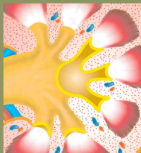





CHAPTER 9

신장



목차



○ 비뇨기계의 구조와 기능	I
○ 요 생성 과 정	
○ 배뇨	II
○ 신장의 생리 조절작용	III
	IV

I 비뇨기계의 구조와 기능

비뇨기계의 구조

- 2개의 신장
 - 복강 뒷벽
 - 11번 흉추와 3번 요추의 사이에 위치
 - 한 쌍, 130-160 g x 2
 - 체중의 0.5%
 - 혈류량: 25% (1.2 L/min)
- 신우(콩팥 깔대기)
- 요관
- 방광: 소변 저장 주머니
- 요도: 방광의 소변이 요도에 의해 아래로 빠지게 됨.

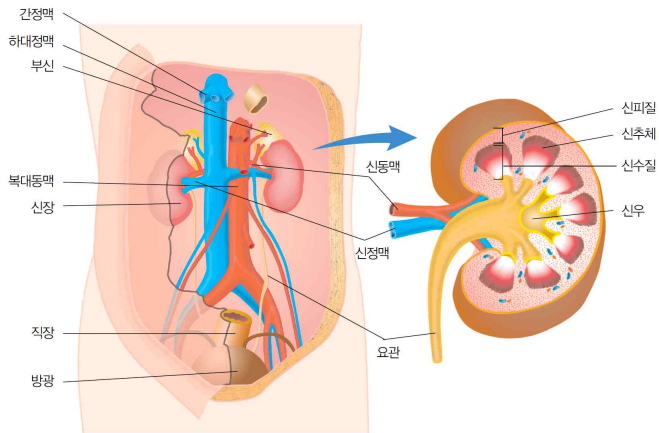
비뇨기계의 기능

- 혈액 중의 노폐물질 배설
(콩팥동맥 및 콩팥정맥을 통해 복부대동맥 및 하대정맥과 같은 우리 몸의 큰 혈관에 연결)
- 체액의 항상성 유지
 - 수분 평형 조절
 - 산, 알칼리 평형 조절
 - 삼투압 조절
- 혈압조절(혈장량 조절):
 - 레닌 분비
- 칼슘흡수 조절:
 - 비타민 D 활성화
- 조혈작용:
 - 조혈인자 분비



비뇨기계의 구조

그림 9-1 비뇨기계의 구조



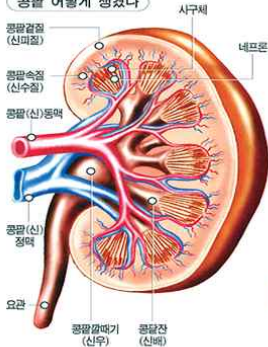
피질과 수질 및 신우

- **신피질:** 결합조직, 적갈색
 - 사구체, 근위 및 원위 세뇨관
- **신수질:** 연홍색, 줄무늬 모양
 - 집합관, 헨레고리, 8-15개 신추체(콩팥 피라미드)
- **신우:** 집합관은 신우로 연결됨
 - 소신배가 모여 대신배를 형성하고 대신배가 모여 신우
 - 신우에서 소변을 수집하여 요관과 방광으로 운반.

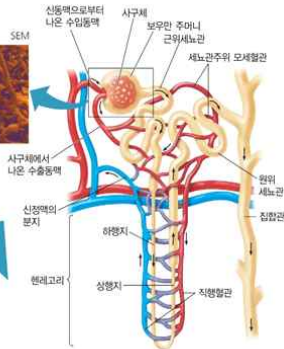
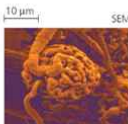
I 비뇨기계의 구조와 기능

피질과 수질 및 신우

콩팥 어떻게 생겼나



네프론



I 비뇨기계의 구조와 기능

네프론

- 기능적 최소 단위: 130만 x 2개 신장.

그림 9-3 신소체의 구조

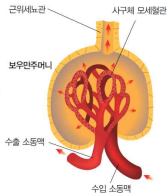
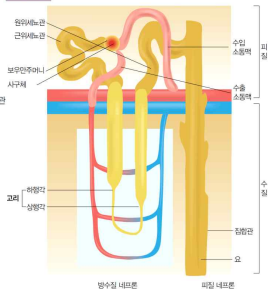


그림 9-2 네프론의 기본 구조



- 구성

- 신소체

- 사구체: 모세혈관총: 여과
- 사구체낭 (보우만낭)

- 근위 세뇨관

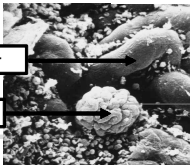
- 헨레고리

- 원위 세뇨관

- 집합관

근위세뇨관

사구체



I 비뇨기계의 구조와 기능

신장의 혈관분포

- 신동맥 분지
- 사구체:
 - 수입세동맥
 - 모세혈관: 사구체 형성, 여과막 기능
 - 큰 구멍: 직경 ~ 100 Å
 - 투과성 ~ 100배
 - 수출세동맥
- 세뇨관 주위 모세혈관:
 - 신소체 주변에 모세혈관 발달
 - 사구체 여과액과 물질교환:
 - 확산, 능동수송 (재흡수, 분비)

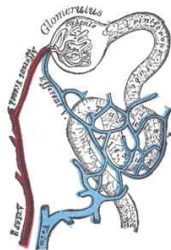
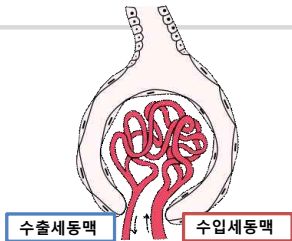
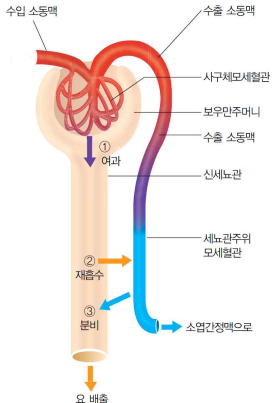


그림 9-4 네프론의 요 생성 과정

- 사구체 여과
- 세뇨관 재흡수
- 세뇨관 분비



사구체 여과

- 사구체의 모세혈관막에는 작은 구멍이 다량 존재
- 혈액이 사구체의 모세혈관막을 통과할 때 보우만 주머니에서는 물과 비단백 물질의 여과가 일어나게 됨.
- 구멍을 통과하지 못하는 큰 물질(혈구, 단백질 \geq MW 70,000)은 남고, 작은 물질(물, 전해질, 포도당, 아미노산)은 여과되어 세뇨관안으로 들어가게 됨.
- 사구체 여과액의 성분은 혈장에서 단백질을 제외한 것과 유사함.
- 사구체에서의 여과는 사구체 모세혈관막의 투과성과 여과압에 의해 결정.
(사구체 모세혈관은 투과성이 매우 크고, 넓은 표면적과 얇은 여과막 두께를 가지고 있음)
- 즉, 사구체 모세혈관 내의 혈압(50 mmHg로 다른 모세혈관보다 높음)이 보우만주머니 내의 압력과 사구체 모세혈관 내의 교질삼투압보다 클 때 여과가 이루어짐.
 - 사구체여과율 (glomerular filtration rate: GFR):
 = 125 mL/min (남성) = 7.5 L/hr = 180 L/day
 = 115 mL/min (여성) = 6.9 L/hr = 166 L/day
 혈액 전체의 부피: 5.5 L(40분 마다 전체 혈액이 여과)
 여과된 물의 대부분은 즉시 혈액으로 되돌아가야 함.

사구체 여과율 조절

- 수입 세동맥의 내강 조절
 - 외인성 조절: 교감신경 자극으로 수축 → GFR 감소 → 혈액량 유지
 - 내인성 조절 (신장의 자동조절):
 - 혈압 70-180 mmHg 범위에서 GFR 유지
 - 수입 세동맥: 혈압의 증가 또는 감소에 의해 수축 또는 확장
 - 혈압증가 시 수축/감소 시 확장
 - 사구체 여과액량의 음성피드백 조절:
 - 여과액량 증가 시 수축/감소 시 확장
- 기타 영향인자:
 - 혈장 교질압: 혈장 단백질 농도 감소로 교질압 저하 시 GFR 증가
 - 세뇨관/수뇨관 폐쇄: 보우만낭압 증가로 GFR 감소

▶ 알아두기 : 여과압

사구체 여과량

- 심박출량: 5,000 mL/min
- 신장 혈류량: 1,250 mL/min (심박출량의 25%)
- 신장 유입혈액의 90%는 수출소동맥을 통해 세뇨관 모세혈관을 지나 신정맥으로 들어가게 됨.
- 사구체 여과량: 125 mL/min (신장 유입된 혈류량의 10%)
 - 요 생성량: 1 mL/min
 - 재흡수량: 124 mL/min
- 성분 별 배출량/여과량 (재흡수율)
 - 수분: 1.8 L/180 L (99%)
 - 나트륨: 3.2 g/630 g (99.5%)
 - 포도당: 0 g/180 g (100%)
 - 요소: 30 g/540 g (44%)



표 9-1 사구체 여과율과 요 생성량의 관계

	양 (mL/min)
심박출량 cardiac output, CO	5,000
신장 혈류량 25% CO	1,250
사구체 여과율(혈류량의 10%)	125
요 생성량	1
재흡수량	124

표 9-2 1일 사구체 여과량, 배설량과 재흡수율

(70kg 성인남자)

	여과량	배설량	재흡수율(%)
Na ⁺ (g)	630	3.2	99.5
포도당(g)	180	0	100
요소(g)	54	30	44
물(L)	180	1.8	99

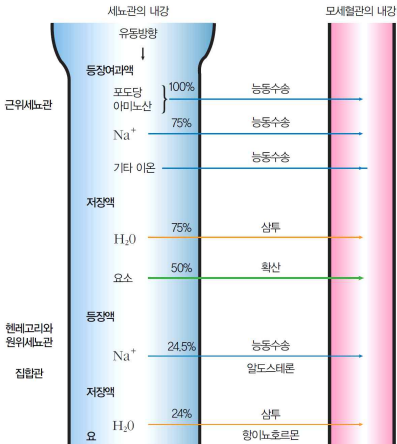
세뇨관 재흡수

- 포도당, 아미노산 등 영양물질:
 - 100% 재흡수, 근위세뇨관, 능동수송 or 음세포작용
 - 나트륨과 수분:
 - 99.5%/99% 재흡수, 능동수송 (Na/K pump) or 삼투
 - 근위세뇨관 (75%/65%)
 - 헨레고리 (20%)
 - 원위세뇨관/집합관 (14%, 호르몬에 의한 정교한 조절)
 - 나트륨: 알도스테론
 - 물: 항이뇨호르몬
 - 요소: 44%, 확산
 - 크레아티닌 등 대사산물: 0%
- 세뇨관막의 능동수송: 선택적, 가변적



세뇨관의 물질별 재흡수율과 과정

그림 9-5 세뇨관의 물질별 재흡수율과 과정



세뇨관 분비

- 사구체에서 여과되지 못한 노폐물, 이물질, 약물 등
- 세뇨관 주위 모세혈관에서 세뇨관 내강으로 이동
- 능동수송과 확산에 의해 분비가 이루어짐
 - H^+ : H^+-Na^+ pump에 의해 나트륨은 재흡수되고 수소 이온은 분비.
 - K^+ : K^+-Na^+ pump에 의해 나트륨은 재흡수되고 칼륨 이온은 분비.
 - 암모니아
 - 유기 음이온: 콜린, 크레아티닌
 - 이물질과 약물: 페니실린

신장정화율 (신혈장청소율, 혈장제거율)

- 사구체여과율(GFR) 대비 어떤 물질이 1분간 소변으로 배설되는 양
- **이눌린 청소율**: $125 \text{ mL/min} = \text{GFR}$
 - 물질이 세관에 의해 재흡수되지도 않고 분비도 되지 않으면 1분당 소변으로 배설되는 양은 1분당 사구체에서 여과되는 양과 동일.
 - 이눌린: 재흡수 또는 분비되지 않아 **지표물질**로 사용이 가능
 - 신장기능의 지표로 사용이 가능.
- 신장 혈장 청소율: 단위시간동안 혈장의 물질이 신장에 의해서 제거되는 양
- **요소 청소율**: 75 mL/min
 - 매분당 125 mL 의 혈장을 여과하지만, 요소는 혈장의 75 mL 속에 함유된 양만 배설되고 나머지는 재흡수되어야 함.
 - 요소는 아미노산 대사의 노폐물.

▶ **알아두기 : 신장청소율**

- 재흡수되는 물질의 청소율: $\leq \text{GFR}$
- 분비되는 물질의 청소율: $\geq \text{GFR}$

III 배뇨

- 신장에서 생성된 요를 체외로 배출하는 과정
- 척수반사에 의해 일어나게 됨.
- 집합관에서 좌우 수뇨관 (요관)을 거쳐 방광에 모여서 요도로 배출
- 방광 팽창 (0.4 L):
 - 방광압 상승
 - 장력감수기 흥분 ($> 90 \text{ mmHg}$) → 요의 발생
 - 부교감신경 흥분하면 배뇨근 수축 and 내외 요도괄약근 이완 (불수의적/수의적조절)
 - 배뇨
- 배뇨 (촉진/억제) 중추:
 - 대뇌피질, 시상하부 and 뇌교/중뇌

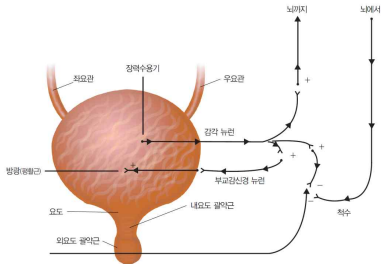
■ 방광벽 (배뇨근): 3층의 평활근, 신축성

III 배뇨

배뇨반사

- 배뇨근 (방광근, 평활근) 수축:
 - 부교감신경- 수축
 - 교감신경- 억제
- 내 요도괄약근 (평활근) 이완:
 - 골반신경
 - 불수의적 조절
- 외 요도괄약근 (골격근) 이완:
 - 체성신경
 - 수의적 조절

그림 9-6 방광구조와 배뇨반사



III 배뇨

요의 특성

- 맑고, 담황색 (빌리루빈), 요취 (요소)
- 약 산성: pH 6.0 (4.5~8.0)
- 비중: 1.001~1.035
- 요량: 600~2,500 mL(1일 평균 1,000 mL)
- 요의 고형성분:
 - 60 g/day
 - 요소: 약 30 g 정도로 전체 고형성분의 약 50%를 차지
 - 대사산물: 요산, 크레아티닌, 암모니아
 - 무기질: Na^+ , K^+ , HCO_3^-
- 비정상 요성분: 혈구(요관 부위의 출혈), 포도당(당뇨), 알부민, 고름



정상인의 요성분 및 비정상적인 요성분의 증상과 원인

표 9-3 정상인의 요성분

성분	함량(g)	성분	함량(g)
총 고형분	60.0	크레아틴	0.03
요소	30.0	암모늄염	0.7
염소	12.0	칼슘	0.2
나트륨	4.0	마그네슘	0.1
칼륨	2.0	기타	9.6
크레아티닌	1.4	비중	1.020

표 9-4 비정상적인 요성분의 증상과 원인

물질	증상	원인
포도당	당뇨	비병리적: 단음식의 과식 병리적: 당뇨병
단백질	단백뇨	비병리적: 신체적 과로, 임신 병리적: 사구체신염, 고혈압
농(백혈구와 세균)	농뇨	요로감염
적혈구	혈뇨	외상, 신결석, 감염 등에 의한 요로 내출혈
헤모글로빈	헤모글로빈뇨증	수혈 반응, 용혈성 빈혈 등 다양

IV

신장의 생리조절작용

- 수분, 나트륨 및 전해질 조절:
 - 수분
 - 나트륨
 - 삼투압
 - 혈압
- 수소이온 (pH) 조절
- 칼슘조절
- 조혈작용



IV

신장의 생리조절작용

수분 조절

■ 항이뇨호르몬 (ADH) 작용:

- 뇌하수체 후엽에서 분비
- 원위세뇨관과 집합관에서
- 수분의 투과성을 증가시켜 재흡수를 촉진시키고 요 중 수분 배설량을 감소.

■ 체액 과다의 경우(수분섭취 과다)

- 삼투질 저하
- ADH 분비 감소 ➡ 수분 재흡수를 저하
- 요량 증가

■ 체액 부족의 경우(설사, 발한, 수분섭취 부족)

- 삼투질 상승
- ADH 분비 증가 ➡ 수분 재흡수를 증가
- 요량 감소

그림 9-7 신장의 수분 조절

(수분 섭취 과다 시)

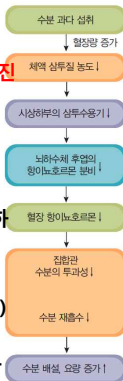
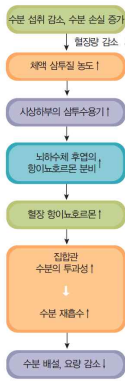


그림 9-8 신장의 수분 조절

(수분 섭취 감소와 손실 증가 시)



IV

신장의 생리조절작용

삼투질 조절

- 혈장의 삼투질: ~ 300 mOsm/L 유지
- 삼투질 농도의 항상성은 수분과 나트륨의 섭취와 배설의 균형으로 조절.
- 체액이 희석되면 많은 수분을 요 중으로 배출

IV

신장의 생리조절작용

나트륨 조절

▪ Na^+ 재흡수 : 근위세뇨관에서 75%
능동수송 ($\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump)

- 혈장 나트륨함량은 부신피질에서 분비되는 알도스테론의 작용
 - 원위세뇨관과 집합관에서 Na^+ 재흡수 촉진
 - 집합관으로 K^+ 분비 촉진
 - 알도스테론의 분비를 자극하는 호르몬으로 안지오텐신 II
- 나트륨 과다 시:
 - 원인: 나트륨 섭취과다 → 삼투질 상승
 - 알도스테론 분비감소 → 나트륨 재흡수율 저하
- 나트륨 부족 시:
 - 원인: 나트륨 섭취부족, 구토, 설사 → 삼투질 저하
 - 알도스테론 분비증가 → 나트륨 재흡수율 증가

IV

신장의 생리조절작용

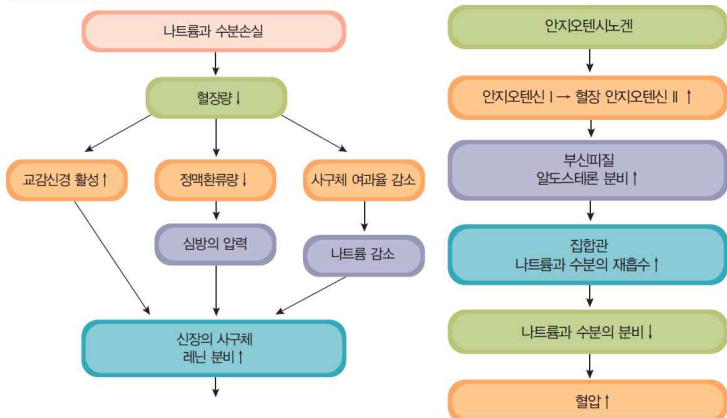
혈압 조절

- 혈액량이나 혈압이 저하 되면 **Renin-angiotensin-aldosterone system**이 작용
 - Renin: 나트륨 결핍에 의한 혈장의 삼투압농도 감소로 인해 레닌의 분비
 - 수입세동맥 인접 사구체 세포에서 생성되는 효소
 - angiotensinogen 활성화
 - Angiotensinogen:
 - 간세포에서 합성 ➡ angiotensin I ➡ **angiotensin II**
 - 혈관수축, **aldosterone** 방출촉진, **Na 재흡수 촉진** (근위세뇨관)
 - Aldosterone:
 - 부신피질에서 분비
 - Na 재흡수 촉진 (원위세뇨관 and 집합관)



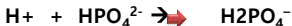
신장의 나트륨과 혈압 조절

그림 9-10 신장의 나트륨과 혈압 조절



pH 조절

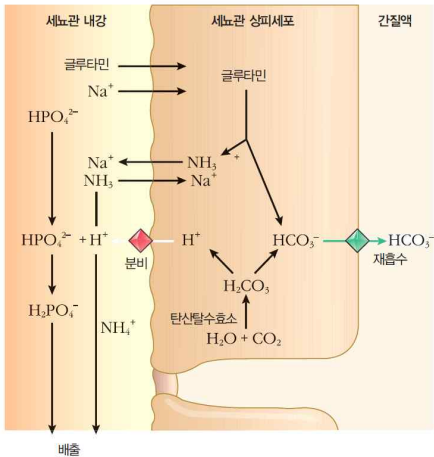
- 혈액 pH: ~ 7.4 유지
 - 신장은 소변으로 H^+ 의 배설 및 HCO_3^- 의 재흡수를 통해 pH를 일정하게 유지
- 1) HCO_3^- 의 재흡수: 근위세뇨관에서 거의 100% 재흡수 되어 정상 소변에는 포함되어 있지 않음
 - 2) H^+ 의 배설: 세뇨관에서 H^+ 분비는 체액의 산성도에 따라 달라짐.
 - HCO_3^- 의 재흡수를 돕거나 Na^+ 와 교환 작용(Na^+/H^+ pump)
 - 혈액의 pH 정상보다 낮아지면 소변으로 수소이온의 배출을 증가
 - 수소이온이 인산염(HPO_4^{2-})과 암모니아(NH_3)와 반응하여 배출.





세뇨관에서의 글루타민 대사 및 수소이온 분비

그림 9-11 세뇨관에서의 글루타민 대사 및 중탄산이온 생성과 수소이온 분비



IV

신장의 생리조절작용

Ca 조절

- 부갑상선 호르몬 (PTH) 작용:
 - 부갑상선에서 분비
 - 근위 세뇨관 and 원위 세뇨관에서 **칼슘 재흡수 촉진**
 - 인산, 나트륨, 중탄산 및 수분 재흡수 억제
- 비타민 D 활성화:
 - 비타민 D
 - ➡ 간에서 25-(OH) 비타민 D ➡ **신장**에서 1,25-(OH)₂ 비타민 D
 - 1,25-(OH)₂ 비타민 D:
 - **칼슘 재흡수 촉진** (원위세뇨관)
 - **칼슘 흡수 촉진** (소장)

IV

신장의 생리조절작용

조혈작용

- 에리트로포이에틴 (erythropoietin) 작용:
 - 신피질과 신수질의 간질세포 및 세뇨관주위 모세혈관 내피세포에서 분비 되어짐.
 - 골수에서 적혈구 분화, 증식 및 성숙 촉진 역할.
 - 신장의 기능 저하시 에리트로포이에틴 의 감소로 빈혈이 발생

■ 사구체염:

- 사구체에 염증
- 급성 사구체염: 피뇨(요량 감소), 혈뇨, 부종
- 만성 사구체염:
 - 초기: 다뇨, 야뇨, 단백뇨(알부민 혼합), 혈뇨(적혈구)
 - 후기: 알부민 재설의 증가로 혈청 단백질이 낮아 부종발생
혈압상승



■ 신부전:

- 세뇨관 손상 and 사구체 손상
- 사구체 여과율 저하
- 피뇨, 무뇨, 부종
- 고질소혈증, 산독증, 고칼륨혈증, 고인산혈증, 고혈압, 요독증
- $GFR \leq 12.5 \text{ mL/min}$ 시: 투석 시행

투석

- 인위적인 혈중 노폐물 제거
- 혈액투석:
 - 인공신장기 (혈액투석기: **반투성막**) + 투석액 펌프 이용
 - 노폐물질 and 과잉 전해질 제거
 - 투석 원리: 확산
- 복막투석:
 - 복막을 투석막으로 활용
 - 복강으로 투석액 주입



그림 9-11 혈액 투석

