

## 흰쥐의 적출소장을 통한 물의 흡수에 관한 연구

김 종 국 · 이 범 진

서울대학교 약학대학

(Received June 2, 1988)

### The Absorption of Water from the Isolated Small Intestine of the Rat

Chong-Kook Kim and Bum-Jin Lee

College of Pharmacy, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

**Abstract**—We measured the rate of water transfer across the isolated small intestine of the rat in Wiseman apparatus using tritiated water ( $^3\text{H}_2\text{O}$ ) in drinking beverages such as electrolytes solution, fruit juice, carbonated water and barley water. Initial transfer rate of water using four beverages were determined: Electrolytes solution is the fastest and followed by barley water, carbonated water and fruit juice.

마라톤, 싸이클과 같이 지속적으로 격렬한 운동을 하면서 체력이 소모되는 선수 및 축구, 농구, 핸드볼과 같이 일정한 시간 동안 휴식없이 체력을 소모하는 선수의 경우 경기도중 체열이 축적되며 심한 발한으로 체액의 손실이 일어난다<sup>1,2)</sup>. 심한 체액의 손실은 경기력의 감퇴 및 열병(heat injuries)을 야기하므로 이를 예방하기 위하여 경기중이라도 선수에게 수분을 보충하여 주어야 한다<sup>3)</sup>. 체액의 보충은 음료의 종류, 용량 및 보충시기가 문제가 된다<sup>4,5)</sup>. 그러나 선수들의 상이한 경험과 선호도 그리고 변화에 대한 거부감 등으로 인하여 문제를 더욱 복잡하게 한다. 孔 등<sup>6)</sup>의 조사보고에 의하면 '82 서울 국제 마라톤 대회 경기중에 한국인은 오렌지 주스 및 보리차(100%)를 마셨으며 외국인들은 물(76%), 탄수화물(20%), 오렌지주스(2%), 기타(20%)를 마셨다고 보고한 바 있으며, 경기후에는 한국인은 오렌지 주스(60%), 보리차(20%), 물(20%)를 마셨고 외국인은 물(57%), 오렌지 주스(28%), 콜라(6%), 맥주(3%)를 마셨으며 외국선수의 70%가 전해질 음료의 공급을 요청했다고 보고하였다. 본 연구에서는 한국선수들이 흔히 마시는 음료의 흡수속도(water absorption rate)를 비교할 목적으로 과즙음료(오렌지 주스)

탄산음료(콜라), 전해질 음료, 보리차 4종의 음료를 선정하여 흰쥐의 적출소장을 통한 물의 net flux를 *in vitro*에서 측정, 비교하였다.

### 실험 방법

**실험재료**—전해질 음료(스포테라, 롯데 — 삼강), 과즙 음료(Libb's Orange Juice, NESTLE FOODS Corp.), 탄산음료(Coca-Cola Classic, Coca-Cola Bottling Co. of California), 보리차 4종을 측정용 음료로 선정하였다. 보리차는 볶은 겉보리 10g을 100ml의 증류수에서 15분간 끓인 후 여과하여 사용하였다. 200~250g의 웅성 Sprague-Dewley Rat를 서울대학교 실험동물 사육장에서 구입하여 일정기간 사육하여 체중을 조절한 후 사용하였다. Tritiated water ( $^3\text{H}_2\text{O}$ )는 Amersham International plc에서 구입하였다. 기타 본 실험에 사용한 시약은 시판 특급시약이었다.

**시료의 조제**—Tritiated water ( $^3\text{H}_2\text{O}$ )를 1mCi/ml이 되도록 증류수에 희석한 후 micropipetto 10 $\mu\text{l}$ 를 정확히 취하여 각 측정용 음료수 80ml에 혼합하여 시료를 조제하였다.

**측정방법**—250g 내외의 흰쥐를 에텔로 마취시

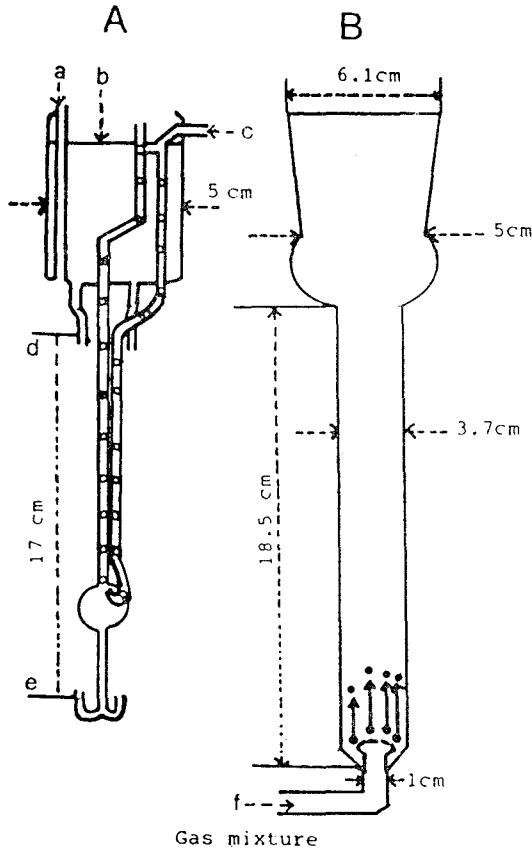


Fig. 1—Apparatus used for studying water transfer in the *in vitro* intestine.

The part of apparatus carrying the intestine (A) is supported by a ground glass joint in an outer vessel (B) containing saline solution. The circulation of fluid in b through the intestinal lumen (d-e) is maintained by a gas lift, and for this gas lift a mixture of 5% CO<sub>2</sub> and 95% O<sub>2</sub> is supplied through c. The fluid transferred to the outer vessel is sampled through port a.

킨 후 고정대에 고정시킨다. 정중선을 따라 복부를 절개한 다음 십이지장부터 대장 상단부까지 적출하여 37°C의 생리식염수로 3회 장 내부를 세척하였다. Fig. 1에 도시한 모양의 Smyth 및 Whaler<sup>7)</sup>가 개량한 Wiseman<sup>8)</sup> 장치의 d)~e) 부위에 소장을 고정시키고 내부장치를 외부장치에 삽입한 후 37°C의 수욕조에 고정시킨 다음 37°C로 가온한 측정용 시료 80ml를 장치의 b) 부위에 내액으로 넣은 후 CO<sub>2</sub> 5%와 O<sub>2</sub> 95%의

조성을 가진 혼합기체로 c) 부분의 구멍을 통하여 mucosal part에 airtation 시키면서 소장내액을 환류시켰다. 또한 serosal part가 접하고 있는 외액에도 f) 부위로 혼합기체를 공급하였다. 1, 3, 6, 10, 15, 20, 40, 60분 간격으로 a) 부위의 구멍을 통하여 serosal part가 면한 외액을 정확히 1ml씩 검액을 취한 다음 scintillation cocktail로 Dimilume 10ml을 가하고 vortexing하여 잘 혼합한 다음 β-sintillation spectrophotometer (Packard Instrument INC)로 radioactivity를 측정하였다. 각각의 음료에 대하여 4회 반복 실험하였다. 본 실험에서 검체 채취후 용량변화에 따른 radioactivity의 차이를 다음과 같은 식을 근거로 보정하였다<sup>9)</sup>.

$$C_{corr} = C_{count} - \frac{1}{80} \sum_{i=1}^{n-1} C_{uncorr}$$

여기서 C<sub>corr</sub>는 시간 t에서 보정한 radioactivity의 측정치, C<sub>count</sub>는 시간 t에서 측정한 radioactivity의 측정치, 1/80은 측정용 시료 80ml에서 1ml씩 검체를 취하는 것을 의미하며, B<sub>uncorr</sub>는 직전 검체를 취할때까지 보정하지 않은 radioactivity의 count를 누계한 것이다.

### 결과 및 고찰

Table I은 시판 전해질음료, 탄산음료, 과즙 음료 및 보리차 4종의 시료에 대한 물성을 측정 한 것이다. 물의 장관흡수에 가장 크게 영향을 주는 Osmolarity와 NaCl의 농도를 측정하고 미각에 영향을 주는 산도 및 당도를 측정하였다. 천연과즙음료는 영양가와 맛에 주안점을 두고 제조한 음료이므로 당분의 함량이 12 Brix로 가장 높고 다량의 유기산이 함유되어 있으므로 산도도 0.8이나 되며 osmolarity는 728 mOsmol로서 가장 높아서 혈청수(serum water)의 2.5배 이상이다. 탄산음료는 청량감과 미각에 기준을 두고 CO<sub>2</sub>를 포화시킨 음료로서 당분의 함량이 10.6 Brix 정도이며 osmolarity는 671.5 mOsmol로서 혈청수의 2.3배 이상의 고장액이다. 전해질음료는 염분과 수분의 신속한 흡수를 목적으로 제조한 음료로서 0.061%의 NaCl과 기타 미

Table I—Physical Properties of Testing Solutions

Solutions	Physical properties	Osmolarity (m Osmol)	pH	Acidity	Sugar content (Brix)	NaCl (%)
Electrolytes solution		380.3	3.8	0.18	6.6	0.061
Carbonated solution		671.5	3.2~3.5	0.07	10.6	none
Fruit Juice		728	4.2~4.5	0.8	12	none
Barley tea		1.5	—	—	none	
Saline solution (0.9%)		308.6	5.8	—	—	0.9
Saline solution (0.85%)		290.3	5.6	—	—	0.85

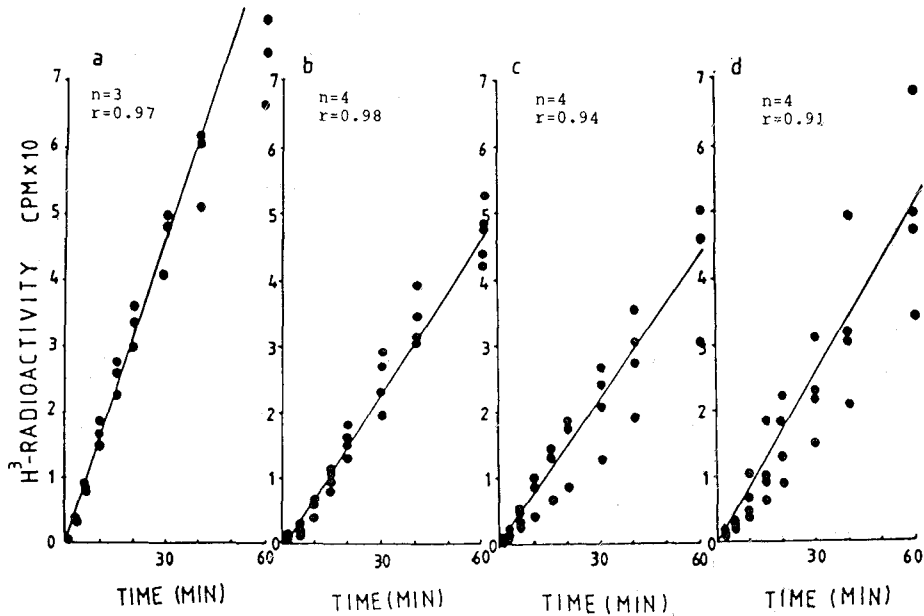


Fig. 2—Profiles of the absorption of labelled water ( $^3\text{H}_2\text{O}$ ) from the isolated small intestine of the rat. Key: (a) electrolytes solution; (b) carbonated solution; (c) fruit juice; (d) barley tea.

네랄이 함유되어 있으며 짠맛을 교정하기 위하여 6.6 Brix의 당분을 첨가한 용액이다. 이 용액의 osmolarity는 380.3 mOsmol로서 정상인의 혈장수(plasma water)의 1.23배, 혈청수의 1.3배가 되나 격렬한 운동으로 발한에 의한 탈수가 심한 선수 및 고열작업, 질환 등으로 탈수증이 있는 사람에게는 비교적 생리조건에 가까운 용액이다. 보리차는 상용 음료수의 일종으로 용해된 물질이 매우 적어서 osmolarity는 1.5 mOsmol로서 저장액이다.

Fig. 2는 tritiated water ( $^3\text{H}_2\text{O}$ )를 지표물질로 사용하여 rat의 적출 소장에서의 물 흡수율

측정한 후 시간에 따른 흡수량을 plot한 것이다. 물의 initial net flux를 regression analysis하여 구한 기울기에서 산출하였을 때, 전해질 음료는 12,633.8 CPM/min, 탄산음료는 8,193.2 CPM/min, 과즙음료는 6,987.6 CPM/min, 보리차는 8,403.8 CPM/min으로서 물의 흡수속도는 전해질음료가 가장 빠르며 보리차, 탄산음료, 과즙음료의 순이다. 이러한 결과로 등장액에 가까운 음료가 흡수가 잘 되며 저장액이 고장액보다 장관에서 흡수가 신속하게 일어남을 알 수 있으므로 고열작업장의 근로자, 생리적 한계점에 도달하도록 과격한 경기를 하는 운동선수에게는 등

장액에 가까운 전해질 음료를 투여하는 것이 생리적 기능의 향상에 도움이 되리라 생각된다. 또한 극한 상태에서의 특수한 생체조건에 합당하도록 전해질음료를 처방, 조절하여 투여하면 더욱 큰 효과를 기대할 수 있을 것이다. *in vivo* 실험 및 인체실험 결과는 추후에 연보로 발표하고자 한다.

## 문 헌

- 1) 김종국, 심창구, 최영호, 이건일, 스포츠과학 연구결과 종합보고서, 스포츠과학 연구소, p. 766 (1985).
- 2) Kozlowski, D. and Salton, B., *J. Appl. Physiol.*, **19**, 1119 (1964).
- 3) Bergstrom, J. and Hultman, E., *J. Am. Med. Assoc.*, **221**, 999 (1972).
- 4) Costill, D.L., *Track & Field News*, 66 (1981).
- 5) Costill, D.L., et al., *Arch. Environ. Health*, **21**, 520 (1970).
- 6) 공응대, 마라톤연구 I, 인천대학, 스포츠과학연구소, 26 (1982).
- 7) Smyth, D.H. and Whaler, B.C., *J. Physiol.*, **121**, 2 (1953).
- 8) Wiseman, G., *J. Physiol.*, **120**, 63 (1953).
- 9) 김종국, 김상남, 차현숙, 김양배, 유병설, 약제학회지, **10**, 8 (1980).