (単独)	58	6 (10.3)	36 (62.1)
サーモガードシステム+蒸散冷却法	17	1 (5.9)	7 (41.2)
点滴のみ	44	8 (18.2)	31 (70.5)

1234 Table.1 ●IV度における冷却法ごとの予後の比較

1235 2. 想定される患者・シナリオ

1236 中心静脈留置型体温調節装置が有用となるのは、迅速かつ精密な体温制御が
1237 予後に影響しうる重症 (III~IV度) である。具体的には、深部体温の著明な上
1238 昇に加えて、意識障害、肝・腎機能障害、血液凝固異常を伴う症例が対象とな

1239 る。熱中症では、高体温そのものに加え、全身性炎症反応、凝固線溶異常、循
1240 環不全が臓器障害の進展に関与するため、早期に高体温曝露を解除することが
1241 重要である^{3~5)}。

1242 また、冷却後の体温再上昇が懸念される症例も重要な対象である。重症熱中
1243 症では、初期冷却により一旦体温が低下しても、炎症反応や循環動態の変動に
1244 より再び高体温を呈することがある⁶⁾。中心静脈留置型体温調節装置は、目標
1245 体温到達後もフィードバック制御により正常体温域を維持できるため、単なる
1246 初期冷却だけでなく、再上昇を防ぐ維持管理を必要とする症例に適している。

1247 一方で、本デバイスは中心静脈カテーテル留置を要する侵襲的治療であるた
1248 め、すべての熱中症患者に用いるものではない。軽症～中等症（Ⅰ～Ⅱ度）で
1249 は、通常、経口補水・環境調整・体表面冷却・点滴などにより改善するため必
1250 要ない。

1251 以上より、中心静脈留置型体温調節装置は、単に体温が高い患者ではなく、
1252 高体温曝露を早期に解除し、その後の正常体温維持が必要な重症患者に使用を
1253 検討すべきデバイスである。軽症から中等症の多くは従来法で対応可能であり、
1254 本デバイスは重症（Ⅲ～Ⅳ度）における高度体温管理手段として位置付けられ
1255 る。

1256 3. 準備するもの

1257 中心静脈留置型体温調節装置を安全かつ有効に運用するためには、デバイス
1258 本体のみならず、侵襲的手技・精密な体温管理・全身管理を統合した準備が必
1259 要である。以下に実臨床で必要となる要素を整理する。

1260 体温管理デバイス一式

- 1261 ・サーモガードシステム本体（外部コンソール）
- 1262 ・専用血管内カテーテル
- 1263 ・回路（循環用生理食塩水ライン）
- 1264 ・温度モニタリングプローブ（膀胱温または食道温）

1265 本デバイスは、外部コンソールと専用カテーテルから構成され、カテーテル
1266 を中心静脈（主に大腿静脈）より挿入し、下大静脈レベルで血液との熱交換を
1267 行う。正確なフィードバック制御のためには、深部体温の連続測定が必須であ
1268 り、膀胱温や食道温が推奨される⁷⁾。

1269 中心静脈カテーテル挿入関連物品

- 1270 ・超音波装置（リアルタイムガイド推奨）
- 1271 ・無菌ドレープ、滅菌ガウン、手袋
- 1272 ・局所麻酔薬
- 1273 ・ガイドワイヤー、ダイレーター、メス
- 1274 ・縫合・固定用資材

1275 本デバイスのカテーテルは通常、大腿静脈から挿入される。長期間留置され
1276 る可能性があるため、カテーテル関連血流感染予防策の徹底が重要である²⁾。

1277 体温および全身管理モニタリング

- 1278 ・深部体温モニタリング（膀胱温、食道温など）
- 1279 ・心電図モニター
- 1280 ・非侵襲的または侵襲的血圧モニタリング（動脈ライン含む）
- 1281 ・SpO₂モニタリング
- 1282 ・尿量測定（膀胱カテーテル）

1283 体表温ではなく、深部体温に基づく連続モニタリングが不可欠である⁷⁾。さ
1284 らに、重症熱中症では循環不全や多臓器障害を伴うため、全身状態の継続した
1285 評価が必要となる^{3~5)}。

1286 補助的冷却手段

- 1287 ・蒸散冷却（霧吹き、送風装置、水）
- 1288 ・冷却輸液
- 1289 ・氷嚢、冷却ブランケット

1290 特に重症（Ⅲ～Ⅳ度）では、迅速な体温低下を目的として中心静脈留置型体
1291 温調節装置に補助的冷却手段を併用することが重要である^{8、9)}。

1292 チーム体制および運用プロトコル

1293 本デバイスは単なる機器ではなく、継続的な体温管理プロセスである。その
1294 ため、医師・看護師・臨床工学技士が共通の理解のもとに運用する必要がある。
1295 開始基準、目標体温、終了基準、合併症対応などを事前に共有しておくことが、
1296 安全性と有効性の担保に直結する。

1297 まとめ

1298 中心静脈留置型体温調節装置の導入は、「デバイス」「侵襲的手技」「モニタ
1299 リング」「補助的冷却」「チーム体制」といった複数要素の統合によって成立す
1300 る。すなわち、本デバイスの導入は「機器を使う」ことではなく、体温管理を
1301 一つの治療として実装するための環境構築であると理解することが重要である。

1302 4. 必要な人員

1303 中心静脈留置型体温調節装置の運用には、単一の医師による対応ではなく、
1304 多職種によるチーム医療体制が前提となる。これは本デバイスが「侵襲的手技」
1305 と「持続的な生理管理」を同時に含むためであり、安全かつ有効な運用には役
1306 割分担が不可欠である。

1307 まず中心となるのは、中心静脈カテーテル挿入および適応判断を担う医師で
1308 ある。適応判断においては、重症度（深部体温、意識障害）、循環動態、臓器
1309 障害の程度、既存の冷却法への反応性を総合的に評価し、「侵襲的体温管理を
1310 導入すべきか」を決定する^{3~5)}。カテーテル挿入は超音波ガイド下での実施が
1311 推奨され、血管損傷や合併症の低減に寄与する²⁾。また、導入後は体温だけで
1312 なく、循環、呼吸、代謝、凝固など全身状態を統合的に管理し、体温管理を
1313 「全身治療の一部」として位置付ける役割を担う。

1314 次に、ベッドサイドでの継続管理を担う看護師である。本デバイスは導入後
1315 の管理が治療効果を左右するため、看護師の役割は極めて大きい。具体的には、

- 1316 ・体温の連続モニタリングとトレンド把握
- 1317 ・シバリングの早期発見と対応
- 1318 ・循環動態や尿量の観察
- 1319 ・カテーテル刺入部の感染徴候の評価

1320 といった役割を担う。特にシバリングは冷却効率を低下させ、酸素消費量を
1321 増加させるため、早期認識と対応が重要である¹⁰⁾。看護師による細やかな観察
1322 と医師へのフィードバックが、安全かつ効果的な体温管理において重要である。

1323 さらに、施設によっては臨床工学技士の関与が望ましい。体温調節装置は専
1324 用コンソールを用いた医療機器であり、

- 1325 ・装置のセットアップ
- 1326 ・トラブルシューティング（アラーム対応、回路異常など）
- 1327 ・保守管理

1328 といった役割を担うことで、医師・看護師の負担軽減と安全性向上につなが

1329 る。特に導入初期においては、機器特性を理解したスタッフの存在が運用の安
1330 定化に寄与する。

1331 また、見落とされやすいが重要なのが、鎮静・鎮痛管理である。血管内冷却
1332 ではシバリング対策が体温管理の成否に直結するため、適切な鎮静戦略が必要
1333 となる。必要に応じて筋弛緩薬の使用も検討される。

1334 以上より、中心静脈留置型体温調節装置の運用には、医師・看護師・臨床工
1335 学技士を中心とした多職種連携が不可欠であり、単なる手技ではなく「チーム
1336 で行う体温管理治療」として捉えることが重要である。適切な人員配置と役割
1337 分担が、安全性と有効性を大きく左右する。

1338 5. 目標体温

1339 熱中症に対する体温管理では、従来、38°C程度までの速やかな冷却が実践的
1340 な目安として広く用いられてきた^{3~5)}。これは、高体温曝露時間の短縮を目的
1341 とした臨床的指標であり、特に迅速な冷却を優先する状況において有用とされ
1342 てきた。一方で、この値は厳密なエビデンスに基づく閾値というよりも、従来
1343 の体表面冷却を前提とした経験的な目標設定である。しかし、中心静脈留置型
1344 体温調節装置のようなフィードバック制御型デバイスを用いる場合、目標体温
1345 の設定は単なる「到達点」ではなく、冷却挙動そのものを規定する重要なパラ
1346 メータとなる。この点が従来の冷却法との本質的な違いである^{8、10)}。本デバイ
1347 スでは、設定した目標体温に近づくにつれて冷却出力が自動的に低下する。そ
1348 のため、目標体温を38°Cに設定した場合、冷却が早期に緩和され、結果として
1349 38°C前後の高体温状態が遷延する可能性がある。一方で、目標体温を37°Cに
1350 設定した場合には、冷却出力がより長く維持され、確実に正常体温域へ到達し、
1351 その後の安定維持が可能となる(Figure.1)。この特性を踏まえると、重症熱中
1352 症においては「どこまで下げるか」だけでなく、高体温をいかに確実に終息さ
1353 せるかという観点が重要となる。すなわち、目標体温をやや低め(37°C)に設
1354 定することで、高体温曝露時間を短縮し、臓器障害の進展抑制に寄与する可能
1355 性がある。

1356 また、血管内冷却は目標体温到達後もフィードバック制御により温度を維持
1357 できるため、再上昇の予防という点でも有利である^{6、8)}。この「到達+維持」
1358 を一体化した管理は、炎症反応や循環動態の変動が持続する重症例において特
1359 に重要である。

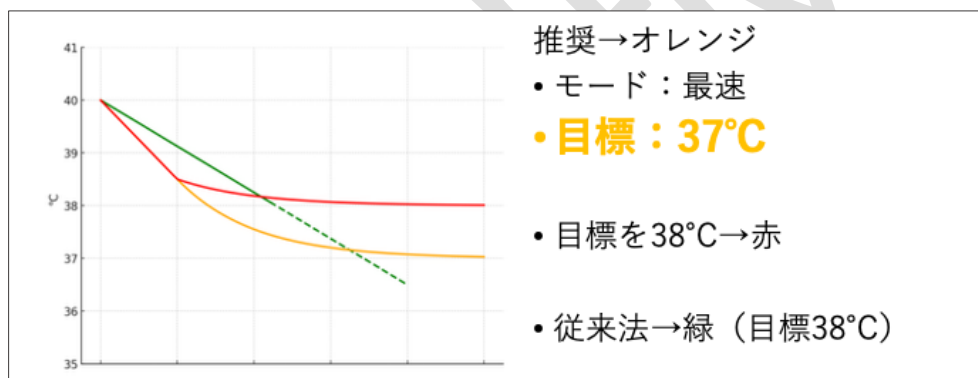
1360 一方で、本デバイスの目的はあくまで正常体温域への復帰と維持であり、積

1361 極的低体温療法 (<36°C) を意図したものではない。過度の低体温は不整脈、
1362 凝固障害、感染リスクの増加などを引き起こす可能性があるため、避けるべき
1363 である¹⁰⁾。

1364 以上を踏まえ、実臨床における目標体温設定は以下のように整理できる：

- 1365 ・初期目標：37°C（高体温の確実な終息を目的）
- 1366 ・許容範囲：36.5～37.5°C程度
- 1367 ・避けるべき状態：38°C以上の遷延、36°C未満の過冷却

1368 以上より、中心静脈留置型体温調節装置を用いた体温管理においては、従来
1369 の一律な 38°C目標ではなく、デバイス特性を踏まえた戦略的な目標体温設定が
1370 重要である。特に重症例では、37°Cを目標とした管理により、高体温曝露時間
1371 の最小化と安定した体温制御の両立が期待される。



1372 Figure.1 ●サーモガードシステムによる冷却のイメージ、目標体温
1373

1374 6. 実施の流れ（簡易フロー）

1375 1. 準備

1376 まず、重症熱中症の診断と重症度評価を行い、侵襲的体温管理の適応を判断
1377 する。深部体温、意識障害、循環動態、臓器障害の有無を総合的に評価し、迅
1378 速な体温低下と持続管理が必要な症例を選択する^{3~5)}。同時に、気道・呼吸・
1379 循環の安定化を優先し、初期蘇生を並行して行う。特にショックを伴う症例で
1380 は、輸液・昇圧薬による循環管理が不可欠である。この段階から、蒸散冷却や
1381 冷却輸液などの外的冷却を開始し、冷却開始の遅れを最小限にすることが重要
1382 である⁹⁾。

1383 2. 冷却開始

1384 中心静脈カテーテルを留置後、装置を接続し体温調節を開始する。初期設定
1385 は「最速モード」とし、目標体温（37℃）を設定する。導入初期は、迅速な体
1386 温低下を目的とし、外的冷却（蒸散冷却・氷嚢など）を併用することが有効で
1387 ある⁸⁾。血管内冷却単独では初期冷却速度が不十分となる場合があるため、複
1388 数モダリティの併用が実践的である。また、冷却開始に伴いシバリングが出現
1389 することがあるため、鎮静・鎮痛を適宜導入し、冷却効率の低下を防ぐ¹⁰⁾。

1390 3. 評価

1391 体温の推移を中心に、循環動態、意識状態、尿量、臓器障害の進行を総合的
1392 に評価する。特に重要なのは、目標体温到達後の管理であり、体温の再上昇を
1393 防ぐために持続的な温度制御を行う。また、シバリングの有無、カテーテル関
1394 連合併症（感染、血栓）、デバイスの作動状況を定期的に確認する。体温が十
1395 分に安定した場合には、冷却強度を調整し維持フェーズへ移行する。外的冷却
1396 を併用している場合は、過冷却を防ぐため、体温低下に応じて段階的に減量す
1397 る。

1398 4. 終了

1399 体温が正常範囲で安定し、再上昇リスクが低下した段階で、体温管理の終了
1400 を検討する。

1401 終了の目安：

- 1402 ・ 37℃前後で安定維持されている
- 1403 ・ 臓器障害の進行が抑制されている
- 1404 ・ 再上昇傾向がない

1405 終了時は、急激な温度変化を避けるため、段階的に冷却出力を低下させるこ
1406 とが望ましい¹⁰⁾。中心静脈カテーテルは、体温管理の適応がなくなった時点で
1407 速やかに抜去し、感染リスクを最小化する²⁾。

1408 熱中症に対する血管内体温管理の明確な至適期間は確立されていないが、実
1409 臨床では、

1410 初期冷却：数時間以内

1411 維持管理：12～24 時間程度

1412 とし、全体として 24 時間以内に終了するケースが多い¹⁾。

1413 7. Tips（実施時の注意点）

1414 中心静脈留置型体温調節装置を用いた体温管理では、導入そのものよりも
1415 「どのように運用するか」が治療効果を大きく左右する。以下に実臨床で重要
1416 となるポイントを示す。

1417 まず重要なのは、初期冷却は他の手段と併用する前提で考えることである。
1418 本デバイスは精密な体温制御に優れる一方、導入直後の冷却速度は外的冷却
1419 （蒸散冷却、冷却輸液、氷嚢など）に劣る場合がある。そのため、特に来院時
1420 に高度高体温を呈する症例では、外的冷却を併用して迅速に体温を低下させ、
1421 同時に本デバイスで安定維持へ移行する戦略が実践的である。

1422 次に、本デバイスの本質は「冷却」ではなく体温の制御と維持にあることを
1423 理解する必要がある。体温が一度低下しても、炎症反応や循環動態の影響によ
1424 り再上昇することは少なくない。したがって、目標体温到達後も管理を継続し、
1425 体温再上昇を抑制することが極めて重要である。特に重症例では、この維持フ
1426 ェーズが予後に影響する可能性がある。

1427 目標体温設定に関しては、デバイスのフィードバック特性を考慮することが
1428 重要である。目標を 38°C に設定すると冷却出力が早期に低下し、高体温が遷延
1429 する可能性があるため、実臨床では 37°C を目標とすることで確実な正常体温管
1430 理を図ることができる可能性がある。

1431 8. コメント

1432 中心静脈留置型体温調節装置は、熱中症診療における体温管理の位置づけを
1433 再定義する可能性を有するデバイスである。2026 年診療報酬改定により体温
1434 調節療法が制度的に評価されたことは、体温管理が単なる支持療法ではなく、
1435 アウトカムに影響しうる治療介入として認識されつつあることを示している。

1436 また、従来広く用いられてきた 38°C という目安は、臨床的に有用な指標では
1437 あるものの、必ずしも最適な体温管理戦略を示すものではない。フィードバッ
1438 ク制御型デバイスの導入により、迅速かつ正確な目標体温の設定が可能となっ
1439 たため、37°C を目標としたより積極的な体温管理は、今後の実践において重要
1440 な選択肢となる。

1441 現時点では、熱中症における血管内体温管理の最適な目標体温や管理期間に
1442 関するエビデンスは十分とは言えず、今後のエビデンスの蓄積が期待される。

1443 文献

- 1444 1) Yokobori S, Koido Y, Shishido H, et al: Feasibility and Safety of Intravascular
1445 Temperature Management for Severe Heat Stroke: A Prospective Multicenter Pilot
1446 Study. *Crit Care Med.* 2018; 46: e670-e676.
- 1447 2) O'Grady NP, Alexander M, Burns LA, et al: Guidelines for the prevention of
1448 intravascular catheter-related infections. *Clin Infect Dis.* 2011; 52: e162-e193.
- 1449 3) Bouchama A, Knochel JP: Heat stroke. *N Engl J Med.* 2002; 346: 1978-88.
- 1450 4) Epstein Y, Yanovich R: Heatstroke. *N Engl J Med.* 2019; 380: 2449-59.
- 1451 5) Leon LR, Bouchama A: Heat stroke. *Compr Physiol.* 2015; 5: 611-47.
- 1452 6) Badjatia N: Hyperthermia and fever control in brain injury. *Crit Care Med.* 2009; 37:
1453 S250-S257.
- 1454 7) Sessler DI: Temperature monitoring and perioperative thermoregulation.
1455 *Anesthesiology.* 2008; 109: 318-338.
- 1456 8) Hoedemaekers CW, Ezzahti M, Gerritsen A, et al: Comparison of cooling methods to
1457 induce and maintain normo- and hypothermia in intensive care unit patients: a
1458 prospective intervention study. *Crit Care.* 2007; 11: R91.
- 1459 9) Casa DJ, McDermott BP, Lee EC, et al: Cold water immersion: the gold standard for
1460 exertional heatstroke treatment. *Exerc Sport Sci Rev.* 2007; 35: 141-9.
- 1461 10) Polderman KH: Application of therapeutic hypothermia in the ICU: opportunities and
1462 pitfalls of a promising treatment modality. Part 1: Indications and evidence. *Intensive*
1463 *Care Med.* 2004; 30: 556-75.

6.

ジェルパッド式体温調節装置

(Arctic Sun™) を用いた冷却

坂本和嘉子 (日本医科大学)

1. 特徴

Arctic Sun™ 5000 体温管理システムおよび Arctic Sun™ STAT 体温管理システム (Becton, Dickinson and Company, USA。以下、Arctic Sun) は自動で温度調整される冷却水を循環させたジェルパッド [Arctic ジェル™パッド (以下パッド)] を体表面に密着貼付し、体温管理を行うウォーターパッド特定加温装置である。

以下の4つの主な特徴がある。

1. 迅速な導入が可能

体内デバイスの挿入や使用時の複雑なブライミングを要さず、パッド貼付 → 目標温度設定 → 冷却開始 という簡便な手順で導入できる。

2. 高い冷却効率

水循環式ハイドロゲルパッドにより高い熱伝導率を示し¹⁾、血管内冷却や冷却ブランケットと比較して、同等もしくはそれ以上の冷却速度が報告されている^{2, 3)}。

2025年に公表された *Society of Critical Care Medicine* (SCCM) 熱中症診療ガイドラインでは「熱中症の症状を認識してから30分以内に目標体温へ

1485 到達する冷却方法を選択すべきである」と示されており⁴⁾、迅速な冷却は脳・
1486 多臓器障害の進展を防ぐうえで極めて重要である。

1487 3. 体温の連続監視による自動フィードバック制御

1488 深部体温を連続的にモニタリングし、その測定データに基づき水温を2分ご
1489 とに自動制御することで、迅速な冷却と過冷却の回避を両立する。

1490 重症熱中症では腸管透過性亢進や細胞壊死に伴う全身性炎症反応が惹起され
1491 るため⁵⁾、体温再上昇が起こりうるが、平熱維持設定により、目標温度到達後
1492 も自動制御が継続される。

1493 スタッフによる手動的な冷却の調整が必要なく、負担軽減にも寄与する。

1494 4. 安全性が高い

1495 Arctic Sun は、表面冷却式デバイスとして高い安全性を有する。

1496 自動体温制御機能により、過冷却に起因する循環動態の不安定化、不整脈、
1497 免疫機能低下、凝固障害などの低体温関連合併症の発生を抑制しうる。

1498 また、体内へのデバイス挿入を要しないため、臓器損傷、血栓症、感染症な
1499 ど、侵襲的手技に伴う合併症リスクを回避できる。

1500 主たる有害事象はパッド接触部位の皮膚障害であり、適切な皮膚管理および
1501 定期的観察により、多くは予防可能と考えられる。

1502 2. 想定される患者・シナリオ

1503 対象患者

1504 ・重症熱中症：日本救急医学会より発表された『熱中症診療ガイドライン 2024』
1505 における「III or IV度（重症）」

1506 特に推奨されるケース

1507 熱中症は高体温による細胞毒性に加え、全身性炎症反応・血管内皮障害・凝
1508 固亢進、微小循環障害が急速に進行し、多臓器不全や脳神経障害を招く⁵⁾。高
1509 体温の持続は生死および臓器障害、中枢神経障害の発生率を左右し、また臓器
1510 障害の不可逆化、神経障害の固定化につながる^{6~8)}。

1511 重症熱中症患者の診療には、積極的冷却の速やかな開始に加え、これらの評
1512 価が必須であり、気道・循環管理、腎代替療法、輸液療法、電解質補正、DIC

1513 治療など冷却以外の集中治療が必要となる。

1514 Arctic Sun は速やかな冷却が必要な患者に広く有用であるが、特に、夜間な
1515 ど医師・看護師の人員が限られる場面や、気道・循環管理、薬剤投与など冷却
1516 以外の処置に集中したい状況では、その利点がより明確となる。

1517 また体内へのデバイス留置を必要とせず、加えてサイズ選択肢が豊富なため、
1518 特に小児や低身長の人では、血管内冷却と比べ推奨されうる。

1519 3. 準備するもの

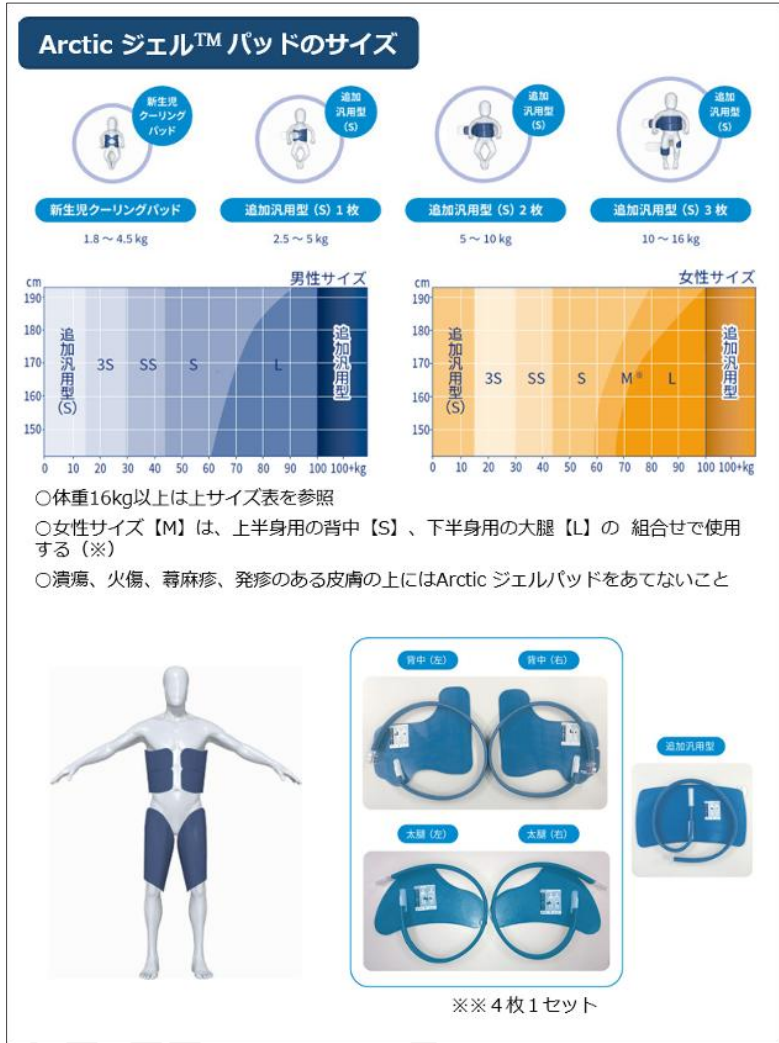
1520 ・ Arctic Sun™ 5000 体温管理システムおよび Arctic Sun™ STAT 体温管理シ
1521 ステム

1522 ・ 滅菌精製水（循環用）

1523 Arctic Sun はプライミングとして、「循環用洗浄液」を加えた 4.0L の滅菌精
1524 製水を本体タンクに充填しておく必要がある。6 カ月ごとの交換が必要であり、
1525 熱中症シーズン前の 4 月ごろプライミングを行うことが望ましい。

1526 Arctic ジェル™パッド（体格に応じたサイズ）

1527 Figure.1 を参考に、適切なサイズのパッドを選択する。女性サイズ【M】は、
1528 背中【S】+大腿【L】の組合せである。



1529

1530

Figure.1●Arctic ジェル™パッドサイズの選び方

1531

本項に掲載されている画像は、日本ベクトン・ディッキンソン株式会社より提供されたものであり、当該画像に関する著作権その他の知的財産権は同社に帰属します。

1532

1533

深部体温プローブ（食道・膀胱・直腸のいずれか）

1534

患者体温プローブアダプタケーブルと接続することにより、深部体温を 1 秒ごとにモニタリングし、2分ごとに水温調整を行う。体表面温度ではなく、深部体温の連続的なモニタリングが必須である。

1535

1536

1537

4. 必要な人員

1538

最低必要人数は以下のとおりである。

1539

- ・ 医師：1名（適応判断・設定指示・鎮静管理）

- 1540 ・看護師／臨床工学技士：1～2名（パッド貼付・操作・モニタリング）
- 1541 重症熱中症は循環異常、ARDS、中枢神経障害、肝・腎障害など多臓器障害、
- 1542 凝固異常、腸管虚血など様々な病態を引き起こすため、集学的治療が必要であ
- 1543 る。Arctic Sunは省人化に寄与し、初療時には全身評価、蘇生などに人的およ
- 1544 び時間的資源を充当できる。
- 1545 入室後は冷却評価に加え、呼吸・循環動態、尿量、シバリング・皮膚障害の
- 1546 有無などのモニタリングが必要であり、その結果に応じての対応が患者予後
- 1547 左右する。
- 1548 また臨床工学技士による機器のトラブルシューティングが可能であれば、医
- 1549 師、看護師の負担が軽減され、全身管理に注力できる。

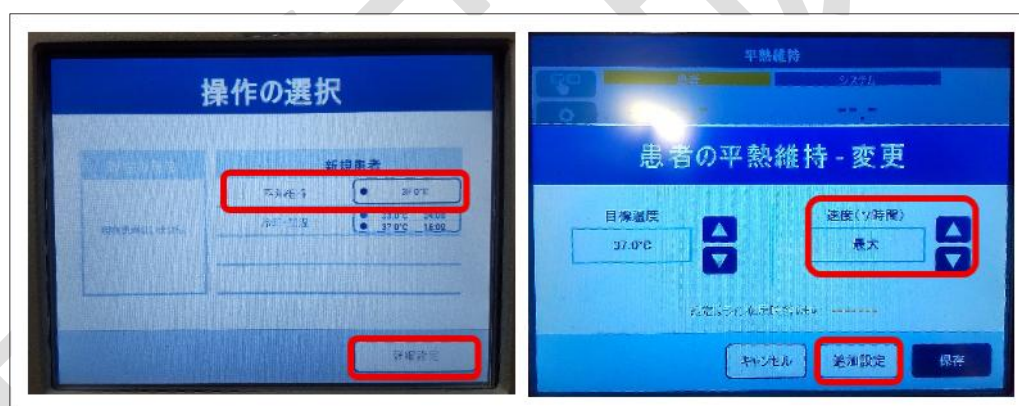
1550 5. 目標体温

- 1551 ・冷却モード：平熱維持
- 1552 ・目標温度：37℃
- 1553 ・冷却速度：最大
- 1554 従来の Active Cooling では冷却停止後も慣性によって体温が下がり続ける
- 1555 「過冷却」による循環動態悪化、不整脈、免疫機能低下、凝固障害を懸念し、
- 1556 38℃付近で冷却を緩める運用が一般的であった⁹⁾。
- 1557 Arctic Sunは自動体温制御機能により、患者体温をリアルタイムで監視し、
- 1558 目標温度に近づくと水温調整により制御がかかり、過冷却を防ぐ。
- 1559 目標温度到達後は、その温度を維持するように働く。本手引きは運用上の提
- 1560 案であり、エビデンスは不足しているが、目標温度は「37℃」とすることが合
- 1561 理的である。
- 1562 一方、心停止後患者を対象としたランダム化比較試験では、治療的低体温療
- 1563 法（32℃～34℃）は6カ月後の神経学的予後や生存率を有意に改善することを
- 1564 示している¹⁰⁾。中枢神経障害を伴う重症熱中症にも脳低温療法が有効である可
- 1565 能性があり、目標温度をさらに下げるべきかどうか、今後のエビデンスの蓄積
- 1566 が期待される。

1567 6. 実施の流れ（簡易フロー）

- 1568 1.事前準備：本体への精製水充填は事前に済ませておく（3.準備するもの参照）。

- 1569 また、平熱維持画面【変更】、変更画面【追加設定】より「予備冷却・予備加
1570 温」を「4℃」に設定しておくで、電源を入れるだけで、予備冷却が開始さ
1571 れる。
- 1572 2.予備冷却：電源を入れることにより、予備冷却が開始される。消防からのホ
1573 ットラインを受けた時点で準備開始することが望ましい。
- 1574 3.パッド準備：呼吸・循環・意識レベルの評価と並行して、サイズ選択する。
1575 同時に深部体温プローブを接続する。
- 1576 4.パッド貼付：胸部・背部・大腿部へ貼付。皮膚の汗は拭き取る。Arctic Sun
1577 を使用した Active Cooling の最も重要な合併症の一つに皮膚障害がある。発
1578 疹・潰瘍・熱傷などのある部位への貼付は避ける。
- 1579 5.冷却開始：【操作の選択】画面において、新規患者「平熱維持」を選択、目標
1580 温度を「37℃」、【詳細設定】より速度「最大」に設定し開始する。設定をデ
1581 フォルトとして保存できる。操作パネルは直感的に操作可能である
1582 (Figure.2)。



1583 Figure.2 ● 操作パネル
1584

- 1585 6.全身評価・集学的治療：冷却開始後、臓器障害・感染・凝固障害の有無を評
1586 価し、治療を選択する。
1587 なお、パッドは金属を使用していないため、X線、MRI（3.0 テスラ以下）
1588 は貼付したまま撮影可能である。
- 1589 7.冷却中の評価：体温変化以外に呼吸・循環動態、尿量、シバリング、電解質
1590 異常、皮膚障害の有無などのモニタリングを行う。
- 1591 8.終了判断：深部体温・意識・バイタルサインの改善を総合的に評価する。
1592 目標体温到達後、【モニターモード】に切り替え、上限および下限体温を設定
1593 すると患者体温が閾値内にあるときには水温の自動制御が停止し、逸脱時の

1594 み自動制御が再開される。自動制御停止の際は水流量が「0.0L/分」を示し、
1595 「モニタリング中」と表示される。
1596 「モニタリング中」が継続する場合、患者による発熱がない状態と考えられ
1597 るため、機器使用終了の判断材料の一つになりうる (Figure.3)。



1598 Figure.3 ●モニターモード
1599 患者体温と目標体温差が 0.5°C以内のときのみ機能する。
1600 モニターモード開始後、水温制御が働いているとき、体温の再上昇の可能性が考えられる。
1601

1602 7. Tips

1603 他法との併用

1604 パッド貼付の数分間も無駄にせず、冷却輸液・氷嚢などを併用して冷却を開
1605 始することが望ましい。臨床的エビデンスは不足しているものの、高体温の程
1606 度と持続時間は生理機能に悪影響を及ぼすことが知られており、最初の「30分」
1607 を逃さず冷却を開始することが肝要である⁴⁾。

1608 シバリング対策

1609 強力な体表面冷却により、シバリングが起こりうる。シバリングは骨格筋の

1610 律動的収縮や代謝亢進により熱産生を増加させ^{11、12)}、冷却の阻害となりうる。
1611 シバリングを頸部、胸部どちらか／両方に限局した震えにする程度を目標に適
1612 切な介入が必要である。

1613 皮膚観察

1614 (熱中症治療では長時間使用になることはないと考えられるが、) 長時間の
1615 使用では皮膚障害のリスクがあるため、定期的に観察する。ただし、パッドは
1616 粘着力があるため、特に皮膚障害リスクが高くない患者では、観察頻度を1日
1617 数回にとどめる方がよい可能性がある。

1618 ハイドロゲルパッドは均一な圧力分散が叶う設計になっているが、パッドの
1619 辺縁は周囲と比べ硬いため、皮膚障害のリスクが高く、注意が必要である。

1620 また、胸椎棘突起部は皮膚障害の好発部位であるため、左右のパッドは1cm
1621 程度、間隔を空けるとよい (Figure.4)。



1622
1623 Figure.4 ●パッド貼付のコツ

1624 背中のパッドは椎体棘突起部を避けるよう、1cm程度間隔を空けるとよい。

1625 8. コメント

1626 重症熱中症では、ショック、急性腎障害 (25~35%)、DIC (最大 45%)、
1627 中枢神経障害、ARDS、肝不全など多臓器不全が高頻度に合併し、生存者の約
1628 30%が長期的な認知・運動機能障害を残すとされる¹³⁾。

1629 院内死亡率は約 15%とされ、能動冷却は受動冷却に比べ死亡率を低下させる
1630 ことが示されている⁶⁾。

1631 冷却方法による冷却速度を評価したシステマティックレビューでは、氷水浸
1632 漬による冷却が最速とされるが、患者特性や重症度により適応が困難な場合が
1633 ある。また氷水浸漬が行われている比較試験ではいずれも労作性熱中症を対象
1634 としており、非労作性熱中症においてはエビデンスが十分でない¹⁴⁾。

1635 熱中症における能動的冷却 (Active Cooling) の目的は、単に体温を下げる
1636 ことではなく、脳および多臓器への熱ダメージを最小限に抑えることである。
1637 Arctic Sun の最大の利点は、「迅速な導入」「高い冷却効率」「自動制御による
1638 省力化」「高い安全性」を兼ね備え、目標温度まで安全かつ速やかに解熱しな
1639 がら、限られた人的リソースを呼吸・循環管理、DIC 治療などの本質的な集中
1640 治療に振り向けられる点にある。

1641 37°C設定による積極的な冷却は、同機の性能を生かした合理的かつ実践的な
1642 戦略といえる。

1643 文献

- 1644 1) English MJ, Hemmerling TM: Heat transfer coefficient: Medivance Arctic Sun
1645 Temperature Management System vs. water immersion. *Eur J Anaesthesiol.* 2008; 25:
1646 531-7.
- 1647 2) Shinada T, Hata N, Yokoyama S, et al: Usefulness of a surface cooling device (Arctic
1648 Sun®) for therapeutic hypothermia following cardiac arrest. *J Cardiol.* 2014; 63: 46-
1649 52.
- 1650 3) Tømte Ø, Drægni T, Mangschau A, et al: A comparison of intravascular and surface
1651 cooling techniques in comatose cardiac arrest survivors. *Crit Care Med.* 2011; 39: 443-
1652 9.
- 1653 4) Barletta JF, Palmieri TL, Toomey SA, et al: Society of Critical Care Medicine
1654 Guidelines for the Treatment of Heat Stroke. *Crit Care Med.* 2025; 53: e490-e500.
- 1655 5) Bouchama A, Knochel JP: Heat stroke. *N Engl J Med.* 2002; 346: 1978-88.
- 1656 6) Kanda J, Nakahara S, Nakamura S, et al: Association between active cooling and lower
1657 mortality among patients with heat stroke and heat exhaustion. *PLoS One.* 2021; 16:
1658 e0259441.
- 1659 7) Pease S, Bouadma L, Kermarrec N, et al: Early organ dysfunction course, cooling time
1660 and outcome in classic heatstroke. *Intensive Care Med.* 2009; 35: 1454-8.
- 1661 8) Yokobori S, Koido Y, Shishido H, et al: Feasibility and Safety of Intravascular
1662 Temperature Management for Severe Heat Stroke: A Prospective Multicenter Pilot
1663 Study. *Crit Care Med.* 2018; 46: e670-e676.
- 1664 9) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:
1665 https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 1666 10) The Hypothermia after Cardiac Arrest Study Group: Mild therapeutic hypothermia to
1667 improve the neurologic outcome after cardiac arrest. *N Engl J Med.* 2002; 346: 549-

1668

556.

1669
1670

- 11) Haman F: Shivering in the cold: from mechanisms of fuel selection to survival. *J Appl Physiol* (1985). 2006; 100: 1702-8.

1671
1672
1673

- 12) Helland AM, Mydske S, Assmus J, et al: Minor Decrease of Core Temperature in Shivering Volunteers Over a 3-Hour Exposure to Cold, Wet, and Windy Conditions. *Wilderness Environ Med*. 2026; 37: 161-8.

1674
1675

- 13) Cong S, Zheng G, Liang X, et al: Pre-hospital cooling in community-acquired heat stroke (CAHS): evidence, challenges, and strategies. *Eur J Med Res*. 2025; 30: 472.

1676
1677
1678

- 14) Douma MJ, Aves T, Allan KS, et al: First aid cooling techniques for heat stroke and exertional hyperthermia: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. 2020; 148: 173-190.

醫學博士論文

7.

ECMO

金子 仁（日本医科大学武蔵小杉病院）

1. 特徴

体外式膜型人工肺（extracorporeal membrane oxygenation、以下 ECMO）は相対的に多い体外循環血液量をもち、迅速な深部体温の低下が期待できる。また、ECMO 回路に装着する熱交換器を使用することで、意図しない低体温を回避し、かつ、一定の体温に維持することが可能である。一方で、ECMO を Active Cooling における第一選択として使用し、その体温低下率や合併症などを主題として検討した報告は、渉猟した限りは存在しなかった。しかし、熱中症に対して他の冷却方法を用いた後に、不応性高体温に対して ECMO を用いた症例報告は存在する。この報告では、深部体温の低下速度を約 $0.18^{\circ}\text{C}/\text{min}$ としている¹⁾。その他、体外循環装置による深部体温低下速度を推測するものとして、本稿後述の『コメント』で、腎代替療法、人工心肺（cardiopulmonary bypass、以下 CPB）による報告を記述する。しかし、その流量や設定などの条件から、ここで議論する ECMO とは異なるため、それらの報告の結果は参考値として提示する。

ECMO の確立までの時間、導入時や維持管理中の有害事象や合併症の性質から、我々はそれらを包括的に考慮したうえで導入を決定、実践する必要がある。そのため、『熱中症診療ガイドライン 2024』の概念を元に作成されている本手引きでは、ECMO を病院到着直後に実施される Active Cooling の第一選択として推奨することは行わない。

1702 2. 想定される患者・シナリオ

1703 病院到着直後に実施する Active Cooling として、ECMO を導入する患者の
1704 適応は大きく限定される。高体温患者に対する ECMO 導入の可否については、
1705 熱中症というよりもその背景の病態や受傷機転により決定されるべきである。
1706 つまり、ECMO は Active Cooling のために第一選択として実践されるのでは
1707 なく、ECMO を必要とする患者に熱中症が関連している（熱中症の有無ではな
1708 く、ECMO の必要性が優先される）という位置付けである。例として、次のよ
1709 うな患者群が想定される：

- 1710 • **Venoarterial (以下 VA) ECMO**：心肺停止や高度循環不全を伴う患者。
1711 例) 熱中症を伴う、ないしは関連すると推定される心肺停止患者
- 1712 • **Venovenous (以下 VV) ECMO**：病院到着直後に、侵襲的陽圧換気による管
1713 理が困難で早期に重症呼吸不全としての対応が必要となる患者。
1714 例) 熱中症が伴う、ないしは関連すると推定される、重症胸部外傷や重症
1715 ARDS を伴う肺炎患者

1716 3. 準備するもの

1717 各施設における ECMO 導入および管理プロトコルが存在すると思われる。
1718 そのため、導入に際しては各施設の基準や器材準備に従う。一般的に、ECMO
1719 コンソール、膜型人工肺および回路、遠心ポンプ、送脱血カニューレ、導入キ
1720 ット(ダイレータ、ヘパリン化生理食塩水を含む)を準備する。各施設の基準に
1721 おいて、導入方法は透視室で行う場合、経食道を含めた超音波ガイド下で行う
1722 場合があるので、その準備を進める。

1723 過冷却を防止する観点から、ECMO 回路に装着する熱交換器は可及的速やかに
1724 に準備する。

1725 4. 必要な人員

1726 スタッフの指揮統制を行う医師、カニューレーションを行う医師最低 2~3 名、
1727 気道管理など全身管理を行う医師、臨床工学技士、外回り看護師が必要である。

1728 5. 目標体温

1729 ECMO を病院到着直後の Active Cooling として実施する場合は、深部体温
1730 37.0°Cを目標とする。前述の山田ら¹⁾の報告を参考にすれば、10分程度で深
1731 部体温を2°C近く低下させることができる。そのため、重症度分類IV度患者の
1732 深部体温を、ECMOは20~30分で目標体温に到達させることが推定される。

1733 一方で、ECMO回路のプライミングに用いられる細胞外液、血液製剤は室温、
1734 ないしはそれ以下の温度であるため、過冷却に陥る危険性が存在する。そのた
1735 め、迅速にECMO回路に熱交換器を装着する必要がある。熱交換器の装着に
1736 より、意図しない低体温を回避することができる。迅速な導入の妨げとなるな
1737 ら、導入開始前に熱交換器を準備する必要はないが、ECMO回路稼働後は迅速
1738 に熱交換器を装着すべきである。

1739 熱交換器の設定温度、ECMO回路で計測される回路温度と深部体温が乖離す
1740 る可能性がある(7.Tipsを参照)。そのため、熱交換器の設定温度やECMO回
1741 路の測定温度ではなく、患者の深部体温を計測しながら熱交換器の設定温度を
1742 微調整する必要がある。

1743 6. 実際の流れ (簡易フロー)

1744 心肺停止、循環不全患者の場合は、救命、救急の初療医療において迅速に
1745 ECMOが導入される。重症呼吸不全を伴って病院に到着する患者に対しても、
1746 同様である。それ以外の症例では、前述のように、その他 Active Cooling 手
1747 法が実施されてから、不応性高体温の状態に対してECMO導入が決定、実行
1748 されることがほとんどである。

1749 ECMO導入が決定される場合、診療を担当している医療チームに加えて人員
1750 の招集が必要である。実際に導入するに際しては、各施設が運用している
1751 ECPRなどの導入プロトコルなどが参考になる。

1752 7. Tips

1753 ①心肺停止や循環停止時は迅速なVA ECMOの導入が求められる。一方で、VV
1754 ECMOとして導入される場合は、十分な準備や適応判断の時間が求められる
1755 ことがある。それまでに別の形式でのActive Coolingが開始されていると想
1756 定されるので、ECMO導入の侵襲性や有害事象のリスクを考慮して導入の可
1757 否を検討すべきである。

1758 ②ECMO回路で計測されている温度、熱交換器の設定温度と患者深部体温は乖

1759 離する。これらは測定機器そのものの誤差やそのときの体外循環回路状態に
1760 影響されるが、報告では 1°C以上乖離することがある^{2, 3)}。そのため、予期
1761 しない低体温を回避する目的で、我々は患者深部体温のモニターを継続する
1762 必要がある。

1763 8. コメント

1764 ①前述の通り、熱中症に対する Active Cooling として ECMO を第一選択とし
1765 て実施することを主題とした論文報告は、渉猟した限りは認めなかった。そ
1766 のため、本稿はエキスパートオピニオンとして作成した。しかし、体温コン
1767 トロールが困難な状況が想定される場合、ECMO の導入、管理経験が豊富な
1768 施設での ECMO 導入を否定するものではない。

1769 ②山田らの報告¹⁾の詳細を記載する。この報告では、他の方法で Active
1770 Cooling を実施し効果が得られなかった症例に対して、VV ECMO (両側大腿
1771 静脈を経由した送脱血量 2 L/min、34°C設定)で 40°Cから 36.5°Cを約 20 分
1772 (低下率 約 0.18°C/min)で達成した、とされている。

1773 ③「1. 特徴」で示した体外循環による深部体温低下率についての学術的報告を
1774 以下に列挙し、熱中症に関する ECMO の効果を推測する。高体温患者に対し
1775 て、体外循環が及ぼす体温低下効果を検討した報告は複数存在する。これら
1776 の報告は腎代替療法や手術室における CPB を用いた症例である。Zhou ら⁴⁾
1777 は、16 名の熱中症患者に血液流量 220~330 mL/min、濾過液 3~4 L/hr の
1778 持続的血液濾過を行い、開始前の深部体温 41.3±0.2 °Cを 2 時間で
1779 38.7±0.1 °Cに低下させた (おおよそ、低下率 1.3°C/hr、0.02°C/min)と報
1780 告している。症例報告では、熱中症患者に対して持続的腎代替療法による
1781 1.1°C/hr (0.02°C/min)⁵⁾の深部体温低下の報告がある。また、心臓手術が
1782 予定された手術室において、悪性高熱患者への緊急対応として CPB を使用し
1783 た報告がある。これらの報告では、深部体温の 5°C低下を 22分 (0.23°C/min)
1784 ⁶⁾、4.7°Cを 1 時間以内で達成した (0.08°C/min 以上)⁷⁾とされている (いず
1785 れも CPB の設定に関する詳細について記載なし)。本稿で議論されている
1786 ECMO の血液流量は腎代替療法と CPB の間にあるため、深部体温低下速度
1787 はこれらの間に位置すると推定される。考慮すべき点として、これらの報
1788 告は熱中症患者が病院到着後、一般的な冷却が施行された後腎代替療法を実
1789 施した熱中症の症例、あるいは心臓手術として準備された CPB を転用した悪
1790 性高熱の症例である。すなわち、ECMO を Active Cooling の第一選択とし
1791 て使用する状況と異なる環境によるものである。

1792 ④ECMO の性質上、我々は侵襲性や導入時の有害事象の可能性を考慮する必要
1793 がある。また、体外循環に関して報告されている内容を総括すると、ECMO
1794 を Active Cooling の第一選択とするには強い根拠が不足していると考え
1795 するため、熱中症に対して ECMO 導入を実施する場合は、迅速に導入が可能
1796 で、導入やその後の管理において患者の安全性の確保が可能な施設に限定さ
1797 れる。

1798 文献

- 1799 1) 山田憲明, 林靖之, 澤野宏隆, 他: Extracorporeal lung assist (ECLA) を用いた急速全身冷却
1800 および体温管理が有効であった重症熱中症の 1 例. 日本集中治療医学会雑誌. 2009; 16: 101-2.
- 1801 2) Newland RF, Sanderson AJ, Baker RA: Accuracy of temperature measurement in the
1802 cardiopulmonary bypass circuit. J Extra Corpor Technol. 2005; 37: 32-7.
- 1803 3) Salah M, Sutton R, Tsarovsky G, et al: Temperature inaccuracies during
1804 cardiopulmonary bypass. J Extra Corpor Technol. 2005; 37: 38-42.
- 1805 4) Zhou F, Song Q, Peng Z, et al: Effects of continuous venous-venous hemofiltration on
1806 heat stroke patients: a retrospective study. J Trauma. 2011; 71: 1562-8.
- 1807 5) Yue H, Zhou F, Liu H, et al: Fatal exertional heat stroke successfully treated with cold
1808 hemofiltration: a case report. Am J Emerg Med. 2009; 27: 751.e1-751.e2.
- 1809 6) van den Bersselaar LR, Hollmann MW, van den Goor JMMH, et al: Malignant
1810 Hyperthermia During Cardiac Surgery Successfully Treated by Deep Hypothermia
1811 Using Cardiopulmonary Bypass: A Case Report. A A Pract. 2021; 15: e01546.
- 1812 7) Phillips T, Zimmermann E, Dukatz C, et al: Use of Cardiopulmonary Bypass for
1813 Treatment of Malignant Hyperthermia. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2020; 34: 753-5.

8.

深部体温（core body temperature）

モニタリング指針

藤田 基（山口大学）

1. 緒言

熱中症および偶発性低体温症の双方において、深部体温（core body temperature、以下CBT）は重症度の判定、Active Cooling/Active Warmingの適応決定、および治療効果の評価において中心的な役割を担う指標である。しかしながら、実臨床で用いられる各種 CBT 測定デバイスはそれぞれ固有の測定原理・応答特性・病態依存性を有しており、単に数値を「読む」のみでは不十分である。適切な解釈なしに数値を治療開始・終了の判断に適用することは、熱中症では冷却の遅滞あるいは過冷却（hypothermic overshoot）、低体温症では復温の遅滞あるいはアフタードロップ（afterdrop）という、それぞれ異なる二方向の危険をもたらさう。

本手引きは熱中症に対する Active Cooling の方法論の解説を目的に作成された。一方、2026年の診療報酬改定で新設された【L008-3 体温調節療法（一連につき）】では、偶発性低体温症の患者に対する体温調節機器の使用も対象とされた。これを踏まえ、本稿では、熱中症および偶発性低体温症の双方を対象に、CBT モニタリングに関する臨床的指針を解説することを目的とする。各種モニタリングデバイスの特性、測定部位による温度差、および目標体温設定との関係について、既存の文献的根拠に基づき論述する。なお、引用文献の一部は外傷性脳損傷（traumatic brain injury、以下 TBI）や術中温度管理といった異なる臨床状況から援用したものを含み、これらの外挿については本文中

1838 で適宜明示する。各冷却・復温法の具体的な実施手順については本手引きの各
1839 担当項目を参照されたい。

1840 2. 治療適応の判断における深部体温の役割

1841 熱中症・偶発性低体温症のいずれにおいても、CBT は治療適応判断の中心と
1842 なる指標であり、不正確な CBT 測定が治療の遅延と予後悪化に直結するとい
1843 う構造的問題は両疾患に共通する。熱中症では、CBT 40°C以上が持続するIV
1844 度症例への能動的冷却が適応として位置づけられてきたが¹⁾、実臨床ではIII度
1845 (CBT 40°C未満)には Active Cooling が不要との誤解が少なからず見受けら
1846 れる。2026年6月改定の診療報酬では重症熱中症に対する Active Cooling へ
1847 の加算が設けられたが、IV度に限定されているわけではなく、今後の適切な運
1848 用が求められる。偶発性低体温症においても、改訂スイス分類 (HT I~IV度)
1849 に基づく体外循環補助 (extracorporeal life support、以下 ECLS) 搬送適応
1850 の判断に CBT は不可欠であり²⁾、正確な CBT 把握が治療方針を大きく左右す
1851 る。

1852 この点を裏付ける重要な臨床データとして、『熱中症診療ガイドライン 2024』
1853 はqIV度症例を深部体温値別に層別化した転帰データを示している (Table.1)
1854 ¹⁾。CBT ≤ 39.9°CのIII度症例群 (n=144)においては、Active Cooling 実施
1855 率が86.1%と高水準に維持されているにもかかわらず、院内死亡率は11.1%に
1856 達している。一方、深部体温 40.0°C以上の群 (n=208)では死亡率 21.2%・
1857 実施率 90.9%、そして深部体温が不明・未測定であった群 (n=119)では死
1858 亡率 37.0%・Active Cooling 実施率 63.9%にとどまっている (Table.1)。III
1859 度症例においてすら、冷却率が高水準であっても11.1%が死亡するという事実
1860 は、冷却の遅滞や効率低下が直ちに死亡率の上昇に直結することを強く示唆す
1861 る。また、深部体温不明・未測定群において死亡率が最も高く (37.0%)、かつ
1862 Active Cooling 実施率が最も低い (63.9%)という結果は、深部体温モニタリ
1863 ングの欠如が冷却介入の遅滞と関連し、予後を悪化させることを示す間接的な
1864 証左とも解釈できる。

1865 Table.1 が示す通り、深部体温が不明・未測定の群では死亡率が最も高く
1866 (37.0%)、Active Cooling 実施率が最も低い (63.9%)。深部体温を測定しな
1867 いことが適切な冷却介入の判断を妨げ、予後を悪化させる可能性を示す重要な
1868 知見である。また、III度症例 (CBT ≤ 39.9°C)においても冷却率 86.1%とい
1869 う高水準にもかかわらず死亡率 11.1%であり、CBT 40°C未満を根拠に冷却介

1870 入を控えることは危険である。さらに、Feng et al. の後ろ向きコホート研究で
1871 は、体温目標達成所要時間（controlling time for core temperature to
1872 physiological level、以下 CTP）が6時間を超えると院内死亡のハザード比
1873 が5.31倍、18時間を超えると18.75倍（99% CI: 4.06~86.59）に上昇する
1874 ことが示されており³⁾、冷却の遅滞が直接的に死亡率を増加させることが明確
1875 に示されている。

1876 『熱中症診療ガイドライン 2024』が導入した qIV度（quick IV度）は、「表
1877 面体温 40.0℃以上（または皮膚に明らかな熱感あり）、かつ GCS ≤ 8（または
1878 JCS ≥ 100）」という体表臨床所見のみで能動的冷却を即時開始できる臨床概念
1879 である¹⁾。深部体温の確定を冷却開始の条件とすることで治療が遅延する危険
1880 を回避するためであり、qIV度に該当すれば深部体温の確認を待たず冷却を開
1881 始し、モニタリングは並行して行う。冷却開始後の効果確認・過冷却防止には
1882 深部体温モニタリングが不可欠であり（本稿 3.~5.参照）、冷却のトリガーと
1883 冷却中のモニタリングは明確に区別される。類似した考え方は低体温症にも適
1884 用され、重症低体温が疑われる場合は CBT の確定を待たず ECLS の準備と搬
1885 送を優先する、という原則に対応する²⁾。

		深部体温		
		-39.9 144	40.0- 208	不明・未測定 119
転帰	院内死亡	16 11.1%	44 21.2%	44 37.0%
	Active Cooling 実施	124 86.1%	189 90.9%	76 63.9%

1886 Table.1●Active Cooling の有効性について 文献1)より引用

1887 表面体温 40.0℃以上（もしくは皮膚に明らかな熱感あり）

1888 かつ GCS ≤ 8（もしくは JCS ≥ 100）【qIV度】

1889 3. 各種深部体温モニタリングデバイスの臨床的特性と注意点

1890 実臨床において使用される各種センサーは、固有の応答特性、測定原理、お
1891 よび患者病態による影響を有する（Table.2）。これらの特性を理解することは、
1892 測定値の解釈誤りを防ぎ、熱中症では冷却の過剰あるいは不足を、低体温症で
1893 は復温の過剰（アフタードロップ）あるいは不足を回避するうえで不可欠であ
1894 る。

1895 1. ゼロ熱流束法 (zero heat flux thermometry)

1896 ゼロ熱流束法 (zero heat flux thermometry、以下 ZHF) は、皮膚表面に密
1897 着させたセンサーが皮膚からの熱流束をゼロに保つことにより、非侵襲的に
1898 CBT を測定する方法である。代表的なデバイスとして 3M™ベアーハガー™深
1899 部温モニタリングシステム (3M, USA) が挙げられる。侵襲的処置を要せず即
1900 時に装着可能であり、手術・集中治療領域における複数の検証研究において、
1901 他のコア体温測定法に対する平均バイアスが 0.03°Cと小さいことが系統的レビ
1902 ュー・メタアナリシスで確認されている⁴⁾。ただし、95%一致限界は-0.93~
1903 +0.98°Cと比較的幅広く⁴⁾、集中治療室での検証においても膀胱温と比較して
1904 精度はやや劣るとする報告があることから⁵⁾、数値解釈においては一定の不確
1905 実性を念頭に置く必要がある。初期対応における非侵襲的 CBT 測定の有用な
1906 選択肢であることに変わりはなく、侵襲的デバイスが使用できない状況や搬送
1907 中においては特に有用である。

1908 ただし、ZHF は単に皮膚温を測定するのではなく、サーボ制御された加熱素
1909 子によって皮膚表面から深部組織への熱流束をゼロにすることで皮膚表面温度
1910 を深部体温に平衡させるという物理的プロセスを経る⁶⁾。この等温トンネル
1911 (isothermal tunnel) の形成、すなわちセンサー直下の組織に熱的定常状態
1912 (steady state) が確立されるまでには、熱平衡化プロセスに要する物理的な
1913 タイムラグが不可避免的に発生する⁷⁾。初期の ZHF 機器では 10~20 分程度を要
1914 していたが、現行の 3M™ベアーハガー™深部温モニタリングシステムではこ
1915 の応答時間は約 3 分程度に短縮されている⁸⁾。しかしながら、能動的冷却が急
1916 速に求められる初期対応において、この起動時間は臨床上の空白となりうる。
1917 また、ZHF の精度データはいずれも周術期または一般集中治療患者を対象とし
1918 た研究から得られたものであり、高体温・脱水状態にある熱中症患者における
1919 妥当性は直接検証されていない点に留意が必要である。したがって、ZHF の装
1920 着と能動的冷却の開始は同時並行で行い、センサーが定常状態に達するまでの
1921 間は、臨床所見 (皮膚熱感・意識状態・バイタルサイン) を総合的な重症度指
1922 標として参照すべきである。なお、偶発性低体温症においては濡れや外気への
1923 暴露が ZHF の精度を著しく低下させるため、フィールドや搬送中の CBT 測定
1924 手段としては推奨されない²⁾。

1925 2. 膀胱温センサー

1926 膀胱温センサーは、尿道カテーテルに温度センサーを内蔵したデバイスであ
1927 り、救急・集中治療現場において継続的モニタリングの手段として広く用いら
1928 れている。挿入手技が比較的簡便であることから、熱中症および偶発性低体温

1929 症の集中治療管理における実用的な測定手段の一つとなっている。

1930 しかしながら、以下の二点において膀胱温測定の信頼性は病態の影響を受け
1931 やすい。これらは熱中症と低体温症の双方に共通する課題である。

1932 第一に、乏尿の影響である。膀胱温測定は膀胱内の尿を介した熱伝導を利用
1933 するため、熱中症の重度脱水による乏尿、あるいは低体温症の循環低下による
1934 乏尿のいずれにおいても尿量が不十分となり、センサーの応答が不安定となる。
1935 改訂スイス分類では HT III～IV度（意識消失・心停止）において膀胱温の信頼
1936 性は著しく低下するとしており²⁾、重症低体温症では特に注意が必要である。

1937 第二に、応答遅延（time lag）の問題がある。急速冷却時には膀胱温が実際
1938 の中枢温度より高値を示すタイムラグが生じるため、膀胱温のみを根拠に冷却
1939 を継続すると過冷却のリスクがある。膀胱温は膀胱内の尿を介した熱交換に依
1940 存するため、急速な体温変化に対して食道温・血液温より応答が遅れると考え
1941 られる。これは高体温動物モデル⁹⁾や運動性熱中症ヒト研究¹⁰⁾で直腸温に確
1942 認された生理学的原理——血流を介さない非直接部位の熱慣性——が膀胱温に
1943 も適用されうるという外挿に基づく知見であり、膀胱温のタイムラグを直接検
1944 証した熱中症研究は現時点では限られている。冷却エンドポイントの評価には
1945 このタイムラグを考慮した判断が必要である。

1946 3. 直腸温

1947 直腸温は、スポーツ現場やプレホスピタル段階における熱中症の初期評価の
1948 参照標準（reference standard）として広く用いられており、挿管・鎮静を要
1949 さず即時測定が可能であることから、現場活動においては依然として中心的な
1950 CBT 測定法である。運動性熱中症のヒト研究においても、フィールド設定で最
1951 も実用的な CBT 測定法として評価されている¹⁰⁾。

1952 ただし、熱中症での急速冷却中には直腸温が食道温・外耳道温より遅れて低
1953 下するため、直腸温のみに依拠して冷却を継続すると過冷却のリスクがある^{10、}
1954 ^{11、12)}——これが直腸温の最も重要な臨床的限界である。高体温動物モデルで
1955 脳温・食道温が速やかに低下する一方で直腸温が遅行することが示され⁹⁾、こ
1956 れは運動性熱中症のヒト研究における受動的回復時¹⁰⁾および冷水浸水による
1957 能動的冷却時¹²⁾においても確認されている。また、体表温（口腔・腋窩・外
1958 耳道・額）も高体温状態では直腸温との乖離が大きく信頼性が低下することが
1959 示されており¹³⁾、院内集中治療への移行後は食道温や血液温への切り替えが望
1960 ましい。偶発性低体温症においては、直腸温は復温中にも食道温から遅行し中
1961 枢温を過大評価するリスクがあるうえ、患者の体位変換・保温の妨害を伴うこ
1962 とから、改訂スイス分類は野外での直腸温測定を推奨しておらず²⁾、低体温症

1963

の管理では食道温（挿管時）を優先すべきである。

1964

4. 食道温・血液温（肺動脈温）

1965

1966

1967

1968

1969

1970

1971

1972

1973

食道温および血液温は、急速冷却・急速復温のいずれにおいても CBT 変化を最もリアルタイムに反映するモニタリング法である。食道温は心臓に近接した食道中部～下部で測定されるため、血液温の変化に対する追従性が高く、熱中症の能動的冷却中のみならず、低体温症の復温中においても体温推移を精密に把握することが可能である。熱中症の高体温動物モデルにおいても急速冷却時に脳温と最も近い挙動を示したのは食道温であり⁹⁾、偶発性低体温症においても改訂スイス分類は食道温（食道下 1/3、プローブ先端を心臓背面に留置）を最も正確な CBT 測定法として推奨している²⁾。低体温症患者が挿管されている場合は積極的に食道温モニタリングを行うことが推奨される。

1974

1975

1976

1977

1978

1979

1980

1981

肺動脈カテーテルを介した肺動脈温は混合静脈血の温度を直接反映し、理論上最も CBT に近似した測定値を提供する。ただし肺動脈カテーテルの挿入は侵襲的であり、循環動態管理を目的としてすでにカテーテルが留置されている症例での活用に限られる。一方、ECMO が導入された最重症例においては、ECMO 回路そのものから直接血液温をリアルタイムで測定することが可能であり、真の CBT に最も近い指標として有用である。各冷却デバイスとの組み合わせにおけるモニタリング戦略の詳細については、本手引きの各冷却法の項目と併せて参照されたい。

測定部位	侵襲性	応答速度	主な注意点・エビデンスの文脈	推奨場面
ゼロ熱流束法	非侵襲	起動に約3分（現行機器） ⁷⁾	<p>【熱中症】 平均バイアス 0.03°C、LoA -0.93~+0.98°C³⁾；ICU では膀胱温より精度やや劣る⁴⁾；高体温患者での妥当性未検証</p> <p>【低体温症】 濡れ・外気暴露で精度著しく低下；野外使用は非推奨⁸⁾</p>	熱中症初期・搬送中 / 低体温症 ICU 内のみ
膀胱温	低侵襲	遅い（タイムラグあり）	<p>【熱中症】 乏尿時に不安定；タイムラグ有⁹⁾；EHS 直接データは限定的</p> <p>【低体温症】 循環低下・乏尿でさらに不安定；HT III~IV度では信頼性著しく低下；野外測定は非推奨⁸⁾</p>	ICU 管理（補助的）

測定部位	侵襲性	応答速度	主な注意点・エビデンスの文脈	推奨場面
直腸温	低侵襲	遅い	【熱中症】 高体温で過大評価の可能性 ¹²⁾ ；急速冷却中はタイムラグ顕著 ^{10、11、13)} 【低体温症】 復温中に食道温から遅行し中枢温を過大評価；野外測定は非推奨 ⁸⁾	プレホスピタル・現場（熱中症）
食道温	中等度侵襲	速い	【熱中症・低体温症共通】 挿管・鎮静を要す；急速な体温変化時に脳温と最も近い挙動を示す ^{10、9)} 【低体温症】 改訂スイス分類が挿管患者の第一選択として推奨 ⁸⁾	ICU（挿管症例）
肺動脈温 / ECMO 回路血液温	侵襲的	最速（直接血液温）	PA 温：循環管理目的でカテーテル挿入済み症例に限る ECMO 回路：ECMO 導入時に直接血液温測定が可能；熱中症・低体温症のいずれにも適用	循環管理症例 / ECMO 導入時

Table.2 ● 各種深部体温モニタリングデバイスの特性比較

EHS： exertional heat stroke（労作性熱中症）、PA： pulmonary artery（肺動脈）

4. 脳温と全身深部体温の乖離（brain-core temperature gradient）

脳温（brain temperature）と全身の CBT は、測定部位と病態によって必ずしも一致しない。脳は安静時においても主要な産熱臓器であり、脳代謝の亢進を伴う病態——高体温、痙攣、炎症、急性脳障害——においては、全身 CBT よりも高い脳温が形成される可能性がある。この生理学的原則は、測定された CBT の値が脳実質温度を正確に反映しているとは限らないことを示している。

熱中症および高体温に最も近い条件を用いた動物実験として、Eshel & Safar は犬およびサルに対して水中浸漬による全身体温（脳温 42°C）を誘発し、その後の急速外部冷却時の各部位体温を連続測定した⁹⁾。定常循環状態では脳温（硬膜外温）・食道温・直腸温はほぼ一致したが、急速冷却中には脳温および食道温が速やかに低下したのに対し、直腸温は依然として高値を維持した。この知見は急速冷却時の測定部位間乖離を直接示すものである。急速な体温変化時に測定部位間の乖離が生じるという原則は、低体温方向への急速な温度変化においても同様である。Stone et al. は術中急速深部低体温誘導および復温時

1998 に、鼻咽頭温・食道温が脳温をより正確に反映した一方で直腸温はこれらから
1999 乖離することを示しており¹¹⁾、高体温・低体温の双方向で、急速な体温変化時
2000 に直腸温が脳温から乖離するという一貫したエビデンスが存在する。

2001 高体温・脳代謝亢進状態における脳温と全身 CBT の較差については、急性
2002 脳神経疾患を対象とした研究からも間接的なエビデンスが得られている。
2003 Rumana et al. は重症頭部外傷 30 例において脳温（大脳皮質）が直腸温より平
2004 均 1.1°C（95% CI 0.89~1.31°C）高値であったことを報告し¹⁴⁾、Rossi et al.
2005 は TBI・くも膜下出血などの神経外科集中治療患者 20 例において脳温（脳室
2006 内温度）と肺動脈温の平均差は 0.3°C（SD 0.3°C）であったことを示した¹⁵⁾。
2007 ただし Childs & Lunn のシステマティックレビューでは、複数研究が相反する
2008 結果を示しており「較差の方向性と大きさは現時点では明確でない」と結論づ
2009 けられている¹⁶⁾。これらは外傷・炎症・局所脳代謝亢進という機序を反映した
2010 研究であり、熱中症・低体温症への直接外挿は慎重であるべきだが、急性神経
2011 疾患や代謝亢進状態では脳温が全身 CBT と乖離するという生理学的前提を
2012 裏付けるものとして参照に値する。

2013 以上の知見を総合すると、急速な体温変化時には測定部位による乖離が生じ
2014 うという原則が、高体温・低体温の双方向で成立する。熱中症において CBT
2015 が 39°C 台であっても脳温がより高値に達している可能性は否定できず、「CBT
2016 40°C 未満」は脳への熱的障害がないことの証明とはならない。同様に、低体温
2017 症の復温時にも直腸温や膀胱温が実際の中枢温から遅行するため、食道温を第
2018 一選択とするモニタリングが重要である。いずれの病態においても、全身 CBT
2019 よりも脳温に近い部位での測定が望ましく、単一デバイスの数値への過信を避
2020 けた総合的な判断が求められる。

2021 5. CBT モニタリングの観点からみた目標体温の設定

2022 目標体温の設定とその評価は、使用する冷却・復温法の体温制御特性と不可
2023 分の関係にある。熱中症では冷却エンドポイント（過冷却防止）、低体温症で
2024 は復温エンドポイント（アフタードロップ防止と復温速度管理）のいずれにお
2025 いても、CBT モニタリングの適切な活用が治療の成否を左右する。各冷却・復
2026 温デバイスの具体的な操作については本手引きの各担当項目を参照いただくこ
2027 ととし、本節では CBT モニタリングの観点から両疾患の目標体温にかかわる
2028 留意点を論じる。

2029 1. 熱中症における目標体温とデバイス特性の関係

2030 従来の冷却法（冷水浸水、蒸散冷却、冷却ブランケットなど）では、目標深
2031 部体温を 38°C 程度に設定し、それ以前に冷却を停止することが推奨されてきた。
2032 これは、冷却停止後も体温が慣性的に低下し続けるコースティング効果
2033 （coasting effect）と、直腸温・膀胱温に固有のタイムラグが重なり、意図せ
2034 ず過冷却（hypothermic overshoot）が生じるリスクがあるためである。すな
2035 わち、目標体温「38°C で止める」根拠は、過冷却防止のための安全マージンに
2036 ある。

2037 この 38°C 付近という目標設定には、労作性熱中症を模擬したヒト研究におけ
2038 る直接的な根拠がある。Gagnon et al. は、運動誘発性高体温（直腸温 39.5°C）
2039 被験者に対して 2°C 冷水浸水を行い、直腸温 38.6°C を冷却停止の目安とした場
2040 合、浸漬終了後の食道温の最低値が約 36.7°C にとどまり、37.5°C 停止に比べて
2041 過冷却リスクが有意に低減されることを示した¹²⁾。この知見は、直腸温モニタ
2042 リングを用いた冷却において 38°C 台の停止目安が妥当な安全マージンを有する
2043 ことを支持するとともに、直腸温のタイムラグを前提とした「早め停止」の重
2044 要性を直接証明している。

2045 CBT モニタリングの実践においては、冷却停止の判断を CBT の単一の数値
2046 のみに依拠するのではなく、(1) 使用デバイスに固有のタイムラグを考慮した
2047 補正、(2) 意識レベルの回復傾向、(3) バイタルサインの安定化、(4) 皮膚の
2048 冷感化・発汗停止などの客観的所見を総合的に評価して行うことが原則である。
2049 また、前述の Feng et al. の知見が示すように、目標体温到達後も体温リバウ
2050 ンドを認めた症例では予後が不良となる傾向があり³⁾、冷却中止後も CBT モ
2051 ニタリングを継続し、再上昇（rebound hyperthermia）に備えることが重要
2052 である。

2053 2. 偶発性低体温症における復温エンドポイント

2054 偶発性低体温症における復温のエンドポイントは、循環が安定し自己心拍再
2055 開（return of spontaneous circulation：ROSC）が確認された後、CBT
2056 35°C 以上への到達を一つの目安とする。復温速度については、 $\leq 5^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ を上
2057 限とし、約 $2^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ の緩徐な復温が良好な神経学的転帰と関連する可能性が示
2058 唆されている¹⁷⁾。急速すぎる復温は循環動態の不安定化をきたすリスクがある
2059 ため、CBT のリアルタイムモニタリングによる速度管理が不可欠である。
2060 ECMO による復温では回路からの血液温が直接測定可能であり、復温速度管理
2061 の最も信頼性の高い指標となる。また、復温完了後の高体温（fever）は神経
2062 学的転帰を悪化させるため、CBT 正常化後も正常体温の維持に努めることが重

2063 要である¹⁷⁾。

2064 3. 高度な体温管理機器使用時における目標体温設定とモニタリングの役割

2065 血管内体温管理システム (intravascular temperature management) (例：
2066 サーモガードシステム；旭化成ゾールメディカル) や体表面体温管理システム
2067 (例：Arctic Sun™；Becton, Dickinson and Company, USA) などの閉ル
2068 プ制御式体温管理機器は、熱中症の冷却と低体温症の復温の双方に使用され、
2069 設定した目標体温に向けてフィードバック制御により出力を自動調整する。こ
2070 れらの機器の操作・適応については各担当項目を参照いただくこととし、本節
2071 では CBT モニタリングの視点から両疾患における目標体温設定にかかわる注
2072 意点を述べる。

2073 熱中症においては、閉ループ制御機器の目標体温を 38℃に設定した場合、
2074 CBT が 38℃付近に達すると冷却出力が自動的に低下するため、38℃付近での
2075 高体温が持続しやすい点に注意が必要である。これはデバイスの誤作動ではな
2076 く、設定温度へ収束しようとする制御動作の帰結である。さらに、直腸温・膀
2077 胱温のような応答遅延のあるデバイスをモニタリングに用いると、機器が参照
2078 する CBT 情報と実際の中枢温度との乖離がさらに拡大し、冷却不足を見逃す
2079 リスクがある。

2080 このような熱中症における制御特性を踏まえると、高度な体温管理機器を使
2081 用する場合には、目標体温の 37℃への引き下げが一つの対応策として提案され
2082 る。37℃設定では、制御機器が目標値付近でも冷却出力を維持し続けるため、
2083 より速やかな CBT 正常化が期待できる可能性がある。一方、応答速度の速い
2084 食道温や、肺動脈温または ECMO 回路血液温をモニタリングデバイスとして
2085 用いる場合は、冷却機器と同一のリアルタイム CBT 情報に基づく精密な体温
2086 制御が可能となる。

2087 なお、熱中症患者を対象として閉ループ機器使用時の目標体温設定 (37℃ vs
2088 38℃) を比較した無作為化比較試験は現時点では存在しない。低体温症におい
2089 ても、最適な復温速度の設定に関する無作為化比較試験はなく、観察研究に基
2090 づく専門家意見 (約 2℃/hr が望ましい) が根拠となっている¹⁷⁾。いずれの疾
2091 患においても、モニタリングデバイスの種類・機器の制御特性・患者の病態を
2092 総合的に勘案し、各施設において個別に判断することが求められる。

2093 6. 実践的提言

2094 以上の考察を踏まえ、熱中症（Active Cooling）および偶発性低体温症
2095 （Active Warming）における深部体温モニタリングの実践原則を以下に提示
2096 する。下記の提言は既存の文献的根拠と専門家の臨床的合意に基づくものであ
2097 り、各疾患に特化した無作為化比較試験によって個別に検証されたものではな
2098 い点を付記する。

2099 1. 治療開始判断は CBT 確定を待たず

2100 熱中症では、qIV度（表面体温 40.0°C以上または皮膚に明らかな熱感あり、
2101 かつ GCS \leq 8 または JCS \geq 100）を認めた場合、CBT 40°Cの確認を条件とせ
2102 ず即座に能動的冷却を開始する¹⁾。同様に偶発性低体温症では、重症低体温
2103 （HT III～IV度）が疑われる場合、CBT 確定を待つことなく ECLS 施設への搬
2104 送と復温準備を優先する²⁾。モニタリングデバイスの装着は治療操作と同時並
2105 行で進める。

2106 2. 治療速度と CBT モニタリング

2107 熱中症では CTPP の延長が院内死亡リスクを大幅に増加させることが示され
2108 ており³⁾、冷却効率の確認に CBT モニタリングを積極的に活用する。偶発性
2109 低体温症では復温速度 \leq 5°C/hr を上限とし、約 2°C/hr の緩徐な速度が良好な
2110 神経学的転帰と関連する可能性があるため¹⁷⁾、食道温または ECMO 回路血液
2111 温でリアルタイムに速度を管理する。

2112 3. デバイス特性を踏まえたエンドポイント評価

2113 直腸温・膀胱温は急速な体温変化時に中枢温から遅行するため、熱中症では
2114 過冷却（hypothermic overshoot）、低体温症ではアフタードロップのリスク
2115 がある^{11、10)}。熱中症では直腸温 38.6°Cを冷却停止の目安とした早め停止が推
2116 奨され¹²⁾、低体温症では中枢優先復温を徹底する¹⁷⁾。閉ループ制御機器使用
2117 時は機器参照 CBT とモニタリングデバイスの応答特性の一致性を確認する。

2118 4. 脳温と全身 CBT の乖離への対応

2119 急速な体温変化時には測定部位による体温乖離が生じうる^{9、10)}とともに、
2120 脳代謝亢進状態では脳温が全身 CBT を上回る傾向が報告されている^{14、15、16)}。
2121 熱中症では意識障害を伴う症例において CBT の値にかかわらず脳温がより高
2122 い可能性を考慮し冷却の遅滞を避ける。低体温症では食道温（食道下 1/3 留置）
2123 が脳温に最も近い指標であり、挿管症例では積極的に活用する²⁾。

2124 5. 段階的モニタリング移行と治療後の監視継続

2125 プレホスピタルでは ZHF または直腸温、ICU 移行後は食道温・肺動脈温ま
2126 たは ECMO 回路血液温へ切り替えを検討する。熱中症では冷却中止後の体温
2127 リバウンドが予後に影響しうるため³⁾、低体温症では復温後の高体温 (fever)
2128 が神経学的転帰を悪化させるため¹⁷⁾、目標体温到達後も一定期間 CBT モニタ
2129 リングを継続する。

2130 7. 本稿の限界

2131 本稿には以下の限界がある。第一に、本稿は系統的文献検索に基づくシステ
2132 マティックレビューではなく、既存の知見を整理した解説 (narrative review)
2133 および専門家意見 (expert opinion) を主体とする。第二に、引用文献の一部
2134 は TBI・術中温度管理などを対象とした研究からの外挿を含み、熱中症・低体
2135 温症それぞれに特有の病態における再現性は必ずしも保証されない。第三に、
2136 各種モニタリングデバイスの応答特性に関する定量的データは主に非熱中症・
2137 非低体温症モデルから得られたものであり、両疾患の急性期で直接検証した研
2138 究は限られている。第四に、偶発性低体温症における CBT モニタリングにつ
2139 いては、熱中症と比較してエビデンスの質・量ともに限定的であり、記載の多
2140 くは専門家の経験的知見に基づくものである。これらの限界を踏まえ、本稿の
2141 提言は暫定的なものとして位置づけ、今後のデータ蓄積によって継続的に更新
2142 されることが求められる。

2143 8. 結語

2144 熱中症に対する Active Cooling および偶発性低体温症に対する Active
2145 Warming の双方において、深部体温モニタリングは治療効果の確認と、過冷
2146 却 (熱中症)・アフタードロップ (低体温症) 防止の観点から不可欠な役割を
2147 担う。しかし、「確かな数値を得る」行為が治療の開始を遅滞させてはなら
2148 ない。各種モニタリングデバイスの応答特性、乏尿・低灌流による不安定化、お
2149 よび脳温と全身 CBT の乖離を適切に理解することにより、臨床医は数値に過
2150 度に依存することなく、適切なタイミングで治療を開始・継続・終了する判断
2151 を下すことができる。

2152 熱中症・偶発性低体温症ともに、特化した深部体温モニタリングの比較研究
2153 は限られており、今後のエビデンス蓄積が求められる課題が多い。本手引きの

2154 各冷却・復温法の項目と本稿を相互参照しながら、個々の症例と施設の状況に
2155 最適化されたモニタリング体制を構築することが、両疾患の予後改善に資する。

2156 引用文献

- 2157 1) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:
2158 https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 2159 2) Musi ME, Sheets A, Zafren K, et al: Clinical staging of accidental hypothermia: The
2160 Revised Swiss System: Recommendation of the International Commission for Mountain
2161 Emergency Medicine (ICAR MedCom). Resuscitation. 2021; 162: 182-7.
- 2162 3) Feng J, Tang M, Gong M, et al: A novel indicator for temperature control in heat stroke
2163 treatment. *Precis Med Sci*. 2024; 13: 21-8.
- 2164 4) Conway A, Bittner M, Phan D, et al: Accuracy and precision of zero-heat-flux
2165 temperature measurements with the 3M™ Bair Hugger™ Temperature Monitoring
2166 System: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Monit Comput*. 2021; 35: 39-49.
- 2167 5) Bräuer A, Fazliu A, Perl T, et al: Accuracy of zero-heat-flux thermometry and bladder
2168 temperature measurement in critically ill patients. *Sci Rep*. 2020; 10: 21746.
- 2169 6) Fox RH, Solman AJ: A new technique for monitoring the deep body temperature in man
2170 from the intact skin surface. *J Physiol*. 1971; 212: 8P-10P.
- 2171 7) Yamakage M, Namiki A: Deep temperature monitoring using a zero-heat-flow method.
2172 *J Anesth*. 2003; 17: 108-15.
- 2173 8) Pesonen E, Silvasti-Lundell M, Niemi TT, et al: The focus of temperature monitoring
2174 with zero-heat-flux technology (3M Bair-Hugger): a clinical study with patients
2175 undergoing craniotomy. *J Clin Monit Comput*. 2019; 33: 917-23.
- 2176 9) Eshel GM, Safar P: Do standard monitoring sites affect true brain temperature when
2177 hyperthermia is rapidly induced and reversed. *Aviat Space Environ Med*. 1999; 70:
2178 1193-6.
- 2179 10) Gagnon D, Lemire BB, Jay O, et al: Aural canal, esophageal, and rectal temperatures
2180 during exertional heat stress and the subsequent recovery period. *J Athl Train*. 2010;
2181 45: 157-63.
- 2182 11) Stone JG, Young WL, Smith CR, et al: Do standard monitoring sites reflect true brain
2183 temperature when profound hypothermia is rapidly induced and reversed?
2184 *Anesthesiology*. 1995; 82: 344-51.
- 2185 12) Gagnon D, Lemire BB, Casa DJ, et al: Cold-water immersion and the treatment of
2186 hyperthermia: using 38.6° C as a safe rectal temperature cooling limit. *J Athl Train*.
2187 2010; 45: 439-44.
- 2188 13) Miller KC, Adams WM: Common body temperature sites provide invalid measures of
2189 body core temperature in hyperthermic humans wearing American football uniforms.
2190 *Temperature (Austin)*. 2021; 8: 166-75.
- 2191 14) Rumana CS, Gopinath SP, Uzura M, et al: Brain temperature exceeds systemic
2192 temperature in head-injured patients. *Crit Care Med*. 1998; 26: 562-7.

2193
2194
2195

15) Rossi S, Zanier ER, Mauri I, et al: Brain temperature, body core temperature, and intracranial pressure in acute cerebral damage. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2001; 71: 448-54.

2196
2197

16) Childs C, Lunn KW: Clinical review: Brain-body temperature differences in adults with severe traumatic brain injury. *Crit Care*. 2013; 17: 222.

2198
2199

17) Paal P, Pasquier M, Darocha T, et al: Accidental Hypothermia: 2021 Update. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19: 501.

醫
生
定
版

9.

Active Cooling における

シバリング対策

狩野謙一（京都大学）

1. 特徴

『熱中症診療ガイドライン 2024』では、重症熱中症患者を積極的に冷却することを Active Cooling と位置づけ、冷水浸水、蒸散冷却、胃洗浄、膀胱洗浄、局所冷却、血管内体温管理療法、ECMO、RRT、ゲルパッド法による水冷式体表冷却などを含めて整理している¹⁾。シバリングは、Active Cooling 中にしばしば問題となる生体反応である。体温低下に対する防御反応として骨格筋の不随意収縮が生じ、熱産生が増加するため、冷却効率を低下させる。また、酸素消費量、二酸化炭素産生量、循環負荷を増加させ、患者の苦痛や不穏を助長する可能性がある^{2, 3)}。したがって、シバリング対策は単なる快適性の問題ではなく、重症熱中症において「速やかに深部体温を下げる」という治療目標を達成するための重要な支持療法である^{2, 4, 5)}。

シバリングは、特に体表冷却を主体とする方法、急速な冷却を行う場合、意識が比較的保たれている患者、鎮静が浅い患者で目立ちやすい^{2, 5)}。冷水浸水や強い蒸散冷却では、皮膚冷却刺激により末梢血管収縮とシバリングが誘発され、結果として体幹部から体表への熱移動が妨げられることがある^{2, 6)}。そのため、必要に応じてベンゾジアゼピンなどでシバリングや不快感を軽減しうる方法もある^{5, 6)}。一方で、重症熱中症では中枢神経障害、循環不全、肝腎障害、横紋筋融解、凝固異常などが併存しうるため、シバリング対策として薬剤を用いる場合には、呼吸抑制、血圧低下、徐脈、意識評価の妨げ、肝腎機能障害時

2224 の薬物蓄積に注意する必要がある^{5、6}。特に、鎮静・鎮痛・筋弛緩は、過鎮静
2225 や挿管人工呼吸管理の必要性を高める場合があるため、患者ごとにリスクとベ
2226 ネフィットを評価し投与を検討する^{2、5、7}。

2227 2. 想定される患者・シナリオ

2228 本稿で想定する主な対象は、重症熱中症、特にⅢ度以上、または深部体温
2229 40℃以上かつ意識障害を伴うⅣ度ないしqⅣ度が疑われる患者である。『熱中症
2230 診療ガイドライン 2024』では、Ⅳ度を「深部体温 40.0℃以上かつ GCS≤8」
2231 と定義し、qⅣ度を「表面体温 40.0℃以上（もしくは皮膚に明らかな熱感あり）
2232 かつ GCS≤8（もしくは JCS≤100）」として、深部体温測定を待たずに迅速対
2233 応する概念として提示している。Ⅳ度と判断された場合には、Active Cooling
2234 を含めた集学的治療を早急に開始することが示されている¹⁾。

2235 そのなかで典型的なシナリオとしては、以下が想定される。

- 2236 ①救急外来到着時から高体温と意識障害を認め、深部体温測定と同時に蒸散冷
2237 却、氷嚢、冷水浸水、または高度体温管理機器による冷却を開始する場面。
- 2238 ②サーモガードシステム（旭化成ゾールメディカル）や Arctic Sun™（Becton,
2239 Dickinson and Company, USA）などの高度な体温管理機器を用いて、深部
2240 体温を連続的に測定しながら冷却する場面。
- 2241 ③冷却開始後に体温が低下してきたものの、不穏、頻脈、血圧上昇、換気量増
2242 加などを認め、冷却効率の低下や代謝負荷の増大が懸念される場面。
- 2243 ④一度目標体温に到達した後、再上昇を認め、冷却不足、冷却中断、シバリン
2244 グの再燃などを評価しながら再冷却や薬剤調整を行う場面。

2245 3. 準備するもの

2246 まず、深部体温を連続的または反復的に測定できる体制を整える。直腸温、
2247 膀胱温、食道温などを用いるが、患者の状態や処置内容に応じて選択する。表
2248 面温のみでは重症度や冷却終了の判断に不十分なことがあるため、重症例では
2249 深部体温の測定を優先する。『熱中症診療ガイドライン 2024』でも、重症例に
2250 おける Active Cooling と深部体温評価の重要性が強調されている¹⁾。

2251 次に、シバリングを定期的には評価するための簡便なスケールを用意する。実
2252 臨床では Bedside Shivering Assessment Scale（以下 BSAS）のように、0：

2253 なし、1：軽度、2：中等度、3：高度といった段階で記録できる方法が有用で
2254 ある³⁾。厳密なスケールを導入しない場合でも、「なし」「軽度」「冷却継続に支
2255 障あり」「呼吸・循環に影響あり」など、チーム内で共通の言葉を用いること
2256 が望ましい。Neurocritical Care Society の Targeted Temperature
2257 Management（以下 TTM）ガイドラインでも、体温管理を行う際には冷却法
2258 の選択だけでなく、冷却速度、シバリング管理、十分なモニタリングが必要で
2259 あるとされている²⁾。

2260 薬剤としては、施設のプロトコルに応じて、鎮痛薬、鎮静薬、抗シバリング
2261 薬、必要時の筋弛緩薬を準備する。具体的には、フェンタニルなどのオピオイ
2262 ド、デクスメドミジン、ミダゾラムなどのベンゾジアゼピン、プロポフォール
2263 ル、硫酸マグネシウム、筋弛緩薬などが候補となる^{2, 5, 7)}。TTM 領域では、
2264 皮膚カウンターウォーミング、アセトアミノフェン、ブスピロン、硫酸マグネ
2265 シウム、デクスメドミジン、メペリジンなどを段階的に用いる抗シバリング
2266 プロトコルが報告されているが、熱中症にそのまま外挿できるわけではない<sup>5、
2267 7)</sup>。

2268 非薬物的対策としては、温風ブランケットや加温ブランケットを用いたカウ
2269 ンターウォーミング、過剰な皮膚冷刺激を避けるための冷却条件の調整、患者
2270 への声かけ、疼痛・不安の軽減、体位調整を準備する。ただし、カウンターウ
2271 ォーミングは冷却そのものを妨げない範囲で行う必要がある。例えば、体幹部
2272 を強く冷却している場合に顔面、手指、非冷却部位を軽く保温するなど、冷却
2273 効率とシバリング抑制のバランスをとる^{5, 8)}。

2274 4. 必要な人員

2275 シバリング対策を含む Active Cooling では、冷却そのものと並行して、気
2276 道、呼吸、循環、意識、体温、薬剤投与を同時に管理する必要がある。そのた
2277 め、重症例では少なくとも3～5名程度の対応チームが望ましい^{1, 2)}。

2278 ・チームリーダーは、冷却法を選択、目標体温、鎮静・鎮痛・筋弛緩の適応を
2279 統括する。

2280 ・気道・呼吸担当者は、酸素投与、換気評価、挿管適応の判断、人工呼吸管理
2281 を担当する。

2282 ・循環・薬剤担当者は、静脈路確保、輸液、昇圧薬、鎮静薬・鎮痛薬・筋弛緩
2283 薬の投与を行う。

2284 ・冷却担当者は、冷水浸水、蒸散冷却、氷嚢、高度体温管理機器などの準備と

2285 実施を担う。

2286 ・記録・モニタリング担当者は、深部体温、バイタルサイン、BSASなどのシバ
2287 リング評価、投与薬剤、冷却開始時刻、目標体温到達時刻を記録する^{2, 3)}。

2288 冷水浸水や蒸散冷却では、患者の移動、衣服除去、体位保持、転落防止、プ
2289 ライバシー確保、処置中のモニタリングなどに人員を要する。高度体温管理機
2290 器を用いる場合も、機器装着、カテーテル留置、ゲルパッド貼付、温度プロー
2291 ブ管理、アラーム対応、皮膚観察が必要である¹⁾。

2292 5. 目標体温

2293 従来の Active Cooling では、深部体温 38°C程度を目安として速やかに冷却
2294 し、過冷却を避けることが一般的であった。重症熱中症に対しては、冷水浸水、
2295 蒸散冷却、氷嚢などの従来の Active Cooling では、目標体温を 38.0°Cとして
2296 速やかに冷却することが望ましいが、目標体温の設定は報告によって異なる<sup>1、
2297 6)</sup>。

2298 一方、サーモガードシステムや Arctic Sun™などの高度体温管理機器では、
2299 設定目標温度に応じて機器の冷却挙動が変化する。そのため冷却法ごとに目標
2300 体温の考え方を分けて記載するのが実用的である。従来法では、深部体温
2301 38.0°C前後を目安に積極冷却を終了または減弱し、過冷却を避ける。高度体温
2302 管理機器を使用する場合には、38°C設定では高体温が遷延する可能性を念頭に
2303 置き、施設プロトコルと機器特性に応じて 37.0°C前後を目標とすることを検討
2304 する。ただし、37°C目標の妥当性については現時点で十分なエビデンスが確立
2305 しているわけではないため、「過冷却を避けながら、深部体温を速やかに正常
2306 域へ近づけるための実務上の選択肢」として記載するのが適切である¹⁾。

2307 Society of Critical Care Medicine (以下 SCCM) の 2025 年ガイドライン
2308 では、熱中症では Active Cooling を優先し、冷水または氷水浸水が最も速く
2309 目標体温、すなわち 39°C未満へ到達するとしている。また、30 分以内に目標
2310 体温へ到達する冷却法を選択することが示されている⁴⁾。これらを踏まえると、
2311 実臨床では「まず迅速に 39°C未満へ」「従来法では 38°C前後で過冷却を避ける」
2312 「高度体温管理機器では 37°C設定も検討する」という三段階の整理が現場に伝
2313 わりやすい^{1, 4)}。

2314 6. 実施の流れ (簡易フロー)

2315 1. 準備

2316 重症熱中症を疑った時点で、Active Cooling の準備と深部体温測定を同時に
2317 開始する。意識障害、表面体温 40°C以上、皮膚の著明な熱感、ショック、痙攣、
2318 横紋筋融解、肝腎障害、凝固異常を認める場合には、qIV度またはIV度を念頭
2319 に置く。冷却開始前に、すべての検査結果を待つ必要はない。同時に、気道・
2320 呼吸・循環を評価し、モニターを装着する。深部体温、血圧、心拍数、SpO₂、
2321 呼吸数、意識レベル、尿量を記録する^{1、6)}。

2322 2. 冷却開始

2323 冷却法は施設資源と患者状態に応じて選択する。冷水浸水、蒸散冷却、局所
2324 冷却、高度体温管理機器などを用いる。冷却開始時点で、シバリングの有無を
2325 評価し、以後5～15分ごとに深部体温とシバリングを再評価する^{1、2、3)}。

2326 シバリングがない、または軽度で冷却の妨げにならない場合は、非薬物的対
2327 策を中心に継続する。患者が覚醒している場合には、処置目的を簡潔に説明し、
2328 不安や疼痛を軽減する。体表冷却が強すぎてシバリングが誘発されている場合
2329 には、冷却効果を損なわない範囲で冷却刺激を調整する。蒸散冷却では、冷水
2330 ではなく微温水を噴霧して送風することで、末梢血管収縮やシバリングを減ら
2331 しつつ蒸発熱を利用できる場合がある^{5、6、8)}。

2332 3. シバリング評価と段階的対応

2333 シバリングが軽度の状態では、まず非薬物的対策を行う。冷却していない部
2334 位の軽い保温、声かけ、不安・疼痛の軽減、体位調整を行う。冷却効率が低下
2335 している、体温低下が鈍い、頻脈・高血圧を伴う、または患者の苦痛が強い場
2336 合には薬物療法を検討する^{2、5、8)}。

2337 薬物療法の第一段階として、鎮痛と軽度鎮静を考慮する。疼痛や不穏が主体
2338 であれば、フェンタニルなどの短時間作用性オピオイドを使用する。自発呼吸
2339 を温存したいが不穏や交感神経亢進が強い場合には、デクスメトミジンが選
2340 択肢となる。ただし、徐脈や低血圧に注意する。ベンゾジアゼピンは、冷水浸
2341 水時の不快感やシバリングを軽減しうるが、呼吸抑制や意識評価の妨げに注意
2342 する^{5、6、7)}。

2343 第二段階として、挿管人工呼吸管理患者では、プロポフォール、ミダゾラム、
2344 オピオイドを組み合わせ、十分な鎮静・鎮痛を行う。高度のシバリングにより冷
2345 却が進まない場合、または酸素消費量・循環負荷が問題となる場合には、筋弛

2346 緩薬を検討する。ただし、筋弛緩薬はシバリングや痙攣を臨床的に見えなくす
2347 るため、必ず十分な鎮静・鎮痛を先行させる。可能であれば脳波モニタリング
2348 や痙攣の評価を併用する^{2, 5, 7)}。

2349 4. シバリング対策の評価

2350 評価の中心は、深部体温の低下速度、目標体温到達の有無、シバリングの程
2351 度、循環・呼吸への影響である。体温が下がらない場合には、冷却法の不十分
2352 さだけでなく、シバリング、末梢血管収縮、冷却デバイスの設定、プローブ位
2353 置、脱水・循環不全を再評価する^{1, 2, 3)}。

2354 5. 終了・維持

2355 従来法では、深部体温が 38°C前後に到達したら積極冷却を終了または減弱し、
2356 過冷却を避ける^{1, 6)}。高度体温管理機器では、目標温度に到達した後も、再上
2357 昇を避けるために一定時間の温度管理を継続することがある。目標を 37°Cに設
2358 定する場合は、過冷却、徐脈、不整脈、皮膚障害、凝固異常に注意し、深部体
2359 温とデバイスの表示温度が乖離していないか確認する²⁾。

2360 7. Tips

2361 ①シバリング対策は「冷却を弱めること」ではなく、「冷却を成立させるための
2362 支持療法」として位置づける。体温が下がらないときに冷却法を追加する前
2363 に、シバリングが冷却効率を妨げていないかを確認する。

2364 ②解熱薬を Active Cooling の代替として用いない。熱中症では視床下部のセッ
2365 トポイント上昇による発熱とは病態が異なるため、アセトアミノフェン、
2366 NSAIDs、サリチル酸、ダントロレンは体温低下目的のルーチン使用を避け
2367 るべきである。SCCM ガイドラインでも、熱中症におけるダントロレン使用
2368 を推奨せず、アセトアミノフェン、NSAIDs、サリチル酸のルーチン使用は
2369 避けるべきとされている。

2370 ③NSAIDs は原則として慎重に扱う。重症熱中症では急性腎障害、横紋筋融解、
2371 消化管障害、凝固異常、肝障害を伴うことがあり、NSAIDs による腎血流低
2372 下や出血リスクが問題となりうる。体温低下を目的とした NSAIDs の使用は
2373 避ける。

2374 ④筋弛緩薬は最後の手段である。高度のシバリングにより冷却が進まない場合
2375 や、人工呼吸管理下で代謝負荷を確実に下げたい場合には有用だが、意識評

2376 価、痙攣評価、神経学的所見を覆い隠す。筋弛緩薬を使用する場合は、鎮
2377 静・鎮痛が十分であることを確認し、気道管理、人工呼吸管理、循環管理、
2378 体温管理を集中治療室で行う。

2379 ⑤高度体温管理機器では「設定温度」と「患者の実測深部体温」を分けて考え
2380 る。38℃に設定すると機器の冷却出力が弱まり、高体温が遷延する可能性が
2381 あるため、37℃設定も選択肢となる。ただし、37℃設定は過冷却予防、温度
2382 プローブの信頼性、アラーム設定、シバリング対策と一体で運用する必要が
2383 ある。加えて 37℃目標案はエビデンスが限定的であり、過冷却リスク管理や
2384 機器別プロトコルの明文化が今後の課題として整理されている

2385 ⑥シバリングが消えたことを「安全」と誤解しない。重症化に伴う意識障害、
2386 筋疲労、神経障害、深い鎮静、筋弛緩によりシバリングが見えないだけの場
2387 合がある。体温低下速度、乳酸、CK、肝腎機能、凝固系、尿量、循環動態を
2388 含めて全身状態を評価する。

2389 8. コメント、まとめ

2390 シバリング対策は、Active Cooling の各手法に共通する横断的テーマである。
2391 冷水浸水、蒸散冷却、ゲルパッド式水冷式体表冷却、血管内体温管理療法のい
2392 ずれにおいても、シバリングは冷却効率を低下させ、代謝負荷を増大させる可
2393 能性がある。そのため、特定の冷却法の優劣ではなく、どの冷却法を用いる場
2394 合でも実施可能な観察項目と段階的対応を示すことが重要である。

2395 実務上は、①深部体温を測る、②Active Cooling を遅らせない、③シバリン
2396 グを定期的に評価する、④非薬物的対策から開始する、⑤必要に応じて鎮痛・
2397 鎮静を段階的に追加する、⑥難治例では気道管理と筋弛緩を含めて集中治療と
2398 して対応する、という流れがわかりやすい。

2399 本稿のメッセージは、シバリングを完全に消すことではなく、冷却の妨げと
2400 なるシバリングを早期に認識し、患者の安全性を保ちながら冷却目標を達成す
2401 ることである。特に高度体温管理機器を用いる場合には、目標温度設定、冷却
2402 出力、シバリング対策、過冷却予防を一体としてプロトコル化することが望ま
2403 しい。今後は、冷却法ごとのシバリング発生頻度、抗シバリング薬の有効性と
2404 安全性、37℃目標設定の妥当性について、前向きデータの蓄積が求められる。

2405 文献

- 2406
2407
- 1) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at: https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 2408
2409
2410
- 2) Madden LK, Hill M, May TL, et al: The Implementation of Targeted Temperature Management: An Evidence-Based Guideline from the Neurocritical Care Society. *Neurocrit Care*. 2017; 27: 468-87.
- 2411
2412
2413
- 3) Badjatia N, Strongilis E, Gordon E, et al: Metabolic impact of shivering during therapeutic temperature modulation: the Bedside Shivering Assessment Scale. *Stroke*. 2008; 39: 3242-7.
- 2414
2415
- 4) Barletta JF, Palmieri TL, Toomey SA, et al: Society of Critical Care Medicine Guidelines for the Treatment of Heat Stroke. *Crit Care Med*. 2025; 53: e490-e500.
- 2416
2417
- 5) Jain A, Gray M, Slisz S, et al: Shivering Treatments for Targeted Temperature Management: A Review. *J Neurosci Nurs*. 2018; 50: 63-7.
- 2418
- 6) Epstein Y, Yanovich R: Heatstroke. *N Engl J Med*. 2019; 380: 2449-59.
- 2419
2420
2421
- 7) Choi HA, Ko SB, Presciutti M, et al: Prevention of shivering during therapeutic temperature modulation: the Columbia anti-shivering protocol. *Neurocrit Care*. 2011; 14: 389-44.
- 2422
2423
2424
- 8) Badjatia N, Strongilis E, Presciutti M, et al: Metabolic benefits of surface counter warming during therapeutic temperature modulation. *Crit Care Med*. 2009; 37: 1893-7.

10.

補液・輸液療法

遠藤香織（北海道大学）

1. 特徴

熱中症では、大量発汗および不感蒸泄の増加により体液喪失が生じ、さらに末梢血管拡張により相対的な循環血液量低下をきたしうる。その結果、循環不全、臓器虚血、横紋筋融解、急性腎障害などを合併する可能性がある。したがって、輸液療法は熱中症診療における基本的な支持療法であり、脱水補正、循環維持、電解質・酸塩基平衡の是正を目的として実施される。しかし、熱中症患者に対する初期輸液量、病院前診療での早期輸液と経口補水液（oral rehydration solution、以下 ORS）の優劣、さらに有用な ORS の種類について、いずれも十分な比較研究がなく、明確な推奨は提示されていない^{1~3)}。

輸液による熱除去は、理論上は $Q = m \times c \times \Delta T$ で概算できる。ここで、 Q ：熱除去量、 m ：輸液量、 c ：水の比熱、 ΔT ：体温と輸液温の差と仮定する。例えば、 4°C の輸液 1L を 37°C まで温める場合、 $Q = 1\text{kg} \times 4.18\text{kJ/kg/}^{\circ}\text{C} \times (37-4)$ 、 $Q = 138\text{kJ}$ となり、人体 70 kg の体温を 1°C 下げするのに必要な熱量を概算すると、 $70\text{kg} \times 3.5\text{kJ/kg/}^{\circ}\text{C} = 245\text{kJ}$ となる。したがって、理論上は 4°C 輸液 1 L で体温を約 0.5°C 低下させうる計算になるが、実際には投与中の再加温、末梢循環、熱産生、測定部位の差があり、重症熱中症に必要な迅速な深部体温低下を保証するものではない。したがって、輸液はあくまで循環管理のための支持療法であり、Passive Cooling であり、Active Cooling と並行して行う支持療法として位置づけられる⁴⁾。

2448 2. 想定される患者・シナリオ

2449 輸液療法は、熱中症の全重症度で検討される支持療法である (Table.1)。た
2450 だし、その目的は重症度により異なる。基本的には、II度以上で検討を要する。

重症度	想定される患者・シナリオ	輸液・補水の基本方針
I度	経口補水液 (ORS)、水分・電解質補給	嘔吐、意識変容、症状遷延があればII度以上として再評価する
II度	経口摂取可能なら ORS 等張晶質液補液	輸液のみで改善しても、深部体温上昇や臓器障害の進行がないか再評価する
III度	等張晶質液で循環維持・尿量確保・電解質補正	AKI、肺水腫、DIC を伴う場合は過剰輸液に注意する
IV度	ショック時は初期ボラス	集学的治療へ移行
qIV度	Active Cooling と静脈路確保を同時に開始	輸液・冷却・搬送を並行

2451 Table.1 ●補液・輸液療法の施行が想定される患者・シナリオ

2452 労作性熱中症予防観点では水よりも ORS が筋痙攣を予防するなど日本スポ
2453 ーツ協会の推奨がある^{2, 5, 6)}。具体的には、暑熱環境下での運動時は、15~20
2454 分ごとに 150~250mL 量の飲みやすい温度の電解質と糖質を含んだ飲料を補給
2455 することが勧められている⁷⁾。

2456 3. 準備するもの

2457 Table.2 参照。輸液製剤選択では、Na、K、Cl、腎機能、CK、pH、HCO₃
2458 ⁻、乳酸、肝機能を確認し、電解質異常と酸塩基平衡を反復評価する。

分類	準備物
輸液製剤	生理食塩液、リンゲル液、乳酸リンゲル液、酢酸リンゲル液、重炭酸リンゲル液などの等張晶質液
経口補水	水、ORS、塩分含有飲料、経口塩類 経口補水用コップ・ストローなど
静脈路確保	末梢静脈留置針、駆血帯、消毒、固定材、輸液セット
困難例	細径留置針、超音波装置、骨髄路デバイス
モニタリング	血圧、心拍数、SpO ₂ 、心電図、尿量、(X線、超音波検査)

2459

Table.2●補液・輸液療法施行時に準備するもの

2460 4. 必要な人員

2461 軽症例で経口補水のみであれば、医療従事者に限らず一人による評価と観察
2462 に対応可能である。中等症以上で静脈輸液を行う場合には、Table.3 の体制で
2463 III度以上は集中治療チームとの連携が取れる方が望ましい。

役割	内容
医師	重症度評価、輸液量・製剤選択、Active Cooling の適応判断 超音波下穿刺、骨髄路確保の判断・実施
看護師	静脈路確保、輸液管理、尿量・バイタル記録
救急救命士・搬送員	病院前での観察、経口補水可否判断、搬送中の冷却補助
集中治療チーム	ショック、AKI、横紋筋融解、DIC、多臓器障害への対応

2464 Table.3●補液・輸液療法施行時に必要な人員と各役割

2465 『救急診療指針』では、末梢静脈路が第一選択である一方、緊急性があり末
2466 梢静脈路確保が困難な場合には、年齢を問わず骨髄路確保が第二選択になると
2467 されている。

2468 5. 目標体温

2469 補水や輸液療法は目標体温に到達させるための主たる冷却法ではない。輸液
2470 療法における目標は、体温そのものよりも Table.4 に示した内容である。

目標	目安
循環維持	血圧改善、頻脈改善、CRT 改善
尿量確保	成人：0.5 mL/kg/hr 以上を目安
電解質補正	Na、K、Cl 異常の是正
酸塩基平衡	pH、HCO ₃ ⁻ 、乳酸の改善
過剰輸液回避	肺水腫・酸化悪化を避ける

2471 Table.4●補液・輸液療法における目標

2472 6. 実際の流れ

2473 初期対応

- 2474 ①熱中症を疑った時点で、重症度、意識状態、気道・呼吸・循環を評価する。
- 2475 ②意識障害、ショック、深部体温高値、qIV度相当では、輸液確保と並行して
- 2476 Active Cooling を開始する。
- 2477 ③意識清明で嘔吐がなく循環が安定していれば、ORS を検討する。
- 2478 ④経口摂取困難、嘔吐、循環不全、意識障害があれば、静脈輸液を選択する。
- 2479 以下の輸液療法の実践は、『救急診療指針』手法に準拠した⁴⁾。

2480 初期ボラス

2481 成人では循環不全や脱水が疑われる場合、細胞外液補充液を 250～500 mL、

2482 10～20 分で投与し、反応を確認する。FCT (fluid challenge test) として、

2483 一般に 250～500 mL の細胞外液補充液を 10～20 分で急速投与し、心拍出量が

2484 10～15%上昇した場合に輸液反応性ありと判断する。国際的な熱中症ガイドラ

2485 インやコンセンサスにおける定量的記載は 4 文献に認め、初期投与量 250～

2486 2,000 mL、6～10 L/日を超えないよう投与、個別背景（病院前救急、重症例

2487 治療の違いも含む）を考慮する必要性が提案されていた（Table.5）。

文献	補水量・速度について	備考
[8]	細胞外液: 250～500 mL 初期投与、～6～10 L/日	成人重症例の輸液量
[9]	1 時間で 30 mL/kg、～6～10 L/日	軍隊の重症労作性熱中症
[10]	約 0.5～1.1 L/hr	予防・競技中補水でも使用
[11]	初期 1～2 L IV	病院前救急での実践値

2488 Table.5 ●海外文献における熱中症に対する補水量・速度

2489 再評価

2490 Table.6 に示す所見を継続的に再評価し、反応性を確認しながら投与する。

所見	解釈
血圧上昇	循環血液量が改善している可能性
心拍数低下	脱水・循環不全に伴う代償性頻脈の改善
CRT 改善	末梢循環の改善
尿量増加	腎血流・循環血液量の改善
末梢冷感改善	末梢循環不全の改善

意識状態改善	脳灌流改善の可能性、高体温・中枢神経障害の影響も評価する
--------	------------------------------

2491 Table.6●補液・輸液療法施行後に評価すべき所見

2492 継続・減量/中止判断

2493 継続・減量/中止判断の目安を Table.7 に示す。

判断	参考となる所見	解釈
輸液継続	輸液反応性あり	輸液により循環改善が得られている
	肺水腫なし	過剰輸液の徴候がない
	酸素化悪化なし	呼吸状態悪化を認めない
	尿量改善あり	腎灌流が改善している可能性
輸液減量/ 中止	IVC 拡張	循環血液量過多または右心負荷を示唆
	IVC 呼吸性変動低下	輸液反応性が乏しい可能性
	酸素化悪化	肺水腫や過剰輸液を疑う
	肺水腫	さらなる輸液で呼吸状態悪化のリスク
	末梢浮腫増悪	体液過剰または血管外漏出を示唆

2494 Table.7●補液・輸液療法の継続・減量/中止判断の目安

2495 IVC 径が 21 mm 以下かつ呼吸性変動 50%以上では循環血液量不足が示唆され、IVC 径 22 mm
2496 以上かつ呼吸性変動 50%以下では過剰輸液に注意する

2497 7. Tips

2498 輸液療法では、「入れた後に改善したか」を評価することが重要である。熱
2499 中症では脱水が強調されやすいが、すべての症例に大量輸液が必要なわけでは
2500 ない。Frank-Starling 曲線に基づき、輸液で前負荷を増やしても心拍出量が増
2501 えない段階では、過剰輸液の弊害のみが大きくなると説明されている。過剰輸
2502 液は肺水腫、浮腫、臓器障害を引き起こしうるため、反応性を確認しながら投
2503 与する。

2504 8. コメント

2505 輸液療法は熱中症診療における重要な支持療法であるが、Active Cooling そ
2506 のものではない。体重、循環動態、尿量、電解質、酸塩基平衡、腎機能、横紋
2507 筋融解、輸液反応性、過剰輸液徴候を反復評価しながら個別化する治療である。

2508 輸液療法は、Active Cooling、深部体温モニタリング、DIC・AKI・横紋筋融
2509 解への対応と並行して行う集学的治療の一部として位置づける。

2510 文献

- 2511 1) Epstein Y, Yanovich R: Heatstroke. *N Engl J Med.* 2019; 380: 2449-59.
- 2512 2) Wei C, Zhao S, Zhang Y, et al: Effect of Multiple-Nutrient Supplement on Muscle
2513 Damage, Liver, and Kidney Function After Exercising Under Heat: Based on a Pilot
2514 Study and a Randomised Controlled Trial. *Front Nutr.* 2021; 8: 740741.
- 2515 3) Barletta JF, Palmieri TL, Toomey SA, et al: Society of Critical Care Medicine
2516 Guidelines for the Treatment of Heat Stroke. *Crit Care Med.* 2025; 53: e490-e500.
- 2517 4) 日本救急医学会: 輸液療法の基本. 日本救急医学会指導医・専門医制度委員会, 日本救急医学会
2518 専門医認定委員会編. 改訂第6版 救急診療指針 上巻. へるす出版, 2024, p194-9.
- 2519 5) 日本スポーツ協会: スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック. 2025.
- 2520 6) Lau WY, Kato H, Nosaka K: Effect of oral rehydration solution versus spring water
2521 intake during exercise in the heat on muscle cramp susceptibility of young men. *J Int
2522 Soc Sports Nutr.* 2021; 18: 22.
- 2523 7) Casa DJ, DeMartini JK, Bergeron MF, et al: National Athletic Trainers' Association
2524 Position Statement: Exertional Heat Illnesses. *J Athl Train.* 2015; 50: 986-1000.
- 2525 8) Asmara IGY: Diagnosis and Management of Heatstroke. *Acta Med Indones.* 2020; 52:
2526 90-7.
- 2527 9) Liu SY, Song JC, Mao HD, et al: Expert consensus on the diagnosis and treatment of
2528 heat stroke in China. *Mil Med Res.* 2020; 7: 1.
- 2529 10) Racinais S, Hosokawa Y, Akama T, et al: IOC consensus statement on recommendations
2530 and regulations for sport events in the heat. *Br J Sports Med.* 2023; 57: 8-25.
- 2531 11) Eifling KP, Gaudio FG, Dumke C, et al: Wilderness Medical Society Clinical Practice
2532 Guidelines for the Prevention and Treatment of Heat Illness: 2024 Update. *Wilderness
2533 Environ Med.* 2024; 35: 112S-127S.

11.

感染症と熱中症の鑑別

石澤 嶺（都立病院多摩総合医療センター）

1. 特徴

重症熱中症は高体温、意識障害、ショック、頻呼吸、乳酸上昇、肝腎障害、凝固異常などを呈する。重症熱中症と感染症、特に敗血症の鑑別はしばしば臨床で問題となる。熱中症は暑熱環境への曝露を契機とする非感染性の高体温性臓器障害が病態の本態であるが、全身性炎症反応、腸管バリア障害、エンドトキシンの血中移行、凝固異常などを介して敗血症様の病態も呈しうる^{1,2)}。一方、感染症でも高体温、意識障害、循環不全、多臓器障害をきたすため、初療の時点で両者を明確に二分することは困難である。

本稿の目的は、熱中症と感染症を初診時に完全に鑑別することではない。むしろ、鑑別が困難であることを前提に、予後に直結する Active Cooling を遅らせず、同時に血液培養を含む感染症評価を行い、必要に応じて抗菌薬投与を検討するための実践的な考え方を示すことである。重症熱中症では、冷却開始の遅れが致命的になりうる。感染症の可能性が残ることを理由に冷却を待つべきではなく、「冷却と感染症評価を並行して行う」ことが基本方針となる^{1,3,4)}。

この鑑別において C-reactive protein（以下 CRP）は日常診療で最も参照される検査の一つである。CRP 高値は細菌感染症、菌血症、敗血症を疑う契機となるが、CRP は感染症特異的なマーカーではなく、熱中症に伴う組織障害や全身性炎症反応でも上昇しうる。また発症早期の感染症では CRP が十分に上昇していないことがあり、低値であっても感染症を完全には除外できない。したがって CRP は、感染症を「診断する」検査ではなく、病歴、身体所見、深部

2559 体温、血液培養、臓器障害の経時的変化と組合わせて、抗菌薬投与や再評価の
2560 優先度を定めるための補助指標として用いるべきである。臨床においてどのよ
2561 うに用いるべきかという点については、2020年および2021年の Heatstroke
2562 study のデータを用いた知見にも触れつつ後述する。

2563 2. 想定される患者・シナリオ

2564 本稿で想定する主な対象は、重症熱中症、特にIV度または qIV度の患者であ
2565 る。『熱中症診療ガイドライン 2024』では、IV度を「深部体温 40.0℃以上かつ
2566 GCS \leq 8」と定義し、qIV度を「表面体温 40.0℃以上（もしくは皮膚に明らか
2567 な熱感あり）かつ GCS \leq 8（もしくは JCS \geq 100）」として、深部体温測定を
2568 待たずに迅速対応する概念として提示している¹⁾。これらの患者では、感染症
2569 鑑別のための検査を待つのではなく、深部体温測定、気道・呼吸・循環管理、
2570 Active Cooling、血液培養採取を同時に開始する。

2571 典型的なシナリオとして、暑熱環境で倒れて搬送され、来院時に高体温と意
2572 識障害を認める症例がある。この場合、熱中症の蓋然性は高く、Active
2573 Cooling を直ちに開始する。一方で、肺炎、尿路感染症、胆道感染症、蜂窩織
2574 炎、髄膜炎などが背景にあり、高体温と意識障害を呈している可能性もあるた
2575 め、血液培養を採取し、感染源を検索する。

2576 別のシナリオとして、高齢者が屋内で発見され、室温上昇と脱水が疑われる
2577 が、発症時刻が不明で、発熱の経過もわからない場合がある。高齢者では、感
2578 染症による発熱や意識障害を契機に摂水・摂食が低下し、その結果として熱中
2579 症を合併することもある。逆に、熱中症として発症した後に誤嚥性肺炎や尿路
2580 感染症が明らかになることもある。したがって、暑熱曝露があるかどうかだけ
2581 でなく、感染巣の有無、既往、施設入所、免疫抑制、デバイス留置の有無を確
2582 認する。

2583 さらに、冷却により一旦深部体温が低下したにもかかわらず、数時間後に再
2584 度の体温上昇をきたす症例は重要である。再上昇は、冷却不足、シバリング、
2585 体温プローブの問題、薬剤性、悪性症候群などでも起こりうるが、感染症の存
2586 在を再考すべき契機でもある。特に、重篤な全身状態、循環不全の持続、乳酸
2587 高値、CRP の高値または上昇傾向、明らかな感染巣を伴う場合には、抗菌薬投
2588 与を含めた敗血症対応を検討する。

2590 深部体温を連続的または反復的に測定できる体制を整え、直腸温、膀胱温、
2591 食道温など、施設で実施可能な方法を選択する。表面温のみでは重症度評価や
2592 冷却終了の判断に不十分なことがあるため、重症例では深部体温の測定を優先
2593 する。同時に、衣服除去、送風、噴霧を行い、アイスバス、ゲルパッド式水冷
2594 式体表冷却機、血管内体温管理療法など、施設資源に応じた Active Cooling を
2595 準備する^{1, 3)}。

2596 感染症を疑う病歴がある場合は、血液培養 2 セットに加えて、喀痰培養、尿
2597 培養を基本として、必要に応じた検体の採取をする。可能であれば抗菌薬投与
2598 前に、培養検体は採取をすることが望ましいが、優先すべきは Active Cooling
2599 と広域抗菌薬の投与である⁵⁾。

2600 初期検査として、血算、生化学検査（電解質、血糖、腎機能、肝胆道系酵素、
2601 CK、ミオグロビン、CRP）、血液ガス、凝固関連検査を行う。髄液検査や CT
2602 画像検査などは、感染巣の疑いと患者の安定性に応じて選択する。検査は重要
2603 であるが、検査結果を待ってから冷却を始める順序にしてはならない。

2604 抗菌薬は、施設の敗血症プロトコルに基づき、想定感染巣に応じて選択でき
2605 るように準備する。肺炎、尿路感染症、胆道感染症、皮膚軟部組織感染症、髄
2606 膜炎、カテーテル関連血流感染症など、想定する感染巣によって初期抗菌薬は
2607 異なる。抗菌薬を開始する場合は、培養結果と臨床経過に応じて de-
2608 escalation または中止を行う前提で運用する⁵⁾。

2609 4. 必要な人員

2610 感染症鑑別を含む重症熱中症の初療では、冷却、バイタルサインの安定化、
2611 診断を同時に進める必要がある。そのため、可能であれば複数名で役割分担を
2612 行いながら診療をするのが望ましい。以下に役割分担の例を記載する。

- 2613 ・チームリーダー：熱中症の重症度評価、Active Cooling 開始判断、感染症評
2614 価、抗菌薬投与の要否を判断する。
- 2615 ・冷却担当：衣服除去、冷却法の準備と実施、深部体温の記録、冷却開始時刻
2616 と目標体温到達時刻の記録を行う。
- 2617 ・検査・診断担当：必要な血液検査や培養検体を速やかに採取する。簡単な検
2618 査（超音波検査やポータブル X 線検査など）で感染巣の検索を行う
- 2619 ・バイタル担当：ABCD アプローチで全身状態を評価、必要であれば気管挿管

2620 や昇圧薬の投与を行う。

2621 実務上は、「血液培養を採ってから冷却する」ではなく、「冷却を開始しながら
2622 血液培養を採る」体制を作ることが重要である。検査・診断の担当者と冷却
2623 の担当者を分けるだけで、冷却遅延と培養採取漏れの双方を減らすことができ
2624 るため、重症熱中症患者には多くの人的リソースを割く価値がある。

2625 5. 評価の考え方：熱中症患者における CRP をどう解釈するか

2626 1. CRP は感染症マーカーではなく炎症マーカーである

2627 CRP は細菌感染症の評価に広く用いられるが、本質的には急性期炎症反応を
2628 反映する指標であり、感染症に特異的ではない。特に熱中症では、高体温による
2629 直接的細胞障害、横紋筋融解、肝障害、腸管粘膜障害、エンドトキシンの血
2630 中移行、サイトカイン応答などにより、感染症を伴わなくても CRP が上昇し
2631 うる²⁾。したがって、CRP 高値をもって直ちに「感染症であり熱中症ではない」
2632 と判断することはできない。一方、CRP 低値であっても感染症は完全には否定
2633 できない。発症早期の感染症、免疫抑制状態、高齢者、抗菌薬先行投与後、局
2634 所感染の初期などでは CRP が低値にとどまることがあり、単回値よりも臨床
2635 経過と時間軸で解釈する必要がある。

2636 2. Heatstroke study の知見

2637 2020 年および 2021 年の Heatstroke study では、入院時の菌血症の有無に
2638 ついての情報が追加されている。この期間に入院した成人患者（18 歳以上）を
2639 対象に解析を行った。最終的に 1,614 例が解析対象となり、そのうち 108 例
2640 （6.7%）に菌血症を認めた。菌血症の頻度は CRP カテゴリーによって異なり、
2641 便宜的に 3 群に分けて評価をしたところ CRP < 3 mg/dL 群で 4.5%、 $3 \leq$ CRP
2642 < 10 mg/dL 群で 13.4%、CRP \geq 10 mg/dL 群で 28.2%であった。これはあく
2643 までも菌血症の頻度であり、敗血症や感染症の診断となると頻度は変わりうる
2644 点に注意が必要であるが、これらの結果は CRP が感染症評価、特に菌血症リ
2645 スクの層別化に一定の関連があることを示す。

2646 実際に、交絡因子を調節し、CRP カテゴリーごとの菌血症リスクを求めた多
2647 変量解析では、CRP 値の上昇に伴い菌血症のオッズが増加する量反応関係が認
2648 められた。CRP < 3 mg/dL を基準群とした場合、 $3 \leq$ CRP < 10 mg/dL 群にお
2649 ける菌血症の調整オッズ比（OR）は 2.92（95%信頼区間 [CI] 1.71-4.96）、
2650 CRP \geq 10 mg/dL 群では 8.58（95% CI 4.88-15.09）であった。一方で、CRP

2651 の各カットオフ値における診断性能を求めてみた場合に、CRP \geq 5 mg/dL では、
2652 感度 0.31、特異度 0.91 であり、陽性尤度比 (LR+) は 3.30 であった。カット
2653 オフ値を CRP \geq 10 mg/dL に引き上げると、感度は 0.22 に低下した一方で、
2654 特異度は 0.96 まで上昇するといった結果で、CRP の上昇は菌血症に対して特
2655 異度はある程度高いものの、感度は低かった。

2656 単独で診療方針に影響するマーカーではないため、病歴やその他の検査結果
2657 と併せて感染症の診断や治療については考えるべきである。

2658 6. 実施の流れ (簡易フロー)

- 2659 ①熱中症を疑った時点で Active Cooling を開始する。深部体温測定と Active
2660 Cooling を準備し、検査結果を待たずに冷却を開始する。感染症の可能性が
2661 残る場合でも、冷却を遅らせない。
- 2662 ②同時に血液培養を採取する。感染症が鑑別に挙がる重症例では、抗菌薬投与
2663 前に血液培養 2 セットを採取する。採取後、尿培養、喀痰培養、創部培養な
2664 どは疑う感染巣に応じて追加する。血液培養採取のために冷却開始を遅らせ
2665 ないよう、担当者を分ける。
- 2666 ③感染巣を検索する。ただし、重症熱中症では意識障害や循環不全により問
2667 診・診察が制限されるため、初回評価で感染巣が見つからなくても、感染症
2668 を完全に否定したことにはならない。
- 2669 ④抗菌薬投与を判断する。敗血症性が疑われる、または全身状態が重篤であり
2670 感染症を否定できない場合には、血液培養採取後すみやかに抗菌薬を開始す
2671 る⁵⁾。一方、患者の全身状態が熱中症で十分説明できる場合には、抗菌薬を
2672 直ちに開始せず、厳密な再評価を行う選択もありうる。
- 2673 ⑤冷却後に必ず再評価する。冷却後も体温が再上昇する、ショックが持続する、
2674 乳酸が改善しない、感染症に特異的な症状が明らかになる、血液培養が陽性
2675 となる場合には、感染症合併を改めて考える。
- 2676 ⑥抗菌薬を開始した場合は、終了のタイミングについても同時に計画する。初
2677 療時は診断の不確実性が高く抗菌薬を開始すること自体は許容されるが、漫
2678 然とした投与は望ましくない。培養結果、画像所見、臨床経過を確認し、不
2679 要と判断されれば中止、感染巣が同定されれば de-escalation または標的治療
2680 に変更する。

2681 7. 特に抗菌薬投与を検討した方が良い状況

- 2682 ・敗血症性ショックまたはその疑い：低血圧、乳酸高値、末梢循環不全、熱中
2683 症だけでは説明のつかない臓器障害を認める場合。
- 2684 ・冷却後の再度の体温上昇：十分な Active Cooling で深部体温が低下した後、
2685 暑熱曝露が解除されているにもかかわらず体温が再上昇する。
- 2686 ・明らかな感染巣：肺炎、尿路感染症、胆道感染症、腹腔内感染症、皮膚軟部
2687 組織感染症、髄膜炎を疑う所見がある。
- 2688 ・感染リスクが高い背景：高齢者、施設入所、免疫抑制、透析、糖尿病、悪性
2689 腫瘍、中心静脈カテーテル、人工物留置、最近の入院や抗菌薬使用がある。
- 2690 これらの状況では、血液培養採取後に抗菌薬投与を開始する方針が妥当であ
2691 る。特に全身状態が重篤な状況では、診断の確定を待って抗菌薬を遅らせるよ
2692 りも、培養採取後に開始し、その後の情報で中止・狭域化する戦略が安全であ
2693 る。

2694 8. Tips

- 2695 ①「感染症を除外してから熱中症治療」ではない。熱中症診断では感染症など
2696 他疾患の除外が重要であるが、実臨床では除外完了を待つ時間はない。高体
2697 温と意識障害を伴う重症例では、感染症評価と並行して Active Cooling を行
2698 う。
- 2699 ②CRP が高いから感染症であり冷却不要、または CRP が低いから感染症は絶
2700 対にない、という判断はいずれも不適切である。CRP は血液培養採取、感染
2701 巣検索、抗菌薬投与、再評価の優先度を定める補助指標として用いる。
- 2702 ③血液培養は「迷ったら採る」。重症熱中症で感染症を完全に否定できない場合、
2703 抗菌薬投与前に血液培養を採取する。採取しておけば、後日の de-escalation
2704 や抗菌薬中止の根拠にもなる。
- 2705 ④Active Cooling 後の体温の再上昇には注意が必要である。熱中症では冷却と
2706 環境是正により体温が低下することが期待される。再度の体温上昇を認めた
2707 場合には、冷却不足やシバリングだけでなく、感染症、薬剤性発熱、悪性症
2708 候群、甲状腺クリーゼ、悪性高熱などの鑑別を見直す。
- 2709 ⑤CRP 高値と菌血症リスクを混同しない。CRP 上昇により菌血症のオッズが上
2710 昇することはレジストリから示されているが、個々の患者で感染症を確定す
2711 るものではない。

- 2712 ⑥熱中症と感染症は併存しうる。特に高齢者、施設入所者、免疫抑制患者では、
2713 感染症により活動性や摂水が低下して熱中症を発症することがある。また、
2714 熱中症に伴う意識障害や嘔吐により誤嚥をきたすこともある。一つの診断に
2715 固執しない。
- 2716 ⑦解熱薬は Active Cooling の代替ではない。熱中症の高体温は感染症の発熱と
2717 は機序が異なり、アセトアミノフェンや NSAIDs を体温低下目的で用いても
2718 Active Cooling の代替にはならない。NSAIDs は腎障害、横紋筋融解、凝固
2719 異常を伴う重症熱中症では有害となる可能性もある^{2, 3)}。
- 2720 ⑧抗菌薬を開始したら、必ず再評価の時点を決める。初療時に安全側に倒して
2721 抗菌薬を開始することは妥当であるが、培養陰性、感染巣なし、冷却後速や
2722 かに改善という経過であれば、中止を検討する。抗菌薬の開始と同じくらい、
2723 中止・狭域化の判断が重要である。

2724 9. コメント、まとめ

2725 感染症と熱中症の鑑別は、検査値のみで解決できる問題ではない。両者はい
2726 ずれも高体温、意識障害、ショック、臓器障害を呈し、熱中症そのものが敗血
2727 症様の全身性炎症反応を引き起こすため、初療時に確実に切り分けることはし
2728 ばしば不可能である。したがって、本稿の実践的メッセージは「鑑別が困難な
2729 状況でも、致命的な治療遅延を避ける」ことである。

2730 実務上は、①重症熱中症を疑った時点で Active Cooling を開始する、②感
2731 染症を否定できない症例では血液培養を採取する、③CRP を含む検査値は抗菌
2732 薬投与と再評価の判断材料として用いる、④再度の体温上昇、重篤な全身状態、
2733 感染巣、を認める場合には抗菌薬投与を検討する、⑤抗菌薬開始後は培養結果
2734 と経過に基づき de-escalation または中止を行う、という流れがわかりやすい。

2735 最も重要な点は、感染症の可能性のあることを理由に Active Cooling を遅
2736 らせないことである。血液培養を採取しつつ冷却を行い、必要に応じて抗菌薬
2737 を併用する。この同時並行の初療方針こそが、熱中症と感染症の鑑別が困難な
2738 現場における安全な実践である。

2739 文献

- 2740 1) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:
2741 https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.

- 2742
- 2743
- 2744
- 2745
- 2746
- 2747
- 2748
- 2749
- 2750
- 2) Epstein Y, Yanovich R: Heatstroke. *N Engl J Med.* 2019; 380: 2449-59.
 - 3) Barletta JF, Palmieri TL, Toomey SA, et al: Society of Critical Care Medicine Guidelines for the Treatment of Heat Stroke. *Crit Care Med.* 2025; 53: e490-e500.
 - 4) Dahan E, Dichtwald S, Amar E, et al: Low plasma C-reactive protein level as an early diagnostic tool for heatstroke vs central nervous system-associated infection in the ED. *Am J Emerg Med.* 2013; 31: 1176-80.
 - 5) Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al: Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Intensive Care Med.* 2021; 47: 1181-1247.

12.

抗 DIC 治療

小網博之 (佐賀大学)

1. 熱中症 DIC の病態

熱中症では、熱ストレスに伴う全身炎症や血管内皮障害、末梢循環不全が複合的に重なり、凝固線溶異常を引き起こす¹⁾。特に熱中症に伴う disseminated intravascular coagulation (以下 DIC) では、発症初期に凝固亢進と血管内皮障害に伴う t-PA の放出により線溶亢進を呈するが、その後は plasminogen activator inhibitor-1 (以下 PAI-1) の産生増加により線溶抑制へと速やかに移行し、多臓器不全へと進行する^{2, 3)}。実際、臨床データでは、熱中症患者における DIC の合併は死亡リスクの上昇と関連することが示されている⁴⁾。

2. 熱中症 DIC の診断と治療適応

DIC の診断にはさまざまな基準が報告されているが、熱中症 DIC の診断には診断感度の高い急性期 DIC 診断基準、および昨年改訂された JAAM-2 基準の活用が有用と考えられる⁵⁾。DIC と診断された場合においても、何よりも優先すべきは原疾患、すなわち熱中症そのものに対する治療である。他稿で述べるように、Active Cooling をはじめとした脱水の補正や末梢循環の安定化など、バイタルサインの適正化を中心に行う⁶⁾。

現時点では、熱中症 DIC に対して世界的にコンセンサスの得られた治療法は確立されていない²⁾。したがって、DIC 合併熱中症の治療は線溶のフェノタイプに応じた対応を検討する必要がある⁷⁾。特に抗凝固療法は、熱中症 DIC における臓器障害の軽減に有用である可能性が指摘されている^{2, 8)}。『熱中症診療が

2774 イドライン 2024』では、アンチトロンビンやトロンボモジュリンなどの DIC
2775 治療薬が生命予後・中枢神経障害・臓器不全を改善しうるかについて、明確な
2776 エビデンスは存在せず、定まった推奨はなされていない⁹⁾。

2777 3. 各線溶病態に応じた治療の実際

2778 熱中症 DIC に対する抗 DIC 治療は、一律に抗凝固療法を行うのではなく、
2779 病期に基づいた phase-oriented management として整理される。

2780 1. 線溶亢進型 DIC

2781 DIC 発症早期には、高体温および内皮障害により凝固亢進と線溶亢進が同時
2782 に引き起こされることがある。持続する出血を認める場合は、FFP（初回 10～
2783 15 mL/kg、その後凝固指標に応じて 200～400 mL）、クリオプレシピテート
2784 （フィブリノゲン<180 mg/dL の場合、1 回 5～10 単位）、血小板（血小板数
2785 <20,000/mm³、または出血があり血小板数<50,000/mm³）、プロトロンビン
2786 複合体濃縮製剤（肝不全患者において INR≤1.5 を目標）、フィブリノゲン製剤
2787 の補充を中心に行う。明らかな線溶亢進を認める場合には、短期的なトラネキ
2788 サム酸の併用を検討する^{2, 3, 6)}。この時期の抗凝固薬投与は出血増悪のリスク
2789 があるため、病態を慎重に評価したうえで判断する。

2790 2. 線溶抑制型 DIC

2791 ■ トロンボモジュリン

2792 発症から数時間～3 日にかけて PAI-1 が上昇するにつれ、線溶は抑制に転じ
2793 る。凝固亢進により産生された血栓の多くは線溶抑制に伴い溶解されなくなり、
2794 微小血栓形成・臓器障害が優位な DIC へと移行する。この段階でトロンボモジ
2795 ュリンを用いた抗 DIC 治療が適応となる。トロンボモジュリンは、プロテイン
2796 C の活性化を介したトロンビン生成抑制、TAFI (thrombin activatable
2797 fibrinolysis inhibitor) の活性化による線溶抑制、さらには抗炎症効果など多
2798 彩な作用を有することが報告されている¹⁰⁾。

2799 ■ アンチトロンビン

2800 AT 活性低下 (<70%) を伴う線溶抑制型 DIC では、トロンボモジュリンに
2801 加えてアンチトロンビンの補充が考慮される。アンチトロンビンはトロンビン
2802 と複合体を形成することで、トロンビン過剰産生に伴う血栓形成を抑制する

2803 えで有効と考えられている¹¹⁾。

2804 ■ヘパリン

2805 ヘパリンは最も一般的に使用される抗凝固薬であるが、血栓症の臨床症状が
2806 明らかでない限り、熱中症関連凝固障害の治療には通常使用されない^{2, 6)}。

2807 4. エビデンス

2808 熱中症 DIC に対する抗 DIC 療法に関する質の高い RCT は存在しない。本
2809 邦では、DPC データベースを用いた観察研究が唯一報告されている⁸⁾。

2810 本研究では、熱中症誘発性 DIC 1,606 例のうち 556 例 (35%) が入院 2 日
2811 以内にアンチトロンビンまたはトロンボモジュリンによる抗 DIC 治療を受けた。
2812 抗 DIC 治療群は非治療群に比べ院内死亡率が有意に低く (リスク差 -6.5%、
2813 95%CI -12.0~-1.4%)、早期介入の有効性が示唆された。特にトロンボモ
2814 ジュリン投与は院内死亡率低下と有意に関連した (リスク差 -5.5%、95%CI
2815 -9.5~-1.6%) 一方、アンチトロンビン投与では有意差を認めなかった。

2816 以上より、熱中症 DIC では早期抗 DIC 治療、なかでもトロンボモジュリン
2817 が予後改善に寄与する可能性が示された。

2818 5. まとめ

2819 熱中症 DIC に対する抗 DIC 療法、特にトロンボモジュリンは、日本の大規
2820 模観察研究において死亡率低下との関連が示されているが、ランダム化比較試
2821 験による検証はいまだ行われていない。現時点では、迅速な冷却と支持療法が
2822 治療の根幹であり、抗凝固療法はあくまで補助的治療として位置づけられる。

2823 文献

- 2824 1) Bouchama A, Knochel JP: Heat stroke. *N Engl J Med*. 2002; 346: 1978-88.
- 2825 2) Iba T, Connors JM, Levi M, et al: Heatstroke-induced coagulopathy: Biomarkers,
2826 mechanistic insights, and patient management. *EClinicalMedicine*. 2022; 44: 101276.
- 2827 3) Matsumoto H, Takeba J, Umakoshi K, et al: Successful treatment for disseminated
2828 intravascular coagulation (DIC) corresponding to phenotype changes in a heat
2829 stroke patient. *J Intensive Care*. 2019; 7: 2.

- 2830
2831
2832
- 4) Peng N, Geng Y, Ouyang J, et al: Endothelial glycocalyx injury is involved in heatstroke-associated coagulopathy and protected by N-acetylcysteine. *Front Immunol.* 2023; 14: 1159195.
- 2833
2834
2835
2836
- 5) Yamakawa K, Umemura Y, Mochizuki K, et al: Proposal and Validation of a Clinically Relevant Modification of the Japanese Association for Acute Medicine Disseminated Intravascular Coagulation Diagnostic Criteria for Sepsis. *Thromb Haemost.* 2024; 124: 1003-12.
- 2837
- 6) Epstein Y, Yanovich R: Heatstroke. *N Engl J Med.* 2019; 380: 2449-59.
- 2838
2839
- 7) Asakura H: Diversity of disseminated intravascular coagulation and selection of appropriate treatments. *Int J Hematol.* 2021; 113: 10-14.
- 2840
2841
2842
- 8) Ohbe H, Isogai S, Jo T, et al: Treatment with Antithrombin or Thrombomodulin and Mortality from Heatstroke-Induced Disseminated Intravascular Coagulation: A Nationwide Observational Study. *Semin Thromb Hemost.* 2019; 45: 760-6.
- 2843
2844
- 9) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at: https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 2845
2846
- 10) Ikezoe T: Thrombomodulin/activated protein C system in septic disseminated intravascular coagulation. *J Intensive Care.* 2015; 3: 1.
- 2847
2848
- 11) Iba T, Saitoh D: Efficacy of antithrombin in preclinical and clinical applications for sepsis-associated disseminated intravascular coagulation. *J Intensive Care.* 2014; 2: 66.

13.

小児の冷却法について

石原唯史（順天堂大学医学部附属浦安病院）

1. 小児の特徴

生理学的特徴

小児は成人よりも体重あたりの体表面積が大きく、環境温（気温）が体温を
超えると外部からの受動的な熱吸収が増加しやすいため、熱負荷を受けやすい
特徴がある。また、体重あたりの代謝熱発生率が高く、安静時や活動時におい
ても体内で生成される熱量が多い。特に乳幼児（0～4歳）において、体温調節
の恒常性（ホメオスタシス）維持機能が未熟であり、成人と比較して心拍出量
が低く、皮膚血流を介した放熱能力が制限されている。^{1、2）}汗腺の機能が未発
達で汗の産生量が少なく、特に高温多湿下では有効な蒸散による放熱効率が成
人より劣る^{3）}。

上記の生理学的特徴から、小児は成人と比して熱中症に陥りやすいという認
識を持っていなければならない。

成長発達による脆弱性

乳幼児は自ら環境を調整したり、危険を回避したりすることができず、保護
者による行動管理に完全に依存している。そのため、車内放置といった不適切
な環境下での熱中症のリスクが極めて高い^{4）}。

また、幼児期や学童期においても、遊びや運動に熱中すると、めまいや疲労
といった初期の熱ストレス症状を軽視、あるいは自覚できない傾向がある。自
ら活動を中断（休息）することが困難であり、保護者や保育者・教育者による
積極的な観察と介入が必要である。さらに、高体温状態は判断能力を低下させ

2873 るため、熱中症が進行すると自力で適切な行動が取れなくなるという悪循環に
2874 陥りやすい¹⁾。

2875 個体差およびリスク増大因子

2876 肥満、糖尿病、嚢胞性線維症、鎌状赤血球症などの基礎疾患をもつ小児は、
2877 熱耐性が低く重症化しやすいことが示されている。また、薬剤が熱中症に影響
2878 を及ぼすことがあり、ADHD 治療薬、利尿薬、抗コリン薬など、水分バランス
2879 や体温調節に影響を与える薬剤の服用は、熱中症リスクを増大させる。その他、
2880 下痢や嘔吐を伴う胃腸障害や発熱を伴う病態から回復した直後は、脱水状態や
2881 体温調節機能の低下が残っているため、非常に脆弱である^{3、5)}。

2882 2. 想定される患者・シナリオ

- 2883 ・乳幼児：保護者が車から離れ、閉め切った車内に放置された乳児。車内温度
2884 は短時間で極めて高温に達し、自力で脱出できない乳幼児は数時間で致命的
2885 な状態に陥る。
- 2886 ・小学生：高温多湿下での長時間の活発な遊び。本人が熱ストレスの徴候を認
2887 識しにくく、夢中になって活動を継続してしまうことで発生する。
- 2888 ・中学生：暑熱順化が不十分なシーズン初期の激しい部活動の練習。

2889 3. 準備するもの

2890 モニタリングおよび診断器具^{1~3)}

- 2891 ・直腸体温計：深部体温を正確に測定するために不可欠である。
- 2892 ・環境測定器：現場の熱ストレスを評価するための湿球黒球温度（wet bulb
2893 globe temperature、以下 WBGT）計や熱指数計。

2894 冷却設備と用品^{1、5~7)}

2895 『熱中症診療ガイドライン 2024』では、各冷却法について明確な推奨を提
2896 示していないが、準備状況や傷病者の年齢に合わせて速やかに適切な冷却を開
2897 始することが重要である⁸⁾。

- 2898 ・冷水・氷水浴槽：労作性熱中症において、深部体温を最も迅速に下げる「ゴ

- 2899 「ワールドスタンダード」である。1～16℃の氷水または冷水への浸漬。
- 2900 ・蒸散冷却：水スプレー（ミスト）および扇風機。
- 2901 ・補助冷却材：氷嚢（アイスパック）、氷水に浸したタオル。
- 2902 ※小児に使用する際は、凍傷を防ぐため氷嚢はタオルなどで包む。
- 2903 ・高度な冷却機器：病院内では冷却ブランケット、ゲルパットによる水冷式体
- 2904 表冷却装置、血管内冷却デバイス、最重症例では体外式膜型人工肺
- 2905 （extracorporeal membranous oxygenation、以下ECMO）も考慮される。

2906 4. 必要な人員

- 2907 多職種による連携と適切なトレーニングを受けた人員の配置が求められる。
- 2908 定期的なシミュレーショントレーニングと、役割分担の確認が望ましい⁷⁾。

2909 現場の監視者

- 2910 保護者やコーチ、体育教諭、遊び場の介助者。熱中症の初期徴候（精神状態
- 2911 の変化やパフォーマンスの低下）を早期に認識し、即座に活動を中止させる³⁾。

2912 医療専門スタッフ

- 2913 訓練を受けた救護員および医療者は、可能であれば直腸体温を測定し、迅速な
- 2914 冷却を実施する。救急救命士は現場と病院を繋ぎ、搬送中も冷却を継続する。
- 2915 小児救急に精通した医師および看護師が、適切な診断と冷却管理・治療を主導
- 2916 する^{3、5、7)}。

2917 5. 目標体温

- 2918 深部体温（直腸温）が40℃を超え、かつ中枢神経系の機能不全を伴うものは
- 2919 重症熱中症（IV度）と定義され、遅滞なく迅速な冷却を開始しなければならない。
- 2920 組織損傷の重症度は高体温の「程度」と「持続時間」に依存するため、い
- 2921 かに早く深部体温を下げられるかが救命の鍵となる^{3、6)}。

- 2922 『熱中症診療ガイドライン 2024』では、38.0℃以下を目安として冷却する
- 2923 ことが妥当とされている⁸⁾。38℃以下に下げ続けると、過冷却による低体温症
- 2924 や、シバリングによる代謝熱の再上昇を招くリスクがあるため、直腸体温が
- 2925 38℃を下回った時点で、能動的な冷却を停止する^{3、5)}。

2926 成人に比べ皮膚が繊細な小児においては、ショックを避けるため、急激な冷
2927 却は注意しなければならない。ケースレポートの報告にとどまるが、毎分約
2928 0.10℃程度の冷却速度が目安となる場合もある⁹⁾。

2929 腋窩や鼓膜などの表面温度の測定では誤差が大きいため、正確な深部体温把
2930 握には、直腸体温計や膀胱体温計、食道温などの使用が不可欠である。体温の
2931 数値だけでなく、意識状態などの臨床的な改善が見られるかどうか、冷却を
2932 継続・停止する判断材料となる^{3、5)}。

2933 6. 実施の流れ（簡易フロー）

2934 1. 認識と救急要請（発生～5分以内）

2935 高温環境下での活動歴、あるいは閉め切った車内での発見などの状況に加え、
2936 意識障害（せん妄、痙攣、昏睡）および40℃を超える高体温を確認し、直ちに
2937 救急要請を行う^{3、5)}。

2938 2. 評価と初期対応（同時並行）

2939 患者を日陰などの涼しい場所へ移動させ、衣服を速やかに取り除く。可能で
2940 あれば、直腸体温を測定する³⁾。

2941 3. 冷却の開始（10分以内目標）

2942 『熱中症診療ガイドライン 2024』では、各冷却法に関しては推奨を明示し
2943 ていないため、現場の準備状況や傷病者の年齢に合わせて、速やかに適切な冷
2944 却を開始する⁸⁾（Table.1）。

2945 ■ 院外

2946 ・冷水・氷水浴（cold water immersion、以下 CWI）：若者の労作性熱中症に
2947 おいて最も推奨される、「ゴールドスタンダード」である。1～16℃の氷水
2948 を用意する^{1、3、5)}。

2949 ・蒸散冷却：水を噴霧（ミスト）し、扇風機で送風する。特に乳幼児に対して
2950 安全に実施できる^{7、9)}。

2951 ・補助冷却剤：氷嚢（アイスパック）を首、腋下、鼠径部の大血管付近に配置
2952 する。その際に、タオルなどを使用し、直接皮膚に当たらないように注意す
2953 る^{3、5)}。

2954

■院内

2955

2956

2957

2958

2959

2960

2961

2962

2963

2964

2965

2966

- 蒸散冷却、補助冷却剤による冷却を継続して行う。標準的な冷却方法で下がらない重症例では、集中治療室などで以下の機器の使用を考慮する^{5、6}。
- ・クーリングブランケット：患者の体幹を覆うように使用するが、直接皮膚に当たらないようにタオルなどで保護する。
 - ・水冷式体表冷却装置：患者の体幹や大腿に専用の冷却パッドを装着し、目標温度（37℃）を設定し、深部体温と連動させて使用する。
 - ・血管内冷却デバイス：外部冷却で目標温度に達しない場合、導入を考慮する。カテーテルのサイズが9.3Frと太く、身長が100cm以上の患者に限定されているため、適応は慎重に判断する。
 - ・ECMO：多臓器不全を伴う最重症症例に対して、循環をサポートするために導入される。標準的な冷却方法で目標体温が達成できない場合の最終手段の一つとなる。

冷却方法	実施場所	特徴	小児における特有の注意点・リスク
冷水・氷水浴	院外/院内	深部体温を最も迅速に下げる「ゴールドスタンダード」であり、若者の労作性熱中症において推奨される	乳幼児や年少児では、極端な低温への浸漬がコールドショック、不整脈、皮膚損傷のリスクを伴うため十分に注意する
蒸散冷却（水スプレー＋扇風機）	院外/院内	水を噴霧（ミスト）し、扇風機などで送風して熱を奪う方法である	安全性を考慮し、コールドショックのリスクがある乳幼児や年少児に対して優先して選択される
補助冷却剤	院外/院内	氷嚢などを首、腋下、鼠径部の大血管付近に配置する	小児は皮膚が薄く繊細なため、氷を直接肌に当てると重度の凍傷を引き起こすリスクがある。必ずタオルなどを用いて直接皮膚に当てない工夫が必要である
高度な冷却機器	院内（ICU）	標準的な冷却方法で下がらない重症例に対し、冷却パッド、血管	血管内冷却デバイスはカテーテルサイズが太く、適応は慎重に判断する。また、ECMO

		内冷却デバイス、ECMO（体外式膜型人工肺）を考慮する	が必要となる場合は、重症患児を管理できる施設（PICU）などへ搬送することを考慮する
--	--	-----------------------------	--

2967 Table.1●冷却方法の小児における注意点

2968 4. 継続的なモニタリングと支持療法

2969 冷却による震えは熱産生を招き冷却効率を下げるため、シバリングが生じた
 2970 場合には、必要に応じてベンゾジアゼピンなどの薬剤の使用を考慮する。また、
 2971 横紋筋融解症、急性肝不全、凝固障害などの多臓器不全の徴候に注意し、尿量
 2972 なども管理する⁵⁾。

2973 5. 冷却の終了と搬送（30分以内目標）

2974 直腸体温が38°C以下に達した時点で、過冷却を防ぐために能動的な冷却を停
 2975 止する。冷却を継続、あるいは体温を維持しながら、高度な集中治療（ICU）
 2976 管理ができる専門医療機関へ搬送する^{3、5、6)}。

2977 7. Tips

2978 小児における注意点

2979 CWIは健康な青年には非常に効果的だが、乳幼児や年少児の場合、極端な低
 2980 温への浸漬はコールドショック、不整脈、および皮膚損傷のリスクを伴うため
 2981 十分に注意する。そのため、乳幼児や年少児では、安全性を考慮し、水スプレ
 2982 ーと扇風機を用いた「蒸散冷却」が優先される^{7、9)}。

2983 小児は皮膚が薄く繊細であるため、熱中症の応急処置として氷を直接肌に当
 2984 てるなどの過度な冷却を行うと、重度の凍傷を引き起こすリスクがあるため、
 2985 タオルなどを用いて、直接皮膚に当たらないように工夫する⁹⁾。

2986 部活動中やスポーツ大会などの現場では、発生時に迅速かつ効果的な救命処
 2987 置を行うために、熱中症における緊急時対応計画（emergency action plan：
 2988 EAP）を事前に策定することも重要である⁵⁾。

2989 8. コメント

2990 「Cool First, Transport Second」。搬送を優先する前に、現場で可能な限り

2991 迅速に冷却を開始することが生存率と予後を劇的に改善することが示されてい
2992 る。すぐに開始できる冷却方法からはじめること、中断せずに併用することが
2993 救命の鍵となる³⁾。

2994 文献

- 2995 1) Azan A, Nyimbili S, Babayode OO, et al: Exceeding the limits of paediatric heat stress
2996 tolerance: the risk of losing a generation to climate inaction. *BMJ Paediatr Open.*
2997 2025; 9: e002883.
- 2998 2) Bushong LC, Diao Z: Fatal pediatric hyperthermia: A forensic review. *J Forensic Sci.*
2999 2022; 67: 1092-1107.
- 3000 3) Bergeron MF, Devore C, Rice SG: Policy statement—Climatic heat stress and
3001 exercising children and adolescents. *Pediatrics.* 2011; 128: e741-e747.
- 3002 4) Sun T, Ge L, Pan M, et al: Fatal hyperthermia among children in school buses: Analysis
3003 of 47 cases in China. *Med Sci Law.* 2024; 64: 121-5.
- 3004 5) Rublee C, Dresser C, Giudice C, et al: Evidence-Based Heatstroke Management in the
3005 Emergency Department. *West J Emerg Med.* 2021; 22: 186-195.
- 3006 6) Bouchama A, Dehbi M, Chaves-Carballo E: Cooling and hemodynamic management in
3007 heatstroke: practical recommendations. *Crit Care.* 2007; 11: R54.
- 3008 7) Cohen-Ronen N, Rimon A, Cohen N, et al: Heat stroke: knowledge and practices of
3009 medical professionals in pediatric emergency medicine departments - a survey study.
3010 *Isr J Health Policy Res.* 2021; 10: 35.
- 3011 8) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:
3012 https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 3013 9) Rittblat M, Katabi S, Kotovich D, et al: Avoiding harm in pediatric heatstroke: Lessons
3014 from a case of ice-related frostbite. *JPRAS Open.* 2025; 45: 386-9.

14.

小児の経口補水療法・輸液療法

田中大貴（長野県立こども病院）

熱中症の重症度分類と初期対応の基本的な考え方は、成人と共通する。重症度に応じた冷却と脱水補正が重要であるが、ここでは小児における熱中症の輸液療法と経口補水療法について概説する。これらは熱中症に特異的な治療ではないものの、日常的に小児診療に携わらない医師にも対応しやすいよう、実践的な要点をまとめた。

脱水補正の考え方

熱中症の病態には脱水が深く関与しており、小児は成人と比較して体重あたりの水分量が多く、体表面積も相対的に大きいため、不感蒸泄の影響を受けやすく脱水に陥りやすい。熱中症予防における水分摂取量の明確な推奨値はなく、脂肪量、暑熱順化の程度、発汗量、尿量などには個人差が大きいため、こまめな水分摂取を促すとともに、水分摂取が制限されない環境を整えることが重要である¹⁾。

熱中症の重症度がⅠ～Ⅱ度で、軽度～中等度の脱水にとどまり、かつ経口摂取が可能な場合は経口補水療法、それ以外では輸液療法を選択する。救急の現場での脱水の評価は、身体所見やバイタルサインを重視する。小児に特徴的な脱水所見として、大泉門の陥凹、涙の減少、活気不良、皮膚ツルゴールの低下、尿量の減少、CRT（毛細血管再充満時間）の延長などが挙げられる。バイタルサインについては、年齢によって正常範囲が異なるため、年齢別基準値を参照する。

3038 経口補水療法

3039 上記の適応基準〔重症度Ⅰ～Ⅱ度・軽度～中等度脱水（体重減少 10%未
3040 満）・経口摂取可能〕を満たす場合、経口補水療法を行う。市販のスポーツ飲
3041 料は糖濃度が高く、ナトリウム濃度が低いため、脱水補正を目的とする場合は
3042 経口補水液（オーエスワン®; 大塚製薬、など）を用いる。ただし、熱中症予防
3043 の場面や、すぐに経口補水液を準備できない場合はこの限りではない。また、
3044 経口補水液の摂取が難しい乳児や母乳栄養児では、母乳やミルクでもよい。

3045 補水量の目安は 50～100 mL/kg を 3～4 時間である²⁾。経口摂取が難しい場
3046 合は輸液療法へ切り替える。外来では、院内で 30 分～1 時間程度経口補水療法
3047 を試み、経口摂取が可能で脱水所見の改善がみられれば、家庭での継続方法を
3048 説明したうえで帰宅につなげる。

3049 輸液療法

3050 熱中症の重症度がⅢ～Ⅳ度、重度脱水（体重減少 10%以上）、経口摂取困難
3051 例では輸液療法を実施する。初期輸液（是正輸液）は等張液（生理食塩水また
3052 はリンゲル液）を基本とする。小児熱中症の初期輸液において、生理食塩水と
3053 リンゲル液のいずれが優れるかを示す確立したエビデンスはない。成人と同様
3054 に、冷却した輸液製剤を冷却法の中心として用いることは推奨されない^{1, 3)}。
3055 小児の熱中症による脱水に対する輸液療法については、詳細な投与量や投与速
3056 度に関する明確な推奨はなく、20 mL/kg で輸液を開始するとの記載がみられ
3057 るにとどまる³⁾。代償性ショックでは 10～20 mL/kg を 5～20 分で、低血圧性
3058 （非代償性）ショックでは 10～20 mL/kg を 5～10 分で急速投与し、その都度
3059 循環動態を再評価して、投与速度の調整や追加投与の可否を判断することが実
3060 践的である。ショックを伴わない脱水では、10～20 mL/kg を 2～3 時間程度
3061 で投与し、経口補水療法へ移行可能かを評価しながら経過をみる。小児は低年
3062 齢ほど 1 回拍出量が小さく、心拍出量の増加が心拍数に依存しているため、血
3063 圧低下に先行する頻脈の段階、すなわち代償期を迅速に認識することが重要で
3064 ある。ショック時の小児では末梢静脈路確保が困難となることがあり、特に低
3065 血圧性ショックでは骨髄路確保をためらわないことが重要である（Table.1）。

年齢	収縮期血圧（mmHg）
新生児（生後 0～28 日）	< 60

乳児（生後 1～12 カ月）	< 70
1～10 歳	< 70+（2×年齢）
10 歳以上	< 90

3066

Table.1 ●年齢による低血圧の基準

3067

低血糖、低ナトリウム血症に注意

3068

3069

3070

3071

3072

小児、特に乳幼児では低血糖に注意する。低血糖の定義は、小児では 60 mg/dL 以下、新生児では 45 mg/dL 以下である。初期輸液に用いる生理食塩水やリンゲル液など、糖を含まない（または低濃度の）等張液では、低血糖の合併に注意が必要である。低血糖を補正する際は、ブドウ糖 0.5～1 g/kg（20% ブドウ糖で 2.5～5 mL/kg）を投与する。

3073

3074

3075

3076

3077

3078

3079

3080

3081

3082

入院管理において、初期輸液による循環不全の是正後に維持輸液が必要な場合は、糖入り等張液（5%ブドウ糖を目安）を基本とする^{4, 5)}。低張液を Holliday-Segar 法（1 日水分量の算出式、Table.2）で算出した投与量そのまま使用すると⁶⁾、熱中症を含むストレス下では ADH 分泌亢進や経口摂取量の変動が加わり、過剰輸液や医原性低ナトリウム血症を招く恐れがある。維持輸液量については、最適な制限量や制限期間は明確ではないものの、ADH 分泌亢進が想定される小児では、Holliday-Segar 法で算出した維持量を一律に 100% で投与するのではなく、算出量の 65～80% 程度を目安に開始することが考慮される。投与中は、尿量、体重、入出量バランス、電解質、血糖をモニタリングしながら適宜調整する⁵⁾。

体重	維持輸液の投与速度（mL/hr）
< 10 kg	4 mL/kg/hr
10～20 kg	40 mL/hr + 2 mL/kg/hr × [体重 (kg) - 10]
20 kg <	60 mL/hr + 1 mL/kg/hr × [体重 (kg) - 20]

3083

Table.2 ●Holliday-Segar の輸液計算式

3084 文献

- 3085 1) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:
3086 https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 3087 2) Shane AL, Mody RK, Crump JA, et al: 2017 Infectious Diseases Society of America
3088 Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Management of Infectious Diarrhea.
3089 Clin Infect Dis. 2017; 65: e45-e80.
- 3090 3) Eifling KP, Gaudio FG, Dumke C, et al: Wilderness Medical Society Clinical Practice
3091 Guidelines for the Prevention and Treatment of Heat Illness: 2024 Update. Wilderness
3092 Environ Med. 2024; 35: 112S-127S.
- 3093 4) Feld LG, Neuspiel DR, Foster BA, et al: Clinical Practice Guideline: Maintenance
3094 Intravenous Fluids in Children. Pediatrics. 2018; 142: e20183083.
- 3095 5) Brossier DW, Tume LN, Briant AR, et al: ESPNIC clinical practice guidelines:
3096 intravenous maintenance fluid therapy in acute and critically ill children - a systematic
3097 review and meta-analysis. Intensive Care Med. 2022; 48: 1691-1708.
- 3098 6) Holliday MA, Segar WE: The maintenance need for water in parenteral fluid therapy.
3099 Pediatrics. 1957; 19: 823-32.

15.

Cool First, Transport Second

細川由梨（早稲田大学）

Cool First, Transport Second とは

熱中症の重症度は、その発生機序が労作性（例：スポーツや労働）であるか、非労作性（例：高齢者の自宅内での発生）であるかにかかわらず、持続的な高体温の長さ大きさに強く関連することが示されている¹⁾。このことから、早期冷却の重要性は明らかであり、本邦の『熱中症診療ガイドライン 2024』においても、重症例（Ⅲ～Ⅳ度）に対して積極的な身体冷却（Active Cooling）が推奨されている。“Cool First, Transport Second”は、スポーツ医学分野において、主に米国の臨床家および研究者らが労作性熱中症への対応指針として提唱してきた概念であり、直訳すると「まず冷却し、その後搬送する」と解釈される²⁾。本概念は、労作性熱中症のなかでも特に労作性熱射病（本邦の重症度分類におけるⅢ度、qⅣ度、またはⅣ度相当）の初期対応を想定したものである。なお、本稿において、労作性熱射病とは持続的な活動に伴って深部体温 40.5°C 以上と中枢神経系の異常（見当識障害・異常行動・意識消失など）の両方が認められる病態のことをさす。一方で、労作性熱中症とは、労作性熱射病のみならず、熱疲労・熱失神・運動誘発性筋けいれんという、活動中または直後に発生する、高温環境への曝露または高体温を伴う活動、あるいはその両方によって引き起こされた病態全般のことをさす。

労作性熱射病を疑う、明らかな高体温が認められる場合には、救急搬送に先立ち、あるいは搬送中であっても、積極的な全身冷却を早期から実施することを推奨している。ここでいう積極的な全身冷却とは、深部体温の冷却速度が $0.15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ を満たす条件のものを指す²⁾。先行研究によると、一貫性をもってこの基準の冷却速度に到達することが可能であるのは冷水または氷水への全

3126 身浸漬冷却法である^{2, 3)}。他にも、全身浸漬冷却のために浴槽や小型プールの
3127 準備が難しい場合には、tarp-assisted cooling (TACo)法といって、10 ガロン
3128 (約 38 L) サイズのクーラー2 つ分の水 (=約 76 L) とクーラー1 つ分の氷
3129 を、傷病者を寝かしているタープの上に掛け流し、比較的少量の氷と水で浸漬
3130 冷却状態をつくる手法⁴⁾も 0.15°C/min の冷却速度を満たすことが明らかにな
3131 っている。一方で、氷嚢を動脈にあてる、や、冷風を浴びるなどの対応では深
3132 部体温の速やかな冷却が認められないことから、“Cool First, Transport
3133 Second”が想定している重症熱中症の初期治療の文脈においては推奨されてい
3134 ない³⁾。TACo 法の実践には、傷病者と氷水が入ったタープを保持するために、
3135 最低でも 4 名以上の補助者が必要であることの負担を鑑み、米国では密閉性の
3136 高い遺体収納袋を活用する事例も実験⁵⁾ および実践^{6~8)} の現場で報告されてい
3137 る。遺体収容袋を使用する場合、アイスバスほどの氷水を準備する必要がない
3138 だけでなく、ストレッチャーやベッドに固定することで冷却しながらの搬送や
3139 患者のモニタリングが可能という点で、救急救命士による搬送前・中の冷却、
3140 そして救急外来に搬送された高体温患者の初期治療の手段としての実践が報告
3141 されている。昨今では、遺体収納袋の条件（密閉性が高く、ポータブルで、水
3142 を安全に注入および廃棄できる）を満たした製品も発表されており、水温 10°C
3143 の水で満たした場合には冷却速度は 0.18±0.07°C/min、水温 15°Cの水で満た
3144 した場合には、0.14±0.09°C/min と報告されている⁵⁾。

3145 “Cool First, Transport Second”の効果は、臨床アウトカムとしても結果を
3146 出している^{9, 10)}。米国マサチューセッツ州で開催される Falmouth Road Race
3147 (8月に開催される 11.3 km のロードレース)においては、1997 年から 2019
3148 年までに述べ 454 名(平均年齢 33.4±13 歳)の労作性熱射病を発症したラン
3149 ナーが、レース終了後速やかに現場でアイスバスによる全身浸漬冷却の救急処
3150 置を受けることによって、全員が救命されている⁹⁾。また、そのうちの 88%が
3151 病院での追加検査や治療を必要することなく帰宅していることから、労作性熱
3152 射病のリスクがある環境でスポーツ活動をする際には、必ずアイスバスをはじ
3153 めとする積極的な冷却措置が可能な体制を整えることがスタンダードとなるき
3154 っかけをつくった。海外では、労作性熱射病が頻発する現場として兵士による
3155 訓練活動が挙げられるが、米国軍統合医療従事者向けに公開された労作性熱射
3156 病の対応指針では、“Cool First, Cool Fast”と明記されており、早期かつ速や
3157 かに深部体温を下げることの重要性が強調されている¹¹⁾。労作性熱射病患者の
3158 治療とその予後について報告した 32 件の論文(計 521 名のアスリートまたは
3159 兵士)を対象としたレビューによると、>0.15°C/min の冷却速度を満たした
3160 冷却手段で処置治療を受けた者は、378 名中 378 名の全員が助かった一方で、
3161 143 名の 0.15°C/min 未満の冷却を受けた者については、143 名中 23 名が亡く

3162 なったと報告されている。また、 $0.15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 未満の冷却を受けた者では、後
3163 遺症発症のリスクは 4.75 倍であった ($\text{RR}=4.75$) と報告されている¹⁰⁾ こと
3164 から、救命にとどまらず、より良い予後のためにも積極的な全身冷却が重要で
3165 あることがわかる。

3166 Cool First, Transport Second の実践例（国際スポーツ大会）

3167 本邦においては、2021 年に開催された東京オリンピック・パラリンピック
3168 大会が、初めて“Cool First, Transport Second”を会場医療のプロトコルに組
3169 み込んだ大会であった（国際オリンピック委員会としても同大会が初の導入事
3170 例であった）（Figure. 1）^{12, 13)}。大会期間中、医療救護所はあらかじめ診療
3171 所として登録され、競技会場で選手が労作性熱射病の疑いで倒れた場合には、
3172 速やかに冷却措置が実施される体制が整備された。その一環として、「ヒート
3173 デッキ」と呼ばれる労作性熱射病専用エリアが設置された。

3174 ヒートデッキに搬送された選手は、まず全身浸漬冷却の適応を判断するため、
3175 プローブ型の直腸体温計を用いた評価が行われた。そこで高体温が確認された
3176 場合には、直腸温を持続的にモニタリングしながら、アイスバスによる全身浸
3177 漬冷却が実施された。冷却の終了目安は深部体温が 39.0°C を下回った時点であ
3178 り、その後は過冷却（hypothermic overshoot）を考慮し、アイスバスから移
3179 動し、乾いた服装に着替えて安静にしている間も引き続き深部体温の冷却が認
3180 められるかモニタリングを継続した¹⁴⁾。深部体温の安定化が認められた後には、
3181 当該大会では血液検査によるフォローアップが義務付けられていたため、選手
3182 は大会指定の診療所または病院へ搬送された（Figure. 1）。このプロトコルに
3183 基づいて対応された労作性熱射病の選手は、いずれも入院加療を必要すること
3184 なく、当日中に所属チームに合流したことが報告されており、早期冷却介入の
3185 有効性を示す事例といえる¹⁵⁾。

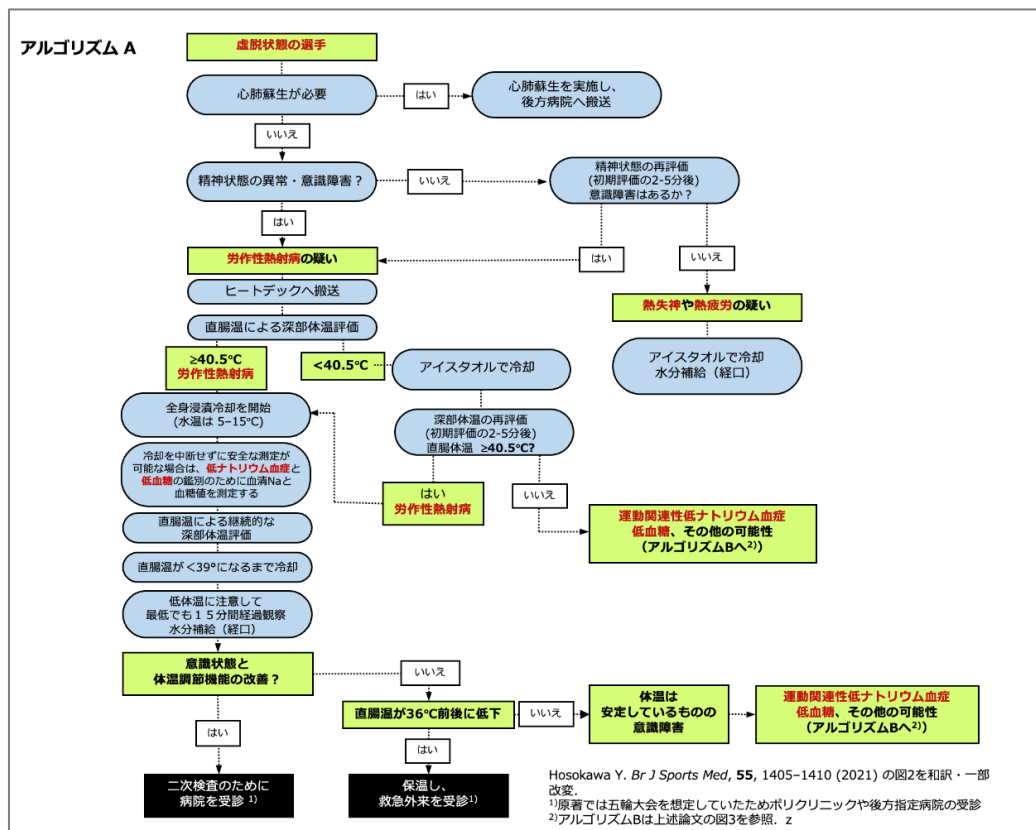


Figure. 1 ● 2021年に開催された東京オリンピック・パラリンピック大会期間中に使用された労作性熱射病疑いのアスリートの対応プロトコル

文献 12 の図 2 を和訳・一部改変

3186
3187
3188
3189

3190
3191
3192
3193
3194
3195
3196
3197
3198
3199
3200
3201
3202
3203

上述のとおり、積極的な全身冷却の適応基準および冷却終了の判断には、直腸温の実測値が必要となる¹⁴⁾。したがって、医療者の管理下で“Cool First, Transport Second”を実践する際には、冷却手段の確保に加え、正確かつ持続的な深部体温モニタリング体制を同時に整備する必要がある。また、労作性熱射病患者に対するアイスバス冷却の所要時間は平均 13.5 分と報告されているが、標準偏差が 4.7 分と大きいことも示されている¹⁴⁾。このばらつきは、治療開始時の直腸温、患者の体格、さらには気温や水温といった環境条件など、複数の要因の影響を受けるためである。したがって、あらかじめ一律の冷却時間をガイドラインとして提示することは困難であり、この点からも実測値に基づく評価の重要性が支持される。実際に、米国で発生した大学アメリカンフットボール選手の症例では、早期にアイスバスによる全身冷却が 5~10 分されたが、直腸温の確認が行われないうまま、救急隊の到着とともに搬送された。その結果、搬送先の救急外来で測定された直腸温は 42.2°Cを示し、追加の冷却措置が行われたことで一命は取り留めたものの、その後 6 週間の入院と、肝臓移植を含む

3204 14 回の手術を要したと報告されている¹⁶⁾。アイスバスのように高い冷却効率
3205 をもつ手段であっても、どの時点で十分な冷却であるかを判定するためには実
3206 測値に基づくことが望ましい。

3207 Cool First, Transport Second を本邦で実践する上での障壁と工夫

3208 国際スポーツ大会のように、人材および物資の観点から潤沢な資源が確保さ
3209 れた環境においては、国際的に推奨される労作性熱射病のプレホスピタル対応
3210 の実現が可能となる。こうした対応は、2021 年の東京オリンピック・パラリ
3211 ンピック大会以降、本邦においても目指すべき姿として、スポーツ医学関係者
3212 の間で広く認識されるようになった¹⁷⁾。しかしながら、一般的な現場において
3213 は、何らかの冷却手段を準備することは可能であったとしても、重症熱中症を
3214 疑った時点から早期に直腸温の実測を行うことは困難である。この障壁を打開
3215 する一つの方策として、現場に到着した救急救命士が、他のバイタルサインと
3216 並行して、重症熱中症が疑われる場合には直腸温の評価を行うことが提案され
3217 ている¹⁸⁾。この提案は、前述の症例¹⁶⁾や、熱中症の重症度が高体温の持続時
3218 間が長くなるほど高まることを考えると、患者の予後の最適化を図る上で非常
3219 に重要であるが、そのためには直腸温の評価が救急救命士の特定行為に認定さ
3220 れる必要がある。

3221 よって、現状では、状況証拠（例：高強度の運動を屋外で実施中に見当識障
3222 害を呈して倒れた場合など）に基づき重症度の高い熱中症を疑われる場合には、
3223 直腸体温の評価がなくとも速やかに冷却することが、スポーツ指導者や労働現
3224 場の安全管理者に対して広く周知されている^{19)、20)}。また、多量の氷や水を確
3225 保できない場合には、理想的な冷却速度（0.15°C/min）に達しない可能性が
3226 あるものの、それでもなお有効な積極的全身冷却法³⁾として推奨されているア
3227 イスタオルやホース水を用いた全身への冷水散布が紹介されており、何らかの
3228 形で全身冷却を実施することが啓発されている^{19)、20)}。これらの手法は、アイ
3229 スバスなどの氷水を用いた全身浸漬法と比較して冷却速度が穏やかであるため、
3230 過冷却のリスクを抑えられるという利点がある。そのため、青少年を対象とし
3231 たスポーツ現場など、体格の小さい対象者に対する冷却手段として、あえて選
3232 択される場合もある。

3233 文献

3234 1) Bouchama A, Abuyassin B, Lehe C, et al: Classic and exertional heatstroke. Nat Rev

- 3235 Dis Primers. 2022; 8: 8.
- 3236 2) Casa DJ, McDermott BP, Lee EC, et al: Cold water immersion: the gold standard for
3237 exertional heatstroke treatment. *Exerc Sport Sci Rev.* 2007; 35: 141-9.
- 3238 3) McDermott BP, Casa DJ, Ganio MS, et al: Acute whole-body cooling for exercise-
3239 induced hyperthermia: a systematic review. *J Athl Train.* 2009; 44: 84-93.
- 3240 4) Hosokawa Y, Adams WM, Belval LN, et al: Tarp-Assisted Cooling as a Method of
3241 Whole-Body Cooling in Hyperthermic Individuals. *Ann Emerg Med.* 2017; 69: 347-52.
- 3242 5) Miller KC, Amaria NY: Body Bag Cooling with Two Different Water Temperatures
3243 for the Treatment of Hyperthermia. *Aerosp Med Hum Perform.* 2024; 95: 194-9.
- 3244 6) Kim DA, Lindquist BD, Shen SH, et al: A body bag can save your life: a novel method
3245 of cold water immersion for heat stroke treatment. *J Am Coll Emerg Physicians Open.*
3246 2020; 1: 49-52.
- 3247 7) Feinstein B, Kelley J, Blackburn P, et al: Synchronized Cardioversion Performed
3248 During Cold Water Immersion of a Heatstroke Patient. *Ann Emerg Med.* 2023; 81:
3249 70-2.
- 3250 8) Comp G, Pugsley P, Sklar D, et al: Heat Stroke Management Updates: A Description
3251 of the Development of a Novel In-Emergency Department Cold-Water Immersion
3252 Protocol and Guide for Implementation. *Ann Emerg Med.* 2025; 85: 43-52.
- 3253 9) Stearns RL, Hosokawa Y, Belval LN, et al: Exertional Heat Stroke Survival at the
3254 Falmouth Road Race: 180 New Cases With Expanded Analysis. *J Athl Train.* 2024; 59:
3255 304-9.
- 3256 10) Filep EM, Murata Y, Endres BD, et al: Exertional Heat Stroke, Modality Cooling
3257 Rate, and Survival Outcomes: A Systematic Review. *Medicina (Kaunas).* 2020; 56:
3258 589.
- 3259 11) O'Connor FG, Nye NS, DeGroot D, et al: Clinical Practice Guideline for the
3260 Prevention, Diagnosis, and Management of Exertional Heat Illness. Available online
3261 at:
3262 https://champ.usuhs.edu/sites/default/files/media/documents/champ_whec_ghi_cpg_508_070224_acc.pdf. Accessed June 19, 2026.
3263
- 3264 12) Hosokawa Y, Racinais S, Akama T, et al: Prehospital management of exertional heat
3265 stroke at sports competitions: International Olympic Committee Adverse Weather
3266 Impact Expert Working Group for the Olympic Games Tokyo 2020. *Br J Sports Med.*
3267 2021; 55: 1405-10.
- 3268 13) Hosokawa Y, Adami PE, Stephenson BT, et al: Prehospital management of exertional
3269 heat stroke at sports competitions for Paralympic athletes. *Br J Sports Med.* 56: 599-
3270 604.
- 3271 14) Hosokawa Y, Casa DJ, Racinais S: Translating evidence-based practice to clinical
3272 practice in Tokyo 2020: how to diagnose and manage exertional heat stroke. *Br J*
3273 *Sports Med.* 2020; 54: 883-4.
- 3274 15) Sugawara M, Manabe Y, Yamasawa F, et al: Athlete Medical Services at the Marathon
3275 and Race Walking Events During Tokyo 2020 Olympics. *Front Sports Act Living.*
3276 2022; 4: 872475.
- 3277 16) Hosokawa Y, Stearns RL, Casa DJ: Is Heat Intolerance State or Trait? *Sports Med.*
3278 2019; 49: 365-70.

- 3279
3280
3281
- 17) Hosokawa Y, Akama T: Navigating implementation barriers: a holistic approach to improving exertional heat stroke management. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2024; 10: e001861.
- 3282
3283
3284
- 18) 細川由梨: 選手用会場医療における労作性熱射病のプレホスピタル対応: オリンピック・パラリンピックレガシーとして残すために. *日本アスレティックトレーニング学会誌.* 2022; 7: 201-7.
- 3285
3286
3287
- 19) 日本スポーツ協会: スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック. Available online at: https://www.japan-sports.or.jp/Portals/0/data/supoken/doc/heatstroke/heatstroke_6.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 3288
3289
- 20) 厚生労働省: 働く人の今すぐ使える熱中症ガイド (ver 2.0) . Available online at: <https://neccyusho.mhlw.go.jp/download/>. Accessed May 1, 2026.

16.

二次救急における重症熱中症対応：

転院搬送を待たずに始める

Active Cooling

坂本 壮（総合病院国保旭中央病院）

『熱中症診療ガイドライン 2024』¹⁾では、重症熱中症の評価として、従来のⅢ度に加えてⅢ度（2024）とⅣ度の考え方が示されている。Ⅳ度は「深部体温 40.0℃以上かつ GCS \leq 8」と定義される。深部体温がすぐに測定できない場合でも、「表面体温 40.0℃以上、または皮膚に明らかな熱感があり、GCS \leq 8 または JCS \leq 100」であれば qⅣ度として扱い、速やかな対応を開始する。

Ⅲ度・Ⅳ度の熱中症では、輸液や経過観察だけでなく、Active Cooling を含めた治療を早期に始めることが重要である。重症例では高次医療機関への転院搬送が必要になることもあるが、転院先が決まるまで冷却を待つべきではない。二次救急医療機関に求められるのは、すべてを自施設で完結させることではなく、熱中症を診断した時点、あるいは強く疑った時点で冷却を開始し、必要に応じて冷却を継続しながら高次医療へつなぐことである。

ガイドラインでは、Active Cooling を「何らかの方法で熱中症患者の身体を冷却すること」と整理している。一方、冷蔵した輸液製剤の投与や、涼しい部屋・日陰で休ませることは Passive Cooling であり、Active Cooling には含まれない。

Active Cooling には、冷水浸水、蒸散冷却法、膀胱洗浄、氷嚢や保冷剤による局所冷却などがある。ガイドラインでは特定の冷却法の明確な優先順位は示されておらず、患者の状態や施設の状況に応じて、実施可能な方法を選択する。冷水浸水がすぐにできない場合でも、衣服を外す、皮膚を濡らして送風する、氷嚢や保冷剤を用いるなど、その場で始められる冷却がある。

3315 重要なのは、「この施設ではできない」と考えて冷却を止めてしまわずに、「いま、
3316 この場で安全に開始できる Active Cooling は何か」を考え、すぐに実行することで
3317 ある。

3318 そのためには、平時からの準備が不可欠である。熱中症患者を受け入れる可能性
3319 がある医療機関では、簡易プール、防水シート、バケツ、氷、冷水、送風機器、人
3320 員配置、モニタリング方法、搬送導線などを確認しておく必要がある。患者が来院
3321 してから方法を考えるのではなく、「どこで、誰が、何を使って、どのように冷却を
3322 始めるか」を事前に決めておくことが、実際の対応力を高める。

3323 「Cool First, Transport Second」は、搬送を遅らせるための言葉ではない。冷
3324 却を後回しにしないための言葉である。Ⅲ度・Ⅳ度の熱中症では、転院搬送調整、
3325 検査、合併症評価と並行して冷却を開始する。二次救急に求められるのは、救命救
3326 急センターと同じ設備を持つことではなく、熱中症を疑った瞬間に冷却を始める体
3327 制を持つことである。転院搬送までの時間を治療の空白にしないことが、地域の医
3328 療機関における重症熱中症診療の重要な役割である。

3329 文献

3330 1) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:
3331 https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.

17.

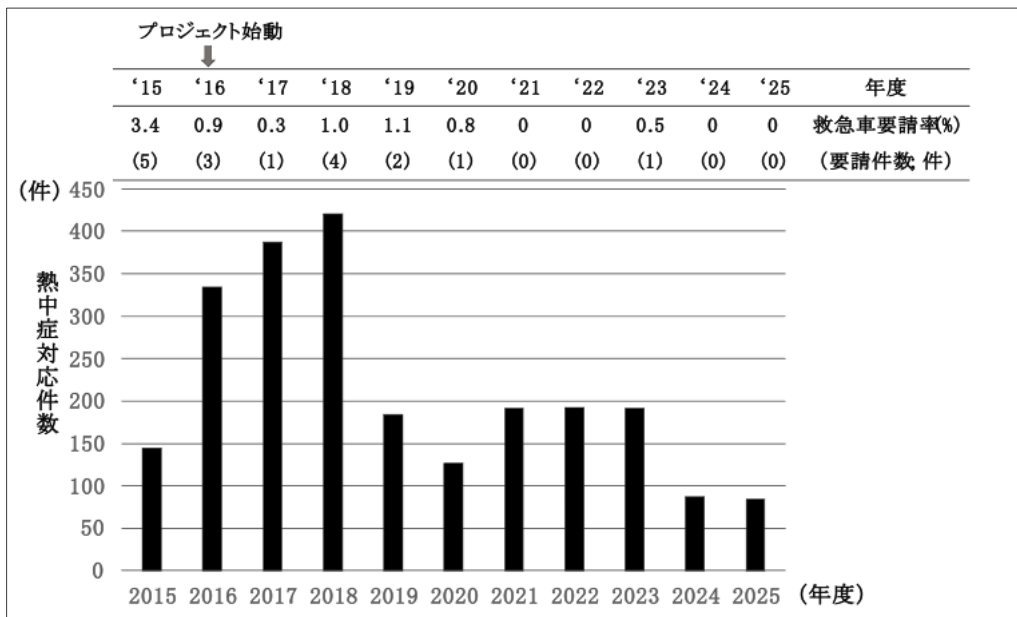
診療所などにおける労作性熱中症対応

井上聡子（警察共済組合兵庫県支部診療所芦屋分室）

1. 緒言

労作性熱中症（exertional heat stroke、以下 EHS）は比較的若年者に発症するが、多臓器不全から死にいたる可能性もあり、早期発見と Active Cooling を含む早期治療が不可欠とされる^{1, 2)}。診療所やクリニックなどの一次医療機関（以下、「診療所など」とする）においても、近隣での体育大会、部活動、暑熱環境での労働、などの際に体調不良を訴えて受診する患者に対し、適切な処置を行い、二次・三次医療機関への搬送の判断を求められることがある。しかしながら、診療所などの EHS 対応についてはエビデンスに基づいたマニュアルがなく、また EHS 対応は、時間、人手、設備の不足といった理由から、診療所などでは敬遠されがちである。

警察共済組合兵庫県支部診療所芦屋分室（以下、「当施設」とする）は、医師 1 名、看護師 1 名からなる兵庫県警察学校内の常設診療所である。警察官を対象とした内科診療、外傷対応など、一般診療所などと同様の診療を行いつつ、警察学校の訓練中に発生する EHS 対応を実施している。以前は当施設も時間、人手、設備の不足から、EHS 対応に苦慮していた。そこで、重症熱中症の減少を図るために、2016 年「兵庫県警察学校熱中症対策プロジェクト」（以下、「プロジェクト」とする）を立ち上げ、早期発見、早期治療を徹底した³⁾。その結果、熱中症搬送件数および救急車要請率はともに減少している（Figure.1）。本稿では、プロジェクトの内容を背景に、現場から診療所など、診療所などから二次・三次医療機関へ繋ぐ、EHS 診療および診療所などの役割について紹介する。



3357
3358
3359

Figure.1 ●当施設での熱中症対応件数（下段）および救急車要請率
（上段：カッコ内は要請件数）

3360 2. 診療所などにおける EHS 対応フロー

3361 診療所などでは深部体温測定や高度な Active Cooling の実施は困難である。
3362 また、人員やスペースに制限があることから、対応フローは可能な限りシンプル
3363 なものにする。

3364 本稿では、プロジェクトを基にした対応フローの一例を紹介する。

3365 1. EHS 診断と重症化の予測

3366 1. EHS の診断

3367 日本救急医学会によれば、熱中症は「暑熱環境における身体適応障害によっ
3368 て発生する状態の総称」と定義される⁴⁾。EHS の諸症状（めまい、頭痛、嘔気、
3369 四肢のしびれ、など）や高体温は、感染症、脳神経疾患、甲状腺クリーゼ、て
3370 んかん、消化器疾患などと鑑別が困難であるが、熱中症治療の遅れは死亡率上
3371 昇に繋がるため、体温上昇をきたす環境にいた可能性があれば、積極的に EHS
3372 を疑う¹⁾。

3373 2. バイタルサイン測定：腋窩体温、血圧、脈拍など

3374 自覚症状改善にも関わらずバイタルサインは異常を示すことがあるため、測

3375 定は必ず行う。反復して測定し、経時的な増悪傾向がないかも確認する。

3376 体温は原則深部体温の測定が必要であるが、プライバシー保護や設備・ス
3377 ペース不足などの理由から、診療所などで行うことは難しい。現実的な対応とし
3378 て、腋窩体温を測定することが多いと考えられる。しかしながら、腋窩体温は
3379 高温であれば EHS が疑われるが、低くても EHS を否定できないため、あくま
3380 で参考値とする。

3381 一方脈拍は、比較的安定して正確に測定できる。腋窩体温が高温でないにも
3382 関わらず頻脈が持続している場合は、EHS を疑う根拠の 1 つとなる。患者本人
3383 がウェアラブルデバイスを装着している場合、データの信憑性に関する明確な
3384 エビデンスは乏しいものの、脈拍の推移などを確認するには参考になる可能性
3385 がある。

3386 3. 重症化の予測

3387 診療所などを受診する EHS 患者の多くは、I～II 度の熱中症である。しか
3388 し、受診時は一見すると軽症のように見受けられるが、対応中に状態が悪化す
3389 ることがある。プロジェクトでは、急変の可能性を考慮しておくべき目安とし
3390 て、

3391 ①受診時に自力歩行不能である

3392 ②腋窩体温が 39℃以上ある

3393 ③意識の変調（普段と違う感じ）が認められる

3394 の 3 点を挙げている。「③意識の変調」とは、明らかな意識障害は認められない
3395 もの、普段の状態に比べて饒舌または無口、放心状態、あるいは表情・目つ
3396 き・まばたきの回数などに違和感がある、などの、微細な異常を示す。これら
3397 の異常は、診療所などのスタッフには判別困難なことが多いが、付き添いの家
3398 族や同僚などが違和感を申し出ることがあるため、患者本人だけでなく、周囲
3399 への聞き取りも大切である。①～③いずれかの徴候があれば、急変の可能性を
3400 想定し、状況により二次医療機関への搬送を考慮する。

3401 なおプロジェクトでは、「兵庫県警察学校方式トリアージ」として、①～③
3402 のいずれかを認めた場合を赤トリアージ、これ以外を黄トリアージと定め、オ
3403 リジナルのトリアージタグおよびこれと同色の T シャツ（トリアージ T シャツ）
3404 を作成し、教職員間で情報共有している（Figure.2）。これらの活用は患者の
3405 取り違え防止に有用であるだけでなく、赤トリアージの人数を一目で把握でき
3406 るという利点がある。トリアージタグおよび T シャツの活用は、一度に複数の
3407 EHS 患者が受診するような場面、例えばスポーツ大会や真夏の部活動、体育大



3409

3410

Figure.2●トリアージタグ（右）およびトリアージTシャツ（左：赤、中央、黄）

3411

2. 診療所などでの EHS 対応

3412

診療所などでの EHS 対応の基本は、冷却と輸液である。

3413

1. 冷却

3414

3415

3416

3417

3418

3419

3420

3421

原則は「Cool First, Transport Second」である。バイタルサイン測定と並行して、冷却を行う。最も推奨されているアイスバスは、診療所などでは設備面、人員面から実施が困難である。診療所などで実施可能かつ簡便な冷却は、まずクーラーでしっかり冷やすことである。同じ空間に他の患者やスタッフがいるためにクーラーを強くかけられない場合は、扇風機やサーキュレーターで冷気を循環させると効果的である。腋窩や鼠径の血管の保冷剤による冷却効果⁵⁾や、近年注目されている手掌・足底の血管冷却⁶⁾については、効果が小さい、あるいは限定的とされている。

3422

2. 輸液

3423

3424

3425

EHS の場合、大量の急速輸液が必要となることが多いが、診療所などでは、輸液の指標となる中心静脈圧が測定できない。したがって、血圧や脈拍を経時的に測定しながら、500～1,000 mL 程度を目安に行うのが現実的である。輸

3426 液には生理食塩水が使用されることが多いが、ナトリウム以外の電解質が含ま
3427 れていないこと、および EHS 患者では代謝性アシドーシスの可能性があること
3428 と、を根拠として、プロジェクトでは重炭酸リンゲル液 1,000 mL を 22G 静脈
3429 留置針で、40～60 分かけて滴下している。心機能に不安がある、あるいは中
3430 高年の労働者が対象の場合には、少しスピードを落として経過をみる。高齢者
3431 や重篤な基礎疾患のある患者では、入院加療が望ましい。また EHS 患者では、
3432 しばしば一過性高血糖から反応性低血糖を示す症例を経験することがあるため、
3433 可能であれば簡易血糖測定器で血糖をチェックし、必要に応じて 50%ブドウ糖
3434 液 50 mL 1～2 アンプルを点滴内に注入することで、症状改善につながるこ
3435 がある。

3436 3. 筋痙攣に対する対応：芍薬甘草湯

3437 EHS ではしばしば筋痙攣を生じる。反復・遷延する筋痙攣は CPK 上昇をき
3438 たり、著明な脱水によって横紋筋融解の発症につながることもある。そのため、
3439 EHS に伴う筋痙攣に対しては、芍薬甘草湯 7.5 g/日（急性期には 15 g/日使用
3440 可）を迅速に内服させたうえで⁷⁾、輸液を行う。

3441 4. 過呼吸に対する対応：二次・三次医療機関へ搬送

3442 EHS では、高体温や代謝性アシドーシス、運動による低酸素などに対する生
3443 理的反応として呼吸数が増加した結果、過呼吸を生じることがある。反復・遷
3444 延し、意識障害にいたることもあるため、二次・三次医療機関への早急な搬送
3445 が望ましい。

3446 5. どこまで検査を行うべきか

3447 人員、設備などを考慮して、可能な検査を行う。

3448 ■血液検査

3449 結果返却までに時間がかかり、その場での方針決定には直結しないが、翌日
3450 以降の経過フォローには有用である。

3451 肝機能（T-bil、AST、ALT）、電解質（Na、K、Cl、Ca、P）、腎機能
3452 （BUN、Cr、UA）、CPK、血清血糖値、白血球数、ヘマトクリット値など

3453 ■一般尿検査

3454 受診時には脱水のため尿が出ない場合もあり、治療を優先したほうがよい。
3455 一方、輸液終了後の尿検査は、改善の程度を把握するうえで有用である。

3456

■超音波検査（実施可能な場合）

3457

3458

Focused Cardiac Ultrasound (FoCUS)による心収縮能評価および下大静脈径測定はベッドサイドで実施可能で、輸液の量やスピードの目安となりうる。

3459

3. 帰宅後の指示

3460

3461

帰宅後の状態悪化を未然に防ぐため、注意事項を本人および家族などに伝えておく。

3462

3463

①生活上の注意：当日はめまいや立ちくらみが生じやすく、運動、運転、飲酒は避ける。

3464

②水分摂取：体重の減少率2%以下を目標として水分摂取を継続する⁸⁾。

3465

3466

③尿のチェック：翌朝までの無尿・乏尿および「尿カラーチャート」レベル3の持続は、再診または二次・三次医療機関を紹介する。

3467

3468

3469

④状態悪化時の指示：状態が悪化した際の連絡先（夜間・休日診療所、二次医療機関など）を伝えておく。電話#7119が利用できる地域では、この活用も有用である。

3470

4. 業務・運動復帰の指示

3471

3472

3473

3474

軽症～中等症のEHSでは復帰の目安のエビデンスがないため、重症熱中症の復帰プロトコルを参考とし⁹⁾、慎重に判断する必要がある。血液検査や尿検査を実施した場合には、数値の正常化を目安の1つとするが、激しい運動や業務への復帰は、1週間程度かけて様子を見つつ、段階的に行うようにする。

3475

5. 合併症

3476

軽症～中等症のEHSにおいても、下記の合併症に注意が必要である。

3477

1. 急性腎障害（acute kidney injury、以下AKI）

3478

3479

3480

3481

3482

3483

3484

3485

重症EHSにおいてAKIは、高頻度に認められ、将来、慢性腎疾患へ進行する可能性もあることが報告されている^{10、11)}。しかし、血清クレアチニン値上昇はeGFR低下を反映するが、上昇が確認された時点ではすでに腎機能低下が進行している可能性が高い¹²⁾。一方、L型脂肪酸結合蛋白（liver type fatty acid-binding protein、以下L-FABP）が、EHSにおけるAKIの早期検出に有用であることが報告されている^{13、14)}。また当施設での報告では、輸液により回復した初期EHSの55.6%に、尿中L-FABP値上昇が認められた¹⁵⁾。したがって、自覚症状に関わらず早期からAKI合併を想定した積極的な介

3486 入が必要であると考えられる。

3487 尿中 L-FABP 値は、医療用 POC キットを用いて診療所などでも 15 分で定
3488 性的評価を行うことが可能である。POC キットが陽性であれば AKI の徴候が
3489 あると考えられるため、翌日再診や二次・三次医療機関受診の指示を伝えるこ
3490 とが可能となる。ただし、POC キットが陰性でも AKI を完全に否定できるも
3491 のではないため、注意喚起は必要である。

3492 2. 横紋筋融解症

3493 重症 EHS では 16～31%に横紋筋融解症が合併し、AKI や DIC などのリス
3494 クとなる¹⁶⁾。また回復後も運動再開により横紋筋融解症が再燃する可能性も報
3495 告されている¹⁷⁾。EHS では連日の運動や労働により EHS 発症前からすでに筋
3496 損傷が生じている可能性がある。したがって、軽症～中等症の EHS であって
3497 も、横紋筋融解症が発症することがあり、注意が必要である。また、血清 CPK
3498 値は EHS 発症の 2～3 日後に急上昇することがあることにも注意する。横紋筋
3499 融解症は無症状のことが多く、「コーラ尿」と呼ばれる尿の異常が唯一の所見
3500 となることもあり、患者本人による尿の継続的な観察が重要である。また、自
3501 覚症状として筋肉痛を訴えることもあるが、「ただの筋肉痛」として見逃され
3502 やすいため注意が必要である。

3503 3. Tips

3504 1. 対応者の感染予防

3505 診療所などにおいては、EHS と感染症との迅速な鑑別は困難であることが多
3506 く、感染予防に留意して対応する必要がある。診療所などでは受付スタッフ、
3507 周囲の患者、家族などと EHS 患者の空間的距離確保が難しいことも多いため、
3508 遮蔽物などの配置も考慮する。

3509 2. EHS 患者の転倒予防

3510 受診時は軽症に思われた患者が、対応中に突然意識消失を起し転倒するこ
3511 とがある。患者本人の頭部外傷などの危険だけでなく、周囲の対応者や家族が
3512 巻き込まれる可能性があるため、一見意識が正常であってもまず安全な場所へ
3513 誘導し、家族や同行者に付き添いを依頼する。

3514 3. 寒気を訴える EHS 患者を診たとき

3515 EHS 患者の対応中に、「寒気・悪寒」を訴え、その後急速に意識状態が悪化
3516 するケースを経験する。寒気が熱中症と関連する明確なエビデンスはないが、
3517 熱中症の本態はサイトカイン放出による全身性炎症反応であると考えられてい
3518 ることから¹⁸⁾、体温調節機能破綻との関連や重症化の予兆の可能性も考えられ
3519 る。このようなケースに対し、どの程度まで冷却をすべきか慎重な判断を要す
3520 るが、本人の不快感の有無を確認しつつ可能な限り冷却を行い、二次・三次医
3521 療機関へ搬送する。

3522 4. コメント

3523 診療所などにおける EHS 対応は、現場と二次・三次医療機関の間をつなぐう
3524 えで、きわめて重要である。診療所などでは深部体温測定や高度な Active
3525 Cooling はできないが、診療所などだからこそできる、シンプルで簡便な対応
3526 がある。二次・三次医療機関へ搬送が必要となった場合も、診療所などで相応
3527 の EHS 対応が行われていれば、搬送後の治療効果を高められる可能性がある。
3528 「現場－診療所など－二次・三次医療機関」のネットワーク構築が、EHS 重症
3529 化リスクの低減に寄与すると考えられる。

3530 文献

- 3531 1) Epstein Y, Yanovich R: Heatstroke. *N Engl J Med*. 2019; 380: 2449-59.
- 3532 2) O'Connor FG: Sports Medicine: Exertional Heat Illness. *FP Essent*. 2019; 482: 15-19.
- 3533 3) 井上聡子, 宮家麻希子: 病院前診療における労作性熱静中症重症化阻止の取り組み－兵庫県警察
3534 学校熱中症対策プロジェクト－. *日本臨床救急医学会雑誌*. 2021; 24: 555-61.
- 3535 4) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:
3536 https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 3537 5) Casa DJ, McDermott BP, Lee EC, et al: Cold water immersion: the gold standard for
3538 exertional heatstroke treatment. *Exerc Sport Sci Rev*. 2007; 35: 141-9.
- 3539 6) Iwashita M, Chaen Y, Yanaoka T, et al: Cold water immersion of the hand and forearm
3540 during half-time improves intermittent exercise performance in the heat. *Front Physiol*.
3541 2023; 14: 1143447.
- 3542 7) 中永士師明: 熱中症に付随した有痛性痙攣に対する芍薬甘草湯の治療経験. *日本東洋医学雑誌*.
3543 2013; 64: 177-83.
- 3544 8) Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, et al: Exercise and fluid replacement. *Med Sci
3545 Sports Exerc*. 2007; 39: 377-90.
- 3546 9) Roberts WO, Armstrong LE, Sawka MN, et al: ACSM Expert Consensus Statement on
3547 Exertional Heat Illness: Recognition, Management, and Return to Activity. *Curr Sports*

- 3548 Med Rep. 2023; 22: 134-49.
- 3549 10) Wu M, Wang C, Liu Z, et al: Clinical Characteristics and Risk Factors Associated With
3550 Acute Kidney Injury Inpatient With Exertional Heatstroke: An Over 10-Year Intensive
3551 Care Survey. *Front Med (Lausanne)*. 2021; 8: 678434.
- 3552 11) Zhao JJ, Leyva EW, Wong KA, et al: Heat Stress and Determinants of Kidney Health
3553 Among Agricultural Workers in the United States: An Integrative Review. *Int J Environ
3554 Res Public Health*. 2025; 22: 1268.
- 3555 12) Waikar SS, Bonventre JV: Creatinine kinetics and the definition of acute kidney injury.
3556 *J Am Soc Nephrol*. 2009; 20: 672-9.
- 3557 13) Goto H, Shoda S, Nakashima H, et al: Early biomarkers for kidney injury in heat-
3558 related illness patients: a prospective observational study at Japanese Self-Defense
3559 Force Fuji Hospital. *Nephrol Dial Transplant*. 2023; 38: 644-54.
- 3560 14) Goto H, Ishikiriyama T, Oe K, et al: Liver fatty acid-binding protein point-of-care
3561 testing detects heat-induced organ damage: a pilot study in Japanese male self-defense
3562 force personnel. *Sci Rep*. 2025; 15: 7197.
- 3563 15) 井上聡子, 宮家麻希子, 神田潤, 他: 初期労作性熱中症における血液検査および尿検査所見に
3564 関する臨床的特徴—尿中 L 型脂肪酸結合蛋白と炎症性マーカーならびに凝固異常との関連—. *日本
3565 臨床救急医学会雑誌*. 2026; 29: 54-63.
- 3566 16) Kruijt N, van den Bersselaar LR, Hopman MTE, et al: Exertional Heat Stroke and
3567 Rhabdomyolysis: A Medical Record Review and Patient Perspective on Management
3568 and Long-Term Symptoms. *Sports Med Open*. 2023; 9: 33.
- 3569 17) Yoshizawa T, Omori K, Takeuchi I, et al: Heat stroke with bimodal rhabdomyolysis: a
3570 case report and review of the literature. *J Intensive Care*. 2016; 4: 71.
- 3571 18) Bouchama A, Knochel JP: Heat stroke. *N Engl J Med*. 2002; 346: 1978-88.

18.

公衆衛生的視点から見た熱中症死亡率低

下の構造的解釈と Active Cooling の社

会的インパクト

須田千秋 (群馬大学)

1. 本稿の目的と位置づけ

本稿は、日本救急医学会 熱中症・低体温症委員会が策定する『Active Cooling 実践の手引き (2025 年版)』の公衆衛生・疫学パートである。近年、熱中症による救急搬送者数は増加する一方、症例数に対し死亡者数は減少しており、単純な気象条件のみならず医療体制や社会的介入を含めた複合的要因の関与が考えられる。本稿では、この背景について公衆衛生・疫学的観点から検討を行う。

具体的には以下の 3 点を中心とする。

・本邦における熱中症死亡・重症搬送の疫学的推移

・ガイドライン改訂・労働安全規制・電力補助などの政策介入の概要とタイムライン

・死亡率に影響しうる対立仮説

特に、気象条件、社会的介入、救急医療体制、発症後介入 (Active Cooling)

それぞれの寄与可能性を整理し、利用可能な疫学データおよび臨床エビデンス

との整合性を検討する。

3593 本稿の論理構造

- 3594 ①死亡割合の低下は示唆されている（搬送数・重症例数は減っていない）
3595 ②気象要因のみでは説明困難である（高温環境は継続している）
3596 ③社会的介入は 2025 年時点では過渡期であり、全国的効果は未検証である
3597 ④発症後介入（Active Cooling）の寄与可能性について検討する

3598 2. 疫学的背景

3599 1. 死亡者数・搬送者数の推移

3600 日本では毎夏、熱中症による死亡・重症事例が多数発生する。厚生労働省の
3601 人口動態統計¹⁾（ICD-10：T67）によれば、死亡者数は気象条件により年次変
3602 動が大きく、猛暑年には急増する。以下、消防庁²⁾による救急搬送者数と搬送
3603 時死亡（初診時に死亡が確認された者）と併せて検討する。記録的猛暑となっ
3604 た 2018 年は死亡者数 1,581 人、搬送 95,137 人を記録した^{1, 2)}。2024 年は、
3605 気象庁の統計開始（1898 年）以来、全国の年平均気温が最高を記録し、死亡
3606 者数は 2,160 人¹⁾と史上最多に達した。

3607 2025 年（速報段階）^{2, 3)}は、前年と比較して搬送者数・重症例数は増加した
3608 にもかかわらず、死亡者数は低下している可能性が示唆されている。この「搬
3609 送増・死亡減」のパターンは、従来の気象依存的な変動のみでは説明しにくい
3610 (Table.1)。

年	救急搬送者数 (消防庁)	搬送時 死亡数 (消防庁)	死亡者数 (厚労省)	職場における 死傷者数 (厚労省)	特記事項
2018	95,137	160	1,581	1,178 (死亡 28)	記録的猛暑
2022	71,029	80	1,477	827 (死亡 30)	比較的涼しい夏
2023	91,467	107	1,651	1,106 (死亡 31)	7 月： 平年比+1.9°C超
2024	97,578	120	2,160	1,257 (死亡 31)	4 月・7 月： 観測史上最高気温
2025	100,510	117	1,604 (概数)	1,681 (死亡 15)	本稿の主題

(速報値)

3611 Table.1●熱中症死亡・搬送者数の推移と死亡割合（主要年）

3612 厚生労働省人口動態統計、消防庁救急搬送データ（速報）を基に作成。2025 年は概数であり確
3613 定値ではない。

3614 ※「死亡割合」は搬送数/死亡数ベースのため、人口動態統計の死亡者数との直接対応に注意
3615 （死亡診断書ベースの定義差あり）。

3616 2. 評価指標としての症例致死割合（case fatality proportion：CFP）

3617 死亡者数の単純比較は気象変動の影響を強く受けるため、搬送者数あるいは
3618 重症例数に対する死亡の割合により医療介入効果を評価することが疫学的に望
3619 ましい。一般的に症例致死割合（以下 CFP）は感染症をはじめ様々な疾患の疫
3620 学調査において重症度や予後を評価する指標として用いられる⁴⁾が、本稿では
3621 その考え方を熱中症に応用する。

3622 CFP の解釈にも以下の注意が必要である。

3623 ・分母の変化：軽症例の積極搬送が進めば搬送数が増加し、CFP が見かけ上低
3624 下する

3625 ・分子の変化：死亡診断書上の「熱中症」「老衰」記載の変化が死亡統計に影響
3626 する

3627 ・定義の非一貫性：消防庁の「重症」定義と厚労省の死亡統計の間には乖離が
3628 あり、年次比較に注意を要する

3629 これらを踏まえたうえで、「搬送数・重症例数が増加している一方で死亡が
3630 減少している」という観察は、発症後介入の影響を反映している可能性も否定
3631 できない。ただし、この「死亡減少」の解釈には慎重さが必要である。以下の
3632 複合要因が同時期に集積していることを認識しなければならない。

3633 3. ガイドライン改定、政策介入などの概要とタイムライン

3634 1. ガイドライン改訂

3635 2024 年、日本救急医学会は『熱中症診療ガイドライン 2024』⁵⁾を策定した。
3636 2006 年から継続してきた全国規模の重症熱中症サーベイランス（HsS）を基盤
3637 として、2015 年ガイドラインを約 10 年ぶりに改訂したものである。

3638 なお、集学的治療の一部として積極的冷却（Active Cooling）の実施自体は
3639 強く求められるものの、特定の冷却手法を強く推奨する記載はなく、状況に応
3640 じた選択を推奨している。

3641 2. 労働安全衛生規制の強化

3642 2024年の職域熱中症死亡31人⁶⁾（2022年30人、2023年31人）・職場で
3643 の熱中症死傷者1,257人（過去最多）を受け、厚生労働省は労働安全衛生規則
3644 を改正し、2025年6月1日より施行した（第612条の2新設⁷⁾）。

3645 主な規制内容は以下のとおりである。

- 3646 ・湿球黒球温度（wet bulb globe temperature、以下WBGT）⁸⁾ 28℃以上また
3647 は気温31℃以上の環境下で、連続して1時間を超える、または1日の合計作
3648 業時間が4時間を超えることが見込まれる作業を行う場合に熱中症予防措置
3649 を義務化
- 3650 ・違反事業者には6カ月以下の拘禁刑または50万円以下の罰金が科される（労
3651 働安全衛生法第119条）⁹⁾
- 3652 ・報告体制の整備と周知、緊急対応手順（作業離脱や身体冷却、救急搬送など）
3653 の策定と、現場の全作業員への周知

3654 3. その他の政策介入

- 3655 ・WBGT連動熱中症アラート：2020年より全国58予報区で運用（環境省・気
3656 象庁）
- 3657 ・熱中症対策実行計画（2023年5月）：2030年までに熱中症死亡者数半減の目
3658 標設定
- 3659 ・診療報酬改定（2025年度）：中心静脈留置型体温調節装置・ウォーターパッ
3660 ド特定加温装置の収載
- 3661 ・地方自治体による独自の支援：高齢者・困窮世帯などを対象とした、夏季の
3662 電気料金補助やエアコン購入・設置費用の助成（東京都各区、大阪市、名古
3663 屋市など）

3664 4. 代替仮説の検討：死亡割合低下をどう解釈するか

3665 「死亡割合低下」の原因として、気候条件の改善や各種社会的介入が考えら
3666 れる。しかし現時点のデータに照らすと、いずれも主要因として説明するには

3667 限界がある。各仮説を検討する (Table.2)。

3668 1. 軽症例の積極搬送

3669 消防庁年報における傷病程度別割合によると、熱中症疑い搬送²⁾全体におけ
3670 る軽症の割合は62.2% (2021年)、67.2% (2023年)、63.1% (2025年)と
3671 推移している。2025年に特異的な軽症偏重が生じているわけではなく、「軽症
3672 例の積極搬送のみ」による死亡割合低下では説明しにくい。直近5年は軽症と
3673 中等症とで全体の95%程度を占めており概ね変わっていない。

3674 2. 気象条件の変化

3675 2025年は気象庁データによれば真夏日(最高気温30℃以上)の日数は前年
3676 と同等か増加しており、熱中症発生リスクとなる高温環境は継続している。健
3677 常成人では高温曝露による季節性暑熱順化¹⁰⁾が報告されており、6月の高温曝
3678 露が暑熱順化を促進しその後の熱ストレス応答に影響した可能性は否定できな
3679 い。ただし、2025年は7~8月の搬送者数自体は増加しており、熱中症発生リ
3680 スクそのものが低下したことを示唆する所見ではない。少なくとも現時点で利
3681 用可能な全国データからは、気象条件のみで死亡率低下を十分説明することは
3682 難しい。

3683 3. 労働安全衛生規制の強化

3684 労働安全衛生規則の改正(罰則付き義務化)は2025年6月1日施行であり、
3685 2025年夏全体への効果が現れるにはまだ過渡期である。また、規制の対象は
3686 主に労働者(建設、農林水産、清掃、製造、サービス業など)であり、熱中症
3687 死亡の多くを占める在宅高齢者の死亡抑制には直接連動しない。

3688 職域熱中症死亡への効果は今後の検証課題だが、現時点で全国死亡者数全体
3689 の変化を単独で説明するには限界がある。

3690 4. 電力補助・エアコン普及策

3691 東京・大阪などでエアコン設置補助が実施されているが、高齢者の在宅エア
3692 コン使用率・実際の運用状況への全国的な波及を示すデータはまだ不十分であ
3693 る。また2025年夏は経済産業省による節電要請が見送られ、在宅使用を妨げ
3694 る要因は減少したものの、設置済みエアコンが十分活用されていない可能性も
3695 指摘されており、行動変容への効果測定が先決である。

3696 5. 死亡診断書記載の変化

3697
3698
3699
3700

高齢者の熱中症死亡が「老衰」として記載されうるなど死亡診断書上の死因選択が年次比較に影響すると、死亡統計のカウント自体が変化している可能性がある。この仮説は、地域別・年齢別のサンプル監査によってのみ検証可能であり、現時点では確認できない。

仮説・要因	現状の評価	概要	検証に必要なデータ
軽症例の積極搬送	× 説明困難	軽症割合は増えていない	月次搬送・死亡データ
気象条件の改善	× 説明困難	真夏日増加・搬送増と矛盾	月次 WBGT + 月次搬送・死亡データ
暑熱順化（6月高温）	△ 部分的に可能性あり	搬送者数増加と整合しにくい	月別層別分析（初夏 vs 盛夏）
労働安全衛生規制強化（2025年6月1日施行）	△ 過渡期	対象範囲限定・施行直後	業種別職域死亡の年次変化
電力補助・エアコン普及	△ 不確定	実際の使用行動への波及不明	在宅高齢者エアコン使用率調査
死亡診断書記載の変化	△ 要検証	統計バイアスとして無視できない	地域別・年齢別診断書サンプル監査
Active Cooling の普及	○ 有力仮説	客観的普及率データが乏しい	HsS・NDB レセプト・施設調査

3701
3702

× ほぼ否定的、△ 不確定・限定的、△ 要検証、○ 現時点で最も説明力が高い仮説。
Table.2 ● 代替仮説の評価一覧

3703

5. Active Cooling 普及に向けて

3704

1. 普及の根拠に関する問題

3705
3706
3707
3708
3709
3710
3711

Active Cooling が死亡率低下を説明しうる^{11、12)}有力な仮説である可能性は高いが、全国レベルでの Active Cooling 実施率の推移を直接評価できるデータは存在せず、その普及を直接示すデータは現時点では乏しい。『熱中症診療ガイドライン 2024』は集学的治療を「弱推奨」にとどめており、特定冷却法の明確な推奨はない。一方で、新聞報道などでの「即時冷却」報道は認知を高め、施設・救急隊員・市民レベルでの実施率が実質的に向上した可能性がある。ガイドラインの「弱推奨」だけでは現場の実施格差が埋まらず、具体的な手

3712 技・判断基準・施設別プロトコルを提示する本手引きは、現場における実施格
3713 差を縮小するための実践的ツールとして期待される。重症熱中症に対する適切
3714 な対応を全国的に標準化するためにも、迅速に本手引きを普及させることが望
3715 まれる。

3716 2. 「Cool First, Transport Second」原則の公衆衛生的意義

3717 院前救護段階での冷却（Cool First, Transport Second）^{12、13}は、院内到着
3718 前に冷却を開始することで体温正常化までの時間を短縮する。冷却開始の遅延
3719 が死亡・後遺症の主要リスク因子であることは複数の報告から支持されており
3720 院前・院内を通じた連続的な Active Cooling 体制の構築こそが死亡率低下に
3721 寄与しうる重要な基盤である。

3722 この原則の社会実装にあたっては、救急隊員・職場管理者・市民いずれの段
3723 階でも「冷却を先に行う」という行動規範の定着が必要であり、本手引きの普
3724 及と並行した教育・訓練活動が求められる。

3725 6. 今後の課題：現状と必要なデータ

- 3726 ・2025年は搬送増・死亡減の傾向が速報段階で示唆されている。
- 3727 ・気象条件の改善や社会的介入のみでは、現時点での死亡減少を十分説明でき
3728 ない。
- 3729 ・臨床エビデンスは Active Cooling の死亡率低下効果^{11、12}を重症例で支持す
3730 る。
- 3731 ・ガイドラインの弱推奨と現場の実施格差が残存しており、本手引きがそのギ
3732 ャップを埋める。
- 3733 　ただし、全国レベルでの Active Cooling 実施率や個票レベルの介入情報は
3734 現時点で十分整備されておらず、本稿の議論は主として生態学的・時系列的推
3735 論に基づくものである。そのため個人レベルでの因果関係を直接証明するもの
3736 ではない。

3737 7. まとめ

3738 現時点では速報データの解釈段階にあり断定的な因果推論には慎重を要する
3739 が、利用可能な臨床エビデンスおよび疫学データは、Active Cooling の重要性

3740 と整合的である。この知見により、迅速に本手引きを現場へ普及させることは
3741 公衆衛生上も合理的である。

3742 発症数・重症例数が減少していない状況で死亡率低下が示唆される場合、発
3743 症後介入は、その変化を説明しうる重要な要因の一つと考えられる。まずは本
3744 手引きに従い、適切な Active Cooling を確実に実施する体制を整えることを
3745 推奨する。そのうえで、労働安全対策・高齢者対策などの公衆衛生的介入につ
3746 いても継続的にデータを蓄積し、効果を検証していくことが望まれる。

3747 文献

- 3748 1) 厚生労働省: 人口動態統計月報 (概数) (令和 7 (2025) 年 9 月分) 2026 年 2 月 3 日公表。
3749 Available online at:
3750 <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/m2025/09.html>. Accessed
3751 June 19, 2026.
- 3752 2) 総務省消防庁: 夏期における熱中症による救急搬送人員の調査. 過去のデータ一覧. Available
3753 online at: <https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post4.html>. Accessed June 19,
3754 2026.
- 3755 3) 厚生労働省: 2025 年 (令和 7 年) 職場における熱中症による死傷災害の発生状況 (速報値)
3756 2026 年 2 月公表. Available online at:
3757 <https://www.mhlw.go.jp/content/11303000/001662461.pdf>. Accessed June 19, 2026.
- 3758 4) Lipsitch M, Donnelly CA, Fraser C, et al: Potential Biases in Estimating Absolute
3759 and Relative Case-Fatality Risks during Outbreaks. PLoS Negl Trop Dis. 2015; 9:
3760 e0003846.
- 3761 5) 日本救急医学会: 熱中症診療ガイドライン 2024. Available online at:
3762 https://www.jaam.jp/info/2024/files/20240725_2024.pdf. Accessed June 19, 2026.
- 3763 6) 厚生労働省: 2024 年 (令和 6 年) 職場における熱中症による死傷災害の発生状況 (確定値)
3764 2025 年 5 月 30 日公表. Available online at:
3765 https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_58389.html. Accessed June 19, 2026.
- 3766 7) 厚生労働省: 産業安全衛生規則の一部を改正する省令 (令和 7 年厚生労働省令第 57 号) 2025
3767 年 4 月 15 日公布, 6 月 1 日施行. Available online at:
3768 https://neccyusho.mhlw.go.jp/pdf/2025/r7_ministerial_ordinance.pdf. Accessed June
3769 19, 2026.
- 3770 8) Lemke B, Kjellstrom T: Calculating workplace WBGT from meteorological data: a
3771 tool for climate change assessment. Ind Health. 2012; 50: 267-78.
- 3772 9) 厚生労働省: 労働安全衛生法 第 119 条, 労働安全衛生規則 第 612 条の 2. Available online
3773 at: <https://laws.e-gov.go.jp>. Accessed May 1, 2026.
- 3774 10) Brown HA, Topham TH, Clark B, et al: Seasonal Heat Acclimatisation in Healthy
3775 Adults: A Systematic Review. Sports Med. 2022; 52: 2111-28.
- 3776 11) Kanda J, Nakahara S, Nakamura S, et al: Association between active cooling and
3777 lower mortality among patients with heat stroke and heat exhaustion. PLoS One.
3778 2021; 16: e0259441.

- 3779 12) Filep EM, Murata Y, Endres BD, et al: Exertional Heat Stroke, Modality Cooling
3780 Rate, and Survival Outcomes: A Systematic Review. Medicina (Kaunas). 2020; 56:
3781 589.
- 3782 13) Eifling KP, Gaudio FG, Dumke C, et al: Wilderness Medical Society Clinical Practice
3783 Guidelines for the Prevention and Treatment of Heat Illness: 2024 Update.
3784 Wilderness Environ Med. 2024; 35: 112S-127S.

3785 本稿の PubMed 検索式

- 3786 【Active Cooling と死亡率】^{11、12)}
3787 (("heat stroke"[MeSH] OR "heat stroke"[tiab]) AND ("cooling"[tiab] OR "active
3788 cooling"[tiab] OR "cold water immersion"[tiab]) AND ("mortality"[tiab] OR
3789 "survival"[tiab])) AND ("2015/01/01"[PDAT]:"3000"[PDAT])
- 3790 【疫学的手法】⁴⁾
3791 ("case fatality"[tiab] OR "case-fatality"[tiab]) AND
3792 ("bias"[tiab] OR "estimation"[tiab]) AND
3793 ("outbreak"[tiab] OR "epidemic"[tiab] OR "surveillance"[tiab])
- 3794 【気候変動、暑熱順化、WBGT】^{8、10、13)}
3795 ("heat acclimatisation"[tiab] OR "heat acclimatization"[tiab] OR
3796 "WBGT"[tiab] OR "wet bulb globe temperature"[tiab]) AND
3797 ("seasonal"[tiab] OR "meteorological"[tiab] OR "climate"[tiab]) AND
3798 ("2012/01/01"[PDAT]:"3000"[PDAT])

19.

3800

3801

2023～2025 年の記録的高温下における

3802

熱中症死亡数

3803

：モデル予測と観測値の比較

3804

柿沼 薫 (東北大学)

3805

3806

3807

3808

2023～2025 年は、全国的に夏季気温アノマリー（基準期間からの気温偏差。詳細は後述）が高く、特に 2025 年は 1980 年以降の本解析データで最高値を記録した。1995～2022 年の市区町村別熱中症死亡データに基づくモデルからは、このような高温条件下では死亡数の増加が予測された。

3809

3810

3811

3812

しかし、実際の観測死亡数はモデルの予測平均を下回っており、特に 2025 年では高温の程度に比して死亡数が抑えられていた可能性がある。この結果は、近年の医療・救急対応、Active Cooling、社会的注意喚起、行動変容などが、熱中症死亡リスクの抑制に寄与した可能性を検討する上で重要な示唆を与える。

3813

3814

3815

一方で、本解析は個別の対策効果を直接推定したものではないため、因果的解釈には留意が必要である。今後は、地域ごとの予防対策などの情報と組み合わせることで、高温下で死亡数が抑制された要因をより詳細に検討する必要がある。

3816

1. 目的と分析の枠組み

3817

3818

3819

3820

本章では、2023～2025 年の夏季気温が近年でも高い水準にあったことを示した上で、1995～2022 年の全国市区町村別熱中症死亡データに基づいて構築した階層ベイズ時空間モデルを用い、気温アノマリーの変化から期待される予測死亡数と実際の観測死亡数を比較する。これにより、高温条件下において熱

3821 中症死亡数が過去の気温・人口構造と死亡リスクの関係から期待される水準と
3822 比べてどの程度であったかを評価した。モデルの詳細については「3. モデルの
3823 概要」に示す。

3824 2. 使用データ

3825 解析には、全国の市区町村単位で整備した熱中症死亡数、人口、高齢者割合、
3826 気温、地価のデータを用いた。モデル構築には 1995～2022 年のデータを使用
3827 し、2023～2025 年については、同モデルに基づく予測死亡数と観測死亡数を
3828 比較した。

3829 熱中症死亡数は、人口動態統計に基づく市区町村別の死亡数を用いた¹⁾。対
3830 象は、死因コード T67 (ICD-10)として分類された死亡であり、1995～2022
3831 年のデータをモデル推定に用いた。

3832 人口データとして、国勢調査の市区町村別の総人口および 65 歳以上人口を
3833 用いた²⁾。総人口は死亡数の期待値を計算するための人口規模として扱い、65
3834 歳以上人口割合は熱中症死亡リスクに影響する人口構造の指標としてモデルに
3835 含めた。

3836 気象データには、農研機構の農業気象メッシュデータを用いた³⁾。各市区町
3837 村について、6 月から 8 月の夏季平均気温を算出し、1980～1994 年を基準期
3838 間として標準化した夏季気温アノマリーを作成した。夏季気温アノマリーは、
3839 各年の夏季気温が基準期間の平均気温からどの程度乖離していたかを示す標準
3840 化指標であり、正の値は基準期間より高温、負の値は低温であったことを示す。

3841 また、社会経済的条件および都市化の代理指標として、国土交通省の地価デ
3842 ータを用いた⁴⁾。地価は対数変換したうえで標準化し、モデルの調整変数とし
3843 て含めた。

3844 3. モデルの概要

3845 市区町村ごとの年間熱中症死亡数を対象として、階層ベイズ時空間 Poisson
3846 モデル(INLA)を構築した。モデルでは、市区町村ごとの人口規模を考慮した
3847 うえで、夏季気温アノマリー、高齢者割合、地価を説明変数として含めた。さ
3848 らに、地域ごとのリスク差を表す空間効果、全国的な年次変動を表す時間効果、
3849 地域ごとに異なる時間変化を表す空間-時間相互作用を考慮した。

3850 1995～2022 年の解析では、夏季気温アノマリーと高齢者割合が、いずれも

3851 熱中症死亡リスクの上昇と関連していた。夏季気温アノマリーが 1 SD、約
3852 0.65°C高い場合、熱中症死亡リスクは42%高くなると推定された。また、市区
3853 町村の 65 歳以上人口割合が 10 パーセントポイント高い場合、死亡リスクは
3854 24%高くなると推定された (Kakinuma and Inoue, submitted) ⁵⁾。

3855 2023~2025 年の予測にあたっては、高齢者割合および地価は 2022 年の値
3856 で固定し、人口は直近 5 年の傾向に基づき線形外挿した。全国的な年次変動を
3857 表す時間効果 (RW1) は、直近の平均的なリスク水準を反映するため、2017
3858 ~2022 年の事後平均値で固定した。一方、地域ごとに異なる時間変化を表す
3859 空間-時間相互作用は、将来値の安定的な外挿が困難であるため、予測には含
3860 めなかった。これにより、2023~2025 年の予測死亡数は、2022 年時点の高齢
3861 者割合および地価を固定し、人口規模のみを外挿した条件下で、各年の気温ア
3862 ノマリーを反映した期待死亡数を示す。各市区町村で推定された予測死亡数を
3863 全国で合計し、年ごとの全国予測死亡数として観測死亡数と比較した。

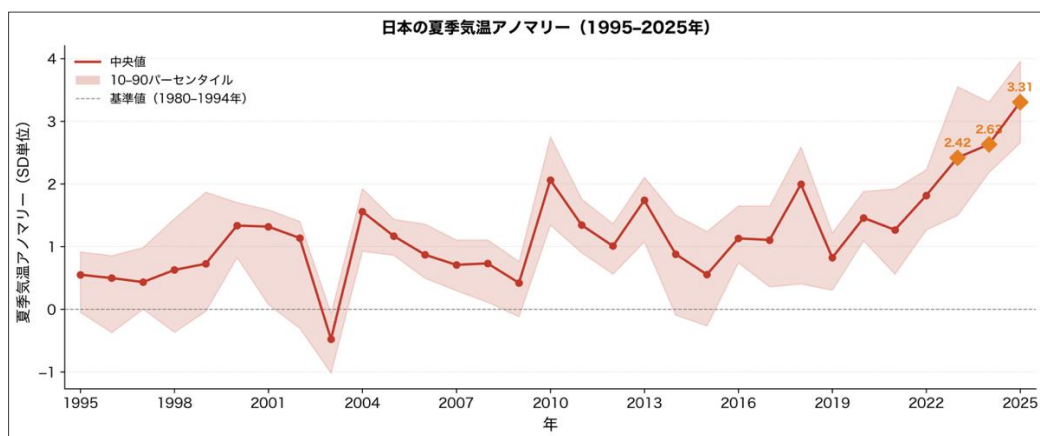
3864 4. 2023~2025 年の夏季気温アノマリー

3865 2023 年、2024 年、2025 年はいずれも、過去と比較して夏季気温アノマリ
3866 ーが高い年であった (Figure.1)。全国の市区町村中央値で見ると、夏季気温ア
3867 ノマリーは 2023 年に 2.42 SD、2024 年に 2.63 SD、2025 年に 3.31 SD であ
3868 り (1 SD \approx 0.65° C、1995~2022 年データに基づく)、特に 2025 年は 1980
3869 年以降の観測で最高値を記録した。この結果は、気象庁が 2025 年夏を 1898 年
3870 の統計開始以降で最も高温の夏と報告していることとも整合する ⁶⁾。

3871 時系列で見ると、近年は夏季気温アノマリーが高い年が増加しており、2023
3872 ~2025 年は 3 年連続で高い水準にあった。このことから、2023 年以降は、連
3873 続した高温条件下にあったと位置づけられる。

3874 気温アノマリーの空間分布をみると、2023 年は東日本を中心に高温域が広
3875 がり、2024 年はやや拡大した (Figure.2)。2025 年はこれをさらに上回り、北、
3876 西、東日本を含む広範囲の市区町村で高いアノマリーが観測された。

3877 以上より、2023~2025 年は、モデルの推計上、熱中症死亡リスクが高まり
3878 やすい気象条件にあったと考えられる。



3879

3880

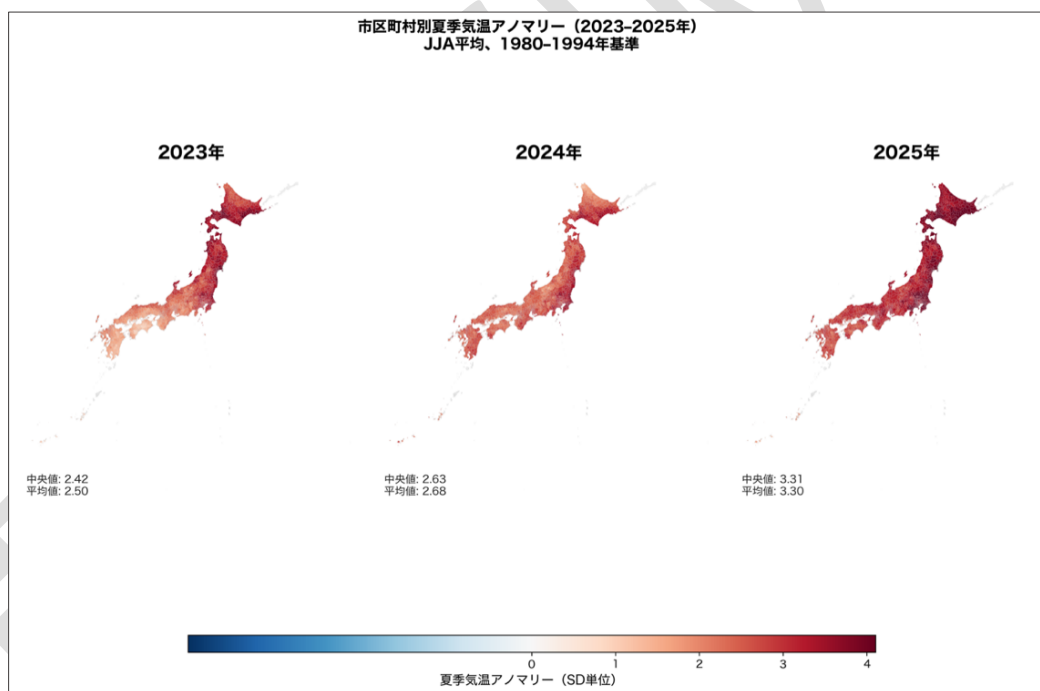
3881

3882

Figure.1 ● 1995～2025 年の夏季気温アノマリーの推移

赤線：市区町村別 6～8 月平均気温の標準偏差アノマリー（1980～1994 年基準）の全国中央値。

赤リボン：10～90 パーセンタイル。オレンジプロット：2023～2025 年の値。



3883

3884

Figure.2 ● 2023～2025 年の市区町村別夏季気温アノマリー

3885

5. 主結果：予測死亡数と観測死亡数の比較

3886

3887

3888

3889

1995～2022 年のデータから推定したモデルを用いて、高齢者割合および地価を 2022 年時点で固定し、人口規模を外挿したうえで、各年の気温アノマリーを反映した予測死亡数を算出し、2023 年、2024 年、2025 年の観測死亡数と比較した。

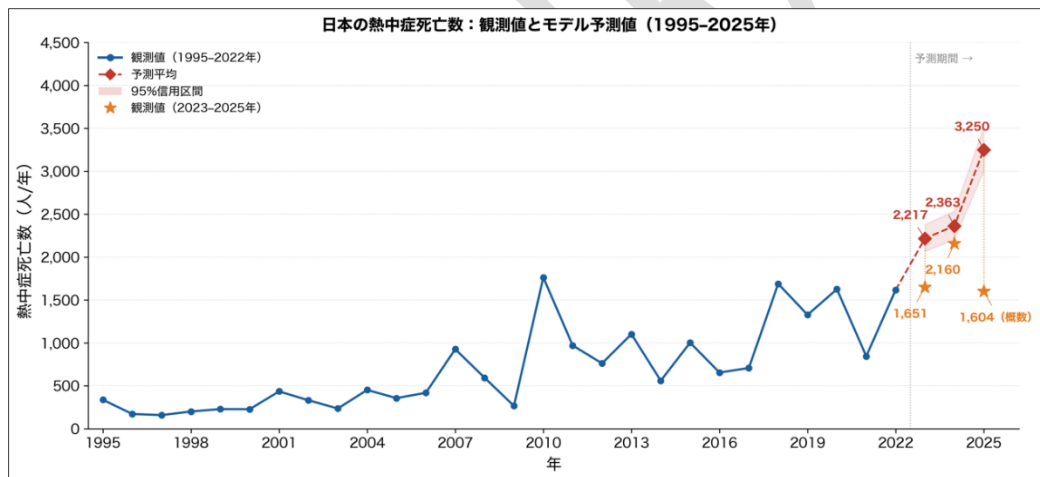
3890

モデル予測では、2023～2025 年はいずれも高温条件を反映して、熱中症死

3891 亡数の増加が予測された (Figure.3)。特に 2025 年は、夏季気温アノマリーが
3892 最も高かったため、予測死亡数も高い水準となった。

3893 一方で、実際の観測死亡数は、3 年ともモデルの予測平均を下回った
3894 (Figure.3)。厚労省による熱中症による死亡数 (人口動態統計に基づく) は
3895 2023 年に 1,651 人、2024 年に 2,160 人であり、2025 年は概数で 1,604 人で
3896 あった⁷⁾。

3897 2023~2025 年は気象条件としては非常に高リスクであったにもかかわらず、
3898 実測値はいずれも予測値を下回っていた。特に 2025 年は、夏季気温アノマリ
3899 ーが最も高かったにもかかわらず、観測死亡数は予測平均を大きく下回った。
3900 このことは、2025 年の死亡数が、過去の気温・人口構造と死亡リスクの関係
3901 から期待される水準よりも低く抑えられていた可能性を示す。



3902 図 3 ● 2023~2025 年の熱中症死亡数：モデル予測値と観測値の比較
3903 青線：1995~2022 年の観測値。赤破線・赤シェード：予測平均および 95%信用区間。オレンジ
3904 印：2023~2025 年の観測値 (2025 年は概数)。
3905

3906 6. 考察と解釈上の注意

3907 2023~2025 年の観測死亡数がモデルの予測平均を下回ったことは、近年の
3908 高温条件下において、死亡リスクが一定程度抑制されていた可能性を示す重要
3909 な所見である。

3910 この乖離には、医療・救急対応、Active Cooling を含む熱中症診療の改善、
3911 社会的注意喚起、冷房利用、暑熱への行動変容、地域での予防対策など、複数の
3912 要因が関与している可能性がある。特に、予測死亡数よりも観測死亡数が低
3913 かったことは、これらの対策が死亡リスクの抑制に寄与した可能性を検討する
3914 上で重要な所見である。

3915 ただし、本解析は観察データに基づくモデル予測と観測値の比較であり、個
3916 別の介入効果を直接推定したものではない。そのため、本結果から特定の対策
3917 が死亡数を減少させたと断定することはできない。本結果は、高温条件下で予
3918 測される死亡数より、実際の死亡数が抑えられていた可能性を示すものとして
3919 解釈する必要がある。

3920 今後は、医療対応、地域ごとの予防対策などの情報と組み合わせることで、
3921 高温下で死亡数が抑制された要因をより詳細に検討する必要がある。また、
3922 2025 年の観測死亡数は現時点では概数であり、確定値が得られた時点で改め
3923 て評価を行う必要がある。さらに、2025 年国勢調査の結果が公表された際に
3924 は、高齢者割合および人口データを更新したうえで予測を再計算することが望
3925 ましい。

3926 文献

- 3927 1) 厚生労働省: 熱中症による死亡数 人口動態統計 (確定数) より. Available online at:
3928 <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyuu/necchusho24/index.html>.
3929 Accessed June 19, 2026.
- 3930 2) 総務省統計局: e-Stat 国勢調査. Available online at: <https://www.e-stat.go.jp/>. Accessed
3931 June 19, 2026.
- 3932 3) 農業・食品産業技術総合研究機構: 農研機構メッシュ農業気象データ. Available online at:
3933 https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start. Accessed June 19, 2026.
- 3934 4) 国土交通省: 地価公示データ. Available online at:
3935 https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L01-v3_1.html. Accessed June 19,
3936 2026.
- 3937 5) Kakinuma K, Inoue N: Climate Warming and Population Ageing Drive Rising
3938 Heatstroke Mortality in Japan: A 28-Year Nationwide Municipality-level Analysis.
3939 (Submitted).
- 3940 6) 気象庁: 2025 年夏 (6 月~8 月) の天候, 2025 年 9 月 1 日作成. Available online at:
3941 <https://www.data.jma.go.jp/cpd/longfcst/seasonal/202508/202508s.html>. Accessed
3942 June 19, 2026.
- 3943 7) 厚生労働省: 令和 7 (2025) 年人口動態統計月報年計 (概数) の概況. Available online at:
3944 <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai25/index.html>.
3945 Accessed June 28, 2026.