

20    년    월    일    요일

시간 :      장소 :      🌞🌈🌧️🌑🌕

          학교      학년      반

번 이름 :

콩팥의 기본단위인 네프론의 모형을 만들고 그 구조와 기능을 알아봅시다.

# 네프론 모형 만들기

## 실험키트구성


털철사(빨강, 파랑, 노랑), 깔때기, 비닐튜브, 반쪽이(대,소), 활동지

## 준비물 ....

가위, 물풀, 자, 셀로판테이프


## 실험방법 ....

**1** 깔때기에 비닐튜브를 연결합니다.




깔때기  
비닐튜브 25 cm

**2** 빨강, 노랑 털철사를 40cm씩 자르고 서로 꼬아 검지 손가락에 3번 정도 감습니다.



빨강  
노랑  
만들어진 고리가 풀리지 않도록 잘 고정시켜줍니다.  
털철사로 한 번 돌려 고정시키거나 서로 꼬아주세요.

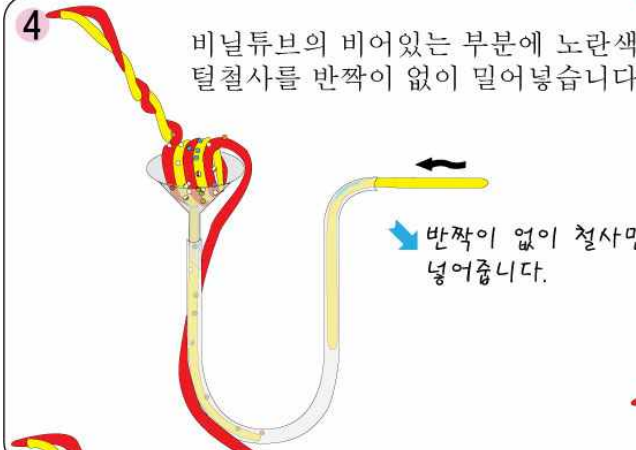
**3** 털철사로 만든 고리를 깔때기 안에 넣습니다. 이 때 빨강 털철사는 밖으로 빼고 노랑 털철사는 깔때기 속으로 반쪽이와 함께 넣습니다.



반쪽이


- ▶ 노랑 털철사의 끝을 깔때기 속에 조금 넣고 반쪽이를 주변에 뿌려 살살 밀면 같이 들어갑니다.
- ▶ 다 밀어넣은 후에는 깔때기 안의 고리 위에도 풀은 묻힌 후 뿌려줍니다.

**4** 비닐튜브의 비어있는 부분에 노란색 털철사를 반쪽이 없이 밀어넣습니다.



반쪽이 없이 철사만 넣어줍니다.

**5** 파랑 털철사를 25cm되게 잘라서 그림과 같이 빨강 털철사 끝에 연결합니다.

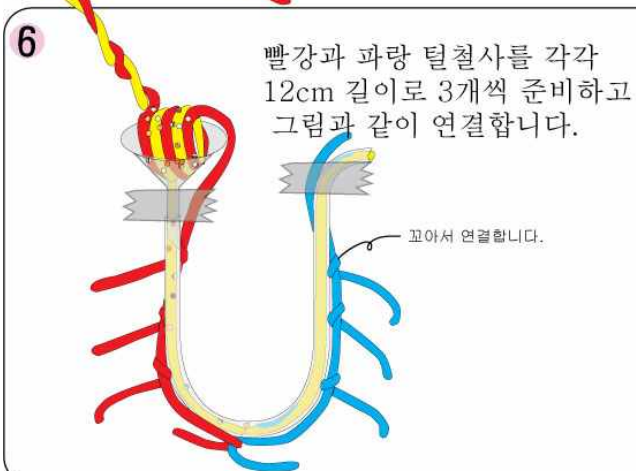


셀로판테이프      파랑

- ▶ 빨강 털철사와 파랑 털철사가 비닐튜브의 U자로 꺾인 중앙쯤에서 교차되게 합니다.

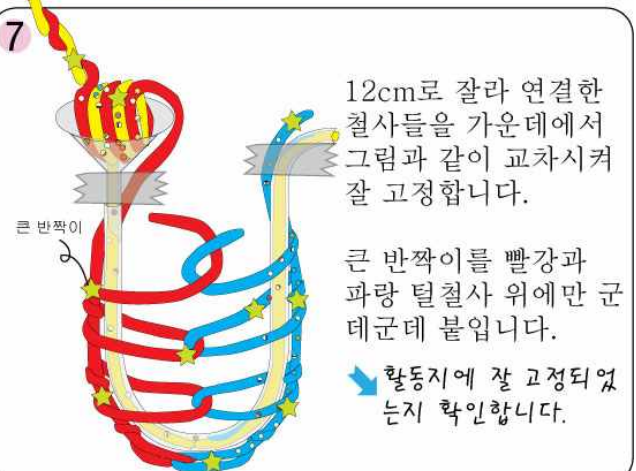
그림과 같이 활동지의 그림 위에 셀로판테이프로 윗 부분의 두 군데를 고정시킵니다.

**6** 빨강과 파랑 털철사를 각각 12cm 길이로 3개씩 준비하고 그림과 같이 연결합니다.



꼬아서 연결합니다.

**7** 12cm로 잘라 연결한 철사들을 가운데에서 그림과 같이 교차시켜 잘 고정합니다.



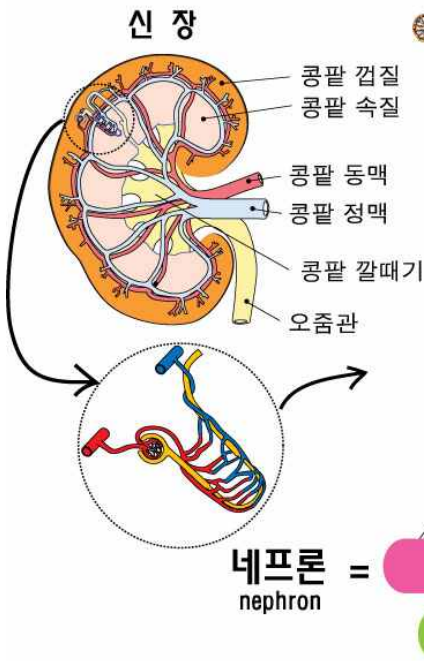
큰 반쪽이

12cm로 잘라 연결한 철사들을 가운데에서 그림과 같이 교차시켜 잘 고정합니다.

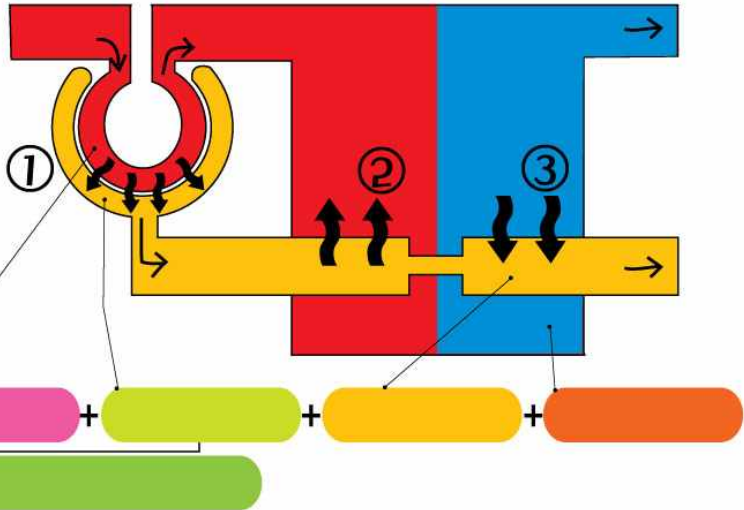
큰 반쪽이를 빨강과 파랑 털철사 위에만 군데군데 붙입니다.

- ▶ 활동지에 잘 고정되었는지 확인합니다.

# 원리학습 ....

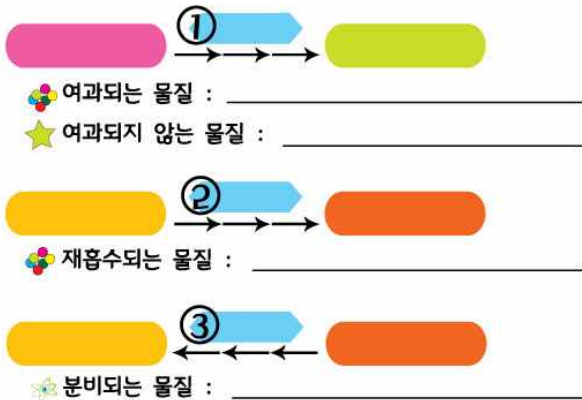


**네프론(nephron)**은 사람의 신장을 구성하는 기본 단위로, 양쪽 신장에 모두 합쳐 약 200만개가 자리잡고 있습니다. 네프론은 혈액 속의 노폐물을 걸러 오줌을 만들며, 하루에 약 1.5~1.7L 정도의 오줌을 만들어냅니다.



네프론 = nephron

네프론에서는 다음과 같은 과정을 거쳐 오줌을 만들어 냅니다.



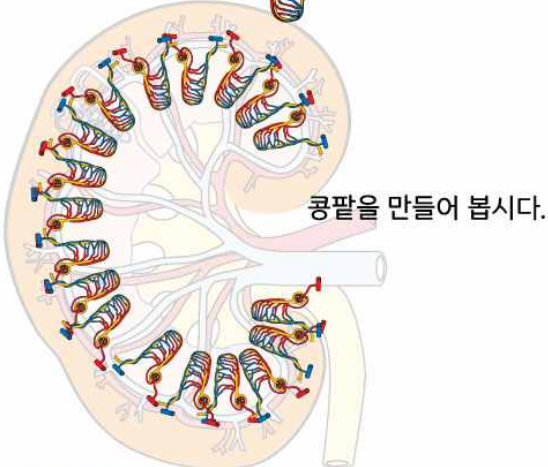
혈액이 사구체를 지나는 동안 작은 입자들이 보먼 주머니 속으로 걸러지는[여과되는]과정입니다. 이때 보먼 주머니에서 걸러진 액체 성분을 원뇨라고 합니다.

원뇨가 세뇨관을 지나는 동안 여과된 물질 중에서 몸에 필요한 포도당과 아미노산, 물과 무기염류 등이 다시 모세혈관으로 흡수되는 과정입니다.

모세혈관에 남아있던 요소와 같은 노폐물을 세뇨관으로 내보내는[분비되는]과정입니다.

이렇게 만들어진 오줌은 집합관 → 콩팥 갈때기 → 오줌관 → 방광에 모였다가 요도를 통해 몸 밖으로 나갑니다.

친구들과 함께 완성한 네프론 모형을 모아



만약 의 기능이 손상된다면??

콩팥의 기능이 손상되면 혈액 중의 노폐물을 체외로 배출할 수 없게되어 요독증과 같은 위험한 증상이 나타날 수 있습니다. 이럴 경우 네프론의 기능을 대신하여 기계로 혈액을 여과(투석) 시키게 됩니다.

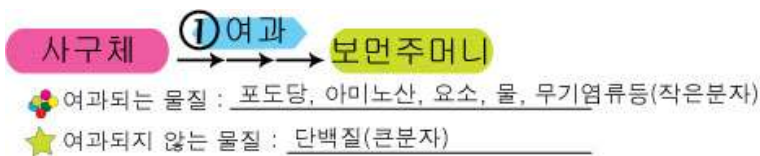
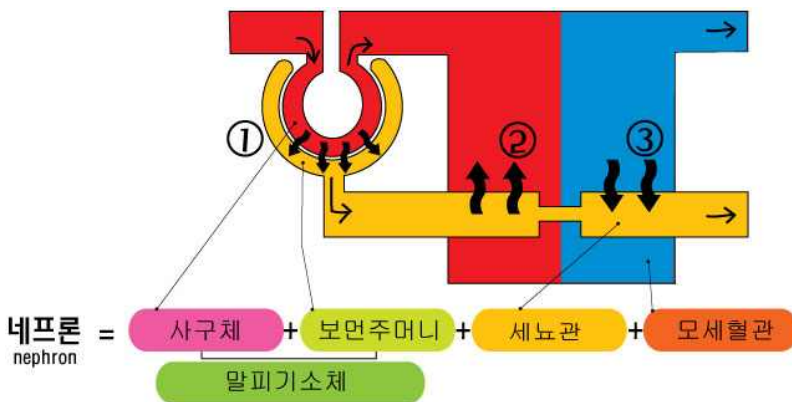
네프론을 이루는 세포들은 작은 분자나 이온은 통과시키고 단백질처럼 큰 분자는 통과시키지 않는데 **인공혈액투석**은 이와같은 원리를 이용합니다. 사람의 혈관에서 나온 혈액이 투석기를 통과하는 동안 노폐물은 걸러지고, 이 때 통과한 깨끗해진 혈액은 다시 혈관으로 들어가는 것입니다.

# 느낀점 ....

## ■ 교사용 실험 자료실 ■

실험 제목	네프론 모형 만들기		실험 원리	신단위 네프론의 구조와 기능	
실험 시간	40분~50분	실험 분야	생물	실험 방법	개별 실험
세트구성물	활동지, 빨강·파랑·노랑 털철사, 비닐튜브, 깔때기, 반짝이(대, 소)				
교사준비물		학생준비물	가위, 자, 물풀, 셀로판테이프		
실험 결과	네프론모형 1개를 만들어 가지고 갑니다.				
실험팁	<p>TIP 1. 털철사로 장난하여 눈, 피부가 다치지 않도록 지도하여주세요.</p> <p>TIP 2. 물풀을 털철사에 등백 바른 후 반짝이를 뿌리고 말리면 잘 붙습니다. 마를 때 까지 만지지 마세요.</p> <p>TIP 3. 활동지의 네프론 모형과 최대한 비슷한 모양이 되도록 셀로판테이프 등을 이용하여 고정시켜주세요.</p> <p>TIP 4. 학생들의 네프론을 모아 콩팥의 모형을 만들어 보면 네프론을 이해하는데 도움이 됩니다.</p>				

### 원리학습 ....



### [활동지] 네프론 모형만들기

- (맨 윗 칸부터 높은 순서대로) 사구체, 말피기소체, 보먼주머니, 세뇨관, 모세혈관
- 모형의 각 재료들이 나타내는 것을 알아보고, 아래 빈 칸에 붙여봅시다.

노폐물 (요소)		포도당, 아미노산		단백질	
	노랑 털철사		작은 반짝이		큰 반짝이



## 신장 (kidney, 腎臟) 제공 두산백과사전 EnCyber

혈액 속의 노폐물을 걸러내어 오줌의 형태로 내보내는 척추동물의 배설기관이다.

사람의 신장은 길이 10cm, 너비 5cm, 두께 3cm 정도의 강낭콩의 모양으로 횡격막 아래에 등쪽으로 좌우에 1개씩 자리잡고 있으며, 무게는 양쪽 신장을 합해서 약 200g이다. 통계적으로 볼 때 왼쪽 신장이 오른쪽보다 약간 작다고 알려져 있다.

### 신장 구조

신장의 단면을 보면 세 부분으로 구성되어 있는데, 바깥쪽은 피질이고, 그 안쪽은 수질, 그리고 수질 안쪽이 신우이다. 신장의 피질은 혈관이 많이 분포되어 있으므로 암적갈색으로 보이며 이곳에는 사구체와 보편주머니로 구성된 말피기소체가 있고 둥글고 잔 알갱이 모양으로 보인다. 담홍색을 띠고 있는 수질은 세뇨관과 이들이 합쳐 놓은 집합관으로 구성되어 있으며 집합관의 끝이 신우에 열려 있다. 그리고 신우는 수뇨관으로 이어져 있다.

### 신장의 오줌생성과정

신장의 사구체에서 보편주머니로 분자량이 작은 물, 무기염류, 아미노산, 포도당, 요소와 같은 물질이 여과되어 원뇨를 만든 다음, 세뇨관에서의 재흡수와 분비의 과정을 거치면서 혈액 중의 노폐물과 여분의 무기염류가 오줌의 성분으로 농축되어 집합관에 모이게 된다. 오줌은 집합관과 신우, 수뇨관을 거쳐 방광에 모아 두었다가 요도를 통해 배설된다.

### 신장의 기능

신장은 노폐물과 불필요하게 많은 수분, 그리고 무기염류를 오줌으로 만들어 내보냄으로써 혈액 내의 이온 농도와 pH, 그리고 혈압을 조절한다. 또한 비타민 D를 활성화시켜서 소장에서 칼슘이 흡수되도록 도와주며 여러 가지 호르몬의 합성에도 관여한다.

### 기능

오줌을 만들어 배설함으로써 다음과 같은 작용을 한다. ① **혈액** 속의 불필요한 물질을 제거한다. 예를 들면, 단백질 분해산물인 요소·**요소산**(尿酸)·크레아틴 등이 제거된다. ② 혈액 속의 과잉물질을 제거한다. **생리**적으로 혈액 속에 있는 물질이라도 농도가 어느 수준 이상이 되면 배설된다. 예를 들면, 혈당(血糖)은 0.17 % 이하이면 신장에서 배설되지 않으나 그 이상의 과잉분은 제거된다. ③ 삼투압을 조절한다. 혈액 속에 수분이 증가하여 그 삼투압이 내려갈 때에는 물을 제거하고, 염류가 과잉상태에 있어 삼투압이 올라가는 경우에는 염류를 제거하여 체액의 삼투압을 정상으로 유지한다. ④ 혈액의 pH를 조절한다. 단백질이 산화되면 황산이나 인산이 생기고, **근육** 활동에서는 젖산이나 피루브산이 생겨 생체 내에서 끊임없이 산(酸)이 만들어지고 있다.

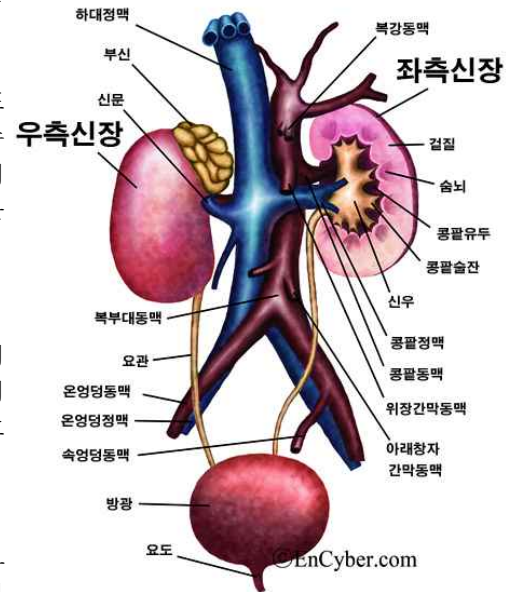
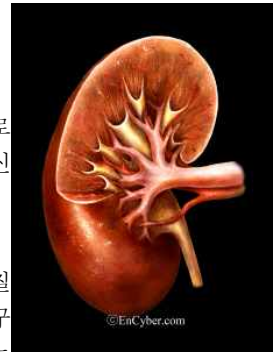
이들은 생체에 해로운 존재이므로 생체 내에는 여러 가지 조절기구가 있어 혈액의 pH를 항상 일정하게 유지하고 있다. 그 중에서도 가장 중요한 것은 혈액 속의 완충물질(탄산염이나 인산염)이다. 예를 들어, 황산이 중탄산소다에 작용하면 황산소다와 탄산이 되어 강산(強酸)인 황산은 약산(弱酸)인 탄산이 된다. 염은 신장에서 배설되고 탄산은 폐에서 이산화탄소와 물로 분해되어 체외로 배출된다.

또, 신장은 암모니아를 만들 수도 있다. 혈액 속의 아미노산이 분해되어 암모니아가 되고, 이것이 산을 중화하여 황산암모늄이나 인산암모늄을 만들어 오줌으로 배설된다. 신장의 이 기능은 해독작용으로 생각되고 있다. 어떤 종류의 신장질환에서는 암모니아의 생성능력이 떨어져서 혈액 속의 산이 중화되지 않기 때문에 아시도시스가 된다. 이와 같은 신장의 기능은 다음과 같은 메커니즘이 있기 때문에 가능한 것이다. 즉, 신장의 신소체에서는 유용한 것이나 무용한 것을 모두 대량의 물과 함께 혈액으로부터 여과하고, 이것들이 길다란 요세관을 통과하는 사이에 유용한 물질만이 재흡수되고 무용한 물질은 오줌이 되어 체외로 배설된다.

### 신소체의 여과

신소체의 구조는 세 가지 점에서 여과에 적합하게 되어 있다. 첫째로 **사구체**를 형성하고 있는 **모세혈관**의 다발이 수 없이 많기 때문에 여과 면적이 매우 크다(약 1.5m<sup>2</sup>). 둘째로 사구체에서 **혈액**이 나오는 **수출혈관**은 혈액이 들어가는 수입혈관보다 가늘고, 요세관 주위에서 모세혈관의 망(網)으로 되어 갈라져 있다. 이 때문에 사구체에서의 혈류(血流)는 큰 저항을 받게 되어 사구체 모세혈관 안의 혈압이 높아진다. 다른 부분에 있는 모세혈관의 혈압은 평균 25mmHg인 데 대하여 사구체 내의 혈압은 60~70mmHg이다. 셋째로 두께 1μm라는 매우 얇은 막에 의해서 보편낭강(囊腔)과 혈액이 격리되어 있다.

이와 같은 결과로 사구체의 모세혈관벽에서 흘러나오는 액체는 다른 조직의 모세혈관에서 흘러나오는 액체의 약 100배 이상이



나 된다. 혈액이 사구체를 지나는 동안에 혈액 속의 혈구(血球) 및 단백질을 제외한 모든 물질(물·포도당·염·합질소분해산물 등)이 여과되어 요세관으로 들어간다. 이 여과액은 지름 10 $\mu$ m 정도의 마이크로피펫을 사용하여 개구리 신장의 보먼주머니로부터 채취할 수 있다. 이렇게 채취한 여과액을 조사한 결과 단백질이 없는 혈장과 똑같은 삼투압·조성(組成)을 하고 있다는 것이 확인되었다.

그리하여 사구체에서는 단백질을 제외한 혈장성분이 한외여과(限外濾過)되는 것으로 생각된다. 여과의 정도는 사구체막의 구멍의 크기와 여과되는 물질의 분자의 크기에 의해 결정되는데, 젤라틴(분자량 3만 5000)이나 난백알부민(3만 4500)은 여과되고, 혈청알부민(6만 7500)이나 혈청글로불린(10만 3000)은 여과되지 않는다. 사구체의 여과액이 혈액에서 분리되는 과정은 간단한 물리적 법칙에 의해서 설명할 수 있으며 여과의 원동력은 혈압이다. 그러나 단백질 등의 교질(膠質)은 통과하지 못하므로 반대로 수분을 끌어들이려고 하는 교질삼투압이 작용한다.

여과하기 위해서 실제로 유효하게 작용하는 압력은 모세관혈압으로부터 교질삼투압과 요세관 내의 오줌의 정수압(靜水壓)을 뺀 값이다. 사구체의 모세관혈압을 70mmHg라고 하면, 이것에서 혈액단백의 교질삼투압 30mmHg와 요세관 내의 오줌의 수압 5mmHg를 빼면 유효 여과압은 약 35mmHg가 된다. 따라서, 쇼크 등으로 혈압이 50mmHg 이하가 되면 오줌의 생성이 정지되는 이유를 이해할 수 있다. 또, 출혈이 심할 때 **주사한 생리**적 식염수가 신장을 그대로 지나 체외로 나가는 것도 이 이치로 설명할 수 있다.

즉, 생리적 식염수를 주입하면 혈장단백질의 농도가 감소하고 그 때문에 교질삼투압이 저하되며, 한편 보액(補液)에 의해서 혈압이 정상값으로 돌아와 유효 여과압이 증가하기 때문이다. 사구체에서 형성되는 여과액의 양은 1분간에 약 125ml라고 한다. 따라서 하루에 약 180l가 되는 셈인데, 이러한 대량의 여과액을 만들 수 있는 것은 신장을 흐르는 혈액이 매우 많기 때문이다. 사구체에는 1분간에 약 1l의 혈액이 흐르고 있다.

#### 세뇨관의 재흡수

**사구체**에서 만들어진 대량의 여과액은 오줌과 비교하면 매우 묽다. 이것은 세뇨관을 통과하는 사이에 약 99%의 물이 재흡수되기 때문이다. 이로 인해 118l의 여과액은 약 1l로 감소된다. 이것이 하루의 보통 요량(尿量)이다. 물의 재흡수는 세뇨관에 있는 **모세혈관**의 혈압이 매우 낮고, **혈액**의 단백질량이 증가하여(사구체에서 물을 잃기 때문에) 이것이 교질삼투압을 높이기 때문에 이루어진다. 물을 재흡수한 결과 오줌의 삼투압은 혈액보다 커진다.

신체에 필요한 포도당이나 나트륨 등도 필요한 양만큼만 재흡수된다. 대개의 경우 포도당은 오줌 속에 없으므로 사구체 여과액이 세뇨관을 흐르는 동안에 혈액으로 재흡수되는 것이 확실하다. 혈액 속의 포도당의 농도가 100ml 속에 160mg 이하이면 포도당은 배설되지 않고 완전히 재흡수되지만, 그 이상이 되면 세뇨관의 재흡수 능력을 넘기 때문에 여분의 당이 배설된다. 나트륨이 세뇨관에서 재흡수되는 메커니즘은 세관의 세포에서 수소이온이 만들어지고 이것이 여과액의 나트륨이온과 교환되어 나트륨을 흡수하기 때문이라고 생각된다.

건강한 사람의 약 4%는 혈액 속의 알부민을 극히 소량 오줌 속에 포함하고 있다. 이런 현상은 심한 근육**피로**나 찬물로 목욕한 후에는 대부분의 사람에게 일어난다. 또, 신장염 등으로 인하여 사구체의 투과성이 증가하여 혈액의 알부민이 오줌 속으로 나오는 수도 있다. 오줌에 단백질이 나오면 혈액 속의 단백질이 감소되고, 그 결과 혈장의 교질삼투압이 감소하여 **부종**(浮腫)이 생긴다.

#### 요생성의 조절

요생성 과정은 **사구체**에서의 여과와 요세관에 의한 재흡수의 두 과정으로 이루어진다. 여과는 주로 **혈액순환**에 관계되므로 신경에 의해서 영향을 받는다. 신장에는 많은 신경이 와 있고 이것이 **혈관**에 작용하여 혈액량을 변화시켜 요생성을 조절하고 있다. 요세관에서의 재흡수는 호르몬에 의해서 조절된다.

그 중에서도 **뇌하수체** 후엽에서 분비되는 항이뇨(抗利尿) 호르몬과 **부신피질**에서 분비되는 알도스테론이 중요하다. 항이뇨 호르몬은 물의 재흡수를 촉진하여 오줌의 양을 감소시킨다. 이 호르몬은 집합관의 투과성을 증가시켜서 물의 이동을 조절하는 것으로 생각되고 있다. 집합관에서 물이 나오는 것은 삼투압 때문이며, 그 속도는 막의 투과성에 의존하므로 이 호르몬에 의해서 투과성이 증가하면 물은 급속히 여과액으로부터 혈액으로 이동하여 오줌의 양이 감소한다. 부신피질 호르몬은 요세관의 나트륨 재흡수를 촉진하므로 오줌 속의 나트륨 배설량이 감소되어 삼투압의 차가 커지므로, 물이 혈액 속으로 끌려가게 된다.

위치 : 횡격막 아래에 등쪽으로 좌우에 1개씩 위치

