

## Deuterium Oxide의 흡수 복막강내 이동

### Transport of Deuterium Oxide from the Peritoneal Cavity of the Rats

서울대학교 의과대학 생리학교실

<指導 南 基 鋼 教授>

### 李 通 壇

복막강내로의 물질출입은 오랫동안 연구의 대상으로 되어 왔으며 근자에는 복막강내 출혈환자의 예에서 복막강내부터의 혈액흡수가 문제점이 되어 있다.

Robinson<sup>1)</sup>은 자궁외임신 환자에서 복막강내의 혈액을 제거하지 않고 둔 예의 경과가 혈액을 제거하고 다시 수혈로 혈액을 보충한 환자에 못지 않게 좋았다고 하였으며 이 경우에 적혈구는 대부분 성한채로 순환혈증으로 흡수되고 파괴된 것도 그 성분이 흡수됨으로써 써 혈 작용에 이바지한다고 보고했다. Raybuck 등<sup>12)</sup>은 고양이의 복강내에 동종 혈청 50 ml를 주사하면 9시간 후에 완전히 흡수되었으나 이종 혈청인 소의 혈청을 50 ml 주사하면 24~36시간에 흡수가 끝났다고 했다. Mengert 등<sup>11)</sup>은 개복 24시간 전에 복강내에 주사한 300~500 ml의 혈액은 수술시에 보면 주사량의 약 80%가 아직도 남아 있었는데 복강내에 주사한 500 ml의 링거액은 24시간 내에 완전히 흡수되었고 또 혈장의 흡수속도는 혈액과 링거액과의 중간에 있었음을 보았다. 그들은 또 적혈구를 링거액에 섞어서 주사하였을 때에는 링거액의 흡수가 적혈구를 섞지 않았을 때의 대략 절반의 흡수 속도를 나타냈다고 했다. 이와 같이 주사액의 성분에 따라 흡수 속도가 다르며 흡수 경로도 다를 것이라는 것이 예상되고 있으며 고형성분은 주로 임파관에 의하여 액체성분은 혈관에 의하여 흡수될 것이라고 보고 있다<sup>1, 11, 12)</sup>. 특히 Allen 등<sup>1)</sup>은 유창기저막(fenestrated basement membrane)에서의 구멍의 크기가 임파관에서 흡수할 수 있는 입자의 크기를 규정짓는다고 단정하고 있다.

물질이 복강내로 나오는 것도 흡수에 못지 않게 주목을 받고 있다. 그것은 신장에서 노형성 작용이 정지되거나 극도로 저하되었을 때에 복강내투석(peritoneal dialysis)이 시도되고 barbiturate<sup>8, 10)</sup>나 salicylate<sup>5)</sup>의 중독시에 역시 이 방법으로 신체 조직에 분포되고 있는 독물을 제거할 수 있기 때문이다. 이 방법을 효과적으로 실시하-

면 높아졌던 혈액내 뇌소(blood urea) 농도를 12~24시간 내에 1/3~1/2로 떨어트리고 혈장 포타슘의 증가 및 산증(acidosis)도 교정 할뿐 아니라 체액의 제거도 한시간에 1 리터의 속도로 이루어 질 수 있다고 한다<sup>2)</sup>. 복강은 의견상 밀폐된 공간으로 보이나 방법 여하에 따라서는 이와 같이 생체와 외부 사이의 물질 교류를 하는 관문이 될 수 있는 것이 명백하다. 조작을 가하지 않은 정상 동물에서도 복막강과 그밖의 신체 구분 사이에 항상 물질 교환이 큰 규모로 이루어지고 있음이 분명하나 복강내에 있는 여러 장기, 혈관계통, 소화관 내용물과 복막강 사이에 어떠한 규모로 또 어떠한 경로로 물질이 출입하는가는 잘 알려져 있지 않다. 그중에서 체내의 보편적인 용매인 물에 관한것은 기초적인 연구라고 하지 않을 수 없으므로 이 실험에서 복강내에 D<sub>2</sub>O를 주사하고 혈장과 복부 장기 혹은 떨어진 곳에 있는 기관들의 수분 내 D<sub>2</sub>O 농도를 측정함으로써 수분 흡수를 확실히 했다. 수분이 흡수될 길이 있음은 또한 수분이 복강내로 나올 길이 있음을 뜻한다. 더 범위를 넓히면 수분 출입이 있다는 것은 물을 용매로 하는 용액의 출입이 있을 가능성을 말한다. 이와 같은 의미에서 저자는 복막강과 창자 내용물사이의 D<sub>2</sub>O 교환에 유의하고 창자의 내용과 복막강과의 사이에 있음직한 물질 교환을 연구하는 데에 기초로 삼으려고 하였다.

이 실험에 사용한 D<sub>2</sub>O는 생체내의 대사과정 연구<sup>7)</sup>와 약리학적 연구<sup>4, 16)</sup>에 많이 쓰이나 저농도로는 생체에 해가 없고 혈장 수분과 기타 체액 수분과의 사이에 분배 계수(partition coefficient)가 1이라고 볼 수 있으므로<sup>18)</sup> 체액 수분량을 측정하는 데에 가장 믿을만한 방법에 사용된다<sup>6, 9, 19)</sup>. D<sub>2</sub>O를 정맥을 통하여 혹은 경구적으로 투여하기 어려운 소동물에서 회석법으로 수분량을 측정할 때에 복강내에 주사하는 것이 마땅하겠는가라는 것을 검토하는 것이 이 연구의 부수적인 목적이다.

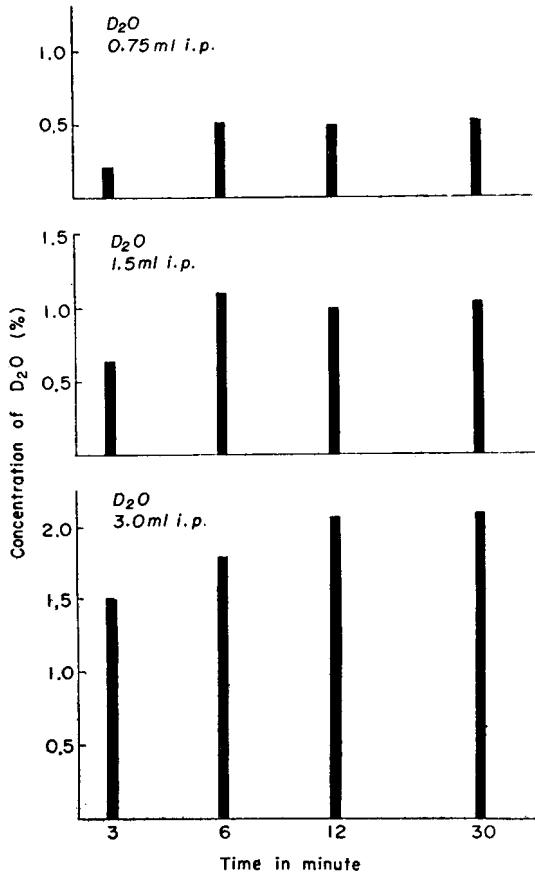


Fig. 3. Concentration of  $D_2O$  in plasma water after intraperitoneal injection.

Table 2. Concentration of  $D_2O$  10 minutes after injection in the peritoneal cavity of dead rats.

No.	Animal weight gm	$D_2O$ injected ml	Intestine %	Intestinal content %	Liver %	Kidney %	Heart %	Muscle %
25	210	0.75	2.08	2.90	0.28	0	0	0
26	200	0.75	2.25	1.76	1.06	0.13	0	0
27	190	1.5	4.55	2.00	1.02	0.75	0.15	0
28	160	1.5	4.25	3.45	3.78	1.38	0.19	0
29	230	3.0	12.20	4.40	6.70	1.18	0.47	0
30	140	3.0	7.60	4.38	6.15	2.52	0.63	0

어물러, 장기와의 사이에 농도 경사를 유지한 까닭이라 생각된다.

복부에 있으면서도 신장으로는 위에 적은 장기보다 멀 들어가는 것은 신장의 위치와 물의 확산에 장해를 주는 구조 때문일 것이다.

복강에서 원격한 부위 즉 대퇴부에 있는 골격근에서  $D_2O$ 를 증명할 수 없었는데 확산만으로는 이곳에 까지  $D_2O$  가 도달하지 못했음을 말한다.

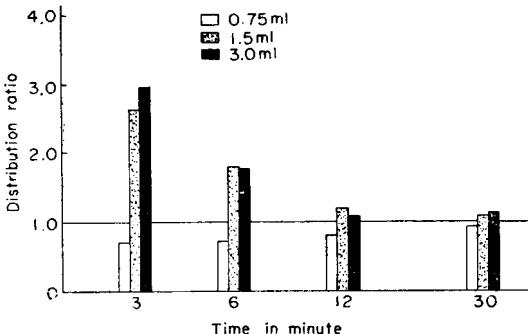


Fig. 4. The ratio of  $D_2O$  concentration in intestinal wall to plasma, distribution ratio, after intraperitoneal injection.

작은창자 및 그의 내용물 : 제1표 및 제4도에서와 같이  $D_2O$ 를 1.5 ml 혹은 3 ml 주사했을 때와 0.75 ml 주사했을 때와는 경향이 정반대이다. 주사 후 처음 3 분간의 경과는 알 수 없으나 주사한 양이 많을 때에는 시간 경과에 따라서 대체로 농도가 내려가는 것이 보이는데 반하여 0.75 ml의 소량을 주사했을 때에는 점차로 올라가는 경향을 보이었다. 이러한 경향은 각 동물에서 혈장 농도와의 비 즉 분포비율(distribution ratio)을 보면 더욱 뚜렷하였다. 제4도에서 동일한 양을 주사한 것끼리를 연결하는 곡선은 점차로 1(unity)에 접근함을 볼 수 있는데 이는 조직 수분과 혈장 수분이  $D_2O$ 에 관하여 조만간에 평형에 도달함을 뜻한다.

제5도에 창자 내용물에서의  $D_2O$  농도를 분포비율로 도시했는데 대체적인 경향은 작은창자벽에서와 크게 다를 것이 없었다. 다만 창자 내용의 다과에 따라서 약 0.5 ml의 용적을 엄는데에 필요한 창자의 길이가 달랐으므로 모든 동물의 창자 내용이 공간적으로 비슷한 부위에서 엄어졌다고 할 수는 없어서, 농도의 경과가 창자 때에 비하여 일관성을 결한 감이 있었다. 그러나 1.5

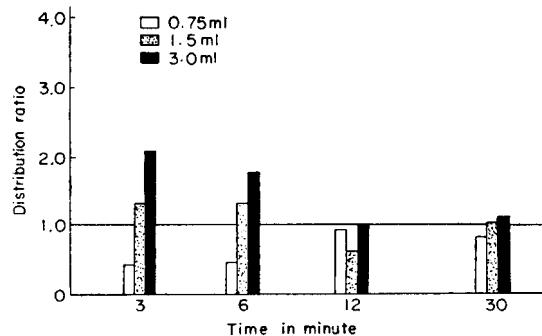


Fig. 5. The ratio of  $D_2O$  concentration in intestinal content to plasma, distribution ratio, after intraperitoneal injection.

ml 혹은 3 ml의  $D_2O$ 를 주사했을 때에는 혈장과의 농도비가 감소하면서 1에 접근해 갔고 0.75 ml를 주사했을 때에는 농도비가 증가하면서 1에 접근했음을 볼 수 있었다.

우연하게도 흰쥐의 장내 기생충인 축소조충(hymenolepis diminuta)이 3마리의 흰쥐에 있었는데 그 충체에서의  $D_2O$  농도도 창자 내용과 큰 차이 없이 주사 후 3분에 이미 상당한 농도를 나타내고 있었다.

**간 장:** 제6도에서 보는 바와 같이 1.5 ml 및 3 ml를 주사했을 때의 혈장과의 농도비 경향은 작은창자에서와 비슷하였다. 즉 점차로 감소하여 1에 접근해 갔다. 그러나 0.75 ml를 주사했을 때의 혈장과의 농도비는 2마리에서 비교적 큰 양상의 차를 보이었으며 대체로 작은 값으로 부터 증가해 가는 경향이었다. 이는 죽은 쥐에 소량을 주사했을 때에 확산으로 인한 간장내 이동이 제2표에서 보는 바와 같이 극히 미미했다는 것과, 또 이 실험과 같은 조건하에서 간장으로의 혈액류통이 줄어 들었음을 의미 할지도 모른다.

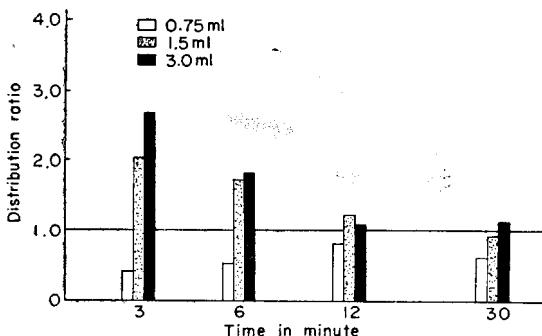


Fig. 6. The ratio of  $D_2O$  concentration in liver to plasma, distribution ratio, after intraperitoneal injection.

**신 장:** 제7도에서와 같이 소량 주사로는 혈장값에 접근하기 어려운 기관의 하나이다. 농도의 절대치도 제1표에서 보면 특히 0.75 ml 주사시에는 30분이 지나도록 낮은 값으로 남아 있었다. 이 때에는 복강내로부터 직

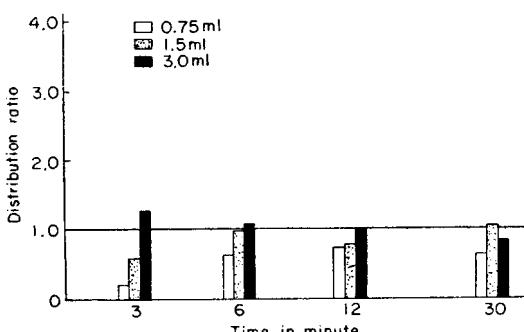


Fig. 7. The ratio of  $D_2O$  concentration in kidney to plasma, distribution ratio, after intraperitoneal injection.

접 확산해 들어 오는 것도 적고 이 실험과 같이 마취하지 않고 고정대에 결박한 조건하에서는 간장, 신장 등 복부 장기에 혈액류통이 줄어 들었을 것이 충분히 예상되므로 혈액에 의하여 운반되어 오는 것도 적을 것으로 생각된다.

**심 장:** 이 기관에 있어서의 농도비, 즉 혈장 수분과의  $D_2O$  비율은 제8도에서와 같이 주사후 어떠한 시간에나

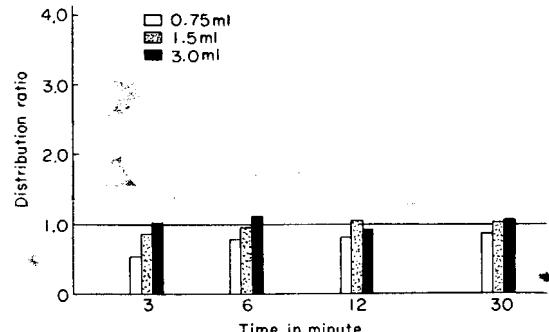


Fig. 8. The ratio of  $D_2O$  concentration in heart to plasma, distribution ratio, after intraperitoneal injection.

1에서 멀리 떨어져 있지 않았다. 즉 1.5 ml와 3 ml 주사시에는 혈장과의 사이에 평형에 가까운 상태를 유지하고 있다고 볼 것이며 이는 심장관류 혈액량이 충분히 많다는 것과 또  $D_2O$  이동을 제한하는 이동 장벽이 별로 뚜렷하지 않음을 의미한다. 제1표에서나 또는 제8도에서 보면 1.5 ml와 3 ml를 주사했을 때에 다같이 농도비가 1에 접근해 있기는 하나 1.5 ml 주사시에는 밀으로부터 1에 접근해 가고 3 ml 주사시에는 그러한 모습은 없었다. 0.75 ml 주사시에는 그보다 다량을 주사했을 때에 비하여 일반적으로 낮은 농도비를 나타냈으며 시간 경과에 따라 점증하여 혈장값에 접근해 갔다

**골격근:** 대퇴이두근에는 제2표에서 보는 바 복강으로부터의 직접 확산은 전연 없고 근내의 분포는 오로지 혈액에 의한 운반에 의존하는 것이다. 제9도와 같이 혈장과의 사이에 평형이 이루어지는 것이 12분 이었다. 혈

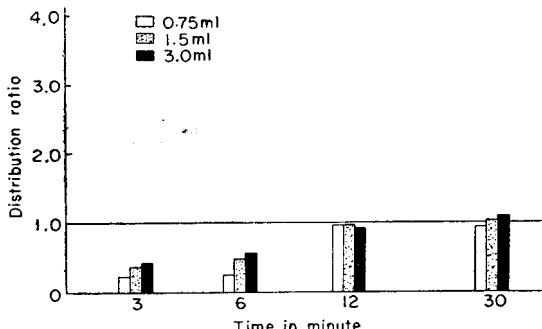


Fig. 9. The ratio of  $D_2O$  concentration in skeletal muscle (biceps femoris) to plasma, distribution ratio, after intraperitoneal injection.

장 농도는 6분에서 이미 높아져 있는데에도 불구하고 골격근에서는 12분이 되어 혈장값에 접근하는 것은 이 조직에 대한  $D_2O$  분포가 조직판류 혈액량에 의해서 규정되며 또 이 실험의 조건하에서 근 조직판류량이 심장 근등에 비하여 적다는 것을 의미한다.

## 고 졸

Mengert<sup>11)</sup> 등은 복강내의 내용증에서 단백질, 혈구 혹은 유형이 물은 임파관을 통해 흡수되고 용매인 물과 소형 용질 분자는 혈관에 의하여 제거되는 것이라 보았는데, 그러한 경로 이외에 용질이나 소형 분자의 직접 확산에 의한 제거에 대해서 논급한 예는 보지 못했다. 이 실험에서 동물을 죽인 후 체액 순환의 정지를 확인하고 복강내에  $D_2O$ 를 주사한 것은 확산이 복부장기에 대하여 큰 규모로 일어나고 있다는 사실을 입증하기 위해서였고, 또  $D_2O$  1.5 ml 혹은 3 ml를 주사했을 때에 복부 장기애에 물질이 고농도로 있는 것이 혈류를 따라 이동 운반된  $D_2O$ 가 그곳에 놓축했기 때문이 아님을 확실히 하기 위해서였다. 죽은 흰쥐의 복강내에 3 ml의  $D_2O$ 를 주사하고 난 뒤 10분 후의 작은창자벽 수분 속에는 7.60 ~ 12.00%  $D_2O$ 를 증명할 수 있는데 비하여 혈액 순환이 있는 흰쥐에서는 주사후 12분에 1.75 ~ 2.86%  $D_2O$ 만을 보이었다. 간장에서도 죽은 것에서는 6.15 ~ 6.70%, 산 흰쥐에서는 2.07 ~ 2.49%를 나타내고 있었다. 심장에서는 전자의 1.18 ~ 2.52%인데 비하여 후자가 1.91 ~ 2.36%이었다. 이와 같이 보면 3 ml를 주사했을 때에는 작은창자 혹은 간장등에서는 주사후 단시간내에 직접 확산해 들어간  $D_2O$ 가 시간이 경과함에 따라 혈액 순환에 의해 다른 곳으로 제거되어 감을 알 수 있다. 이에 비해서 심장으로의 확산은 훨씬 적다고 하겠으나 제7도에 있는 바와 같이 3 ml 주사시에는 이 장기에서도  $D_2O$  농도가 점감해 가는 것으로 보아서 상당한 양이 확산해 들어갔음을 알 수 있다.

확산 속도를 좌우하는 요인 중의 하나가 확산에 관여하는 면적인데 복막강의 경우 사람에서  $22,000 \text{ cm}^2$ 의 넓은 면적이라고 Maxwell<sup>10)</sup>은 보고하고 있으며 흰쥐에서도 상당히 클 것으로 믿어진다. 그토록 넓은 면적에 주사된  $D_2O$ 가 빠질 것임으로 이미 존재하던 복강내액으로 회석될 것이고 또 시간 경과에 따라서  $D_2O$  농도는 점감될 것이 틀림없다. 따라서 소량의 주사로써는 복강내와 다른 구분 사이에 농도경사가 작을 것이므로 확산 속도는 느리고 복부 장기일지라도 직접 확산 이외의 경로로 흡수되는 것이 많을 것이다. 이것이 소량 주사 즉 0.75 ml를 복강내에 주사했을 때에 복부 장기인 작은창자와 간장에서도 주사후 초기에 낮은 농도를 보이고 시간이 경과함에 따라서 점증하는 이유라 생각된다.

복부에 위치하고 있기는 하나 심장에는 확산에 의한

이동이 크지 못하다. 한개의 심장전체에서 물을 증류했는데 심장은 작은 창자나 간장에 비교해서 둑근 모양<sup>14)</sup>이고 장기의 깊은 곳은 표면으로부터 비교적 떨어져 있는 것도 확산이 번약한 이유로 되겠으며 이 장기가 복막 뒷면에 있고 또 피막이 치밀 교원섬유로 되어 있어서<sup>15)</sup> 물의 확산이 쉽지 않을지도 모른다. 개의 심낭(pericardium)에 대한  $D_2O$ 의 투과성은  $3.06 \times 10^{-2} \text{ ml/cm}^2/\text{min}$ 이라는 큰 값이 보고되어 있으므로<sup>17)</sup> 흰쥐의 복막에서도 비슷한 값이 적용된다면 심장이 복막 뒷부에 있다는 것이 물 확산에 그리 큰 장애가 된다고 할 수는 없다.

3 ml를 주사했을 때에 심장에서 주사후 3분에 혈장 농도를 상회해 있고 점차로 혈장과의 사이에 평형이 이루어지는 것을 보면 비교적 다량을 복막강에 주사했을 때에는  $D_2O$ 의 이동이 횡경막을 넘어서 직접 심장벽에까지 미치는 것으로 보인다.

소량 즉 0.75 ml를 주사했을 때에 모든 장기에 있어서 시간 경과에 따라  $D_2O$  농도가 점점 높아가고 또 1.5 ml를 주사했을 때에도 심장, 심장, 골격근 등에서 역시 같은 현상을 볼 수 있었음은 이 때에는 혈액순환에 의해 운반되는 것이 많을 것으로 보여 진다.

모세관부에서 체액이 판외로 나가게 하는 힘은 혈압 및 조직액의 교질삼투압(colloidal osmotic pressure)으로부터 오고 체액을 판내로 이동시키는 힘은 조직압과 혈장의 교질 삼투압으로부터 온다. 이 실험에서 주사한  $D_2O$ 는 0.9% NaCl 용액으로 등장성은 유지되었으나 교질은 들어 있지 않았다. 따라서 쉽게 모세관내로 이동해 갔을 것이다. 이 때에 흡수속도를 규정짓는 큰 인자는 복막강을 흐르는 혈류량인데 이 실험과 같이 동물을 비교적 큰 고통을 주는 상태에서는 교감신경 부신수질 계통의 활동이 우월하여 복부 장기의 혈류량이 많다고 할 수는 없겠다. 주사 후에 혈장에 나타난  $D_2O$  농도를 보면 주사량을 감안해서 보드라도 소량 주사시에 증가률이 느리다는 것을 알 수 있다. 이 때에는 주로 장간막 혈관이나 임파관으로부터의 흡수에 의존하고 또 혈류량이 적음을 시사한다.

혈장내 농도보다 더 현저하게 나타나는 것은 소량 주사시의 복부 장기의  $D_2O$  농도의 변천이다. 어느 기관에서나 저농도이고 혈장보다 낮은 값을 보이고 있다. 이는 판류혈액의 적어도 일부는 물의 이동에는 관여하지 않고 동맥측으로부터 정맥측으로 흘러갔음을 말할 것이다.

심장의 경우에 1.5 ml 혹은 3 ml 주사시에는 6분에 혈장과의 사이에 평형에 가까워져 있으나 0.75 ml 주사로서는 30분이 경과한 후에도 혈장값보다 낮은 대로 있는 것은 이해하기 힘든 일이다. 조직으로의  $D_2O$ 의 분포에 대해서, 판류혈액 량이 제한인자(limiting factor)라면<sup>18)</sup> 주사

**Table 3.** Overall process which takes place in each organ. Saturation denotes that the distribution ratio(tissue vs. plasma) increased progressively and approached to unity. Desaturation means the approaching from above.

Amount of D <sub>2</sub> O i.p. (ml)	Saturation	Desaturation
0.75	Intestine, Intestinal Content, Kidney, Liver, Heart, Muscle	
1.5	Kidney, Heart, Muscle	Intestine, Intestinal Content, Liver
3.0	Muscle	Intestine, Intestinal Content, Liver, Kidney, Heart

한 시험 물질의 다음과에 관계 없이 평형 도달에 필요한 시간은 같아야 할 것이기 때문이다. 윤명순<sup>19)</sup>의 실험에 의하면 앤티페린을 정맥으로 주입했을 때에 3분 이내에 혈장과 심장벽 사이에 평형이 이루어졌음을 보았는데, 그러한 결과에 위배되는 일이라 아니할 수 없다. 짐작컨데 소량 주사시에는 심장 주위의 신체 부분에서 농도가 낮은고로 확산이 용이한 D<sub>2</sub>O가 그러한 구분으로 빠져나간데 원인이 있지 않은가 보는 바이다.

골격근에 대한 분포의 경과는 출혈 토끼에서의 분포를 본 유명순<sup>19)</sup>의 결과와 비슷하다. 주사한 시험 물질의 양에 관계 없이 혈장과의 농도비 즉 분포비율은 곡선이 비슷한 태도를 보이고 있음은 골격근 내로의 분포에 대하여 혈류량이 제한인자임을 여실히 나타내고 있다.

이상 논한 바를 종합해서 제3표를 작성했다. 혈장과의 농도비가 작은쪽으로부터 1에 접근해가는 기관들은 D<sub>2</sub>O가 혈장으로부터 반입되는 시기에 있고, 또 농도비가 큰쪽으로부터 줄어들면서 1에 접근하는 기관들에서는 D<sub>2</sub>O가 혈장 쪽으로 반출되면서 평형을 지향하는 것들이다. 또 반입 혹은 반출의 상태가 주사된 D<sub>2</sub>O의 양에 의존하는 이유에 대해서는 이미 논급한 바이다. D<sub>2</sub>O 반입 기관에서는 이 물질의 이동이 주로 혈류에 의존하기 때문이고 반출 기관에서는 처음에 다량의 D<sub>2</sub>O가 직접 확산해 들어 왔다고 할 수 있다. 즉 0.75 ml 주사시에 모든 기관에 대한 분포가 주로 혈류로 이루어지며 1.5 ml 주사시에는 심장, 심장 및 골격근에는 혈류로 이루어지고 작은 창자의 벽과 내용물 및 간장에 대해서는 확산에 의한 것이 우세하다. 3 ml 주사시에는 골격근을 제외하고, 검사된 모든 기관이나 내용물에 대해서 주사 후 초기에 확산해 들어간 것이 많고, 그 기관에 대한 혈액류통은

확산으로 반입된 D<sub>2</sub>O를 반출하는 역할을 한다.

이토록 3 ml 주사 후 초기에 대량의 D<sub>2</sub>O가 여러 복부 장기로 확산해 가는 현상이 지니는 의미는 크다. 경우에 따라서 복부 장기로부터 직접 복강내로 물질이 확산해 나올 수 있음을 짐작케 하는 까닭이다. 사실 복막강 투석(peritoneal dialysis) 때에 조직내에 있는 여러 가지 물질<sup>5, 8, 10)</sup>이 복강내로 나오고 있는데 그 중의 일부는 직접 복부 장기로부터 확산해 나오는 것으로 믿어진다.

먼저 언급한 바와 같이 D<sub>2</sub>O는 회석법으로 신체 총수 분량을 측정하는 데에 가장 적합한 물질이다. 그것의 분포는 신체 모든 구분의 수분내로 고루 퍼져서 평형상태를 이루기 때문이다. Solomon 등<sup>15)</sup>이 사람에서 혈청 농도의 추이를 본 실험에 의하면 입으로 마신 D<sub>2</sub>O는 30분에 최고값을 보이고 2시간에 비로소 평형상태를 추정케 하였다. 이는 소화관에서는 급속히 흡수되고 신체 각 구분에 퍼지는 것은 비교적 시간이 걸림을 말한다. 이 실험에서 본 최장시간인 30분으로는 완전한 평형상태에 도달하지 못하고 특히 소량 주사시에는 평형에서 상당히 멀어져 있었다. 한가지 특기할 것은 작은 창자의 내용물에 D<sub>2</sub>O가 급속히 확산해 들어 갔다는 사실이다. 그뿐 아니라 창자내에 있는 기생충인 측소조충에도 별로 확산 장벽을 인정할 수 없을 만큼 확산해 갔음을 보이고 있었다. 회석법으로 신체 총 수분량을 측정할 때에 앤티페린은 복수(ascitic fluid)등에서 평형을 이루지 못하는 까닭으로 쓰지 못하는 데에 반하여 D<sub>2</sub>O는 2~12 시간 내에 완전히 평형에 도달했다고 보고한 것과<sup>6, 9)</sup> 부합되는 결과라 하겠으며 D<sub>2</sub>O의 확산속도가 체내에서 큼을 의미한다. 따라서 작은 동물에서 복막강내 주사법으로 총 수분량을 측정함은 합리적으로 보인다.

## 결 롬

30마리의 마취하지 않은 성숙한 암흰쥐의 복강내에 0.75 ml, 1.5 ml 혹은 3 ml의 D<sub>2</sub>O를 주사하고 3분, 6분, 12분 및 30분 후에 작은 창자, 작은 창자 내용물, 간장, 신장, 심장, 골격근 등을 떼어내어 그들 수분에 있는 D<sub>2</sub>O 농도를 혈장 농도와 비교한 분포비율을 계산했다. 또 그 중 6마리에는 죽은 후에 D<sub>2</sub>O를 복강내에 넣고 10분이 경과한 후에 복부 장기에 있는 농도를 측정하여 확산의 규모를 알 수 있었다. 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 0.75 ml의 D<sub>2</sub>O를 주사했을 때에는 복부 장기에도 확산에 의한 반입은 미약하고 분포는 주로 순환혈류에 의존했다.

2. 1.5 ml를 주사했을 때에는 신장, 심장, 골격근에 대해서는 혈류에 의해 분포되었고, 작은 창자 및 작은 창자의 내용물과 간장에는 주사 직후 확산에 의한 분포가 우월하였다.

3. 3 ml 주사시에는 골격근을 제외하고 남아지 여러 기관에 대해 주사 직후 대규모의 확산이 있었고 혈액 순환에 의해  $D_2O$ 는 땀곳으로 반출되었다.

4. 복강내에 있는 모든 기관의 표면은 수분은 물론이고 다른 용질의 출입에 큰 역할을 하고 있음이 짐작된다.

5. 창자 내용물에 대한 급속한 확산으로 미루어 보아 복강내에 있을 수 있는 복수 등 체액의 이상 구분에도 급속하게 퍼질 것으로 짐작된다.

6. 동물의 복강내에  $D_2O$ 를 주사함으로써 희석법으로 신체 총수분량을 측정하는 방법은 합리적으로 보인다.

(이 실험을 지도편달하여 주신 남기용 교수와 신동훈 교수에게 감사합니다.)

## ABSTRACT

### Transport of Deuterium Oxide from the Peritoneal Cavity of the Rat's

Department of Physiology, College of Medicine,  
Seoul National University, Seoul, Korea.

Tong Hoon Lee, M.D.

( Director: Prof. Kee Yong Nam, M.D.  
Prof. Dong Hoon Shin, M.D. )

Isotonic  $D_2O$  solution, 0.75 ml, 1.5 ml or 3.0 ml, was injected into the peritoneal cavity of unanesthetized female rats, and the distribution of it was measured in plasma, intestinal wall, intestinal content, liver, kidney, heart and in the skeletal muscle. Animals were sacrificed at 3 min., 6 min., 12 min. or 30 min. after the injection. In 6 animals the extent of the diffusion of  $D_2O$ , injected after death, in the abdominal organs in the period of 10 minutes was examined. The number of animals used for present study totalled 30. The results obtained were as follows:

- When  $D_2O$  of 0.75 ml was injected it was removed from the peritoneal cavity mostly by the mean of the circulation of blood or lymph. Direct diffusion to the abdominal organs seemed to be scanty.
- In the rats receiving 1.5 ml of  $D_2O$  the kidney, heart and skeletal muscle owed their content of the test substance to the general circulation. On the other hand, intestinal wall, intestinal content and the liver were predominantly supplied by direct diffusion from the peritoneal cavity.
- By injection of 3 ml of  $D_2O$  it promptly diffused into the organs as well as into the intestinal content, except to the skeletal muscle. Circulation washed out  $D_2O$

thereafter.

- The surface of all abdominal organs seemed to serve as a diffusible surface for water and it was also postulated that there would be massive exchange of solutes between organs and the peritoneal cavity.
- Rapid penetration of  $D_2O$  into intestinal content was in accord with the quick mixing of  $D_2O$  within the ascitic and edematous depot.
- It seems to be rational to put  $D_2O$  in the peritoneal cavity of the animal for the measurement of the total body water by the dilution method.

## REFERENCES

- Allen, L. and T. Weatherford.: *Role of fenestrated basement membrane in lymphatic absorption from peritoneal cavity*. Am. J. physiol. 197: 551, 1959.
- Bland, J.H.: *Clinical Metabolism of Body Water and Electrolytes*. Saunders Co, Philadelphia, 1963.
- 張信堯譯: 맥시모우, 부름著. 組織學, 一潮閣, 서울, 1961.
- Czajka, D.M., A.J. Finkel, C.S. Fischer and J.J. Katz.: *Physiological effects of deuterium on dogs*. Am. J. Physiol. 201: 357, 1961.
- Etteldorf, J.N., W.T. Dobbins, R.L. Summitt, W.T. Rainwater and R.L. Fisher.: *Intermittent peritoneal dialysis using 5 per cent albumin in the treatment of salicylate intoxication in children*. J. Pediat. 58: 226, 1961.
- Faller, I.L., D. Petty, J.H. Last, L.P. Pascale and E.E. Bond.: *A comparison of the  $D_2O$  and antipyrine dilution method for measuring TBW in normal and hydroptic human subjects*. J. Lab. and Clin. Med. 45: 748, 1955.
- Katz, J.J., H.L. Crespi, D.M. Czajka, and A.J. Finkel.: *Course of deuteration and some physiological effects of deuterium in mice*. Am. J. Physiol. 203: 907, 1962.
- Knochel, J.P. and K.G. Barry.: *THAM dialysis: An experimental method to study diffusion of certain weak acids in vivo. II. Secobarbital*. J. Lab. and Clin. Med. 65: 361, 1965.
- Last, J.H. and G.O. McDonald.: *Measurement of the antipyrine space in edematous states*. J. Lab. and Clin. Med. 38: 827, 1951.
- Maxwell, M.H., R.E. Rockney, C.R. Kleeman and M.R. Twiss.: *Peritoneal dialysis. I. Technique and applications*. J.A.M.A. 170: 917, 1959.

- 11) Mengert, W.F., S.W. Cobb and W.W. Brown, Jr.: *Introduction of blood into the peritoneal cavity. J.A. M.A.* 147: 34, 1951.
- 12) Raybuck, H.E., L. Allen and W.S. Harms.: *Absorption of serum from the peritoneal cavity. Am. J. Physiol.* 199: 1021, 1960.
- 13) Reaser, P.B. and G.E. Burch.: *Determination of deuterium oxide in water by measurement of freezing point. Science* 128: 415, 1958.
- 14) Robinson, S.C.: *Observations on the peritoneum as an absorbing surface. Am. J. Obstet. Gynec.* 83: 446, 1962.
- 15) Solomon, A.K. and F.D. Moore.: *The measurement of TBW in the human subject by D<sub>2</sub>O dilution. J. Clin. Invest.* 29: 1298, 1950.
- 16) Spyropoulos, C.S. and M.E. Ezzy.: *Nerve fiber activity in heavy water. Am. J. Physiol.* 197: 808, 1959.
- 17) Takashina, T., R. Lazzara, J.A. Cronvich and G.E. Burch.: *Studies of rate of transfer of D<sub>2</sub>O, H<sup>3</sup>, Cl<sup>36</sup>, Na<sup>22</sup> and Mg<sup>28</sup> across the isolated pericardium of dogs. J. Lab. Clin. Med.* 60: 662, 1962.
- 18) Thompson, A.M., H.M. Cavert, N. Lifson and R.L. Evans.: *Regional tissue uptake of D<sub>2</sub>O in perfused organs: rat liver, dog heart and gastrocnemius. Am. J. Physiol.* 197: 897, 1959.
- 19) 尹明淳: 실혈후 근 조직에 대한 앤티피린 분포. 서울 의대잡지 제6권 제2호: 11, 1965.