

## 일개 응급센터에서 급속가압수액주입기의 사용경험

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 응급의학교실

홍종근 · 송형곤

— Abstract —

### Clinical Experience with using a Rapid Infuse at an Urban Emergency Department

Chong Kun Hong, M.D., Hyoung Gon Song, M.D., Ph.D.

*Department of Emergency Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine*

**Purpose:** Hypovolemia is not uncommon among trauma patients in the emergency department (ED). Successful resuscitation of a hypovolemic patient often requires rapid intravenous administration of massive amounts of fluid. A rapid fluid infuser is used in the ED for this purpose, there have been no studies of their clinical uses and effectiveness. We studied clinical experience with a rapid fluid infuser at an urban university hospital in Seoul, Korea.

**Methods:** We reviewed the medical records of 38 patients admitted to the ED with a history of application of a rapid fluid infuser from January 2004 to July 2005. Adult trauma patients older than 15 years of age were included in this study. Clinical data on the patients and the volume of fluid used to achieve a stable blood pressure were extracted from their medical records.

**Results:** The total number of adult trauma patients with a history of application of a rapid fluid infuser from January 2004 to July 2005 in the ED was 16. The mean systolic blood pressure for deciding to apply the rapid fluid infuser was  $74.9 \pm 12.7$  mmHg. The mean time and volume used to achieve a stable blood pressure were 40.4 min and  $2947.3 \pm 1339.2$  ml, respectively. In all patients, the amount of fluid infused before using the rapid fluid infuser was between 500 ml and 10,000 ml, compared to 1,000 ml and 6,200 ml with the rapid fluid infuser. The mean amount of fluid per min. via the rapid fluid infuser was 85.5 ml. Vital signs were stabilized in 11 patients, 6 of the 11 were discharged alive.

**Conclusion:** The mean amount of fluid delivered per min. via the rapid fluid infuser was much less than expected; thus, there should be clinical guidelines on volume resuscitation with a rapid fluid infuser in the ED. In the future, prospective, multicenter, clinical-data collection is needed for a more sophisticated study. (Korean Soc Traumatol 2006;19:41-46)

**Key Words:** Trauma, Hypovolemia, Shock, Infusion pump

---

\* Address for Correspondence : **Hyoung Gon Song, M.D., Ph.D.**

Department of Emergency Medicine, Samsung Medical Center Sungkyunkwan University School of Medicine  
50, Ilwon-dong, Gangnam-gu, Seoul, 135-710 Korea  
Tel : 82-2-3410-2048, Fax : 82-2-3410-0012, E-mail : cprking@smc.samsung.co.kr

접수일: 2006년 5월 29일, 심사일: 2006년 5월 30일, 수정일: 2006년 6월 15일, 승인일: 2006년 7월 5일

## I. 서 론

저혈량증은 응급센터에 내원하는 외상 환자 중 많은 수에서 발견된다. 저혈량증의 일차적인 치료는 아직 투여하는 양이나 시간에 대해 논란이 있지만 순환 혈액량을 보충하는 것으로 알려져 있다(1). 그러나 쇼크 등의 혈액학적으로 불안정한 상황에서는 일반적인 정맥투여만으로는 단시간 내 환자를 혈액학적으로 안정상태를 만들 수 있는 충분한 양의 수액을 투여할 수 없는 경우가 많다(2). 혈액학적으로 불안정한 저혈량증 환자를 치료하기 위해 압력을 높여 단기간 내 다량의 수액투여를 할 수 있도록 개발된 급속가압수액주입기는 현재 다수의 응급센터에서 사용되고 있다. 그러나 응급센터에서의 임상적 사용에 대한 연구는 아직 나와있지 않은 실정이다. 이에 저자들은 일개 대학병원 응급의료센터의 급속가압수액주입기 사용 경험에 대해 조사하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

2004년 1월 1일부터 2005년 7월 30일까지 삼성서울병원 응급센터에서 급속가압수액주입기(Level-1<sup>®</sup> rapid infuser, Arrow, Reading, PA, US)를 사용한 환자의 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 15세 이상 성인외상환자에서 사용된 경우를 조사하였고 14세 이하 환자와 외상

에 의한 경우가 아니라고 판단되는 경우는 제외하였다.

### 2. 연구 방법

상기 기간 중 총 38명의 환자에서 급속가압수액주입기를 사용하였고, 이중 14세 이하 환자와 외상이 아닌 경우를 제외한 16명의 환자를 연구대상 군으로 포함시켰다. 연구대상에 포함된 환자 16명의 의무기록을 통하여 각각 환자의 성별, 나이, 외상기전, 외상지표(injury severity score: ISS), 내원 당시로부터의 혈압과 맥박수, 기저질환, 담당의사가 급속가압수액주입기를 사용하기 이전과 이후의 사용된 수액 및 혈액의 종류와 총량, 급속가압수액주입기를 사용하기로 결정할 당시의 생체징후 등을 조사하였다. 생체징후의 안정화 시점은 Bickell 등이 사용한 수축기 혈압이 100 mmHg이상으로 1시간이상 유지된 경우로 정의하였다(3).

## III. 결 과

### 1. 대상군의 특성

연구대상 16명 중 남자는 14명, 여자는 2명이었으며, 평균 나이는 43.25(18.4세)였다. 외상기전으로는 추락이 4명(25%), 보행자 교통 사고가 3명(18.75%), 운전자 교통사고가 4명(25%), 오토바이 운전자 사고가 2명(12.5%), 자상이 3명(18.75%)이었다. 외상지표는 최소 4점에서 최대 41점으로 평균값은 24.5(9.8점이었다. 글라

**Table 1.** Characteristics of the patients

Case	Sex	Age (yr)	Mechanism of trauma	ISS*	GCS <sup>†</sup>
1	M	49	fall	34	15
2	M	45	pedestrian MVC <sup>‡</sup>	17	3
3	M	21	MCC <sup>§</sup>	34	3
4	M	80	pedestrian MVC <sup>‡</sup>	41	3
5	M	62	fall	26	3
6	M	53	passenger MVC <sup>‡</sup>	19	15
7	M	34	passenger MVC <sup>‡</sup>	35	9
8	M	20	fall	27	13
9	M	42	passenger MVC <sup>‡</sup>	26	15
10	M	12	penetrating trauma	25	15
11	M	24	MCC <sup>§</sup>	10	15
12	F	37	penetrating trauma	4	15
13	F	71	pedestrian MVC <sup>‡</sup>	26	11
14	M	36	fall	19	15
15	M	46	penetrating trauma	33	15
16	M	60	passenger MVC <sup>‡</sup>	17	15

\*ISS: Injury severity score

<sup>†</sup>GCS: Glasgow coma scale

<sup>‡</sup>MVC: motor vehicle collision

<sup>§</sup>MCC: motor cycle collision

스고우 의식지표(Glasgow coma scale)은 최소 3점에서 최대 15점으로 평균값은  $11.25 \pm 5.2$ 점 이었다. 과거력 상고혈압, 당뇨, 심장질환이나 뇌혈관질환이 있었던 환자는 16명중 1명(6.25%)이었고 고혈압과 당뇨를 가지고 있었다(Table 1).

## 2. 대상군의 혈액학적 특성과 임상경과

대상군의 내원 당시 생체징후 중 수축기 혈압은 최소 0 mmHg에서 최대 152 mmHg이었으며 중위값(median value)은 82 mmHg였다. 이완기 혈압은 최소 0 mmHg에서 최대 124 mmHg였으며 중위값은 43 mmHg였다. 분당 맥박수는 최소 분당 0 회에서 최대 분당 157 회였으며 중위값은 분당 102 회였다.

급속가압수액주입기를 사용하기 전까지 투입된 수액량은 최소 500 ml에서 최대 10,000 ml였으며 중위값은 2,000 ml였다. 교질액(colloid)을 사용한 경우는 없었고 정질액(crystalloid)중 생리식염수를 투여한 경우가 8명이었고 하트만용액을 사용한 경우는 5명이었다. 3명은 2가지 용액을 모두 사용하였다. 급속가압수액주입기를 사용하기로 결정한 시점의 평균 수축기 혈압은  $74.9 \pm 12.7$  mmHg였으며 이완기 혈압은 평균  $37.7 \pm 10.6$  mmHg였으며 맥박수

는 최하 분당 55회에서 최고 분당 143 회였고 평균 맥박수는  $109.3 \pm 23.8$  회였다. 급속가압수액주입기 사용 결정 시점 전까지 투입된 수액량은 최하 0 ml에서 최대 10,000 ml였고 중위값은 1960 ml이었다. 급속가압수액주입기를 사용한 후 생체징후가 안정화되기까지 소요된 시간은 생체징후가 안정화된 11명에서 평균 40.4 분이었으며 나머지 5명(31.25%)은 수축기 혈압 100 mmHg 이상을 유지 못하였고 이들 중 4명(25%)은 응급실내 사망하였고 1명(6.25%)은 수술 중 사망하였다. 급속가압수액주입기를 사용한 후 생체징후의 안정화를 이루기까지 사용된 수액량은 최소 1000 ml에서 최대 6200 ml였고 평균값은  $2947.3 \pm 1339.2$  ml였다. 투여 된 시기를 30분단위로 구분한 결과 급속가압기사용후 0에서 30분까지 기간동안 투여 된 수액의 분당 주입량은 94.5 ml였고 30분에서 60분까지 35.7 ml, 60분 이후 10.6 ml였다. 수액을 주입한 경로를 살펴보면 8.5F 도관을 사용한 경우는 1례였고 14F를 사용한 경우가 3례, 그리고 16F를 12례에서 사용하였다(Table 2). 16명중 3명은 내원 당시 자발순환이 없어 응급센터에서 심폐소생술을 시행하였고, 이 중 2명은 자발순환을 회복하지 못한 채 사망하였고 둘 다 추락사고 였는데 이는 전체 급속가압수액주입기를 사용한 추락사고 환자 중 50%에 해당된다. 생체징후의 안정화를 이룬 전후를 비교하면

**Table 2.** Comparison of volume and time before and after RFI\*

Case	Vol. before RFI*(ml)	Time before RFI* (min.)	Vol. after RFI*(ml)				Diameter and length of applicated catheter	Time from RFI* to achieve vital sign stabilization (min.)
			0~30min (vol./min.)	30~60min (vol./min.)	after 60min (vol./min.)	Total (vol./min.)		
1	1000	60	2960 (98.7)	1500 (50)	460 (10.2)	4920 (46.9)	16G 20cm	105
2	10000	213	1200 (40)	1080 (36)	320 (6)	2600 (23)	16G 20cm	113
3	2000	9	1600 (53.3)	.	.	1600 (160)	16G 20cm	10
4	2320	40	2600 (86.7)	1600 (53.3)	1040 (18.9)	5240 (45.6)	16G 20cm	115 <sup>†</sup>
5	2000	35	3000 (100)	640 (21.3)	- <sup>†</sup>	3640 (36.4)	16G 20cm	100 <sup>†</sup>
6	2000	23	03780 (126)	.	.	3780 (290.8)	14G 20cm	13
7	1960	20	3960 (132)	- <sup>†</sup>	- <sup>†</sup>	3960 (232.9)	14G 20cm	17 <sup>†</sup>
8	1000	22	1000 (33.3)	.	.	1000 (200)	16G 20cm	5
9	2000	35	2960 (98.7)	.	.	2960 (164.4)	14G 20cm	18
10	1500	12	2500 (83.3)	.	.	2500 (833.3)	8.5F6.4cm	3
11	3000	20	3000 (100)	960 (27.4)	.	3960 (60.9)	16G 20cm	65
12	1000	25	2320 (77.3)	.	.	2320 (178.5)	16G 20cm	13
13	3600	68	3960 (132)	- <sup>†</sup>	- <sup>†</sup>	3960 (90)	16G 20cm	44 <sup>†</sup>
14	2000	56	5000 (166.7)	880 (29.3)	320 (7.3)	6200 (59.6)	16G 20cm	104 <sup>†</sup>
15	500	35	2900 (96.7)	.	.	2900 (96.7)	16G 20cm	30
16	1000	19	2600 (86.7)	1280 (32.8)	.	3880 (56.2)	16G 20cm	69

\*RFI : Rapid fluid infuser application

<sup>†</sup>: patients who did not achieved vital sign stabilization, Time to death or operation.

총 16명의 환자에서 안정화시점 전까지 주입된 수액량의 분당 평균 주입량은 85.5 ml였고 안정화이후의 분당 평균 주입량은 2.7 ml였다(Table 3). 급속가압수액주입기를 사용한 후 생체징후의 안정화를 이룬 11명중 6명은 생존되 원 하였고 1명은 수술 후 13일째 패혈증으로 사망하였다. 4명은 타원으로 전원 되었다.

#### IV. 고 찰

현재 외상에 의한 저혈량성 쇼크 에서의 교과서적 치료는 일차적으로 수액보충과 수혈을 통한 순환 혈액량의 보충이고 궁극적으로는 출혈 부위의 외과적 치료로 알려져 있다(1). 그러나 일부 즉각적인 수액요법이 오히려 출혈을 더욱 증가시켜 환자의 사망률과 합병증을 증가시킨다는 주장도 있다. Bickell 등은 598명의 성인 체간부 관통상 환자를 대상으로 한 연구에서 기존의 방법과는 달리 수술실에 들어가기 전까지 수액주입을 제한한 군에서 사망률이나 수술 후 합병증의 발생이 감소함을 보고한 바 있다(3,4). 그리고 Stern 등은 45마리의 돼지를 이용한 연구에서 지연성 수액요법 군에서 생존율의 상승을 보였으나 유의한 산증이 발생함을 보고한바 있다(5). 그러나 Bickwell 등의 연구에서는 외상 후 수술까지 들어가는 시간이 평균 2시간으로 빠른 시간에 이루어졌기 때문에 기타 사정으로 수술까지의 시간이 지연되는 경우까지 적용하기에는 어려운 점

이 있다.

급속가압수액주입기의 사용은 베트남 전쟁 때부터 사용되기 시작하였다. 당시에는 직접 정맥을 절개하여 주사 튜브를 연결하는 방법을 사용하였다(6). Iserson 등은 도관(catheter)의 크기를 굵게 하고 수액용기의 외부에서 압력을 가하여 시간당 투여 되는 수액의 양을 증가시킬 수 있음을 보고하였다(2,7-9). 당시 연구에서는 5명의 외상 환자에 급속가압수액주입기를 이용하여 2명의 환자에서 생체징후를 정상화 시켰다.

본 연구에서는 총 16명의 환자 중 11명(68.25%)의 환자에서 급속가압수액주입기를 이용하여 생체 징후가 정상화 되었다. 대상군의 성별을 살펴보면 남녀의 성비가 7:1로 남성이 압도적으로 많은 것은 사회적 활동의 성향 때문인 것으로 생각되며 외국의 자료도 비슷한 경향을 나타내고 있다(10,11).

외상기전에 대해서는 본 연구에서는 추락(25%), 운전자 교통사고(25%), 보행자 교통 사고(18.75%), 자상(18.75%), 오토바이 운전자 사고(12.5%)의 순서로 나타나 외국의 경우보다 추락의 비율이 높은 것으로 나타났다(10,11). 초기에 선택한 수액 종류로는 생리식염수(n=8), 하트만용액(n=5), 동시에 사용한 경우가(n=3)으로 큰 차이가 없었다. 이는 교과서적으로 두 종류 수액의 효과에 큰 차이가 없는 것으로 되어있는 것에 대한 의료진의 인식과 연관성이 있는 것으로 보인다(12). 교질액을 사용한 경

**Table 3.** Comparison of volume and time before and after hemodynamic stabilization

Case	volume before vital sign stabilization(ml)	Time before vital sign stabilization(min.)	volume during 60min. after vital sign stabilization(ml)	Rate of volume before vital sign stabilization (ml/min.)	Rate of volume during 60min. after vital sign stabilization (ml/min.)
1	5920	165	247	35.8	4.1
2	12600	326	165	38.6	2.8
3	3600	19	165	189.5	2.8
4	7560	155 <sup>†</sup>	- <sup>†</sup>	48.8	- <sup>†</sup>
5	5640	135 <sup>†</sup>	- <sup>†</sup>	41.8	- <sup>†</sup>
6	5780	243	124	23.8	2
7	5920	37 <sup>†</sup>	- <sup>†</sup>	160	- <sup>†</sup>
8	2000	27	165	74	2.8
9	4960	53	124	93.6	2
10	4000	15	247	266.7	4.1
11	6960	85	16	581.9	2.8
12	3320	38	124	87.4	2
13	7560	112 <sup>†</sup>	- <sup>†</sup>	67.5	- <sup>†</sup>
14	8200	160 <sup>†</sup>	- <sup>†</sup>	51.3	- <sup>†</sup>
15	3400	65	124	52.3	2
16	4880	88	124	55.5	2

우는 한 명도 없었는데 교질액이 여러 가지 면에서 정질액보다 우수하다는 의견도 있지만 최근의 여러 연구에서는 쇼크환자에서 교질액과 정질액을 사용한 그룹에서 의미 있는 차이를 발견하지 못 하였다(13-22).

급속가압수액주입기를 사용하기로 결정할 당시 투입된 수액량은 최하 0 ml에서 최대 10,000 ml였고 중위값은 1960 ml이었다. 교과서적으로는 출혈성 쇼크의 경우 성인에서 2-3 L의 정질액을 주입 후 반응을 평가하라고 되어 있는 것과 연관이 있다고 생각된다(1). 급속가압수액주입기를 사용하기로 결정한 시점의 평균 수축기 혈압은  $74.9 \pm 12.7$  mmHg로 의료진이 생각하고 있는 수축기 혈압의 유지수준이 90 mmHg이상인 것과 연관이 있는 것으로 판단된다(1).

본원 응급센터에서는 급속가압수액주입기를 주로 응급의학과와 내과에서 사용하고 있고 총 조사된 예 38례중 22례는 상부위장관 출혈성 쇼크등에서 사용되어 본 연구에서는 제외하였다. 16례중 당시 기기의 사용을 결정한 환자의 주치의는 전공의 1년차가 7례, 2년차가 5례, 3,4년차가 각각 2례씩이었다. 한 명의 전공의가 1~2회 정도 본 기기를 사용한 것으로 조사되었고 주로 저년차 전공의가 사용한 경우가 많았다. 급속가압수액주입기를 사용한 후 생체징후 안정화까지 소요된 시간은 평균 40.4분으로 이 시간 동안 평균  $2947.3 \pm 1339.2$  ml의 수액이 주입되었다. 이는 평균 분당 85.5 ml의 수액이 주입된 것으로 급속가압수액주입기를 사용한 사실을 감안하면 예상외로 적은 수치이다(23). 이러한 원인으로는 본 연구에서 각각의 의료진이 급속가압수액주입기에 대하여 사용한 경험이 0-2회 정도로 적은 사실과 실제 사용된 도관의 내경이 1명을 제외하고 대부분의 경우에서 14-16G로 부적절하게 사용된 점을 생각할 수 있겠다. 분당 가장 많은 수액량이 주입된 경우는 운전자 교통사고 이후 응급센터에 내원한 경우로 8.5F의 도관을 사용하여 분당 833.3 ml의 수액이 주입되었고 성공적으로 수술하였으나 수술 후 패혈증으로 사망하였다.

생체징후의 안정화 이후의 분당 평균 주입량은 2.7 ml로 일단 환자의 수축기 혈압이 100 mmHg이상으로 상승하면 수액 주입량을 급격하게 감소시키는 것으로 연구되었다(Table 3).

저자들의 연구는 몇 가지 제한 점을 가지고 있는데 후향적 의무기록 조사여서 수액이 들어간 시간과 양을 간호기록과 의사처방을 참고하여 조사하였기 때문에 당시에 수액이 들어간 정확한 시간과 양을 정확히 기술하기가 어려웠다는 점과 대상 환자의 수가 너무 적어 연구대상환자 군의 특성이 저혈량성 쇼크 외상환자의 전체적인 특성을 반영하기 어려웠다는 점, 그리고 대조군과의 비교가 없는 연구였다는 점등이 한계점인 것으로 생각된다.

## V. 결 론

본 연구에서 일개 응급센터에서 외상환자에서 사용한 급속가압수액주입기 16례를 연구하여 이의 임상적 특성을 조사하였다. 분당 평균 주입된 수액량은 85.5 ml로 예상외로 적었으나, 이는 수액 주입시 사용된 도관의 내경이 충분히 크지 않았던 점과 의료진이 기기에 대한 경험이 부족했던 점을 고려할 때 이를 일반화시키기는 어려울 것으로 생각된다. 추후 응급센터에서 외상에 의한 저혈량성 쇼크 환자에 대하여 전향적 비교군 대조군 연구를 시행하여 우리나라 응급센터 실정에 맞는 외상성 쇼크환자 진료지침이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- 1) Judith E. Titnalli, Gabor D. Kelen, J. Stephan Stapczynski.: Emergency medicine. 6th ed. McGraw-Hill: 2004:1539-40.
- 2) Iserson KV, Reeter AK: Rapid fluid replacement: a new methodology. *Ann Emerg Med* 1984;13:97-100
- 3) William H. Bickell, Matthew J. Wall, Paul E. Pepe, R. Russell Martin, Victoria F. Ginger, Mary K. Allen et al.: Immediate versus delayed fluid resuscitation for hypotensive patients with penetrating torso injuries. *N Engl J Med* 1994;331:1105-1109
- 4) Bickwell WH, Bruttig SP, Millnamow GA, O' Benar J, Wade CE.: The detrimental effects of intravenous crystalloid after aortotomy in swine. *Surgery* 1991;110:529-36
- 5) Stern SA, Dronen SC, Wang X.: Multiple resuscitation regimens in a near-fatal porcine aortic injury hemorrhage model. *Acad Emerg Med* 1995;2:89-97
- 6) James R. Roberts, Jerris R. Hedges.: Clinical procedures in emergency medicine. 4th ed. Saunders 2004:457
- 7) Iserson KV, Reeter AK: Rapid fluid replacement for severe hypovolemia-Human subject trials. *West J Med* 1987 :146:313-5
- 8) Iserson KV, Reeter AK: Comparison of flow rates for standard and large-bore blood tubing. *West J Med* 1985:183-5
- 9) Millikan JS, Cain TL, Hansbrough J.: Rapid volume replacement for hypovolemic shock: a comparison of techniques and equipment. *J Trauma* 1984;24:428-31
- 10) Fingerhut LA, Warner M: Injury chartbook. Health, United states, 1996-97
- 11) Department of health and human services. Public use data tape: 1995
- 12) Judith E. Titnalli, Gabor D. Kelen, J. Stephan Stapczynski.: Emergency medicine. 6th ed. McGraw-Hill: 2004:229

- 13) Rackow EC, Falk JL, Fein IA, Siegel JS, Packman MI, Haupt MT et al. Fluid resuscitation in circulatory shock: a comparison of the cardiorespiratory effects of albumin, hetastarch, and saline solutions in patients with hypovolemic and septic shock. *Crit Care Med* 1983;11:839-50.
- 14) Finfer, S, Bellomo, R, Boyce, N, et al. A comparison of albumin and saline for fluid resuscitation in the intensive care unit. *N Engl J Med* 2004; 350:2247.
- 15) Schierhout, G, Roberts, I. Fluid resuscitation with colloid or crystalloid solutions in critically ill patients: A systematic review of randomised trials. *BMJ* 1998;316:961.
- 16) Virgilio, RW, Rice, CL, Smith, DE, et al. Crystalloid vs. colloid resuscitation: Is one better? *Surgery* 1979;85:129.
- 17) Weaver, DW, Ledgerwood, AM, Lucas, CE, et al. Pulmonary effects of albumin resuscitation for severe hypovolemic shock. *Arch Surg* 1978;113:387.
- 18) Erstad, BL, Gales, BJ, Rappaport, WD. The use of albumin in clinical practice. *Arch Intern Med* 1991; 151:901.
- 19) Choi, PTL, Yip, G, Quinonez, LG, Cook, DJ. Crystalloids vs. colloids in fluid resuscitation: A systematic review. *Crit Care Med* 1999;27:200.
- 20) Bunn, F, Alderson, P, Hawkins, V. Colloid solutions for fluid resuscitation. *Cochrane Database Syst Rev* 2001:CD001319.
- 21) Wilkes, MM, Navickis, RJ. Patient survival after human albumin administration. A meta-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med* 2001; 135:149.
- 22) Alderson, P, Schierhout, G, Roberts, I, et al. Colloids versus crystalloids for fluid resuscitation in critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2000:CD000567.
- 23) Sandra L, Barcelona, Fatima Vilich, Charles J. Cot, et al. A comparison of flow rates and warming capabilities of the Level 1 and Rapid infusion system with various-size intravenous catheters. *Anesth Analg* 2003;97:358-63