

경관급식 유동액의 점도와 삼투압이 체외에서 비장관 튜브를 통한 흐름속도에 미치는 영향

한경희 · 조금호* · 김평자*

서원대학교 식품영양학과, 서울적십자병원 영양실*

The Effects of Viscosity and Osmolality of Enteral Solution on Flow Rates Through Nasogastric Tubes in Vitro

Han, Kyung Hee · Cho, Kum Ho* · Kim, Pyung Ja*

Department of Food and Nutrition, Seowon University, Chongju, Korea

Department of Nutrition,* Seoul Red Cross Hospital, Seoul, Korea

ABSTRACT

This study was designed to measure viscosity, osmolality and in vitro flow rates via nasogastric tubes for 6 types of commercially available and 9 hospital-blenderized enteral solutions and to examine the effect of viscosity and osmolality of enteral formula on the flow rates in gravity drip administration.

Each solution was infused through 18, 16, 14, 12 French sizes of silicone rubber tube. Flow rates were measured six times at 25°C using formula bags and drip sets hung at a uniform height on a intravenous drip stand with tube uniformly positioned in collecting container.

Viscosity ranged widely from 16.0 to 195.5 cps with mean, 64.61 ± 64.42 for hospital-blenderized formula while mean viscosity of commercial formula was 7.60 ± 4.84 cps. Mean osmolality of commercial formula and hospital-blenderized formula were 370 ± 100.80 , 540.33 ± 89.37 mOsm/kg respectively. There was negative relationship between viscosity of formula and flow rates through tubes but no significant relationship between flow rates and osmolality. Some of hospital-blenderized formula was too viscous to be infused through tube with gravity drip administration and the recipe of formula requires to be modified. On the other hand, commercial formula with the low viscosity flows too rapidly with large bore size tubes. Smaller size of tube must be selected for hyperosmolar solution to decrease possible side effects associated with tube feeding.

Two kinds of regression equations for flow rates obtained according to viscosity and tube sizes were also presented for the purpose of practical uses.

In conclusion, this study emphasizes that viscosity of formula, osmolality, patient's tolerance and comfort, caloric density should be considered in the selection of tubes for gravity drip administration.

체택일 : 1993년 8월 5일

KEY WORDS : enteral solution · flow rate · gravity drip administration · viscosity · osmolarity.

서 론

현재 경장영양(enteral nutrition)은 안전하고 유용한 영양공급 수단으로 인식됨에 따라 단독 영양공급원으로 혹은 경구섭취와 병행하여 영양 보조원으로써 병원¹⁾이나 가정²⁾에서 여러 질병경과 중이나 상황에 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 경관급식과 관련되어 나타나는 설사, 구토, 복통 등의 부작용³⁾이 문제가 되고 있어 유동액 주입 방법과 기술에 대한 개선이 강조되고 있으며 이에 대한 연구도 지속적으로 행해지고 있다⁴⁻⁹⁾.

현재 영양소 조성, 칼로리 밀도, 소화성, 점도, 삼투압이 다른 80여 종류의 상업용 유동식이 시판되고 있고¹⁰⁾ 구경이 적고 유연한 재질의 관들이 개발되어⁷⁾ 임상에서 사용하기에 편리하게 되었다. 반면, 환자의 요구에 적합한 유동식⁹⁾과 주입방법을 신중하게 선택할 필요가 있게 되었다. 우리나라에는 몇종류의 수입용 유동식(Energen, Ensure, Isocal, Nutricia)들과 정식품에서 개발한 Greenbia만이 시판되고 있으며 가격이 2000kcal을 기준으로 할 때 15000~50000원 정도로 고가여서 널리 이용되지 못하고 있다.

우리나라 병원에서 투여되고 있는 유동식은 병원 영양과에서 조제한 혼합식이 주종을 이루고 있었고 89.5% 환자가 비위관(nasogastric)을 통한 bolus급여(94.8%)의 일률적인 방법으로 실시하고 있었다¹¹⁾. 또한 환자들은 관을 통해 약을 투여받기 때문에 관의 막힘을 방지하기 위해 구경이 큰 16~18 FR.을 사용하고 있었다. bolus 급여 방법은 간편하기는 하나 빠른 투여속도로 인한 여러 문제점으로 인해 유동식은 간헐적 혹은 지속적 투여법이 권고되고 있어¹²⁾ 이에 대한 준비가 요구된다.

경관급식은 관을 통한 급식 형태이므로 식이 섭취에 영향을 줄 수 있는 투브 자체와 연관된 문제점¹³⁾¹⁴⁾도 함께 고려되어야 한다. 고삼투성 용액의 빠른 투여로 인한 설사, 구토, 오심, 복통 등의

문제¹⁵⁾, 불편함에 따른 환자들의 협조부족이 보고되고 있다⁷⁾. 또한 투브 내경의 막힘¹³⁾, 환자가 의식적으로 혹은 무의식적으로 관을 빼내는 경우, 투브의 삽입과 위치확인 어려움으로 인한 급여시간 손실에서 오는 식이섭취 감소가 지적되었다¹⁶⁾.

Gravity drip 투여시 원식품을 믹서에 갈아 만드는 병원 조제용 유동식은 점도가 높고 잔여물이 많아 관을 통과하기에 문제가 있을 수 있다. 반면, 상업용 유동식은 비교적 점도가 낮아 관을 흐르기 쉽기 때문에 큰구경의 관 사용시 투여속도가 빨라짐으로써 환자에 따라서는 부작용이 생길 가능성이 있다. 각기 다른 유동식들의 점도와 삼투압이 비장관 투브를 통한 흐름속도에 영향을 줄 수 있으므로 투여할 유동식 선택시 투여방법의 선택과 기술이 중요하다.

이에 본 연구에서는 시판되고 있는 상업용 유동식과 병원조제용 유동식의 삼투압, 점도, tube의 크기에 따른 투여율을 측정하고 유동식의 삼투압과 점도 및 투브의 굽기가 투여율에 미치는 영향을 조사하여 gravity drip 투여에 이용될 수 있는 기초자료를 제공함으로써 실제 활용면에 도움이 되고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료

시판되고 있는 상업용 경관유동식 5종류(isocal, nutricia, ensure, greenbia, cnergen), 혼합조제한 상업용 유동식 한종류(isocal+greenbia 1:1 비율)와 시내 9개 종합병원의 조제용 혼합 유동식을 실험재료로 사용하였다. 상업용은 구입하고 시내 종합병원에서 사용되고 있는 유동식은 각 병원으로부터 유동식의 조리법을 수집하여 그 조리법대로 만들어 준비하였다. 실험에 사용된 유동액은 1kcal/ml인 표준 유동액이었다. 실험은 1992. 7. 13~1992. 9. 13일에 걸쳐서 실시되었다.

2. 실험방법

1) 삼투압 측정

유동식들은 준비 즉시 잘 밀봉한 후 냉장온도로 보관하여 실험실로 운반된 후 시료온도를 36.5°C로 하여 GONOTEC OSMOMAT 030과 ADVANCED CRYOMATIC OSMOMETER™ MODEL 3C2로 각각 측정한 후 평균을 구하였다.

2) 점도 측정

실험에 사용된 모든 유동식은 준비된 즉시 SYNCHROLECTRIC VISCOMETER(Model^{LVF} Brookfield)를 사용하여 Spindle No. 1으로 12RPM에서 측정하고 시료온도는 36.5°C에서 dial reading의 시간을 30초로 하여 2회 측정 평균치를 기록하였다.

3) 흐름속도(flow rate) 측정

흐름속도 측정은 실제상황과 유사하게 하기 위하여 병원에서 사용되는 정액수액용 stand 높이(183.5cm)와 환자용 침대높이(71cm)를 측정하여 참고하였다(Fig. 1). 정액 수액용 stand 높이에 유동액을 넣은 gravity drip set(Ensure bag)을 거꾸로 매달고 침대 높이에 투브가 환자의 위장에 들어가는

것처럼 휘게 만들어 위치를 고정하고 1000cc 용기에 투브의 끝이 가게 설치해 놓았다. 투브의 삽입 길이는 남자는 평균 55cm 여자는 50cm이면 코에서 위의 위치에 도달하므로 안정성을 위해 60cm을 삽입하는 길이로 하였다.

투브는 silicone rubber 재질의 굵기가 12, 14, 16, 18Fr인 4종류를 사용하여 1분간 몇 ml의 유동액이 흐르는지를 초시계로 6회 반복 측정하였다. 속도 조절용 clamp는 측정을 위해 완전히 열어 놓았다. 각 유동액들은 온도가 36.5°C가 되도록 가온한 후 사용하였고 실험실 온도도 병실내의 온도와 같은 수준(25°C)를 유지하였다.

4) 통계처리

실험결과는 SAS 통계 package로 통계처리 하였다. 투브 굵기에 따른 흐름속도 차이의 유의성은 one-way anova로 판정하였고 점도, 삼투압 및 투브 굵기와 흐름속도와의 상관관계는 Pearson의 상관계수를 계산하여 유의성을 검증하였다. 또한 흐름 속도에 영향을 미치는 변수들은 다중회귀분석을 이용하여 회귀식을 구하였다.

결과 및 고찰

1. 경관급식 유동액의 삼투압

15개 경장 유동식들의 삼투압, 점도, 칼로리 밀도 및 단백질 지방 탄수화물의 비율이 Table 1에 제시되었다. 상업용 중 Energen의 삼투압이 700 mOsm/kg로 가장 높게 나타났고 등장액으로 보고된 Isocal은 255mOsm/kg으로 가장 낮았으며 Eergen을 제외한 상업용 유동식의 평균 삼투압은 370 ± 100.80 mOsm/kg이었다. Energen은 소화 흡수를 용이하게 하기 위해 구성성분을 미리 가수분해시켜 놓은 화학적으로 규정된 성분 영양제(chemically defined of elemental formula)로 분자량이 적은 구성성분이 많아짐에 따라 삼투압에 미치는 영향이 크기 때문으로 보인다. 그러나 측정된 Energen의 삼투압은 판매업체에서 제시한 삼투압인 760mOsm/l보다는 낮게 나타났다. 소아용인 Nutrison는 등장액에 가까웠고 Ensure와 Greenbia는 각각 463, 483mOsm

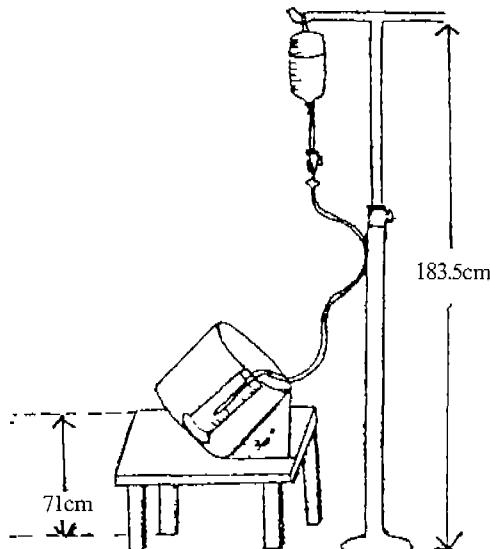


Fig. 1. Enteral formula bag and gravity drip set with collecting container.

관유동식의 점도 및 삼투압과 흐름속도와의 관계

/kg이었다. 외국에서 시판되고 있는 혼합형 유동액(blenderized formula)의 삼투압은 300~435mOsm/kg 범위인 것으로 보고되었다¹⁷⁾. Greenbia와 Isocal을 1:1의 비율로 혼합한 유동식은 삼투압이 등장액에 근접하게 나타났다. Isocal은 제조회사에서 보고한 300mOsm/kg보다 낮았고 Ensure, Greenbia, Nutrison 등은 제조회사에서 제시한 측정치와 비슷했다.

반면, 병원 조제용 유동식들의 삼투압은 평균 540.33 ± 89.37 mOsm/kg로 상업용 유동액의 평균보다 더 높게 나왔다. Heimburger 등¹⁸⁾은 삼투압이 350 mOsm/kg보다 적을 때를 등장성, 350~550 mOsm/kg은 중등도의 고장성, 550 이상은 현저한 고장성으로 분류하였다. 이것을 기준으로 볼 때 모든 병원의 조제 유동액들이 비교적 고장성이거나

현저한 고장성 유동액 범주로 분류된다. 삼투압 측정 결과는 유동식 중 일부는 원 샘플 상태로는 측정이 불가능하여 각 샘플을 원심분리(RPM 3600 10분)하여 상등액을 일정량씩 취하여 측정하였고 두 종류의 기기로 각각 분석한 후 평균을 구하였다. 실제로 병원 영양사들이 유동액 조제시 영양적인 것과 농도를 고려하면서 외국에서 시판되고 있는 혼합형 유동식 내용물 구성과 삼투압을 비교하여 조제하고는 있으나 삼투압의 정확한 측정은 이루어지고 있지 못한 실정이다¹⁹⁾. 또한 각 병원마다 사용되는 내용물이 다르고 분량 또한 차이가 있으며 매 조제시마다 일률적인 조성을 보장할 수 없는 제한점을 갖고 있다.

경관급식 환자에서 설사의 요인으로 알려진 여러 요인 중 하나가 용액의 삼투압이다¹⁵⁾. 높은 농도의

Table 1. Osmolality, viscosity, caloric density, and energy nutrient distribution of enteral solutions

Types of formula	Osmolality (mOsm/kg H ₂ O)	Viscosity (cps)	Caloric Density (kcal/ml)	PFC Ratio(%)		
				CHO	PRO	FAT
Commercial Formula						
Energen ¹⁾	700(760)/L ³⁾	2.0	1.00	81	18	1
Ensure	463(470)	2.0	1.00	55	14	31
Isocal	255(300)	9.5	1.00	50	13	37
Nutrison ²⁾	294(290)	3.0	1.00	49	16	35
Greenbia	483(465)	13.0	1.00	55	25	20
Greenbia + Isocal	355	10.5	1.00	53	19	28
Mean ⁴⁾ ± SD	370.00±100.80	7.60±4.84	1.00±0.00	52.40±2.79	17.40±4.83	30.20±6.69
Hospital-Blenderized formula						
A	644	16.0	1.01	54	16	30
B	528	17.5	1.02	66	13	21
C	388	32.5	1.13	61	13	26
D	505	64.5	1.01	60	13	27
E	431	17.0	1.11	56	21	23
F	560	20.5	0.99	53	18	29
G	667	53.0	1.10	57	15	28
H	625	165.0	0.96	53	19	28
I	515	195.5	1.02	62	16	22
Mean± SD	540.33±89.37	64.61±64.62	1.05±0.05	58.00±4.53	16.00±2.87	26.00±3.24

1) Elemental diet

3) Manufacturer's measurement of osmolality

2) For pediatric use

4) Mean for five commercial formulas except Energen

탄수화물 아미노산 그리고 전해질에 의해 초래되는 고삼투성 용액의 농도는 위와 소장에서 삼투성 현상을 일으켜 유동식의 농도를 회복시키 위해 위장관으로 물을 끌어들임으로써 복통, 설사, 오심을 일으킬 수 있다. 특히 장의 기능이 나쁘거나 고장성 유동식의 투여속도가 너무 빠르면 이러한 삼투부하를 감당할 수 없게 된다¹⁵⁾. 일반적으로 가장 흔히 권장되는 방법은 초기에는 등장성 혹은 저장성 농도로 회복시킨 유동식을 시간당 50ml로 시작하여 환자의 적응 상태에 따라 25~50ml/hour/day로 증가시켜 원하는 용량과 농도에 도달하도록 권고되고 있다¹⁰⁾. 그러나 최근 이런 방법이 특히 2주 이내의 짧은 기간 경관급식을 받는 환자에서 불충분한 영양소 섭취의 요인이 된다는 주장이 나오고 있다²⁰⁾. 현실적으로, 2~3주 동안의 경관급식에서 환자들의 40%가 정의 질소 평형을 유지하지 못했다고 하였다²¹⁾.

정상적인 위장관 기능을 가진 영양 상태가 양호한 사람에게서는 낮은 투여 속도나 회복한 용액으로 경관 급식을 실시할 근거가 없다는 보고가 있다. Kcohanne 등²⁰⁾은 회복하지 않은 430mOsm의 고장성 유동액을 섭취했던 환자들이 등장성 유동액이나 4 일간에 걸쳐 점차로 삼투압을 높여 투여했던 군보다 유의하게 질소 섭취와 질소 균형이 더 좋았고 부작용 없이 안전했다고 보고하였다. 그러나 외국의 경우 경관급식이 24시간 지속적 투여법에 의해 행해지고 있는 것이 보편화 되어 있고¹⁰⁾ 이들 실험에서 투여율은 최고 150ml/hour(2.5ml/min)였다는 것에 주의할 필요가 있다²⁰⁾. 반면 우리나라 병원에서는 평균 79.02±38.11ml/min의 빠른 속도에 bolus feeding으로 행해지고 있기¹¹⁾ 때문에 고장성 용액의 경우 부작용을 일으킬 가능성을 배제하지 못하리라는 생각이 듈다.

현재 병원에서는 고단백 혹은 고단백 & 고칼로리 식이 처방전도 전체 경관급식의 29%나 차지하고 있다¹¹⁾. 고단백 고열량 유동식은 표준 용액에 비해 농도가 진해짐에 따라 삼투압이 높아져 주입속도에 주의를 요한다.

2. 경관급식 유동액의 점도

상업용 유동식의 평균 점도는 7.60±4.84cps로 2.

0~13.0의 범위에 있었고 병원 조제용 유동식의 평균 점도는 64.61±64.42로 최소 16.0에서 최고 195.5cps의 넓은 분포를 보였다. Dunaj 등²²⁾은 방사선 치료를 받고 있는 외래 암 환자들의 영양 보조원으로 고밀도 칼로리 경관요법 시행 시 240ml 용액이 8Fr. 투브로 2시간 이상이 걸림에 따라 환자들의 협조를 얻기가 어려웠다고 보고하였다. 반면 환자들의 편안함을 위해서는 구경이 적은 관들의 사용이 요구됨에 따라 유동액의 점도 조절이 중요하다. 점도가 낮은 상업용을 사용하는 경우에도 적은 구경의 tube는 막히는 경향이 있어 의료진들을 성가스럽게 만드는 일 중의 하나이다.

병원 조제용은 원식품을 믹서에 갈아 만들기 때문에 상업용에 비해 점도가 높고 잔사가 많아 관이 막힐 우려가 있다. I병원은 식품 재료 총 7 가지의 육식을 뺏아 만든 가루(선식)를 사용함으로써 잔사가 높고 점도도 195.5cps로 또한 높게 나타났다. H병원의 경우에도 점도가 165.0cps로 상당히 높은 편이었는데 이 유동식 구성 성분 중에는 고형 성분 대 액체 성분의 비율이 0.31로 타 병원들에 비해 비교적 높은 편에 속해 내용물의 농도가 진하여 점도가 높게 나타난 것으로 생각된다. 각 병원 조제식을 비교해 보았을 때 내용물의 액체 성분과 고형분의 비율이 0.08~0.46의 분포를 보였고 사용하는 재료들 역시 다양하였다. 일반 상업용 유동액의 수분 함유량은 80%로 보고되었다²³⁾. 병원에서 유동액 조제시에는 점도를 조절하기 위해 구성성분들의 액체에 대한 용해성과 아울러 일정 용액내에서의 액체 성분 대 고형성분에 대한 비율을 고려해야 하리라 본다. 특히 고칼로리 유동식 조제시 구성 식품선택에 주의를 요한다.

3. 유동액의 흐름속도

Tube 굽기에 따른 흐름속도는 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$)(Table 2). 각 유동액들의 흐름속도는 관구경의 크기가 작아질수록 정도의 차이는 있으나 비례적으로 느려짐을 볼 수 있다. Tube의 직경은 French(1Fr.=0.33mm) 단위로 측정되어지며¹⁰⁾ 상업용 유동식을 위해 6~14.6 French 크기의 tube가 나와 있으며 여러 점성을 가진 유동식 굽여를 위해서는 정확한 내경을 지녀야

관유동식의 점도 및 삼투압과 흐름속도와의 관계

한다. 권장되고 있는 tube의 크기는 유동식의 종류, 예상되는 경관 영양 기간, tube의 삽입 위치(위, 십이지장, 공장), 펌프의 사용 여부 혹은 중력에 의한 투여 방법이나에 기초해서 선택되어져야 한다.

상업용 유동식을 위해 사용되는 tube는 재질에 따라 외경(external diameter)과 내경(internal diameter)이 다르게 나타났다⁷⁾. Polyurethane tube의 내경은 동일한 French 크기를 가진 silicone rubber보다 커졌으며 이는 흐름속도에도 영향을 미쳤다고 한다⁷⁾. 8 French의 Polyurethane tube에서의 흐름속도와 10 French tube의 silicone rubber에서의 흐름속도가 같은 것이 관찰되었다⁷⁾. 또한 적은 크기의 tube인 경우 내경이 같을 때에는 판의 길이가 길수록 흐름속도가 더 느린 것이 발견되었다⁷⁾. 본 연구에서는 길이 122cm의 silicone rubber 투브로 실험하였다. 따라서 흐름속도 추정시 투브의 재질과 길이에 따른 차이도 고려되어야 할 것이다.

유동액의 흐름속도는 또한 점도에 따라 큰차이를 나타낸다. 점도 범위가 2.0~13.0cps로 측정된 상업용 유동액들은 판구경이 18Fr. 인 투브에서 평균 100.67~34.00ml/min 속도로 흘렀다. 반면, 점도의 범위가 넓은 분포를 보였던 병원조제용 유동액들의 (16.0~195.5cps) 흐름속도는 최고 44.83ml/min에서 최소 4.70ml/min으로 측정되었다.

점도와 삼투압이 흐름속도에 미치는 영향을 조사한 결과 점도는 흐름속도에 유의적인 음의 상관관계($r = -0.60 \sim -0.58$ $p < 0.05$)를 나타냈으나 삼투압은 음의 경향은 보였으나 유의적인 상관성은 없었다(Table 3).

Fig. 2에는 유동식들의 점도에 따른 각 투브 굵기에서의 흐름속도의 분포도이다. 점도가 높을수록 흐름속도는 감소하는 경향을 보이고 있다. 회귀분석 결과 점도가 독립 변수로써 회귀식들은 18 French tube는 $\text{flow rate} = -17.8 \times \log_{10} \text{점도} + 89.9$ (r^2

Table 2. Mean flow rates by tube sizes

Types of formula	Tube sizes			
	18 Fr. (ml/min)	16 Fr. (ml/min)	14 Fr. (ml/min)	12 Fr. (ml/min)
Commercial formula				
Energen	100.67 ± 1.03	87.53 ± 0.82	77.00 ± 1.10	63.70 ± 0.82
Ensure	56.34 ± 0.82	53.67 ± 0.82	47.83 ± 1.03	38.73 ± 0.59
Iscocal	87.33 ± 0.52	76.50 ± 0.89	63.50 ± 0.55	48.08 ± 0.20
Nutricia	75.17 ± 0.98	70.97 ± 0.67	62.67 ± 0.97	49.67 ± 0.30
Greenbia	34.00 ± 0.52	25.6 ± 0.51	21.08 ± 0.05	15.37 ± 0.21
Greenbia + Isocal	45.80 ± 0.66	41.47 ± 0.64	36.00 ± 0.36	26.10 ± 0.66
Hospital-Blenderized formula				
A	44.83 ± 0.68	39.25 ± 0.27	31.18 ± 0.10	20.10 ± 0.40
B	38.83 ± 1.47	37.67 ± 1.37	33.00 ± 0.63	31.00 ± 0.55
C	31.77 ± 0.39	22.37 ± 0.19	20.90 ± 0.21	7.22 ± 0.17
D	20.25 ± 0.42	16.92 ± 0.58	14.92 ± 0.38	11.60 ± 0.44
E	16.25 ± 0.27	13.25 ± 0.42	10.50 ± 0.45	8.58 ± 0.20
F	9.62 ± 1.05	6.60 ± 0.89	5.88 ± 0.26	4.68 ± 0.19
G	9.38 ± 0.33	9.02 ± 0.04	8.83 ± 0.37	8.28 ± 0.42
H	6.80 ± 0.22	5.65 ± 0.21	4.58 ± 0.26	3.50 ± 0.27
I	4.70 ± 0.38	4.17 ± 0.24	3.23 ± 0.23	2.50 ± 0.29
Total mean ± SD	38.78 ± 29.29 ^{a)}	33.95 ± 26.43 ^{ab)}	29.36 ± 23.09 ^{bc)}	23.49 ± 18.53 ^{c)}

Values with different subscripts in the same row are significantly different from each other at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

Table 3. Pearson correlation coefficient between flow rates by tube sizes, viscosity and osmolarity

	18Fr	16Fr	14Fr	12Fr
Viscosity	-0.6009**	-0.5913***	-0.5918**	-0.5832*
Osmolality	-0.2947	-0.2976	-0.2913	-0.2595

*P<0.05 **P<0.01

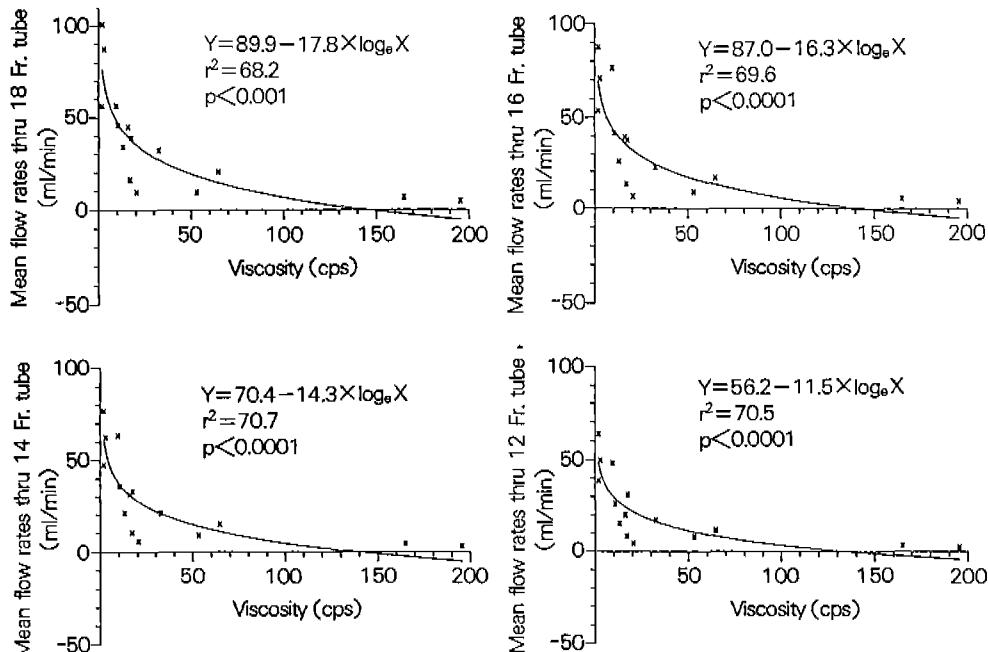


Fig. 2. Correlations between viscosity and flow rates of enteral solutions by tube sizes.

=68.2 p<0.001), 16 French의 경우에는 flow rate = $-16.3 \times \log_e$ 점도 + 87.0 ($r^2 = 69.6$ p<0.0001), 14 French tube의 flow rate = $-14.3 \times \log_e$ 점도 + 70.4 ($r^2 = 70.7$ p<0.0001), 12 French에서는 flow rate = $-11.5 \times \log_e$ 점도 + 56.2 ($r^2 = 70.5$ p<0.0001)로 나타났다. 따라서, 유동식의 점도를 알 경우 각 투브 굵기에 따른 흐름속도를 추정해 볼 수 있으므로 유동액의 다양한 삼투압을 고려하면서 적정크기의 투브를 선택하는데 도움이 되리라 본다. 권장되는 유동액의 흐름속도는 분당 1.5~30ml 범위이다²⁴⁻²⁶⁾.

Fig. 2에서 보듯 점도가 10cps 이하로 낮아질 경우 몇 유동식을 제외하고는 각 tube에서의 흐름속도는 급격히 증가하는 경향이 나타났다. 그러므로 삼투압이 높으면서 점도가 낮은 유동식 사용시 적정

투여속도를 유지하기 위해서는 12Fr 이상의 구경이 큰 투브는 바람직하지 못하리라 생각된다.

Fig. 3에 각 유동식들의 tube 굵기에 따른 평균 흐름속도를 표시하였다. 유동액들 중 점도가 9.5 cps인 Isocal과 16.0cps인 A병원의 예를 든다면, 투브굵기에 따라 흐름속도를 추정해 볼 수 있는 회귀식은 각각 $y = 4.64 + 2.9585 \times$ 투브 굵기 ($r=0.9275$), $y = -11.085 + 3.2285 \times$ 투브 굵기 ($r=0.9426$)로 구해졌다. 본 실험에서 사용된 이외의 투브 굵기에서의 흐름속도를 추정해 보고자 할 때 각 병원에서 사용되는 유동액들의 회귀식을 구하여 참조할 수 있으리라 생각된다. 흐름속도에 대한 tube 굵기의 영향은 유의한 정의 상관 관계를 보여 tube 크기에 따라 비례적으로 빨라지는 것으로 나타났다. 점도가 높은 유동식은 tube 굵기에 따라 흐름속도가

관유동식의 점도 및 삼투압과 호흡속도와의 관계

완만히 빨라지는데 비해 점도가 낮은 유동식은 영향을 더 받는 것으로 나타났다(Fig. 3).

점도가 2.0cps인 Energen의 경우 18 French tube에서 100ml/min의 속도로 빠르게 흐른 반면 점도 195.5cps인 I병원 조제용은 4.70ml/min의 속도로 흘러 점도에 따라 호흡속도가 크게 다르게 나타났다. 앞에서 이미 언급하였듯이 I병원 경관 유동식에는 재료 중 콕식 가루가 들어감으로써 잔사가 많아 관을 막아 흐름에 방해를 함으로써 호흡속도에 영향을 주는 것이 관찰되었다. F병원 유동식의 점도는 20.5cps였으나 흐름속도는 9.60 ml/min으로 나타나 A, B, E 병원의 비슷한 점도 범위에 있는 유동식 보다 훨씬 느리게 나타났다. F병원의 경우 실제로 관을 통한 유동식 흐름속도 측정실험 때 식품 재료 중 사용된 margarin이 관에 부착됨으로써 흐름이 크게 방해를 받는 것으로 관찰되었다. 경관 급식을 위한 지방급원으로써 고체지방은 피해야 될 것이다.

반면 Energen과 같은 점도를 가진 Ensure의 경우 관을 통한 흐름속도에 큰 차이를 보여 흐름속도가 약 1/2로 나타났다. 또한 병원 조제용 중에도 D와 E병원의 점도는 각각 64.5, 17.0cps로 3.8배 정도의 차이가 있었으나 흐름속도는 18Fr. 튜브에서 각각 20.25, 16.25ml/min로 큰차이가 없었다. Hearne등⁷⁾은 비장관 튜브를 통한 흐름속도는 삼투압, 점도, 칼로리 밀도, 유동액에 사용된 단백질의 양과 종류뿐 아니라 여러 복합적인 요인들의 상호작용에 의해서 다양하게 나타날 수 있다고 결론지어 점도가 흐름속도에 영향을 미치는 주요변수이기는 하나 점도 이외의 다른 요인과 이요인들간의 복합적인 작용에 의한 것일 수도 있으리라 추측된다. 점도는 어느 시점에서 점도를 재느냐에 따라서 실험 재료 물성에 따라 수치가 약간 다를 수 있다. 이유는 점도를 재는 시점에서 휘저어서 받는 저항은 입자 크기에 따라 다르기 때문이나 대략적인 경향은 나타나는 것으로 보고된다²⁷⁾. 경관 유동식 제조업

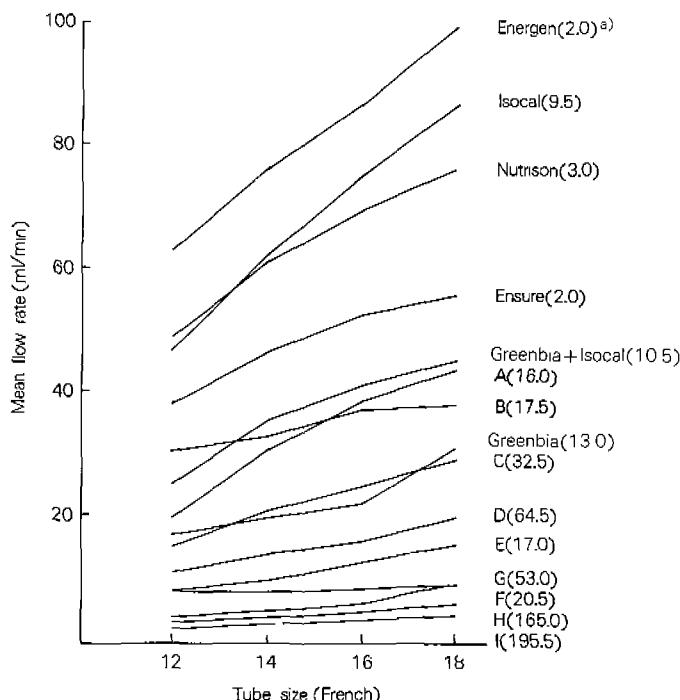


Fig. 3. Mean flow rates by tube size for each formula.
a) Formula Type(viscosity)

자들의 점도 측정 수치는 흔히 저장 기간에 따른 점도의 변화 때문에 그 범위를 일반적으로 제시 해주고 있다⁷⁾.

Energen, Isocal, Ensure는 제조업체에서 권장하는 투여속도가 각각 75~100²⁶⁾, 150~200²⁴⁾, 100~150 ml/hour²⁵⁾이다. 이것을 기준으로 볼 때 본 실험결과 이 유동식들은 Fig. 3에서 나타나듯 12Fr.튜브에서도 최소 38ml/min 흐름속도로 흐르기 때문에 12 Fr. 이상의 튜브를 선택하여 투여하는 것은 적절치 않은 것으로 판정된다. Energen은 모든 튜브크기에서 자유롭게 흐르고 12Fr.에서도 68.70ml/min 속도로 통과했다. 만약 튜브 굽기에 따른 흐름속도 추정회귀식이 12Fr. 이하의 적은 구경에서의 흐름 속도에도 적용될 수 있다고 가정한다면 Energen의 흐름속도 = $-8.855 + 6.072 \times$ 튜브 굽기 식에서 6Fr. 튜브사용시 27.58ml/min로 계산된다. 그러나 6Fr. 튜브에서 조차도 권장투여 속도인 1.25~1.67ml/min을 훨씬 초과하므로 삼투압이 높은 Energen은 구경이 가장 적은 6Fr. 튜브로 속도조절용 clamp로 권장속도를 조절한 후 24시간의 지속적인 점적 투여가 필수적이다.

점도가 낮은 등장액인 Isocal이나 Nutrison 용액은 테스트된 모든 튜브에서 자유로이 흐를 수 있기 때문에 환자의 편안함을 위해서 구경이 가장 적은 튜브가 사용될 수 있다. Isocal는 환자의 목표 에너지가 2000kcal일 경우 권장투여속도(2.5~3.3ml/min)로 투여하려면 10~12시간에 걸쳐 주입되어야만 한다. Greenbia의 경우 권장되고 있는 정확한 투여속도는 제시하고 있지 않으나 다른 상업용과 비교해 볼 때 점도가 높아 흐름속도는 12Fr.의 경우 15.87ml/min였다. 그러나 삼투압이 높은 편이기 때문에 낮은 흐름속도에도 불구하고 구경이 적은 튜브로 주입되어야만 할 것이다. 이것은 낮은 속도로 투여함으로써 이 유동액의 높은 삼투압 부하에 대한 환자들의 적응을 개선시킬 수 있을 것이다. Tube는 환자의 편안함을 위해서 유동식이 흐를 수 있으면서 가장 적은 구경을 가져야하고 가능한 한 유연해야한다¹⁰⁾. 구경이 큰 판에 비해 작은 구경의 tube는 환자에게 편안함을 주고 기계적 자극이 적은

반면 막히기가 쉽고 환자가 심한 기침이나 구토시 tube의 위치 변경이 일어날 수 있는 문제점이 보고되고 있다³⁾.

현실적으로 간호측에서는 관을 통한 약의 투입 때문에 12Fr. 이하의 튜브는 원하고 있지 않는 실정이다. 급여 튜브를 통한 약의 투여가 튜브가 막히는 가장 빈번한 요인이었다고 하였다²⁸⁾. 또한 유동액을 투여하는 간호측에 작업부담이 많아지는 경우 처방된 용량섭취를 하지 못했다는 보고도 있다²⁹⁾. 한편, 병원조제용 유동액들은 상업용에 비해 잔사가 많고 점도가 높아 gravity drip 투여시 큰 구경의 튜브가 요구되는 것으로 나타났다. 병원조제용 흐름속도 측정시 유동액의 잔사가 많았을 때는 시간이 지남에 따라 주입초기의 흐름속도가 일정하게 유지되지 못하고 느려지면서 관이 막히는 것이 목격되었다. 18Fr.에서조차 10ml 이하로 흐르는 병원의 유동식은 gravity drip 투여를 위해서는 조제법의 수정이 없이는 가능하지 않으리라 본다. 특히 H, I병원 유동액 조리법은 점도가 높아 18Fr. 튜브에서도 4.7~6.8ml/min 속도로 흐르고 시간이 지남에 따라 관을 막아 구성성분이나 액체성분 대고형분의 비율에 대한 재조정이 이루어지지 않는 한 gravity 투여법으로는 실시되지 못할 것이다.

유동식의 투여율에 대한 확실한 기준은 없으나 병원 지침서와 유동식 제조업체에서는 유동액의 조성에 따라 1.50~20.0ml/min으로 권장되고 있다. Gravity 투여로 하루 6회 투여시 1회 투여용량 350ml 기준으로 30분에 걸쳐 intermittent feeding을 하는 경우 평균 11ml/min 속도이다. 이것을 참고로 할 때 Fig. 3에서 관찰되듯이 12Fr. 튜브로 gravity drip 투여시 병원조제용 유동액의 점도는 15~25cps 범위가 되도록 조제하는 것이 적절하리라 본다. 실험실에서 실시된 본 연구결과의 타당성을 입증하기 위해서는 인체를 대상으로 한 연구가 필요하다고 생각된다. 또한 유동액의 gravity drip 투여시에는 환자의 자세, 제조회사마다 각기 다른 튜브 bag의 크기나 재질, 튜브가 환자의 코로 삽입될 때까지의 경로에 따른 흐름속도의 변화 등에 대해서도 연구되어져야 하리라고 본다.

요약 및 결론

상업 유동식 5종류, 혼합조제한 상업용 유동식 1종류, 9개 병원조제용 유동식의 삼투압, 점도, 투브 굽기에 따른 호흡속도의 영향을 살펴본 결과는 다음과 같다.

1) 성분영양제인 Energen을 제외한 상업용 유동식의 평균 삼투압은 370 ± 100.80 였고 병원조제용 유동액은 평균 540.33 ± 89.37 mOsm/kg으로 상업용 보다 더 높게 나타났다. 상업용 유동액의 점도는 평균 7.60 ± 4.84 로 2.0~13.0의 범위를 보인 반면 병원 조제용 유동액은 평균 64.61 ± 64.42 로써 최소 16.0에서 최고 195.5cps의 넓은 분포를 보였다. 유동액의 점도는 투브를 통한 호흡속도에 유의한 음의 상관관계를 보였으나 삼투압과는 유의한 관련이 없었다.

2) 투브 굽기에 따른 호흡속도는 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 18Fr. 투브를 통한 호흡속도에서 점도가 2.0cps인 Energen은 최고 100.67로 훌렸고 점도가 195.5cps였던 유동액은 최소 4.70ml/min로 나타나 큰차이를 보였다.

일부 조제용 유동액은 점도가 높아 관을 통과하는데 장애를 받음으로써 gravity drip 투여에 부적합한 것으로 판명되어 조리법의 개선이 필요한 것으로 나타났다. 반면, 점도가 낮은 상업용 유동액은 투브를 통해 자유로이 흘러 속도가 빨라짐으로써 삼투압이 높은 유동식 투여시 고장성 용액에 대한 적응성을 개선시키기 위해서는 투여시 구경이 적은 관의 선택이 필요한 것으로 판단되었다. 유동액의 점도에 따른 호흡속도 추정을 위한 회귀식과 유동식들의 투브 굽기에 따른 호흡속도 추정을 할 수 있도록 회귀식을 구하여 조성이 다른 유동액 투여시 투브의 선택에 참고가 되도록 제시하였다.

이상과 같은 결과로, 다양한 종류의 유동식을 gravity drip 투여시 적절한 호흡속도를 위한 투브의 선택은 유동액의 점도, 삼투압, 환자의 유동액에 대한 적응성과 편리성, 환자의 편안함에 기초를 두고 선택되어야만 한다고 본다.

Literature cited

- 1) ASPEN Board of directors. Guidelines for the use of enteral nutrition in the adult patients. *JPEN* 11 : 435-439, 1987
- 2) The Oley Foundation and ASPEN. OASIS home nutritional support patient registry. Annual report. Oley foundation for home parenteral and enteral nutrition, Albany, NY, 1985
- 3) Cataldi-Betcher E, Seltzer M, Slocum S, Jones K. Complications occurring during enteral nutrition support : A prospective study. *JPEN* 7 : 546-552, 1983
- 4) Heymsfield SB, Casper K, Grossman GD. Bioenergetic and metabolic response to continuous v intermittent nasoenteric feeding. *Metabolism* 36(6) : 570-575, 1987
- 5) Roonapisuthipong C, Heymsfield SB, Casper K, Hill JO : Continuous nasoenteral feeding : Inverse relation between infusion rate and serum levels of bilirubin. *JPEN* 11 : 544-546, 1987
- 6) Zarling EJ, Parmar JR, Mobarhan S, Clapper M. Effect of enteral formula infusion rate, osmolality, and chemical composition upon clinical tolerance and carbohydrate absorption in normal subjects. *JPEN* 10 : 588-590, 1986
- 7) Hearne BE, Besser PM, Groshen S, Daly M. In vitro flow rates of enteral solutions through nasoenteric tubes. *JPEN* 8 : 456-459, 1984
- 8) Skidmore FD. Flow rate of nutrient preparations through nasogastric tubes. *Ann R Coll Surg Engl* 62 : 287-290, 1980
- 9) Krasner JB. A technique for optimization of enteral feeding regimens : implementation on a microcomputer. *JPEN* 10 : 208-212, 1986
- 10) Zeman FJ, Ney DM. Application of clinical nutrition. pp132-153 Prentice Hall, 1988
- 11) 한경희. 병원 성인 환자의 경관급식에 관한 연구. *한국영양학회지* 25(7) : 668-683, 1992
- 12) Jones BJM, Payne S, Silk DBA. Indications for pump-assisted enteral feeding. *Lancet* 1 : 1057-1058, 1980

- 13) Marcuard SP, Perkins AM : Clogging of feeding tubes. *JPEN* 12 : 403-405, 1988
- 14) Metheny NA, Spies M, Eisenberg P. Frequency of nasoenteral tube displacement and associated risk factors. Research in nursing and *health* 9 : 241-247, 1986
- 15) Rombeau JL, Coldwell MD. Enteral and tube feeding. Clinical nutrition Vol.1 p 180, W.B. Saunders Company 1984
- 16) Alernathy GB, Heizer WD, Holcombe BJ, Raasch RH, Schlegel KE, Hak LJ. Efficacy of tube feeding in supplying energy requirements of hospitalized patients. *JPEN* 13 : 387-391, 1989
- 17) Shronts E. Tube feeding : Managing the basics. *Am J Nurs* 1312-1320, 1983
- 18) Heimburger DC, Weinsier RL. Guidelines for evaluating and categorizing enteral feeding formulas according to therapeutic equivalence. *JPEN* 9 : 61-67, 1985
- 19) 이송미. 질환별 Tube Feeding의 조제방법 및 계산의 실제. 경관급식에 관한 워크샵, 대한영양사회 병원분과위원회 pp83-110, 1990
- 20) Keohane PP, Attrill H, Love M, Frost P, Silk DBA. Relation between osmolality of diet and gastrointestinal side effects in enteral nutrition. *Br Med J* 288 : 678-680, 1984
- 21) Jones BJH, Lees R, Andrews J, et al. Comparison of an elemental and polymeric enteral diet in patients with normal gastrointestinal function. *Gut* 24 : 78-84, 1983
- 22) Dunaj J, Hearne BE, Daley Jm, et al. Radiaiton therapy for head and neck cancer effect of field site and nutrition support on body weight changes. *JPEN* 6 : 588, 1982(Abstract)
- 23) Koretz RL, Meyer JH. Elemental diets-Facts and Fantasies. *Gastroenterology* 78 : 393-410, 1980
- 24) Isotonic 경장영양제, 동아제약주식회사
- 25) Ensure, liquid nutrition. Abbott
- 26) Energen 혼탁용산, 삼일제약주식회사
- 27) Malcolm C. Bourne. Food texture and viscosity : concept and measurement pp.219-223, Academic Press, New York. 5th Ed, 1982
- 28) Skipper A. Dietitian's handbook of enteral and parenteral nutrition. p.300, Aspen Pub. 1989
- 29) Meeroff J, Vayliang W, Go M, Phillips S. Control of gastric emptying by osmolality of duodenal contents in man. *Gastroenterology* 68 : 1144-51, 1975