

学位論文内容の要旨

北海道科学大学大学院保健医療学研究科
保健医療学専攻
博士課程

堀田 蛍

低温環境における輸液の温度低下とその防止策に関する研究

ドクターヘリやドクターカーの普及により、プレホスピタル診療が増加している。ドクターヘリで搬送される患者様の半数以上は外傷患者様である。外傷患者様の死亡、いわゆる外傷死には3つのピークがある。第1のピークは受傷後直後に現場での死亡（即死）、第2のピークは受傷後数時間以内の呼吸・循環障害などによる死亡、第3のピークは数日から数週間後に脳死や多臓器不全、合併症などによる死亡である。特に、第2ピークには適切な外傷初期診療により救命できたと推定される症例が含まれており、これを「防ぎ得た（避けられた）外傷死：Preventable trauma death (PTD)」という。このPTDの多くは初期診療機能に依存しているため、プレホスピタルにおける初期治療は重要である。

外傷患者様は出血により循環血液量が減少することから、初期治療として輸液を行う。外傷患者様は低体温や代謝性アシドーシス、血液凝固障害に陥りやすい。これらは外傷患者様の致死性3徴といわれている。病院到着時の低体温の発症率と死亡率の関連についてはこれまで多く報告されており、プレホスピタルにおける低体温予防は重要である。外傷初期診療ガイドラインにて、初期輸液の際には事前に加温した輸液を使用することが推奨されている。しかし、救急現場の状況によっては屋外で輸液を行わなければならない事案もある。その一例として、道内におけるドクターヘリの活動中にて車内に閉じ込められた外傷患者様に対して、屋外で輸液を行ったところ、輸液回路内で輸液が凍結した事案も発生している。その日の最低気温は -12.8°C と非常に寒い日であった。北海道や東北などの寒冷地のみならず、冬季の気温は 10°C を下回ることから、屋外の救急現場などの低温環境において輸液の温度が容易に低下することが推測される。低温の輸液によって本来予防すべき低体温の助長が懸念される。病院内などの室温環境における輸液の温度低下に関する検討は行われてきているが、このような低温環境の想定や、外傷患者様に流入する実際の輸液の温度に関する詳細な研究は行われていないのが現状である。

本研究ではこれまで行われてこなかった低温環境における外傷患者様の低体温助長の予防のための輸液の温度管理に関する知見を初めて得ることを目的とした。具体的には、まず低温環境において輸液の温度がどの程度低下するのかを明らかにするため、患者に流入する直前（輸液回路の末端）の輸液の温度低下について初めて調査した。さらに輸液の温度低下の結果から、低温環境における輸液の温度低下防止策の検討を行った。外傷患者様の致死性3徴のひとつである低体温は 34°C 以下である。また、血液は 42°C の長時間加温により溶血する可能性がある。そのため、輸液を 34°C 以上 42°C 以下に維持することを目標とした。最終的に、屋外などの救急現場でも使用できる小型・軽量で可搬性に優れた輸液の温度低下防止のための装置を作製した。

本論文は第1章を序論とし、研究背景や実際の救急事案、本研究の目的、本論文の構成について述べた。第2章では、低温環境における輸液の温度低下について検討し、輸液の温度低下の傾向や温度低下に影響を与える因子について述べた。第3章では、輸液の温度低下防止策として保温の基礎検討を行い、保温による輸液の温度低下抑制の効果について述べた。第4章では、輸液の温度低下防止策として加温の基礎検討を行い、温度低下防止のための加温条件と様々な救急現場を想定した際の加温の効果について述べた。第5章では加温による性状変化について検討し、本研究で確立した加温による輸液の温度低下防止の安全性について述べた。第6章では、実際の屋外などの救急現場にて使用可能な加温装置を作製し、輸液の温度低下防止の効果や臨床応用について述べた。そして第7章では、本研究で得られた結果や考察を整理し、結論とした。

本論文において明らかになったことを以下に記す。

- ① 低温環境において輸液を行うと、輸液回路内にて冷却され、屋外気温に近づくように輸液の温度は低下することが明らかとなった。
- ② 輸液バッグや輸液回路の保温を行った結果、事前に加温した輸液バッグの温度のみを維持しても、患者様に投与される直前の回路末端の輸液温は容易に低下することから、輸液回路への対策が必要であることが分かった。輸液回路の保温では、輸液の温度低下抑制の効果はあったものの、低体温予防のための目標温度は維持できなかった。
- ③ 輸液回路の加温の基礎的検討より、回路末端 100 cm を約 55℃で加温することで、目標温度を維持できることを明らかにした。また、この加温条件による輸液性状変化はなかった。
- ④ 輸液回路の加温装置の作製を行い、屋外を想定した救急現場において輸液の温度低下を防止できることを示した。

以上のことから、低温環境における輸液の温度低下防止には、輸液回路の加温が有効であり、その具体的な加温条件についても明らかにした。さらに、屋外などの救急現場で使用可能な新たな輸液回路の加温装置を作製し、臨床応用の可能性を示した。今後の課題として、加温装置の加温温度をより安定させること、加温温度の制御機構を構築することで、プレホスピタルにおける搬送中などの環境にて安全に使用できる加温装置が実現可能となる。

本研究は、これまで検討されてこなかった低温環境のプレホスピタルにおいて、外傷患者様の低体温予防のひとつである加温輸液に関する重要な知見であると考えられる。本研究で明らかになった加温条件をもとに作製した新たな輸液回路の加温装置によって、輸液の温度低下防止が可能となり、低体温助長の予防につながると考えられた。また、本研究にて作製した輸液回路の加温装置は屋外への持ち出しができるため、災害医療などの制限のある環境においても使用可能である。このことから、救急医療のみならず災害医療への貢献も期待でき、より多くの外傷患者様の低体温予防にも有効であると考えられる。そして、PTDの減少や予後不良の改善などにつながると考える。