

原 著

シリンジポンプの使用条件が注入量に及ぼす影響の検証

吉田 浩二¹⁾, 福崎 誠²⁾¹⁾長崎労災病院臨床工学部²⁾長崎労災病院麻酔科

(平成 26 年 5 月 26 日受付)

要旨：シリンジポンプを臨床で使用する場合、各種サイズを用いて輸液ポンプや複数台のシリンジポンプを同一経路から並行投与する機会が多い。投与条件によっては流量精度が低下し、患者管理において支障を来す可能性がある。今回、TERUMO 社製シリンジポンプ TE-331S[®]を用いて各種使用条件下での注入量誤差を検証した。注入量誤差はシリンジに生理食塩水を充填し投与前後の重量差で算出した。統計学的分析は Mann-Whitney U 検定で行い $P < 0.05$ を有意差ありとした。機器単独使用条件ではシリンジ容量が大きいほど総注入量誤差は増加した。機器併用条件での総注入量誤差は各群で有意差は認めなかった。流量と投与時間の関係においては、3mL/h 投与群（低流量群）に比して 6mL/h 投与群（高流量群）で有意に総注入量誤差は低下した。また、3 時間投与群に比して 6 時間投与群では有意に総注入量誤差は低下した。この結果からシリンジポンプ注入量誤差に影響を及ぼす因子として、シリンジ内部で発生する摺動抵抗および設定流量が大きく関与していることが実証された。低流量で大容量シリンジを使用する場合にはシリンジ内部の摺動抵抗が大きくなるため特に投与初期の流量精度に注意が必要である。

(日職災医誌, 63 : 31—35, 2015)

キーワード

シリンジポンプ, 注入量誤差, 摺動抵抗

はじめに

シリンジポンプは構造・原理から薬剤注入精度が非常に高い機器である。そのため、精密管理が必要な薬剤や集中治療領域などの高度医療現場においては必要不可欠な機器となっている。シリンジポンプの流量精度は各機器メーカーでシリンジを含む精度として $\pm 3\%$ 未満と表記されている。しかし、この仕様書表記の流量精度は安定した投与環境の下で機器を単独使用した条件の精度を表している。実際の臨床では機器を単独で使用する機会は非常に少なく、各種シリンジサイズを使用して輸液ポンプや複数台のシリンジポンプを同一経路から並行投与する機会が多い。投与条件によっては注入量誤差が増加し、患者管理において支障を来す可能性がある。今回、投与条件が注入量に及ぼす影響について検証を行った。

方 法

機材は TERUMO 社製シリンジポンプ TE-331S[®]、併用機器として TOP 社製輸液ポンプ TOP2200[®]を使用した。使用材料は TERUMO 社製ディスポシリンジ 10mL、

30mL, 50mL, JMS 社製エクステンションチューブ, JMS 社製輸液セット (60 滴 $\equiv$ 1mL) を使用した。測定方法はシリンジに生理食塩水を充填し事前に電子天秤 A&D 社製 EK200i にて重量計測を行い投与前後の重量差で注入量誤差を算出した。また、シリンジポンプの流量設定は 1 mL/h とした。測定条件はシリンジポンプ単独使用群として各シリンジ別で 8 時間投与した。(図 1) また、輸液ポンプ併用群として 30% ブドウ糖液を使用し 50mL/h 投与併用群と 100mL/h 投与併用群(図 2)、50mL/h 投与 + シリンジポンプ 1 台併用群(図 3)に分けて 8 時間計測した。さらに輸液ポンプ 50mL/h 投与併用条件下でシリンジポンプ流量を 3mL/h 群、6mL/h 群の 2 群に分けて 3 時間投与、6 時間投与で注入量誤差を測定した。(図 4) 流量、投与時間の設定はシリンジポンプ使用可能上限サイズの 50mL シリンジを使用し継ぎ足しなしで計測できる範囲で設定した。統計学的分析は Mann-Whitney U 検定で行い $P < 0.05$ を有意差ありとした。

結 果

機器単独使用群 1mL/h 投与での総注入量誤差は 10

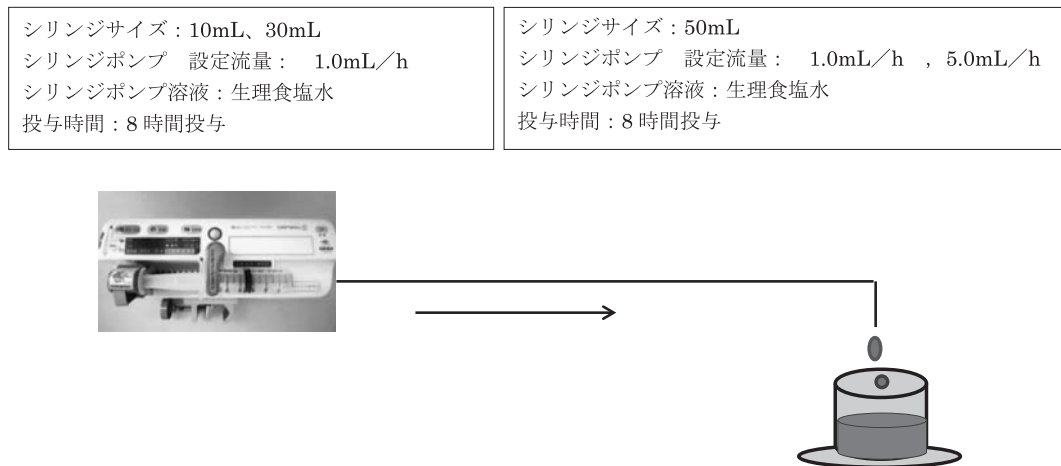


図1 シリンジポンプ投与条件：シリンジポンプ機器 単独使用

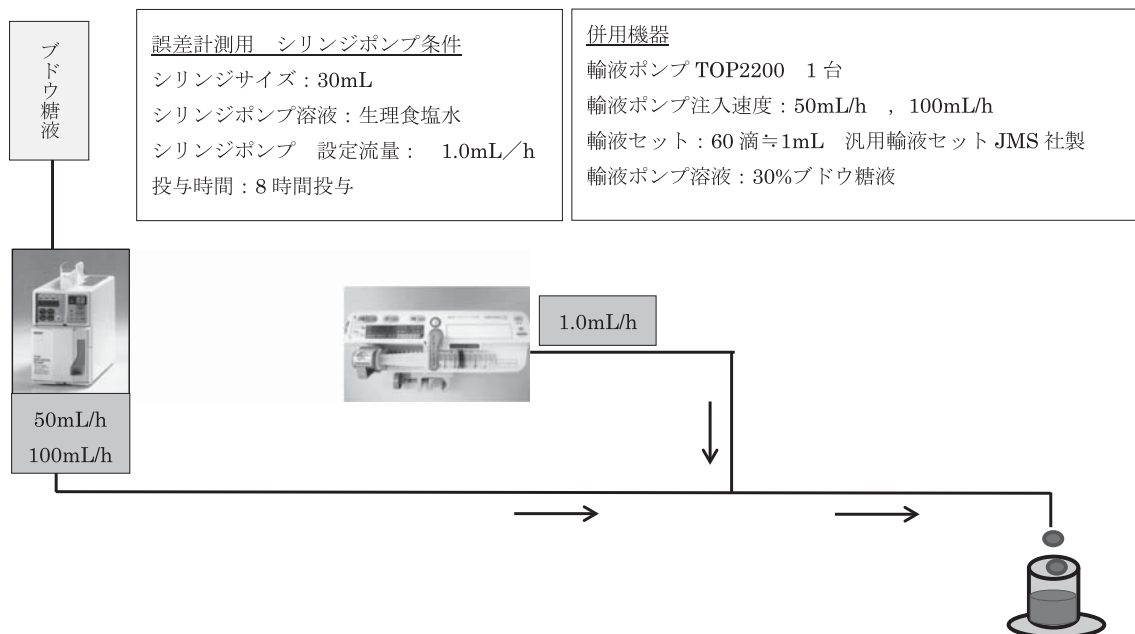


図2 シリンジポンプ投与条件：輸液注入機器 複数併用

mL シリンジ-2.46%, 30mL シリンジ-4.14%, 50mL シリンジ-8.03%であった。(表1) シリンジ容量が大きいほど総注入量誤差は有意 ($P<0.05$) に上昇した。しかし, 50mL シリンジ投与流量 5mL/h では総注入量誤差-1.58% で 1mL/h 投与と比較して有意 ($P<0.05$) に誤差は低下した。(表1) 輸液ポンプ併用群においては輸液ポンプ流量 50mL/h 併用で総注入量誤差-5.63%, 流量 100mL/h 併用で-6.08%, 輸液ポンプ 50mL/h+シリンジポンプ1台併用では-5.44% となり各群間において総注入量誤差に有意差 ($P>0.05$) は認めなかった。(表2) また, 3mL/h 3時間投与では総注入量誤差-8.84%, 3mL/h 6時間投与では-4.08% となり6時間投与で有意 ($P<0.05$) に誤差は低下した。(表3) 6mL/h 3時間投与では総注入量誤差-4.85%, 6mL/h 6時間投与では-1.08% で同様に6時間投与において有意 ($P<0.05$) に総注入量

誤差は低下した。また, 流量 3mL/h と比較して6mL/h では更に総注入量誤差は有意 ($P<0.05$) に低下した。(表3)

考 察

輸液ポンプで用いられるペリスタルティック方式のローラーポンプやフィンガーポンプでは1サイクル送液して次のサイクルに入るまでの時間が脈流となって流量精度に影響し, 特に低流量で問題となる¹⁾。これに比しシリンジポンプで用いられるピストンシリンダ方式では駆動モーターに送りねじが噛み合っ動作するため脈流の発生が少なく低流量領域でも流量精度が安定しているとされるが²⁾ 流量特性はシリンジと相関性があり注意を喚起している³⁾。今回シリンジポンプ単独使用による各シリンジ容量別の注入量誤差は, 同じ設定流量でもシリンジ

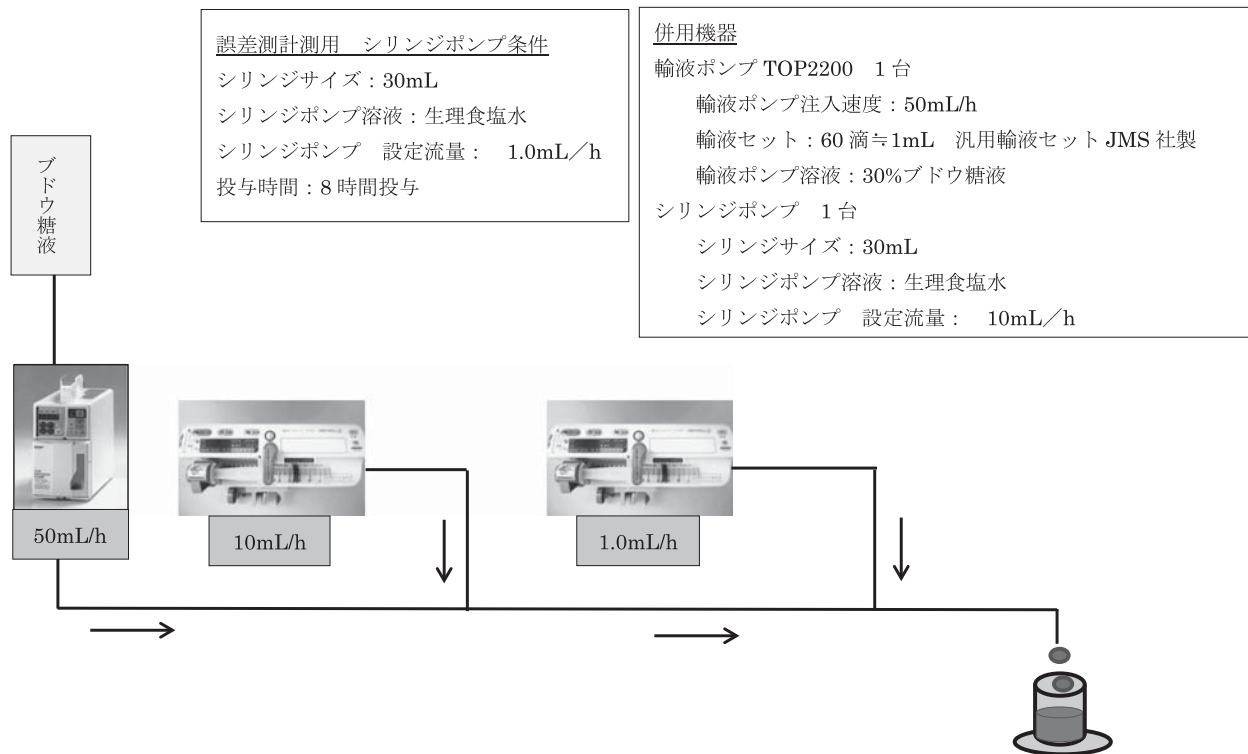


図3 シリンジポンプ投与条件：輸液注入機器 複数併用

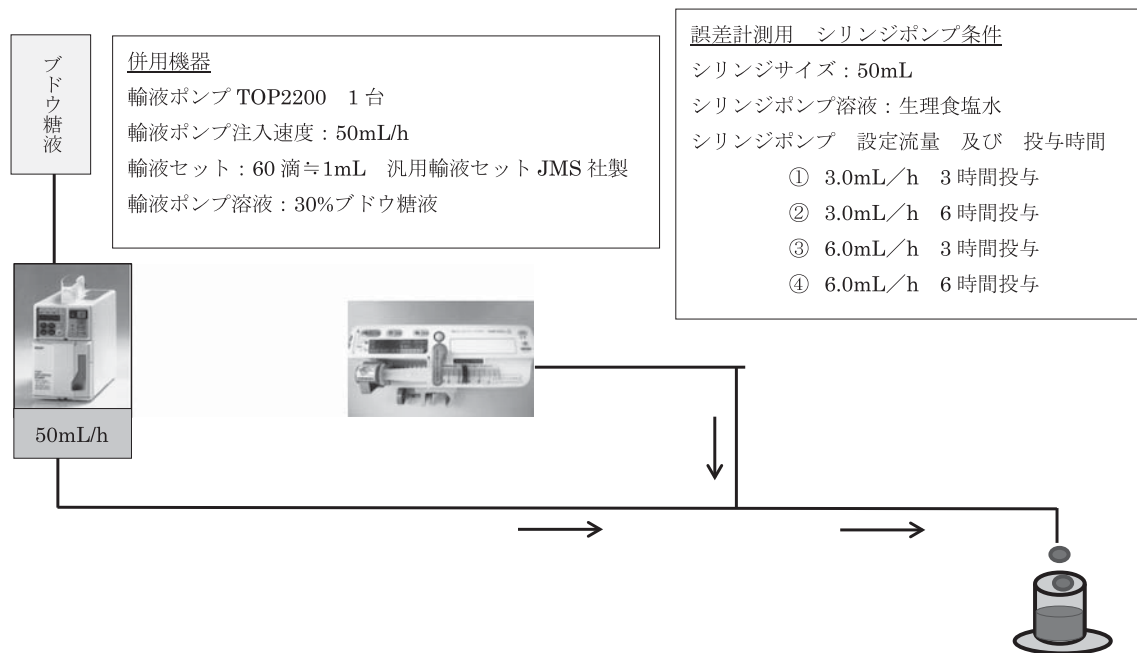


図4 シリンジポンプ投与条件：流量・投与時間別

容量が大きいほど有意に上昇した。このシリンジ容量と注入誤差の変化についてはシリンジポンプの構造上、機械駆動精度は一定であるため、ディスボシリンジのガスケット部で摺動抵抗が大きく関与している。今回の結果からこのシリンジ内部で発生する摺動抵抗値が小容量シリンジと比較して大容量シリンジがより大きいためと思

われる。小容量と大容量シリンジを同じ設定流量で使用すると50mLシリンジでは1mL投与する際のシリンジガスケットスライド幅1.5mmに対して10mLシリンジでは5.1mmとなる。10mLシリンジと比較してスライド幅の少ない50mLシリンジではより摺動抵抗の影響が大きくなり誤差が増加したと考えられる。また50mLシリ

表1 各シリンジサイズでの注入量（誤差）精度

単独投与群 投与時間：8時間

シリンジ容量	設定流量	総注入量誤差率	
10mL シリンジ	1mL/h	-2.46% (n=10)	※
30mL シリンジ	1mL/h	-4.14% (n=14)	
50mL シリンジ	1mL/h	-8.03% (n=10)	
50mL シリンジ	5mL/h	-1.58% (n=10)	

※P<0.05

表2 輸液ポンプ併用下での 30mL シリンジの注入量誤差

機器併用群 投与時間：8時間

投与条件	シリンジ容量	設定流量	総注入量誤差率
シリンジポンプ単独投与	30mL シリンジ	1mL/h	-4.14% (n=14)
輸液ポンプ 50mL/h 併用	30mL シリンジ	1mL/h	-5.63% (n=11)
輸液ポンプ 100mL/h 併用	30mL シリンジ	1mL/h	-6.08% (n=10)
輸液ポンプ 50mL/h シリンジポンプ 10mL/h 併用	30mL シリンジ	1mL/h	-5.44% (n=10)

ンジで設定流量を 5mL/h にすると 1mL/h と比較して総注入量誤差率は有意に低下した。この誤差を注入量にすると設定流量 1mL/h 投与群では誤差量 -0.64mL、設定流量 5mL/h 投与群では -0.63mL となり両群の誤差量はほぼ等しい結果となった。このことから誤差量はシリンジポンプ使用開始から流量安定までに発生した誤差と考えられる。また、この誤差量をシリンジガスカート部スライド幅に換算すると 1mm となりシリンジ押し子部分と機器スライダ一部分の接触状態が投与初期の流量精度に大きく影響していることが考えられる。シリンジポンプで薬剤を投与する場合、投与初期の注入精度は低く、特に小容量シリンジに比して大容量シリンジで注入量誤差は増加することが実証された。従って低流量投与では小容量シリンジを選択して管理することが高い精度を保つためには有用であろう。

他の輸液システムと並行使用する場合、仕様通り作動しない可能性が明記されている⁵⁾。更に臨床で使用する輸液剤は溶媒濃度、比重、添加剤など様々な組成で構成されており、並行投与する場合には注入量へ影響する可能性がある。今回、30% ブドウ糖液を輸液ポンプで 50 mL/h 投与群、100mL/h 投与群、更に輸液ポンプ 50mL/h+シリンジポンプ 1 台併用群に分けて検証を行った結果、機器併用においては各種条件下で総注入量誤差に有意差は認めなかった。これは輸液ラインを流れる液体速度や粘度などの投与状況が変化しても注入抵抗がシリンジポンプの閉塞圧アラーム設定まで上昇しない限り機器の駆動モーターと送りねじが一定精度を保ち作動するため注入量へ及ぼす影響は少なかったと考えられる。しかしながら今回は輸液ポンプからの輸液剤は血液内への注入ではないので血液粘度が考慮されていない。山城⁶⁾

表3 輸液ポンプ（30% ブドウ糖液、50mL/h）併用下での 50mL シリンジ投与流量速度と投与時間での総注入量誤差

※	※	
	設定流量\設定流量	3 時間投与 (n=10) 6 時間投与 (n=10)
※	3mL/h 投与	-8.84% (SD±2.2) -4.08% (SD±2.2)
	6mL/h 投与	-4.85% (SD±1.2) -1.08% (SD±0.8)

※P<0.05

は 2 台併用でも流量誤差は許容範囲内であったと報告している。投与流量と投与時間の注入量誤差への影響は、流量 3mL/h と流量 6mL/h を 3 時間、6 時間投与した場合、有意に 6mL/h 6 時間投与群で精度が高い結果となった。これを注入量にすると 3mL/h 3 時間投与群では誤差量 -0.79mL、3mL/h 6 時間投与群では誤差量 -0.73mL となり両群ではほぼ等しい誤差量となった。しかし、6mL/h 3 時間投与群では誤差量 -0.87mL、6mL/h 6 時間投与群では誤差量 -0.38mL となり 3 時間投与群に比して 6 時間投与群で誤差量は減少した。このことから前述したシリンジ摺動抵抗性の影響に加えてシリンジポンプ設定流量が高いほど注入量誤差への影響は低下することが示唆された。精密管理が必要な薬剤を投与する場合、シリンジポンプの流量特性を理解して輸液管理を行うことが安全管理上重要である。

結 語

今回、種々条件下でのシリンジポンプ注入量誤差について検証を行った。複数機器併用が注入量へ及ぼす影響は少ないが、シリンジポンプ注入量誤差にシリンジ容量及び設定流量が大きく関与している。低流量設定で大容量シリンジを使用する場合は特に投与初期の流量精度に注意が必要である。

利益相反：利益相反基準に該当無し

文 献

- 1) 海老根東雄：輸液ポンプ、臨床工学ハンドブック（下）、改訂新版第 1 刷。東京、ベクトル・コア、2009, pp 207.
- 2) 日本生体医工学会監修：「第 1 種 ME 技術実力検定試験」講習会テキスト。改訂第 2 版。東京、第 1 種 ME 技術実力検定試験講習会テキスト作成委員会、2009, pp 409.
- 3) TERUMO：シリンジポンプ TE-331S・TE-332S 取扱説明書。東京、2010, pp 43—45.
- 4) 並河孝次：シリンジ方式輸液ポンプにおけるディスプレイシリンジの摺動性に関する検討。医療機器学 73 (4)：2003.
- 5) TERUMO：テルモフュージョン[®]シリンジポンプ TE-331S、医療機器添付文書。東京、2010, pp 1.
- 6) 山城州古：複数台におけるシリンジポンプの流量誤差に関する研究、18thHACET 抄録集。2007, pp 14.
- 7) 日本生体医工学会監修：輸液ポンプ、ME の基礎知識と安全管理。改訂第 5 版。東京、2008, pp 326—333.

別刷請求先 〒857-0134 長崎県佐世保市瀬戸越 2—12—5
長崎労災病院臨床工学部
吉田 浩二

Reprint request:

Koji Yoshida
Division of Medical Engineering, Nagasaki Rosai Hospital, 2-
12-5, Setogoshi, Sasebo-shi, Nagasaki, 857-0134, Japan

The Evaluation of Infusion Volume Errors of Syringe Pumps under Various Conditions

Koji Yoshida¹⁾ and Makoto Fukusaki²⁾

¹⁾Division of Medical Engineering, Nagasaki Rosai Hospital

²⁾Department of Anesthesia, Nagasaki Rosai Hospital

This study was performed to evaluate the precision of the infusion volume of syringe pump under various conditions. Normal saline solution was infused using an electrical syringe pump (TE-331S[®]TERUMO). The precision of infusion volume of the syringe was calculated by the weight of syringe of each size. In a syringe pump (infusion at a rate of 1 mL/h, for 8 hrs) alone, the infusion volume error in 50 ml syringe was significantly greater than that in a 10 ml or a 30 ml syringe. The error in a 50 ml syringe at a rate of 5 mL/h was significantly smaller than that of a rate of 1 mL/h. In the combination of a 30 ml syringe pump (infusion at a rate of 1 mL/h, for 8 hrs) and an infusion pump (TOP2200[™], infusion at a rate of 50 mL/h and 100 mL/h) including 30% glucose solution, there were no significant differences in the error between the infusion rate and infusion period. In the combination, the error of a 30 ml syringe in low infusion at a rate of 3 mL/h for 3 hrs was significantly greater than that in low infusion for 6 hrs and in high infusion at a rate of 6 mL/h for 3 hrs. In conclusion, the syringe pump would cause the infusion volume error of the smaller syringe with low infusion rate and the combination of infusion pump, and the syringe pump with low infusion rate and short infusion period under various condition.

(JJOMT, 63: 31—35, 2015)