令和４年度一般財団法人救急振興財団調査研究事業助成

災害時現場活動における救助医療連携で必要となる狭隘空間における輸液方法と投与速度の検証

研究代表者
愛知医科大学・救命救急科　苛原隆之

共同研究者
日本医科大学・救命救急科　阪本太吾
奈良県立医科大学病院・看護部：高度救命救急センター　南田哲平

【背景】

災害時現場活動における救助医療連携においては、要救助者に対する狭隘空間における医療処置(Confined Space Medicine; CSM)が必要となる可能性があり、特にクラッシュ(圧挫)症候群に対しては除圧前の十分な輸液が必須とされている。中心静脈カテーテルからの輸液についての研究はあるものの、末梢静脈輸液の輸液方法と輸液速度の研究は未だかつてない。狭隘空間における輸液方法と投与速度に関する知見は国際的にも乏しく、実際の救助医療連携の現場でもデータがなく救助計画が立てられず、現場活動に影響を及ぼしているのが現状である。

【目的】

JICA 国際緊急援助隊(Japan Disaster Relief; JDR)救助チーム医療班登録隊員を中心に、ヒト健常ボランティアに対する輸液研究の結果をもとに静脈輸液モデルを作成するとともに、種々の輸液方法による投与速度の探索的研究を行う。2020 年 7 月に行った予備実験(阪本ら. クラッシュシンドロームに対する狭隘空間での輸液方法の検討. 第 26 回日本災害医学会にて発表)では 3 名の成人男性の末梢静脈圧を参考に輸液モデルを作成し、落差の違いや加圧バッグの使用、チューブ延長、ポンピング等による投与速度の違いを検討した。本研究ではより多くの対象者から得られた結果を基により根拠のある輸液モデルを作成し実験を行う。本研究の成果は、通常医療における急速輸液に関するデータになるとともに救助医療での処置計画を大きく左右するだけでなく、要救助者の救命に大きなインパクトを与えるものとして期待される。

本研究は愛知医科大学医学部倫理委員会による審査および医学部長の承認を受けて実施された(研究計画書番号：2022-218)。

【方法】

1. <u>ヒト末梢静脈圧測定と輸液速度計測</u>

対象は健常者の 20-29 歳男性ボランティアとし、愛知医科大学医学部学生から募集した。何らかの持病(特に心血管系の疾患、上肢の血管・リンパ管の障害、透析用シャント)を有する者、高度な痩せや肥満の者(BMI 18 未満もしくは 30 以上)、その他研究担当者が適当でないと判断した者は除外とした。総数は 20 名とした。

なお研究対象者に対しては臨床研究保険に加入し、一定の謝礼を提供した。

方法：

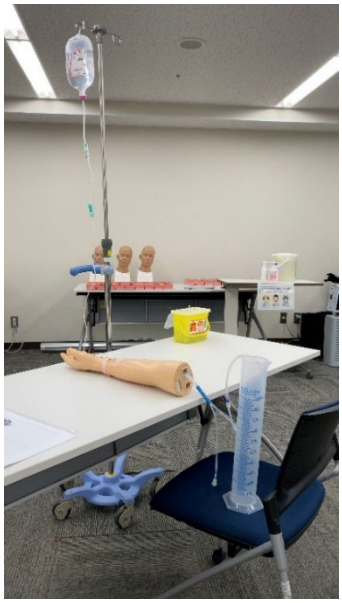
① 研究対象者に文書によるインフォームドコンセントを行い、同意書を取得。併せて年齢、身長、体重、既往歴、研究開始前 12 時間の飲水量、最終飲水時間の情報を聴取した。

② 研究対象者のバイタルサイン、超音波検査で中心静脈径と呼吸性変動率、前腕の末梢静脈穿刺部の静脈径、血液の流速を測定した。

③ 研究対象者の前腕に 20G の末梢静脈留置針で末梢静脈路を確保し、仰臥位の状態で圧ラインを接続し、末梢静脈圧を測定した。

④ 乳酸リンゲル液 500ml の全開輸液(落差 90cm で成人用輸液ルート 125cm と延長チューブ 50cm を接続しクレンメを全開にして投与)を行い、100ml 毎の投与に要する時間、全量投与するのに要する時間、速度を計測した。

⑤ 得られた結果を統計学的に比較し、研究対象者の年齢、身長、体重、既往歴、研究開始前 12 時間の飲水量、最終飲水時間の違いによる輸液投与速度の違いを解析した。



2. シミュレーターによる輸液モデル作成

1.で得られた結果をもとに、血管穿刺用シミュレーター(京都科学社製 V ライン®)で写真のごとくシミュレーターの輸液ライン下端とメスシリンダーの落差を 19.8cm に設定し、1.と同様の落差とチューブ長でヒト輸液速度を再現出来る実験モデルを作成した。

3. 輸液検証実験

2.で作成した輸液モデルを用いて、自然滴下、手動加圧バッグ+再加圧、チューブ延長、ポンピングに加えて、自動加圧デバイスなど種々の輸液方法による投与速度の計測を行った。各方法における計測は 7 回ずつ行った。

手動加圧バッグ

自動加圧デバイス(フランス製 Droper®)

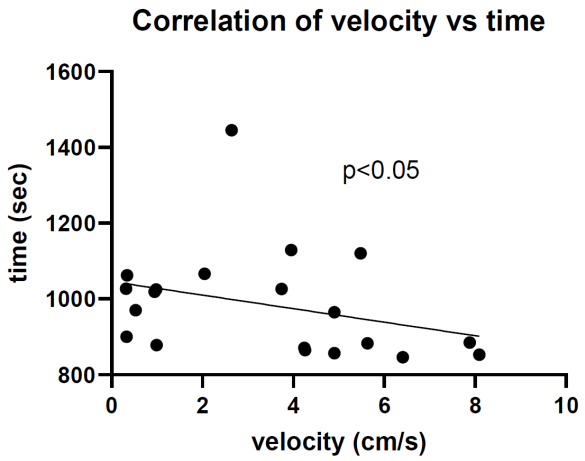
自動加圧デバイス(左からオートカフ®、テルモ社製、ニプロ社製)

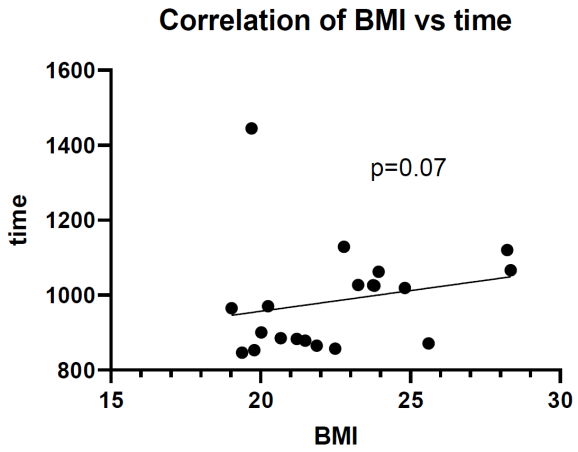
全ての実験は愛知医科大学シミュレーションセンターにおいて行った。

【結果】

1. ヒト末梢静脈圧測定と輸液速度計測

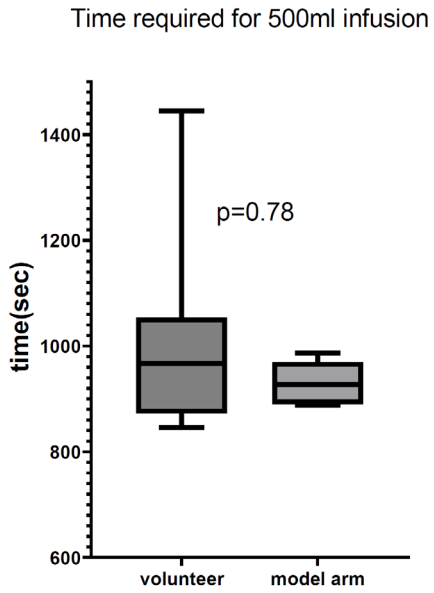
被験者 20 名の乳酸リンゲル液 500ml 投与に要する時間は 16 分 25 秒±2 分 23 秒(平均±標準偏差), 末梢静脈圧は 19.8±9.2cmH2O, 末梢静脈流速は 3.43±2.55cm/s であった。輸液投与時間は末梢静脈流速と有意な負の相関があり($p<0.05$), 体格(BMI)と弱い正の相関をみとめた($p=0.07$)。その他のパラメータ(末梢静脈圧、飲水量、最終飲水時間、末梢静脈径、中心静脈の呼吸性変動率)とは相関をみとめなかった。





2. シミュレーターによる輸液モデル作成

シミュレータ 7 本で予備計測を行った結果、500ml 投与時間 15 分 33 秒±37 秒でヒト輸液と統計学的有意差はなく、モデルとして適正と判断した。

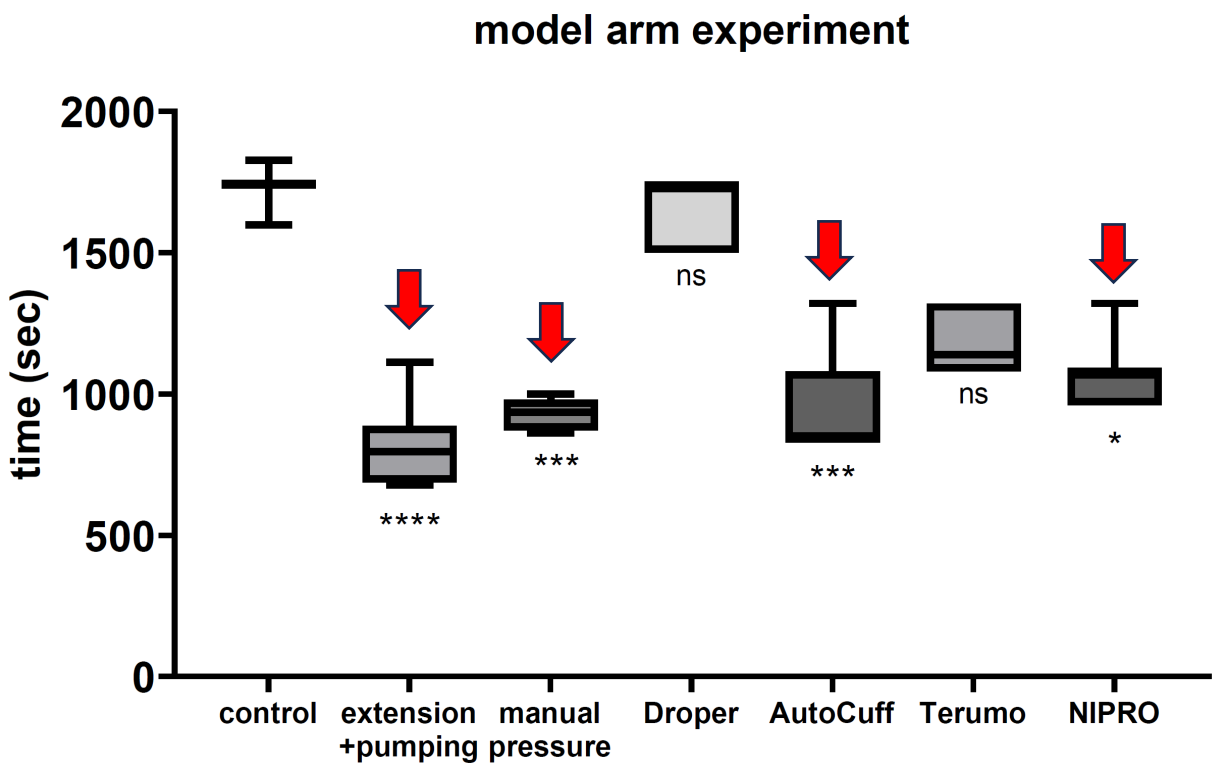


3. 輸液検証実験

2.で作成したモデルに対して各投与方法による輸液 1L 投与にかかる時間を計測した。結果は以下の通りである。

投与方法	時間
自然滴下(落差 90cm)	28 分 55 秒±69 秒
延長チューブ(625cm)+ポンピング(20ml シリンジ使用), 落差 50cm	13 分 35 秒±2 分 36 秒
手動加圧バッグ(1L 用)+10 分後再加圧	15 分 31 秒±51 秒
自動加圧デバイス(Droper®)※バネ式持続加圧	27 分 34 秒±1 分 54 秒
同(オートカフ®)※電池式持続加圧	15 分 52 秒±3 分 5 秒
同(テルモ社製)※電池式 10 分後再加圧	19 分 34 秒±1 分 49 秒
同(ニプロ社製)※電池式 10 分後再加圧	17 分 43 秒±2 分 8 秒

コントロールである自然滴下に比して、延長チューブ+ポンピング($p<0.0001$), 手動加圧バッグ+10 分後再加圧と自動加圧デバイス(オートカフ®)($p<0.001$), および自動加圧デバイス(ニプロ社製)($p<0.05$)の投与時間が有意に短かった。他の自動加圧デバイス(Droper®とテルモ社製)では短い傾向はあるが有意差をみとめなかった。



【考察】

本研究では、ヒト健常ボランティアから得られた結果をもとに輸液モデルを作成することが出来た。様々な輸液投与方法の実験を行ったことにより、CSM への実践応用に向けて根拠のあるデータを得ることが出来た。結果として種々の方法により輸液投与速度は大きく異なることが分かった。本研究では延長チューブ+ポンピング、手動加圧バッグ+10 分後再加

圧、一部の自動加圧デバイスに有意な投与時間の短縮効果が明らかとなった。いずれの方法も、災害時現場活動において要救助者救出に向けた救助医療連携、特に輸液投与を行う際にはその実効性や安全面を十分に検討して選択可能と思われる。自動加圧デバイスに関してはそれぞれにサイズや電源の要否、医療機器としての認可等でメリット、デメリットがあるため実践応用にはまだ課題が残る。

さらに人体への投与においては、静脈の分岐や弁などシミュレータモデルで再現出来ない解剖学的要素や、その時の生理学的状態によっても輸液投与にかかる時間は変わってくると思われ、本研究で得られた投与時間の数字をそのまま実活動に応用することは出来ない。

このように CSM への実践応用に向けてはまだ課題は多いが、狭隘空間における輸液方法と投与速度の検証研究は国際的にもほとんど存在しないため、本研究の成果は JDR 発のエビデンスとして世界に向けて発信する価値があると思われる。具体的には、今後国内外の学会での発表から英文論文化し、国際捜索救助諮問グループ(INSARAG)ガイドラインのメディカルガイダンスノートに引用されることを目指している。

【謝辞】

本研究に助成いただいた救急振興財団の皆様、実験に協力いただいた JDR 救助チーム医療班登録隊員およびヒト健常ボランティアとして参加してくれた愛知医科大学医学部学生の皆様に感謝申し上げます。

この研究は一般財団法人救急振興財団の「救急に関する調査研究事業助成」を受けて行ったものである。