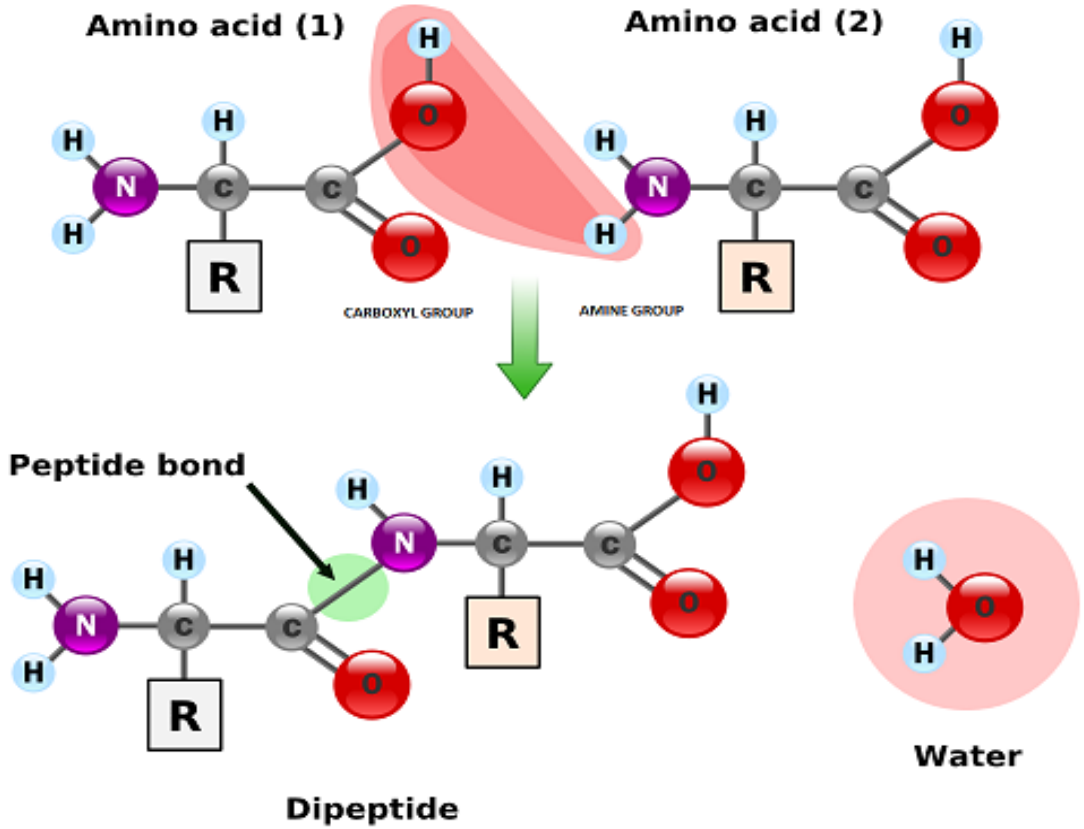
임상 화학(Clinical Chemistry)

Lecture 1. Amino Acid and Protein

Prof. Choi Jeong Su
E-mail : guesschjs@korea.ac.kr
H.P : 010-6314-3910

■ 단백질(Proteins)

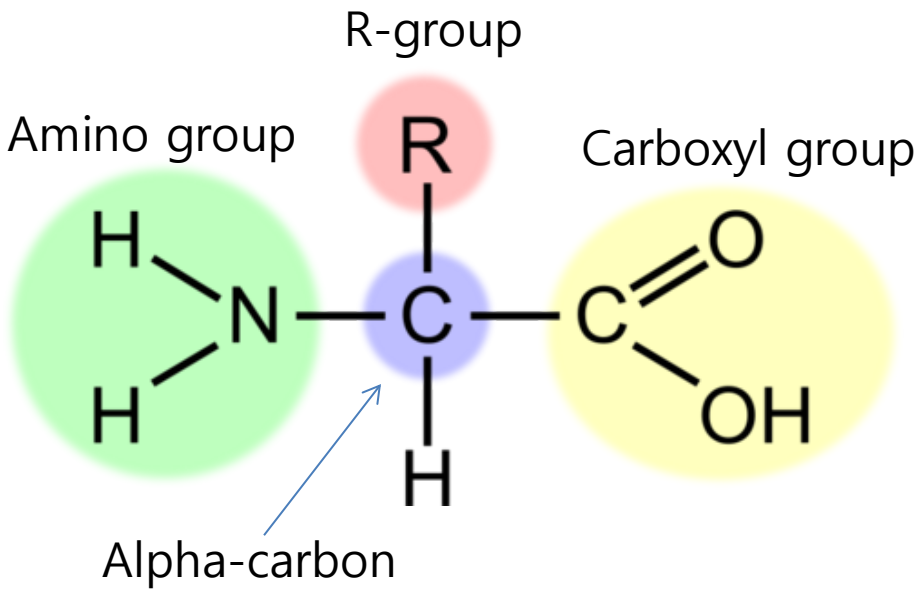
1) 많은 Amino acid(아미노산)의 중합체(Polypeptide)이다(100개 이상)
   ① NH_2 Group (Amino기)과 COOH Group (Carboxyl기)을 동시에 포함하고 있다.
   ② Peptide 결합을 하고 있다
   - Amino acid의 Carboxyl기와 다른 Amino acid의 Amino기 사이에서 물 한 분자 빠져서 이루어진 결합 (2개의 Amino acid의 결합 = Dipeptide)



Lecture 1. Amino Acid and Protein

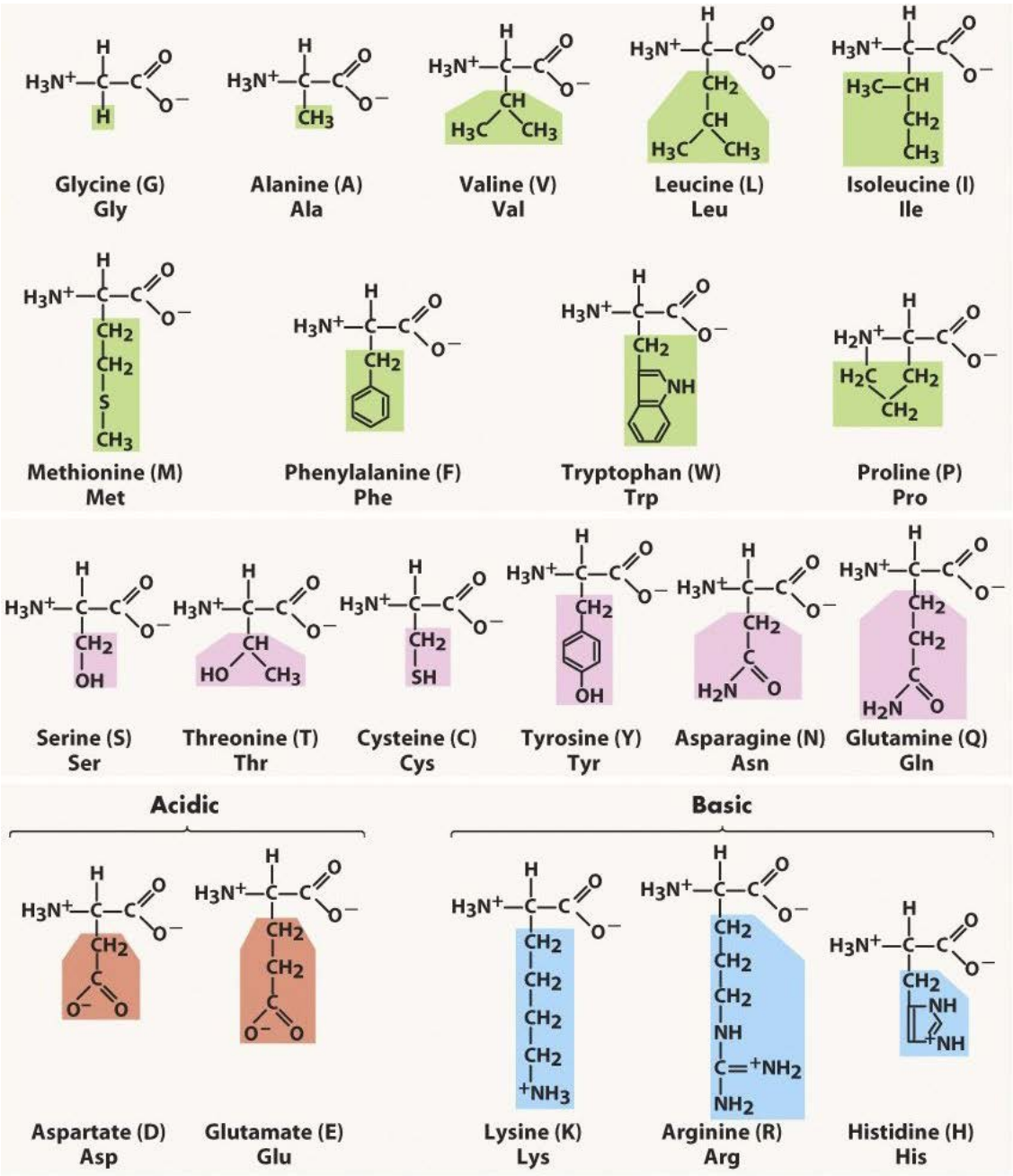
■ 단백질(Proteins)

1) 많은 Amino acid(아미노산)의 중합체(Polypeptide)이다
   ① NH_2 Group (Amino기)과 COOH Group (Carboxyl기)을 동시에 포함하고 있다.
   ② Peptide 결합을 하고 있다
   - Amino acid의 Carboxyl기와 다른 Amino acid의 Amino기 사이에서 물 한 분자 빠져서 이루어진 결합 (2개의 Amino acid의 결합 = Dipeptide)

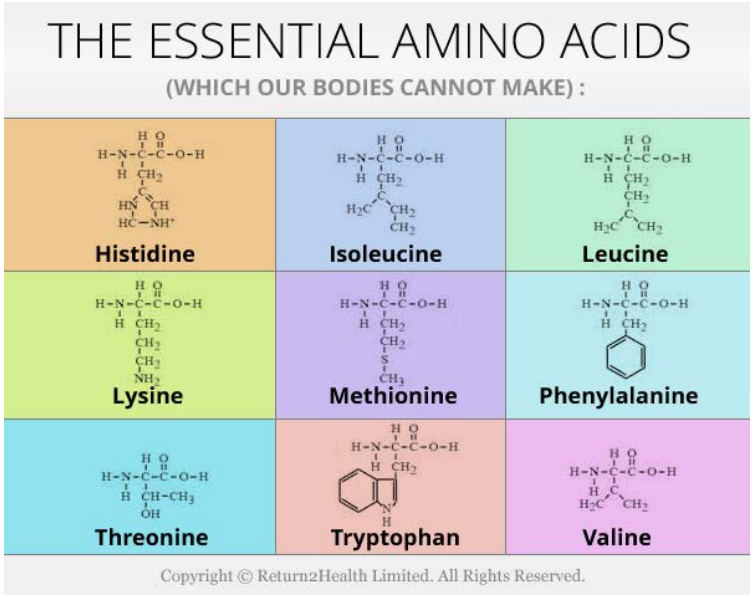


R=무극성
->무극성 아미노산
R=극성 (R-OH, R-NH)
->극성 아미노산
R=음이온($-COO^-$)
->산성 아미노산
R=양이온($-NH_2^+$)
-> 염기성 아미노산

Lecture 1. Amino Acid and Protein

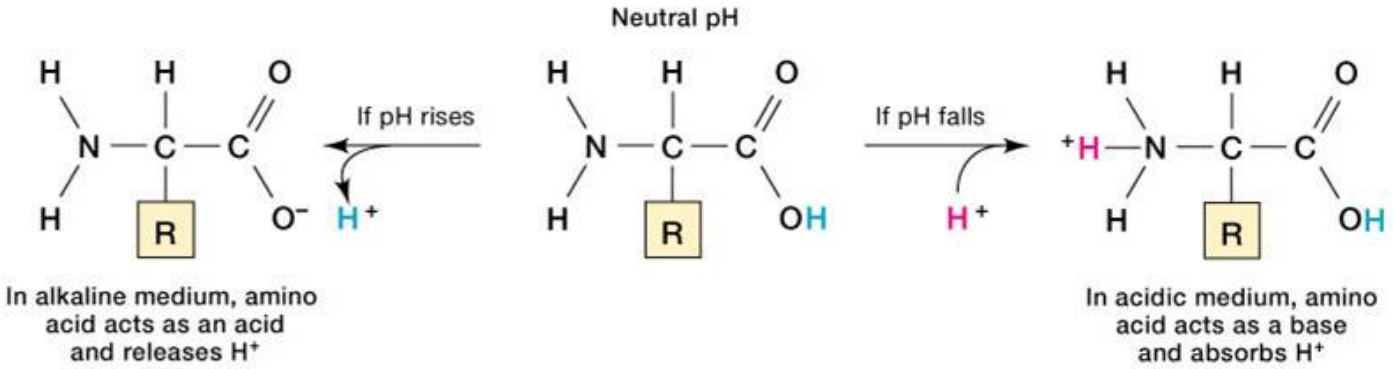


R=무극성
->무극성 아미노산
R=극성 (R-OH, R-NH)
->극성 아미노산
R=음이온(-COO^-)
->산성 아미노산
R=양이온(-NH_2^+)
-> 염기성 아미노산



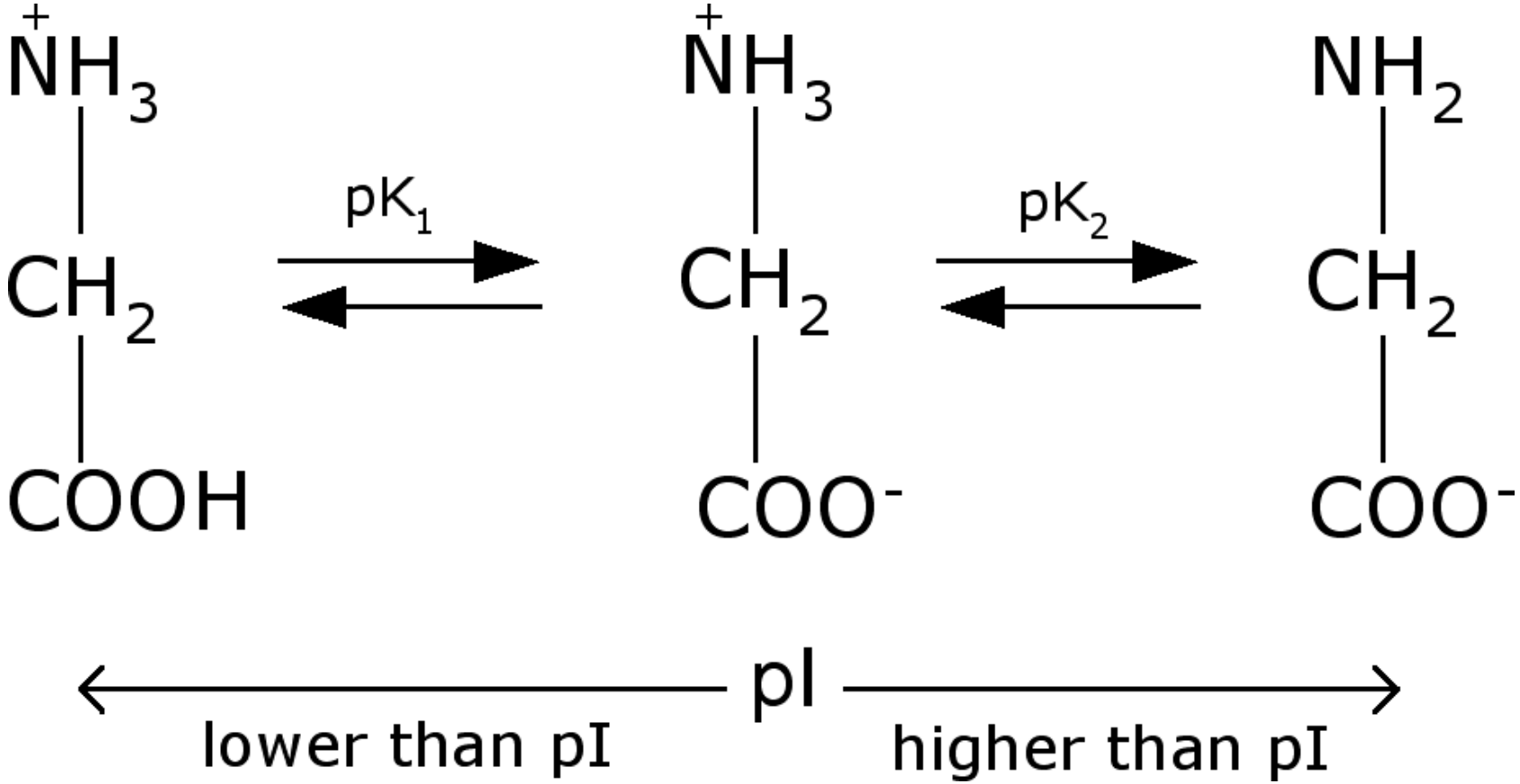
■ 단백질(Proteins)

2) Buffer의 pH에 따라 +전하 또는 -전하으로 된다
- Zwitterion 이다 (= Amphoteric 성질 = 양쪽성 성질)
- 아미노산 수용액에 산을 가하면 아미노기는 H+과 결합하여 전체적으로 (+)를 띠고 알카리를 가하면 카르복실기는 수소원자를 잃고 아미노산은 전체적으로 (-)를 띤다



■ 단백질(Proteins)

2) Buffer의 pH에 따라 +전하 또는 -전하으로 된다
- Zwitterion 이다 (= Amphoteric 성질 = 양쪽성 성질)
- 아미노산 수용액에 산을 가하면 아미노기는 H+과 결합하여 전체적으로 (+)를 띠고 알카리를 가하면 카르복실기는 수소원자를 잃고 아미노산은 전체적으로 (-)를 띤다



■ 단백질(Proteins)

3) 단백질의 구조

① 1차구조 (Primary structure)

- 기본적인 아미노산 서열, 펩타이드 결합에 의해서 이루어진 아미노산 사슬

② 2차구조 (secondary structure)

- Polypeptide의 국부적 접힘 구조
- α-나선 (α-helix), β-병풍(β-pleated sheet) 구조가 2차구조에 해당

③ 3차구조(tertiary structure)

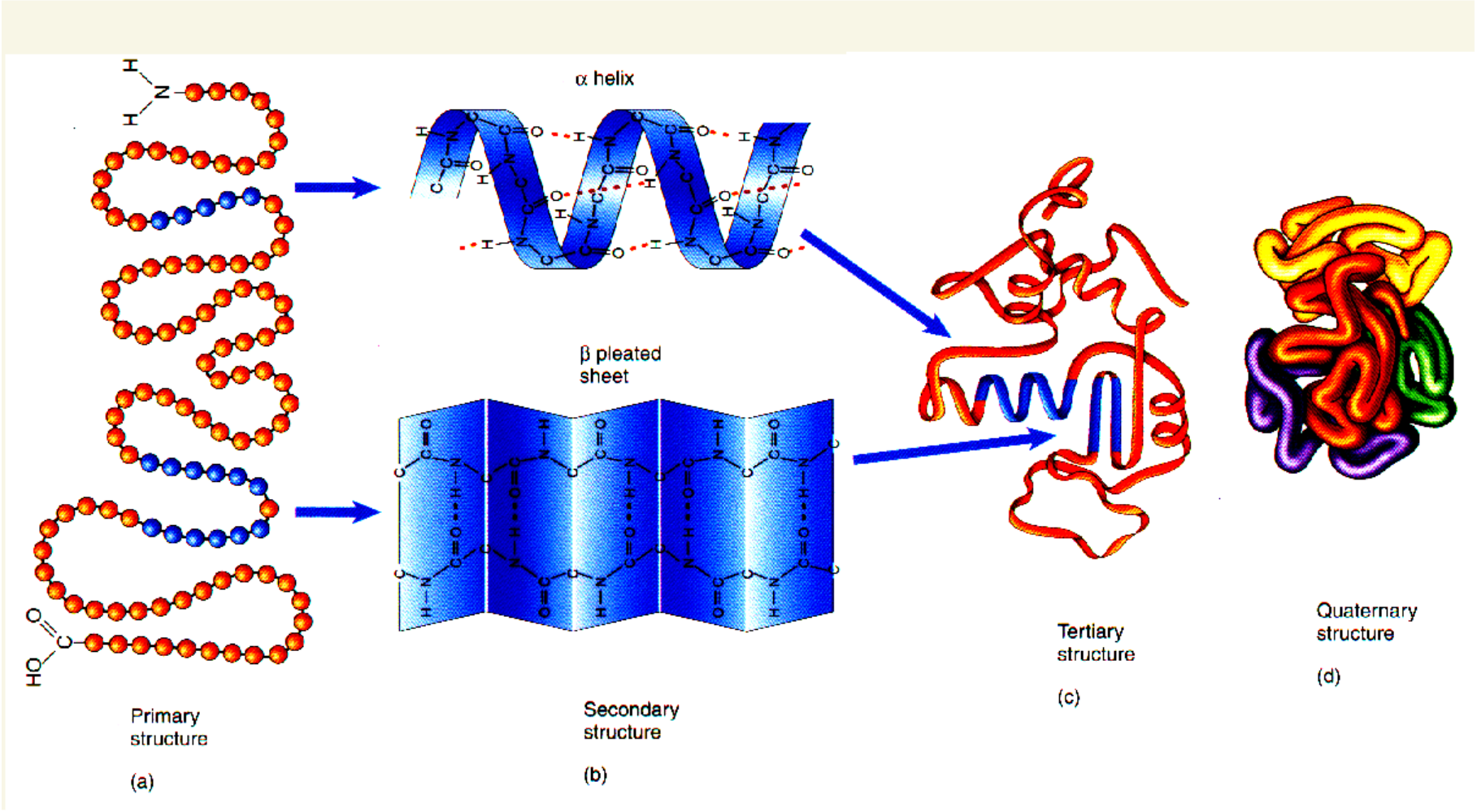
- 다양한 2차구조가 축적되어 전체적인 3차원 구조를 형성
- Protein folding 현상, domain 존재

④ 4차구조(quaternary structure)

- 2개 이상의 단백질들이 subunit이 되어 결합하여 단백질을 만드는 구조

■ 단백질(Proteins)

3) 단백질의 구조



■ 단백질(Proteins)

4) 단백질의 생물학적 기능

- 대부분 알부민, 나머지는 여러 글로불린 분획으로 나뉜다.
- 생명유지와 생체 항상성 유지에 중요한 역할을 담당한다.

① 영양원

② 콜로이드 삼투압의 유지 및 수분 유지

③ 산-염기 평형의 유지 (완충작용)

④ 물질의 운반, 이동 (수송단백)

⑤ 혈액응고

⑥ 생체방어반응(면역글로불린, 보체계)

⑦ 효소 활성

Lecture 1. Amino Acid and Protein

■ 단백질(Proteins)

5) 단백질의 분류

- **단순 단백질 (Simple Protein)**
  (1) Albumin
  (2) Globulin (α_1-Globulin, α_2-Globulin, β-Globulin, γ-Globulin)
  (3) Histones
- **결합 단백질 (Conjugated Protein)**
  -> 아미노산 이외의 분자가 결합해 있는 단백질 (단백질+보결분자단)
  (1)Glycoprotein
  (2)Lipoprotein
  (3)Nucleoprotein
- **유도체 단백질 (Derivative Protein)**

: -> 화학 , 효소 , 물리적인 힘에 의한 작용에서 생기는 단백질
  (1) Dipeptide
  (2) Tripeptide
  (3) Polypeptide
- **특수 단백질 (Special Protein)**
  (1) Fibrinogen : 혈액응고에 관여
  (2) Transferrin : Glycoprotein의 일종 , Fe^{+2} 운반의 기능이 있다
  (3) Ceruloplasmin : α_2-Globulin의 일종 , Cu^{+2} 운반의 기능이 있다

■ 단백질(Proteins)

6) 단백질의 정상치

- Total protein : 6.5 ~ 8.5g/dℓ
- Albumin : 4.2 ~ 5.4g/dℓ
- Globulin : 2.4 ~ 3.5g/dℓ
  - ① α_1-Globulin : 0.2 ~ 0.4g/dℓ
  - ② α_2-Globulin : 0.4 ~ 0.9g/dℓ
  - ③ β-Globulin : 0.4 ~ 0.8g/dℓ
  - ④ γ-Globulin : 0.7 ~ 1.3g/dℓ
- Albumin/Globulin (A/G비) : 1.1 ~ 1.7

고단백질 혈증 (10 ~ 16g/dℓ) (Hyperproteinemia)	저단백질 혈증 (4.0g/dℓ 이하) (Hypoproteinemia)
주로 Immunoglobulin 증가 다발성 골수종 (Multiple Myeloma) Macroglobulin 혈증 고 Globulin 혈증 종양 림프성 망내증 특수한 원충 감염증 (Malaria)	주로 Albumin 부족 단백질 공급부족 : 소화기계 질환 , 기아 , 영양부족 단백질 합성장애 : 간기능 이상 , 간염 , Hyperglobulin 단백질 분해항진 : 갑상선 기능항진 , 당뇨병 , 발열 단백질 배설이상 : 신우염 (Nepritis) , 장관의 누출 , 화상

■ 단백질(Proteins) 측정 방법

1) 질소정량법(Micro-Kjeldahl법)

- 단백의 질소 함유량율이 거의 일정한(약16%) 것을 이용해서 질소를 측정한 후 계수 6.25(100/16)를 곱해서 단백의 양을 구하는 방법

2) Biuret법

- 널리 이용되는 비색법으로 단백의 기본구조인 펩티드 결합과 2가 구리(Cu^{2+})이온이 chelate 결합하여 청자색 착염을 형성 하는 것 이용

3) 굴절률 측정법

- 혈청 단백질의 질량농도는 혈청의 다른 성분보다 훨씬 높으므로 혈청의 굴절률은 거의 단백에 의해 좌우 되며 단백농도에 비례하여 굴절률이 증가하는 것 이용. 굴절률은 온도에 영향을 받아 5℃ 상승에 따라 0.2g/dL 저하 한다.

4) 비탁법

- 단백질은 자신의 등전점보다 낮은 산성용액에서 양이온을 띠는데 여기에 sulfosalicylic acid를 가해 혼탁을 측정

■ 단백질(Proteins) 측정 방법

5) 색소결합법

- 혈청내 대부분의 단백이 색소와 결합하는 성질 이용. 전기영동 후 Ponceau S, Amido black 10B, Coomassie blue 염색법
- 알부민 염색 : HABA, BCG, BCP, BPB

6) 자외선법

- 단백질을 구성하는 방향족 아미노산인 tryptophan, phenylalanine, tyrosine 이 280nm에서 빛 흡수하는 성질 이용, 정제된 단백질 용액의 단백 측정에 이용

7)Lowry법

- 단백 농도가 낮은 시료의 5-100 μg의 미량 단백 측정 방법

■ Total Protein - Micro Kjeldahl 법 (질소 정량법, 적정법)

- 단백질의 질소 함유율(16%)이 거의 일정한 것을 이용해서 질소를 측정한 후 계수 6.25를 곱해서 단백질의 양을 구한다 n:X = 16:100 X = 100/16 * n = 6.25 * n

① 1단계 : 산화

$$\text{Protein} + H_2SO_4 \xrightarrow{\text{Boiling, 산화}} (NH_4)HSO_4$$

② 2단계 : 증류

$$(NH_4)HSO_4 + 2NaOH \xrightarrow{\text{Alkali, 증류}} Na_2SO_4 + 2H_2O + 2NH_3$$

③ 3단계 : 포집

$$NH_3 + H_3BO_3(\text{포집}) \longrightarrow NH_4H_2BO_3 \longrightarrow NH_4^+ + H_2BO_3^-$$

④ 4단계 : 적정

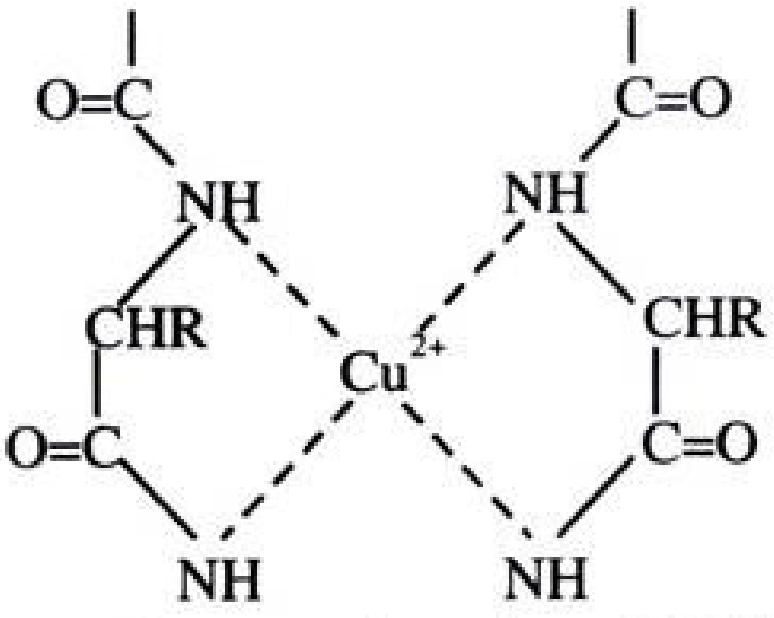
NH_4^+에 Methyl red (지시약) 를 가하면 Yellow

여기에 HCl을 가하여 Red Color가 보일때 까지 적정한다 (적정량을 측정한다)

■ Total Protein - Biuret 법 (비색법)

- 단백용액을 알카리용액에서 Cu^{+2}로 처리하면 Chelate Complex가 생기는데 이와 유사한 반응이 유기화합물질인 Biuret과 Cu^{+2} 사이에 일어나기 때문에 Biuret 반응이라 하며 이 반응은 Amino acid나 Dipepide하고는 반응치 않으며 Tripolypeptide 이상에서 반응을 해서 Violet Color (540nm) 를 낸다

- Protein + Biuret 시약 $\xrightarrow{\text{Alkali(NaOH)}}$ Violet Complex (종말색)



Biuret 시약

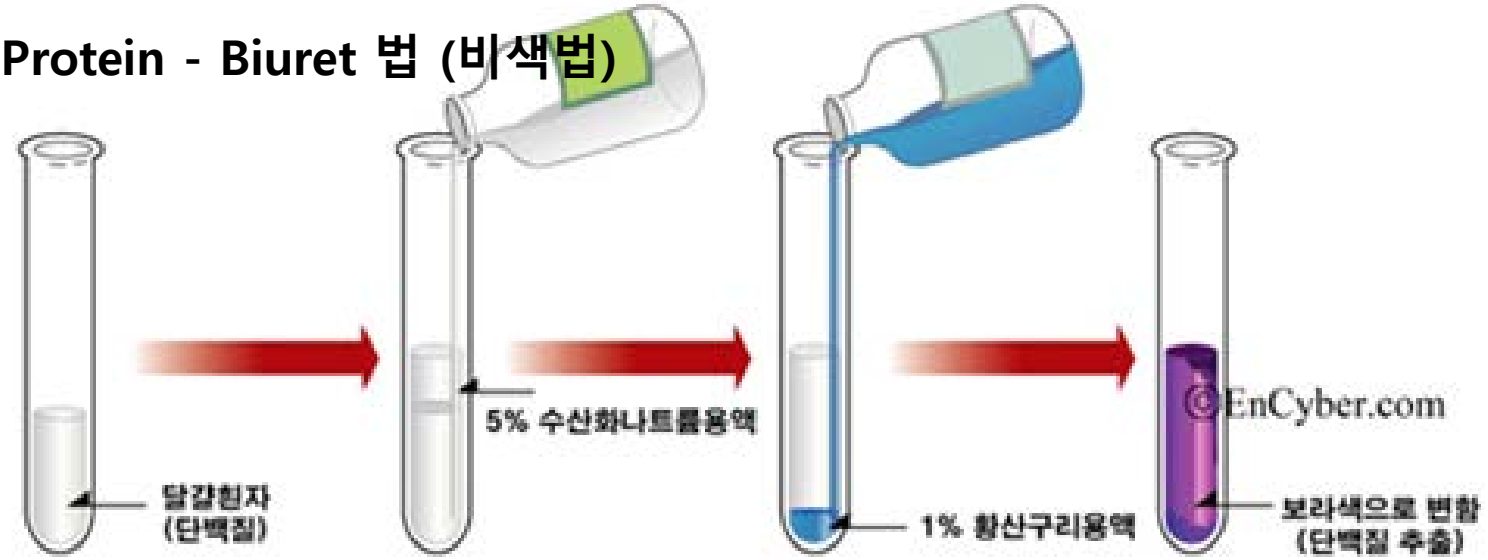
① NaOH : pH 조절

② KI : 환원방지제

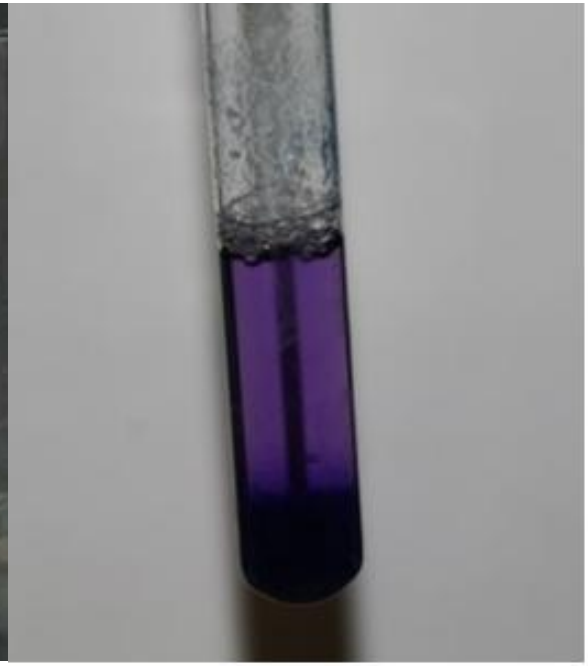
③ CuSO4 : 정색시약

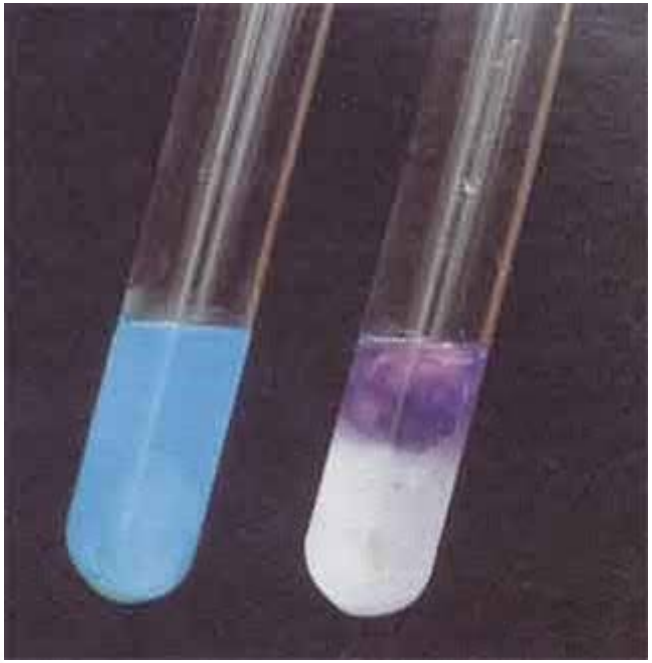
④ Rochelle salt(Na. K. tartrate) : 발색안정

■ Total Protein - Biuret 법 (비색법)









Lecture 1. Amino Acid and Protein

■ Albumin

- 간에서 합성되는 수용성 단백질
- 혈청 단백질의 60~70%를 차지한다.
- 기능
  ① 교질삼투압 유지
  ② 생체 내 물질 (Bilirubin, 유리지방산, Ca ion, metal ions, hormones 등) 결합, 운반
  ③ 노폐물, 유독물질 운반 배설
- 정상치
  ① Albumin : 4.2 ~ 5.4g/dℓ
  ② Globulin : 2.4 ~ 3.5g/dℓ
  α_1-Globulin : 0.2 ~ 0.4g/dℓ
  α_2-Globulin : 0.4 ~ 0.9g/dℓ
  β-Globulin : 0.4 ~ 0.8g/dℓ
  γ-Globulin : 0.7 ~ 1.3g/dℓ
  ③ Albumin/Globulin (A/G비) : 1.1 ~ 1.7

Lecture 1. Amino Acid and Protein

■ Albumin 측정법

- 색소결합법 (비색법)

  -> Albumin이 각종 색소와 결합하는 성질을 이용하여 측정하는 방법

  -> pH 지시약 이용, 용액의 pH가 변하지 않아도 단백질에 의해 색조가 변하는 성질, 즉 단백오차(protein error)를 이용한다

  ① 2-[4′-hydroxyazobenzene] benzoic acid (HABA) method
  ② BCG method (bromocresol green)
  ③ BCP method (bromocresol purple)
  ④ BPB method (bromophenol blue)
  ⑤ Methyl Orange

- 염석법 (Salting-out method)

  -> 침전하기 쉬운 Globulin을 Total 혈청 단백으로부터 침전분리하여 측정하는 방법

- 혈청단백질 전기영동법 (Serum protein electrophoresis method)

  -> 등전점 차를 이용하여 혈청단백을 분획별로 분리하는 방법

Lecture 1. Amino Acid and Protein

■ Albumin 측정법 (색소결합법, 비색법)

- 2-[4′-hydroxyazobenzene] benzoic acid (HABA) method

  -> Albumin이 등전점보다 높은 pH에서 양이온 색소와 결합

  -> Phosphate buffer (pH 6.2)

  Albumin + HABA색소 $\xrightarrow{\text{pH 6.2}}$ **Red color (480nm 에서 비색정량)**

  Albumin의 isoeletronic point (IP) – pH 4.9

- BCG method

  -> Albumin이 등전점보다 낮은 pH에서 음이온 색소와 결합

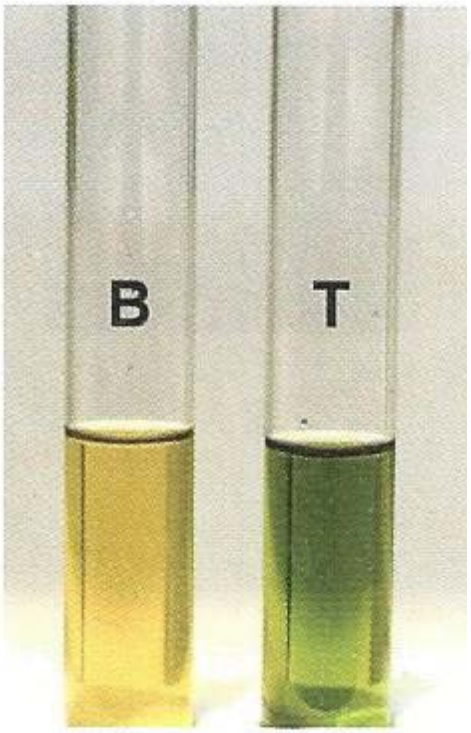
  -> Succinate Buffer (pH 4.2)

  -> Brij-35 : 시약 맹검의 흡광도를 저하, 반응액의 혼탁을 억제, 검량선이 직선성이 되도록 하기 위함

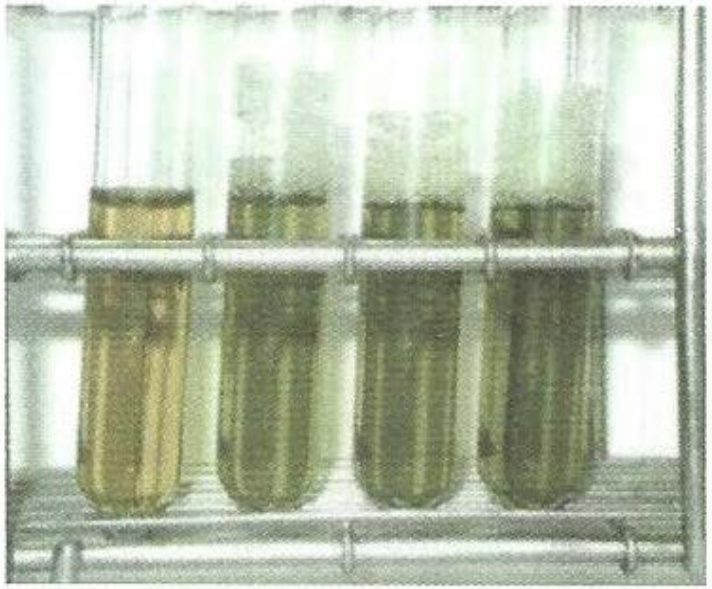
  Albumin + BCG색소 $\xrightarrow{\text{pH 4.2}}$ **green color (630nm 에서 비색정량)**

  Albumin의 isoeletronic point (IP) – pH 4.9

■ **Albumin 측정법 (색소결합법, 비색법)**



아래 그림은 알부민을 측정한 것이다. 반응의 pH는 ?



① 3.5
② 4.2
③ 4.9
④ 6.2

■ Albumin 측정법 (염석법)

- 염석 : 단백용액에 높은 농도의 염을 가하면 단백질이 물과 친화력을 잃고 단백분자 상호간에 결합(Globulin)에 의해 침전되는 현상
- 황산나트륨 (Na_2SO_4), 아황산나트륨 (Na_2SO_3), 황산암모늄 [$(NH_4)_2SO_4$]
- 단백질에 따라 용해도 차이, 알부민보다 글로불린이 저농도에서 먼저 석출
- Ether를 첨가하여 Globulin과 Albumin의 분리를 촉진할 수 있다.

Serum + Na_2SO_3 ⟶ Globulin 침전 ⟶ 원심분리 여액(알부민만 포함)
여액을 뷰렛법(비색측정) ⟶ 알부민 값이 얻어짐

- 총단백질 값 - 알부민 값 = 글로불린 값, 이로부터 알부민/글로불린비(A/G비)
- 알부민/글로불린비(Albumin/Globulin Ratio, A/G Ratio)
- 각종 이상 상태에서 알부민은 변화하지 않거나 감소 경향, 글로불린은 증가 경향.
- 많은 질환에서 A/G비는 저하(<1.0), 이는 진단에 중요한 보조정보로서 널리 이용.

■ Albumin 측정법 (염석법)

- A/G ratio 의 변화와 병태.

① A/G ratio 증가

-> 알부민 증가 : 영양과잉

-> 글로불린 감소 : 항체결핍 (무감마글로불린혈증)

② A/G ratio 불변

-> 알부민, 글로불린 증가 : 탈수증 (dehydration)

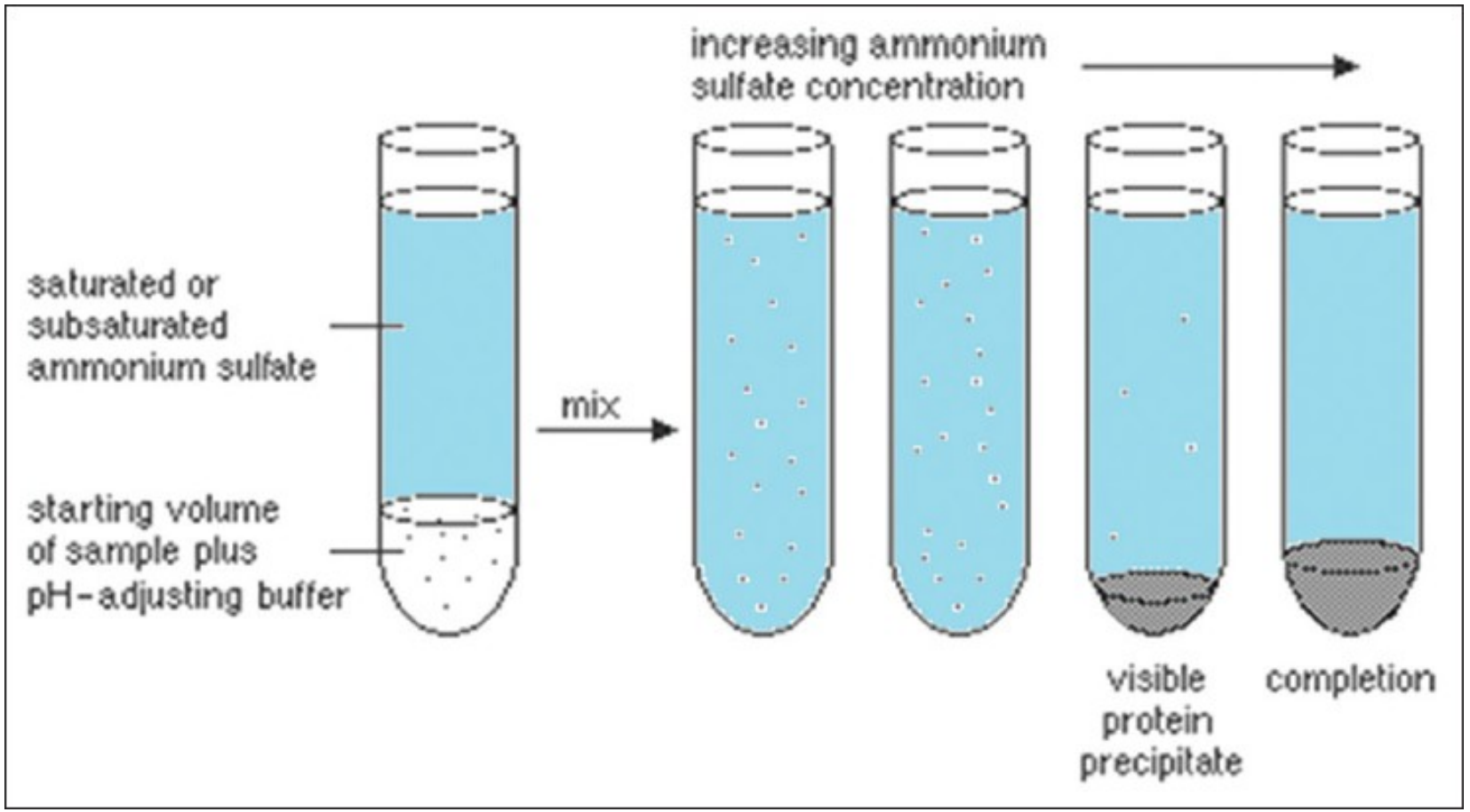
-> 알부민, 글로불린 감소 : 수혈증 (hydremia)

③ A/G ratio 감소

-> 알부민 감소 : 혈관외 누출 (네프로제 증후군, 단백질 누출성 위장염, 화상)

-> 글로불린 증가 : 항체 증가(감염증), 이상단백질 증가(다발성 골수종)

■ Albumin 측정법 (염석법)



Lecture 1. Amino Acid and Protein

■ 혈청 교질반응

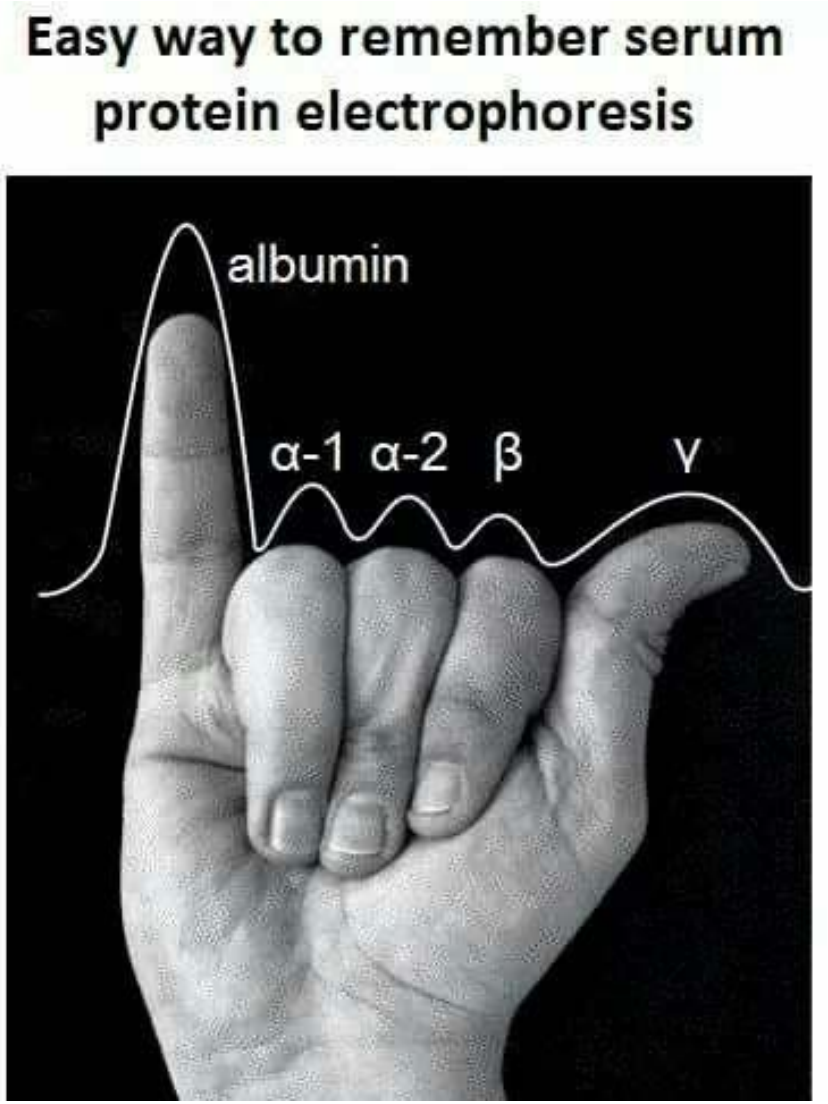
- Albumin과 Globulin의 양적변화를 침전반응 및 혼탁반응 시켜 관찰
- 침전하기 쉬운 γ-Globulin이 증가하면 침전량이 증가하고, 반대로 Albumin이 증가하면 교질보호작용으로 침전이 억제된다.
- 교질반응 시약 : Thymol barbital buffer, Zinc sulfate buffer (표준액 : $BaSO_4$)
- TTT법 (Thymol Turbidity Test)

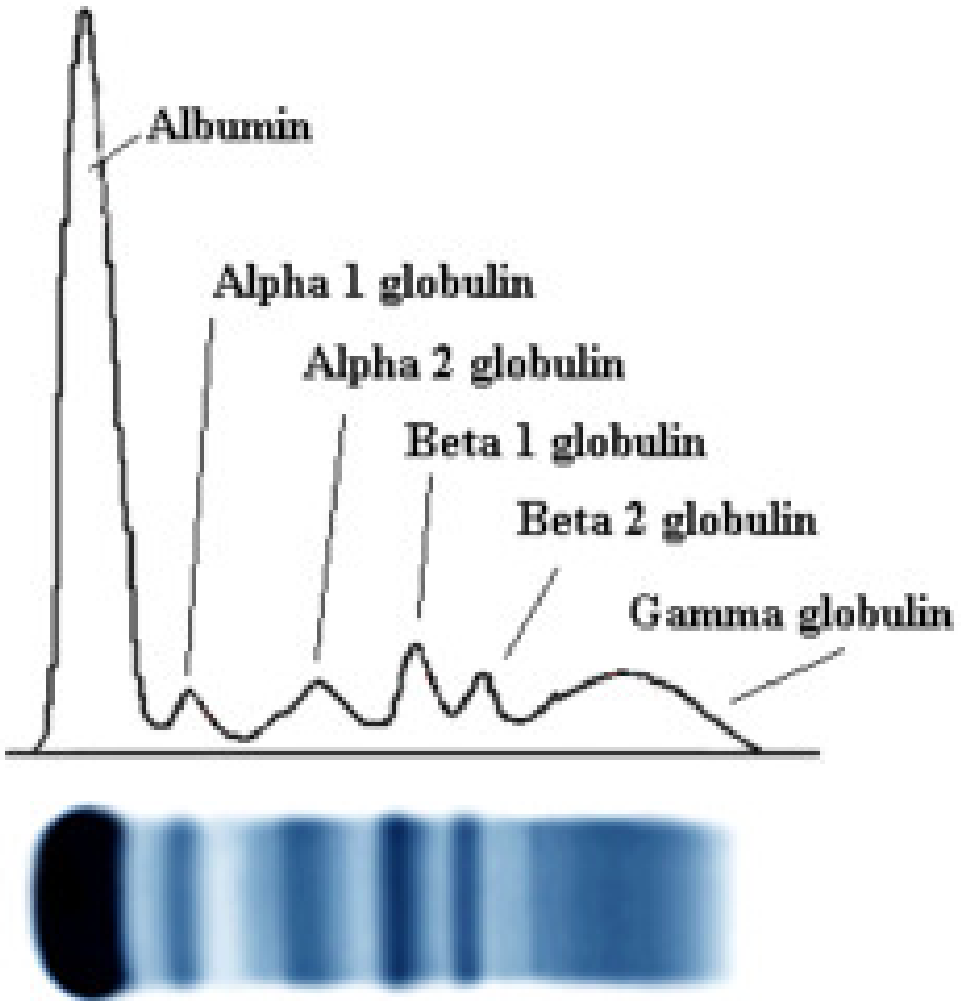
  -> Serum + TB ------> 침전 or 혼탁 (660nm)에서 혼탁도 측정
- ZTT법 (Zinc sulfate Turbidity Test)

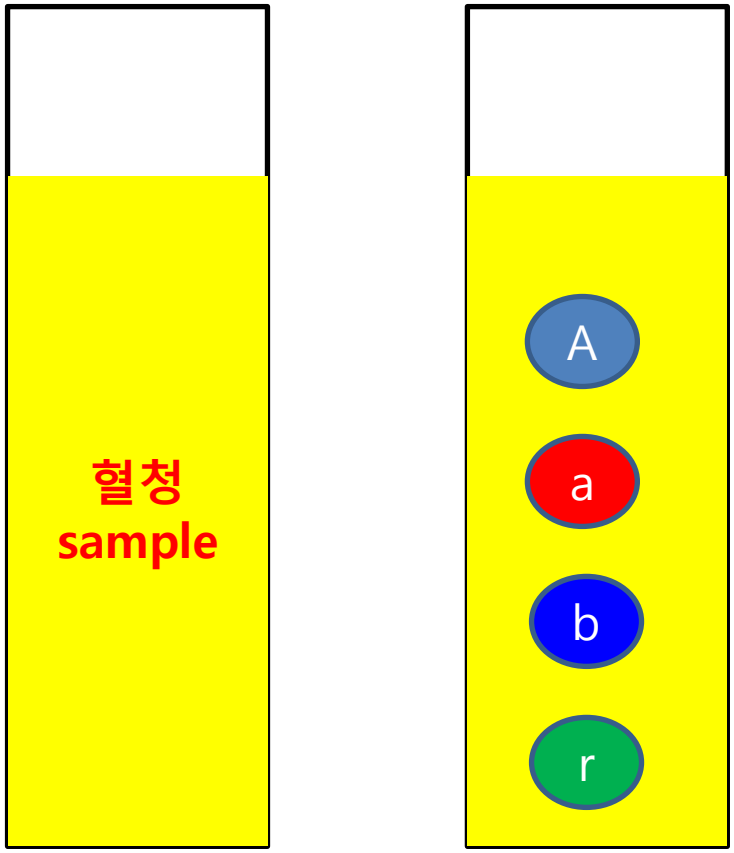
  -> Setum + ZB ------> 침전 or 혼탁 (660nm)에서 혼탁도 측정
- CCF (Cephalin Cholesterol Flocculation Test)

  -> Serum + CCF액(Cephalin:Cholesterol = 1:3) --------> 침전 or 혼탁 (면상반응)
- 간기능 이상 환자의 혈청에 γ-Globulin이 증가하여 혼탁 정도가 강해짐
- LFT 종목 중 하나 (현재는 거의 실시하지 않는다)

■ **혈청단백질 전기영동법 (Serum protein electrophoresis method)**





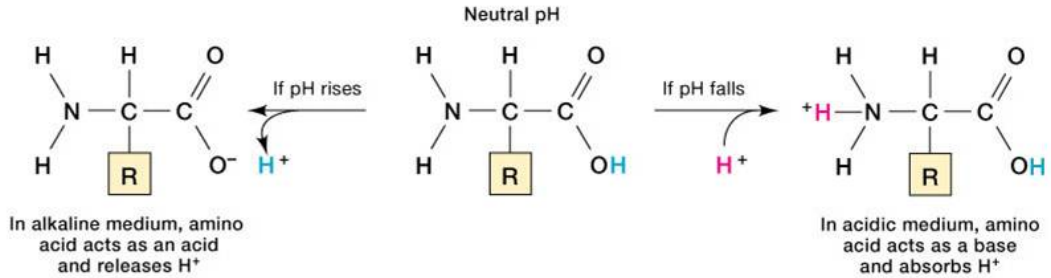


A =albumin

a =a-globulin

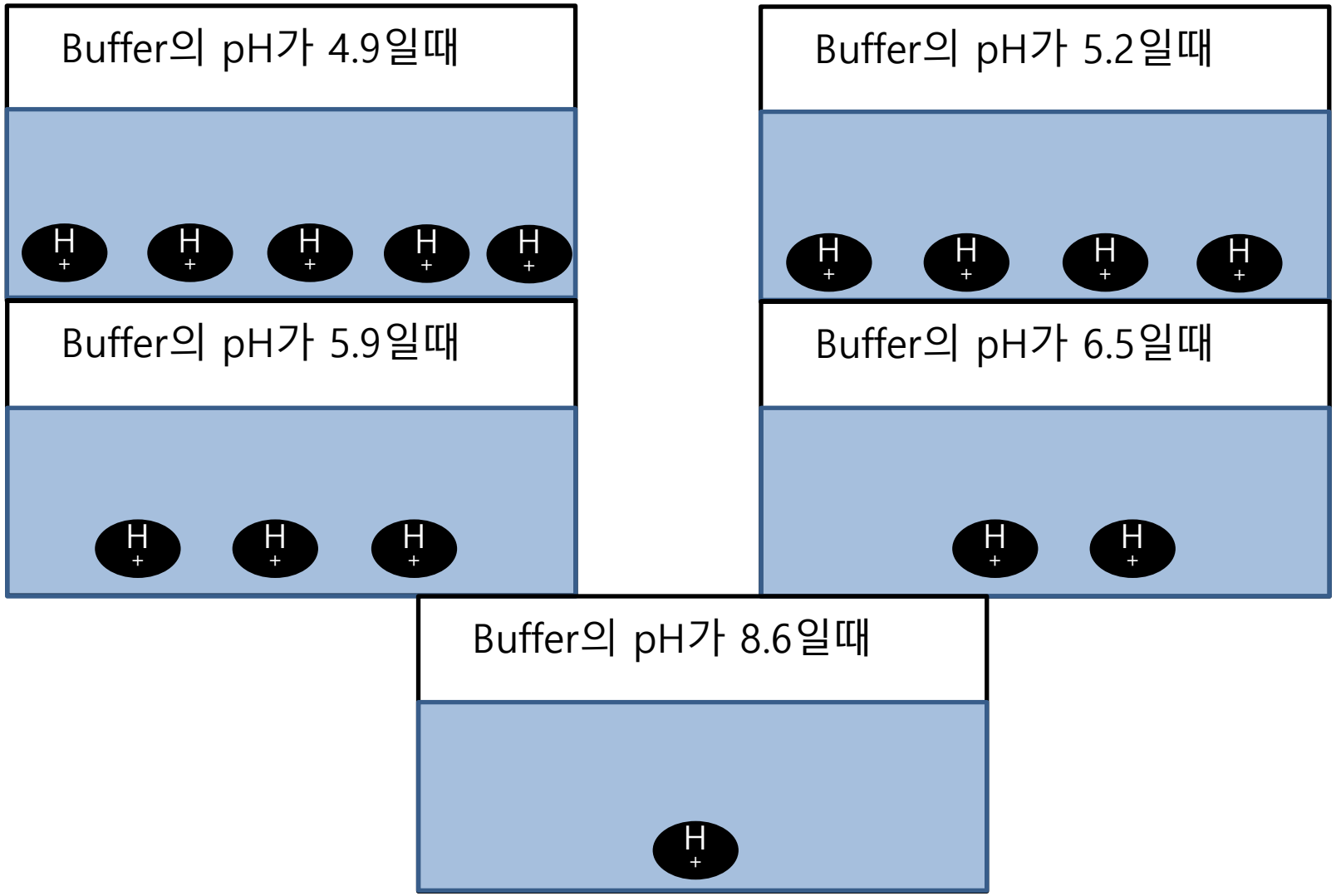
b =b-globulin

r =r-globulin



- 검체인 혈청에는 단백성분이 알부민, 알파/베타/감마 글로불린이 들어있다.
- 혈청중에 포함되어있는 각각의 단백 성분은 각각 다른 pI를 가지고 있다.
- 알부민 pI = pH 4.9, 알파 pI = 약 pH 5.2, 베타 = pH 5.9, 감마 pI = 약 pH 6.5
- 즉, 혈청 중에 포함된 단백들의 pI 순서는 알부민 < 알파 < 베타 < 감마 순이다.

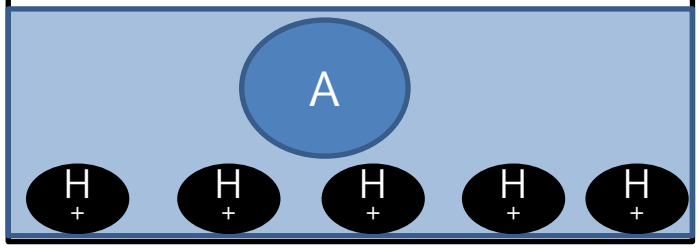
가정) Buffer의 pH가 4.9일때 = 수소이온의 수 5개
pH가 5.2일때 = 수소이온의 수 4개
pH가 5.9일때 = 수소이온의 수 3개
pH가 6.5일때 = 수소이온의 수 2개
pH가 8.6일때 = 수소이온의 수 1개 라고 가정



- 알부민 pI = pH 4.9, 알파 pI = 약 pH 5.2, 베타 = pH 5.9, 감마 pI = 약 pH 6.5

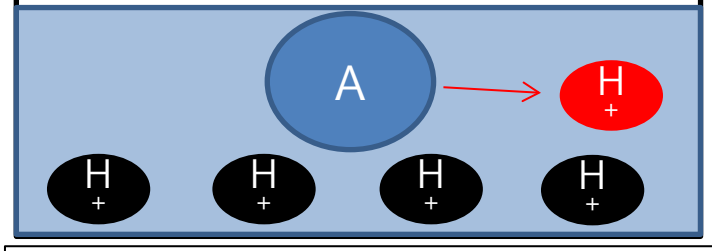
알부민은 pI = 4.9 즉, 버퍼의 수소이온이 5개이길 원한다.

Buffer의 pH가 4.9일때



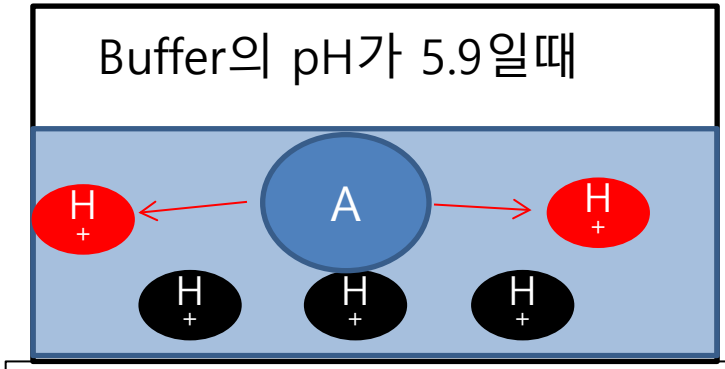
Buffer의 pH가 pI와 같기 때문에 알부민은 중성

Buffer의 pH가 5.2일때



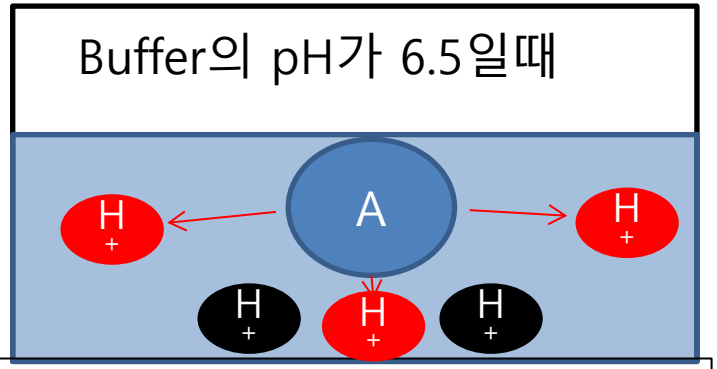
Buffer의 pH가 pI보다 높기 때문에 알부민의 카르복실기 수소이온을 탈락시키며 음이온이 된다.
단, 수소이온을 하나만 탈락시키며 -1가 음이온이된다.

Buffer의 pH가 5.9일때



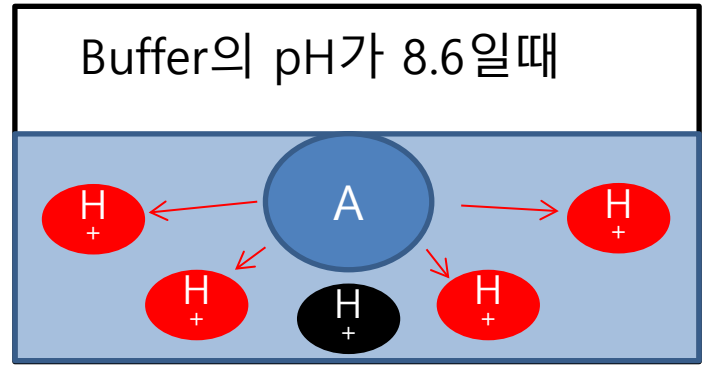
Buffer의 pH가 pI보다 높기 때문에 알부민의 카르복실기 수소이온을 탈락시키며 음이온이 된다.
단, 수소이온을 두개 탈락시키며 -2가 음이온이된다.

Buffer의 pH가 6.5일때



Buffer의 pH가 pI보다 높기 때문에 알부민의 카르복실기 수소이온을 탈락시키며 음이온이 된다.
단, 수소이온을 세개 탈락시키며 -3가 음이온이된다.

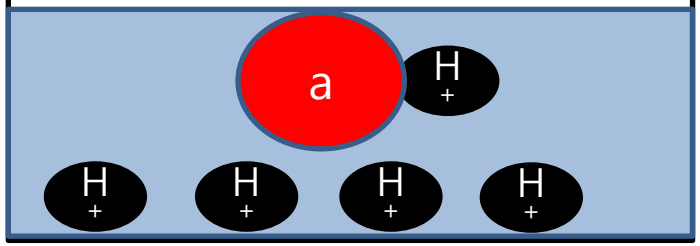
Buffer의 pH가 8.6일때



혈청단백전기영동에 사용되는 바비탈 버퍼(pH 8.6)에서 알부민은 수소이온을 4개 탈락시키며 -4가 음이온이 된다!

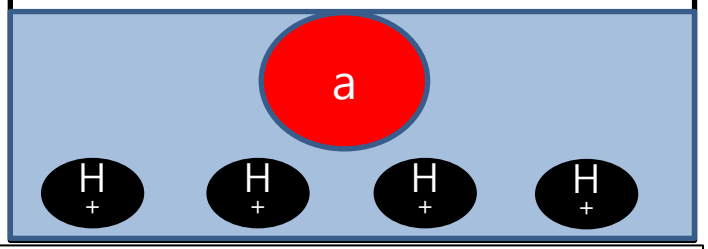
알파글로불린은 pI = 5.2 즉, 버퍼의 수소이온이 4개이길 원한다.

Buffer의 pH가 4.9일때



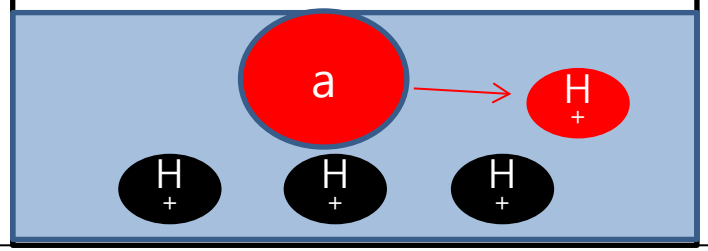
Buffer의 pH가 pI보다 낮기 때문에 알파글로불린은 수소이온과 결합하여 +1가 양이온이된다.

Buffer의 pH가 5.2일때



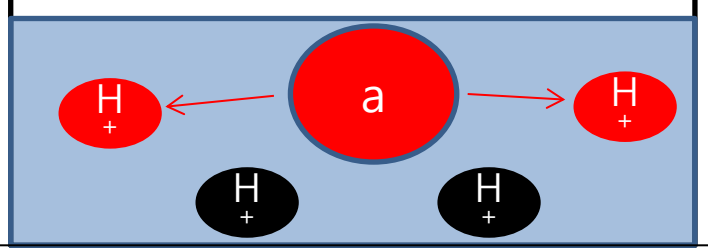
Buffer의 pH가 pI와 같기 때문에 알파 글로불린은 중성

Buffer의 pH가 5.9일때



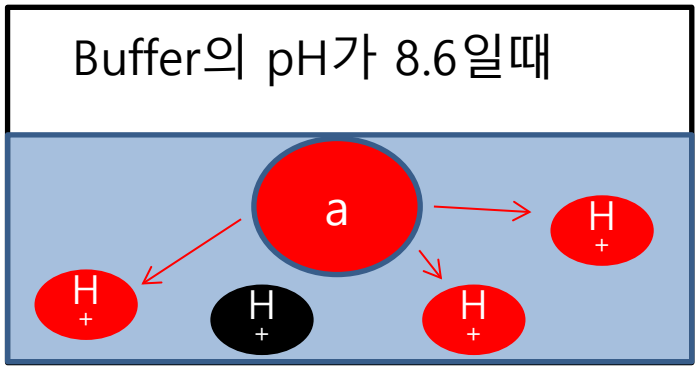
Buffer의 pH가 pI보다 높기 때문에 알파 글로불린의 카르복실기 수소이온을 탈락시키며 음이온이 된다.
단, 수소이온을 하나만 탈락시키며 -1가 음이온이된다.

Buffer의 pH가 6.5일때



Buffer의 pH가 pI보다 높기 때문에 알파 글로불린의 카르복실기 수소이온을 탈락시키며 음이온이 된다.
단, 수소이온을 두개 탈락시키며 -2가 음이온이된다.

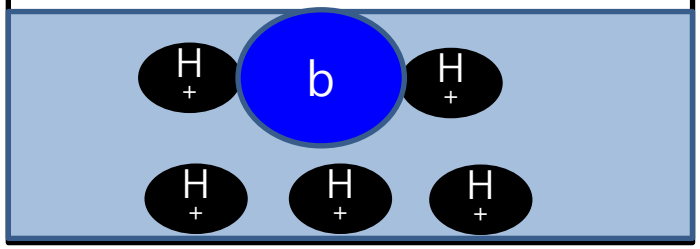
Buffer의 pH가 8.6일때



혈청단백전기영동에 사용되는 바비탈 버퍼(pH 8.6)에서 알파 글로불린은 수소이온을 3개 탈락시키며 -3가 음이온이 된다!

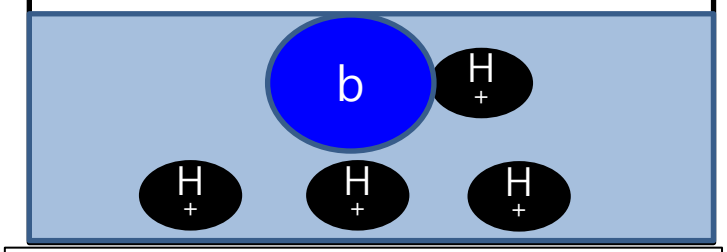
베타글로불린은 pI = 5.9 즉, 버퍼의 수소이온이 3개이길 원한다.

Buffer의 pH가 4.9일때



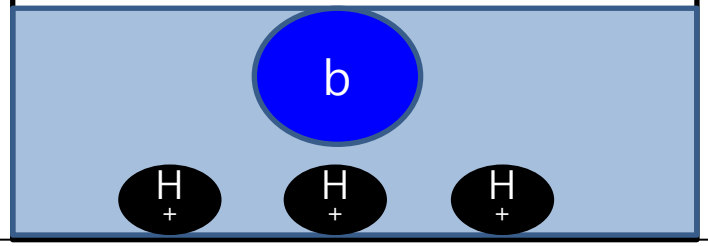
Buffer의 pH가 pI보다 낮기 때문에 베타글로불린은 2개의 수소이온과 결합하여 +2가 양이온이 된다.

Buffer의 pH가 5.2일때



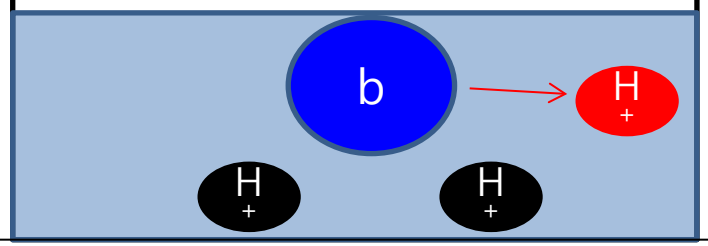
Buffer의 pH가 pI보다 낮기 때문에 베타글로불린은 1개의 수소이온과 결합하여 +1가 양이온이 된다.

Buffer의 pH가 5.9일때



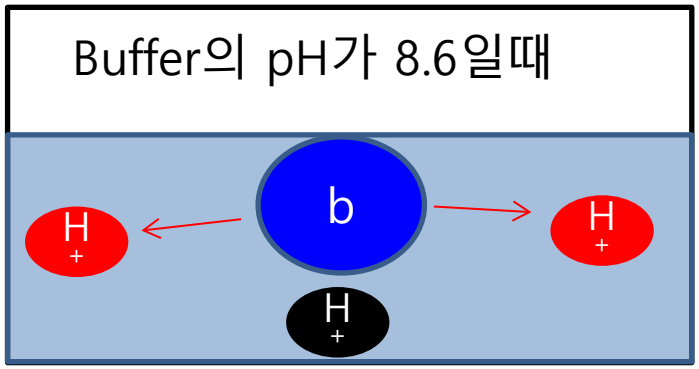
Buffer의 pH가 pI와 같기 때문에 베타 글로불린은 중성.

Buffer의 pH가 6.5일때



Buffer의 pH가 pI보다 높기 때문에 베타 글로불린의 카르복실기 수소이온을 탈락시키며 음이온이 된다.
단, 수소이온을 하나만 탈락시키며 -1가 음이온이된다.

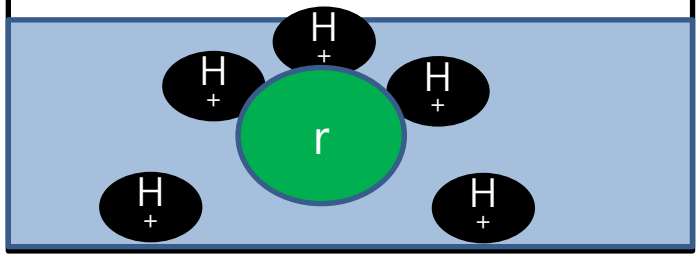
Buffer의 pH가 8.6일때



혈청단백전기영동에 사용되는 바비탈 버퍼(pH 8.6)에서 베타 글로불린은 수소이온을 2개 탈락시키며 -2가 음이온이 된다!

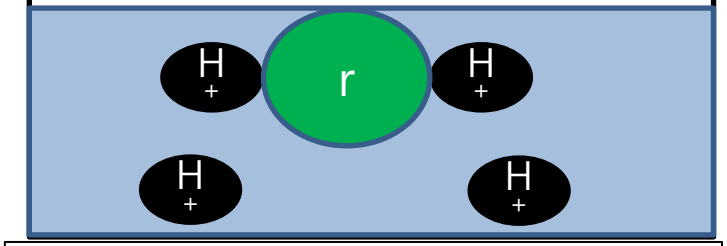
감마글로불린은 pI = 6.5 즉, 버퍼의 수소이온이 2개이길 원한다.

Buffer의 pH가 4.9일때



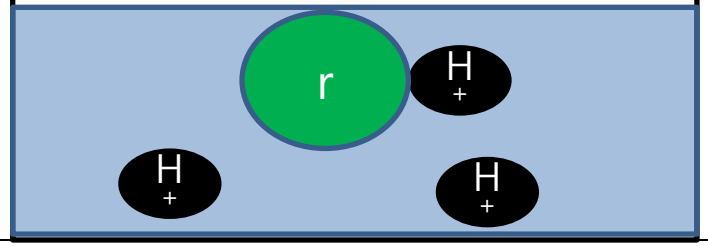
Buffer의 pH가 pI보다 낮기 때문에 감마글로불린은 3개의 수소이온과 결합하여 +3가 양이온이된다.

Buffer의 pH가 5.2일때



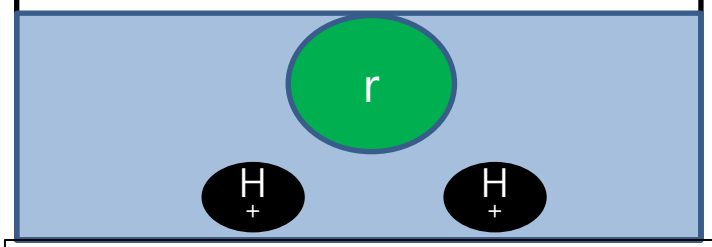
Buffer의 pH가 pI보다 낮기 때문에 감마글로불린은 2개의 수소이온과 결합하여 +2가 양이온이된다.

Buffer의 pH가 5.9일때



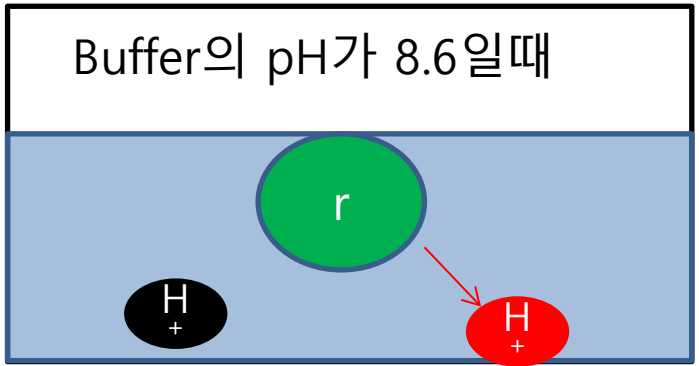
Buffer의 pH가 pI보다 낮기 때문에 감마글로불린은 1개의 수소이온과 결합하여 +1가 양이온이된다.

Buffer의 pH가 6.5일때

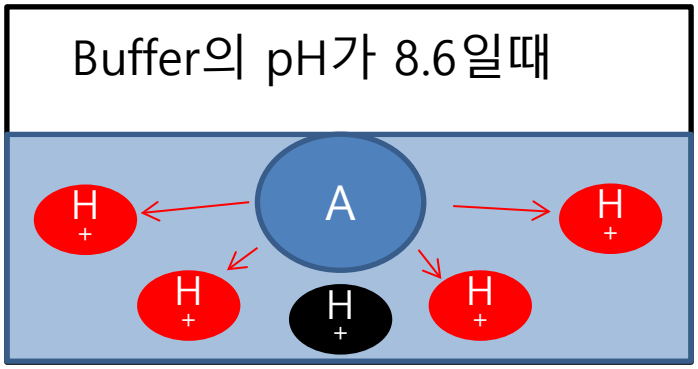


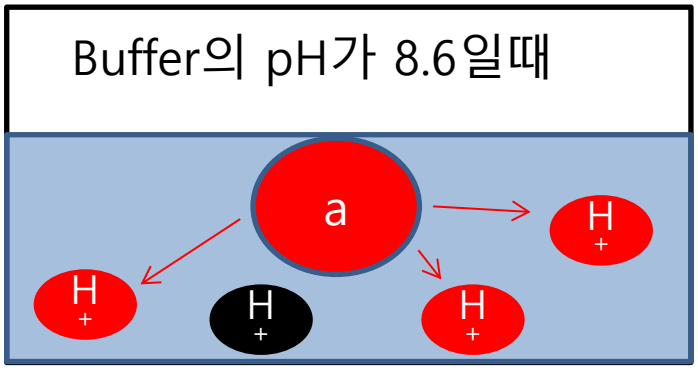
Buffer의 pH가 pI와 같기 때문에 감마 글로불린은 중성.

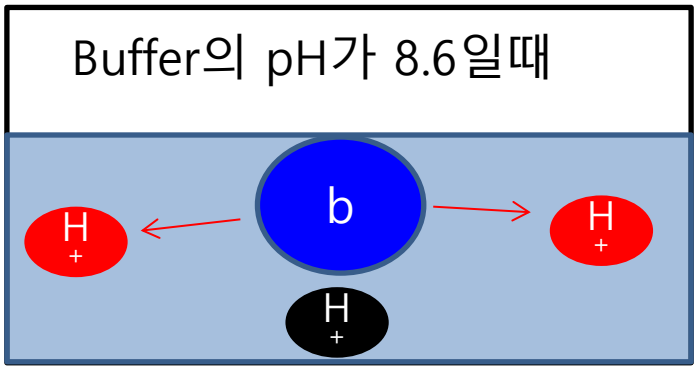
Buffer의 pH가 8.6일때

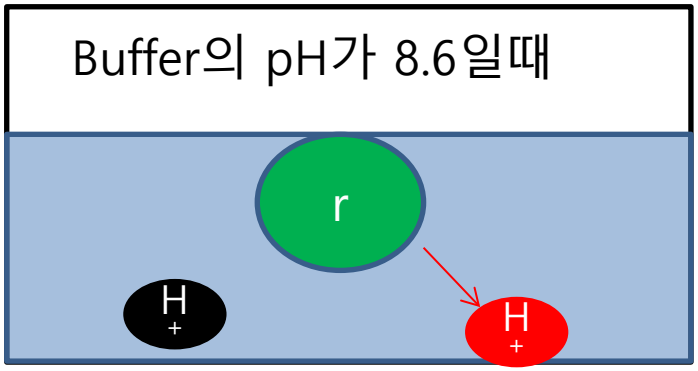


➡ 혈청단백전기영동에 사용되는 바비탈 버퍼 (pH 8.6)에서 감마 글로불린은 수소이온을 1개 탈락시키며 -1가 음이온이 된다!









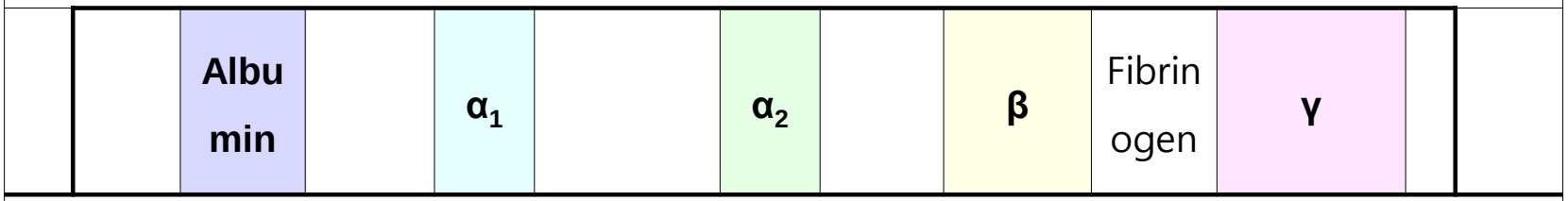
결론!!!

혈청단백전기영동에 사용되는 바비탈 버퍼(pH 8.6)에서 혈청에 존재하는 모든 단백들은 음이온이된다.

단, 알부민이 전하량이 가장 강한음이온 (-4가 음이온),
감마글로불린이 전하량이 가장 약한음이온(-1가 음이온)이 된다.

Lecture 1. Amino Acid and Protein

■ 혈청단백질 전기영동법 (Serum protein electrophoresis method)

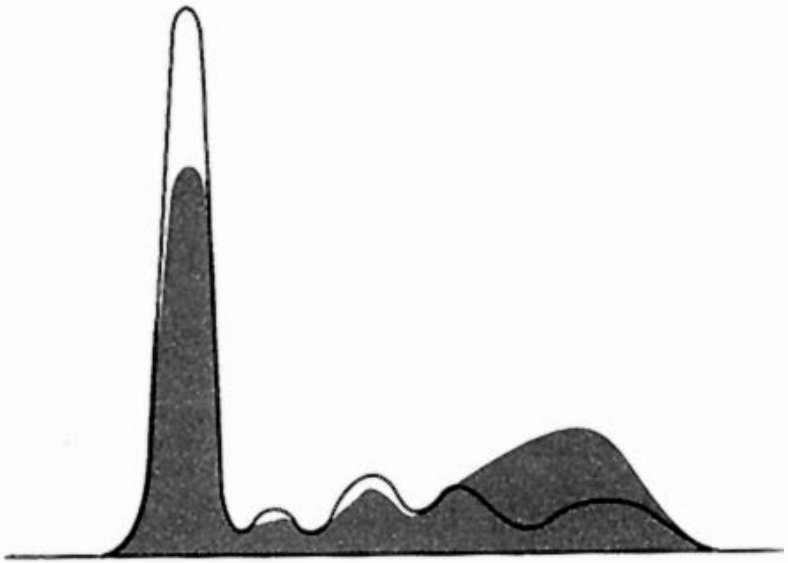
전기영동시 Supporting Media (지지체)	(+)  (−)				
단백질 분획	Albumin	α_1-Globulin	α_2-Globulin	β-Globulin	γ-Globulin
정 상 치	50~65%	2~6%	4~8%	8~15%	12~20%
구 체 적 성 분	Pre-Albumin Albumin	α_1-Acid glycoprotein α_1-Antitrypsin α_1-Lipoprotein (HDL) α_1-Fetoprotein Mucoprotein	α_2-Macroglobulin Haptoglobin Ceruloplasmin Glycoprotein Prothrombin	β-Lipoprotein (LDL) Preβ-Lipoprotein (VLDL) Transferrin Hemoglobin (Hemopexin) C_3 Complement C_4 Complement CRP	IgG IgM IgA IgD IgE

Lecture 1. Amino Acid and Protein

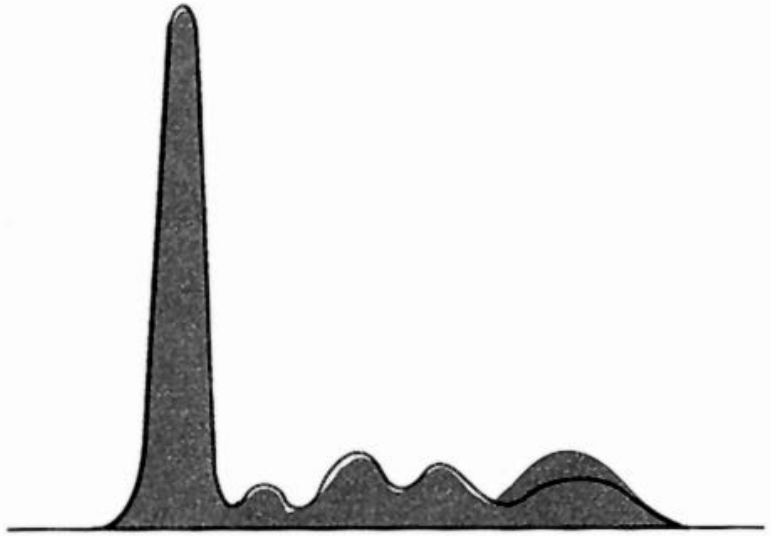
■ 혈청단백질 전기영동법 (Serum protein electrophoresis method)

- α1-산성 당단백질(α1-Acid Glycoprotein, AAG)
  -> 프로게스테론의 불활성화, 불활성 인플루엔자 바이러스에 의한 면역반응을 제어
  -> 악성종양, 염증, 스트레스 그리고 혈액질환에서 증가
- α1-항트립신(α1-Antitrypsin, AAT)
  -> 트립신이나 키모트립신의 활성 억제 작용, 플라스민 기능 억제
  -> 결손증, 폐기종, 네프로제증후군 및 영양불량 등에서 저하
- α2-마크로글로불린(α2-Macroglobulin, AMG)
  -> 플라스민, 트립신에 대한 길항작용과 성장인자에 대한 활성화 작용
  -> 네프로제증후군이나 간장애에서 상승하는 급성상반응물질
- 합토글로빈(Haptoglobin)
  -> 합토글로빈과 저분자량의 헤모글로빈이 결합, 거대분자의 합토글로빈-헤모글로빈 복합체 형성, 신사구체를 통한 헤모글로빈의 배설이 저하
  -> 전염성단핵구증, 간실질 세포장애, 혈관내 용혈시에 저하
- 트랜스페린(Transferrin, Tf)
  -> 혈청 철의 99%는 Fe-트란스페린의 형태로 존재, 이것은 철 수송체
- 세룰로플라스민(Ceruloplasmin, Cp)
  -> 구리대사에 중요한 역할, 혈청 구리(약 100μg/dL)의 90% 이상이 Cp와 결합

■ **혈청단백질 전기영동법 (Serum protein electrophoresis method)**

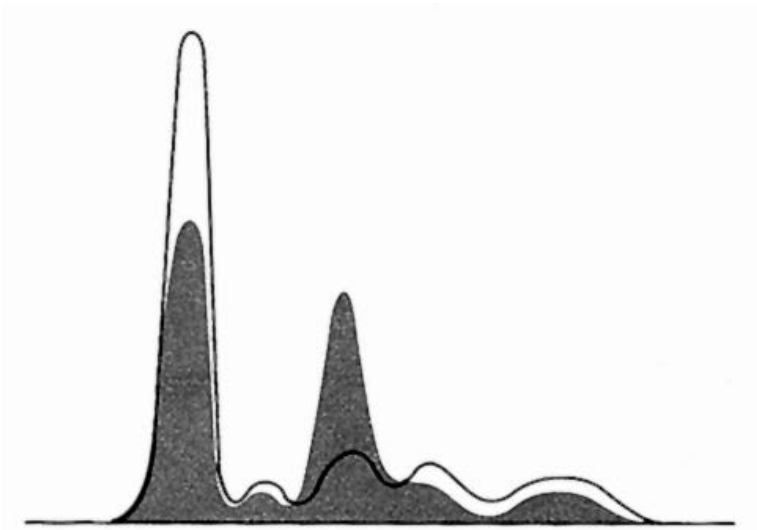


간경변증(Cirrhosis)

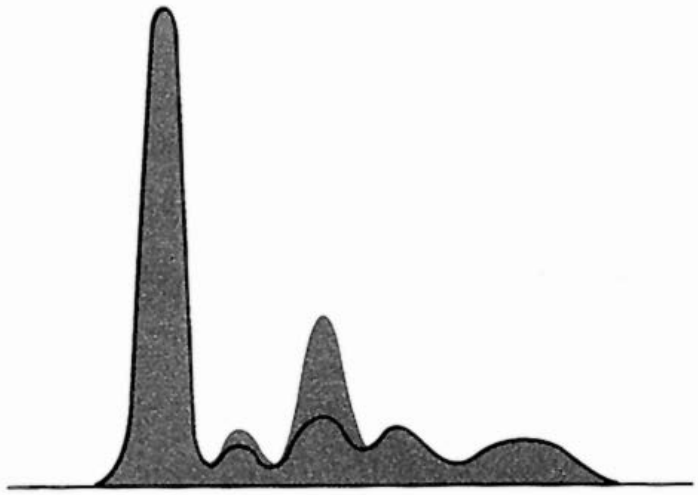


다클론성 감마글로불린장애 (Polyclonal Gammopathies)

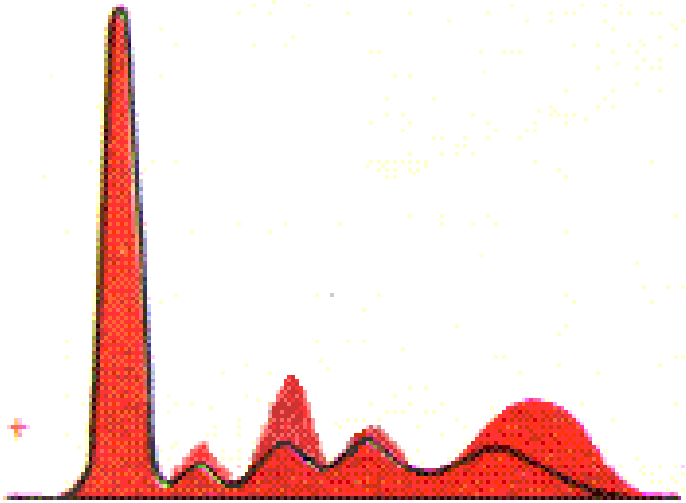
■ **혈청단백질 전기영동법 (Serum protein electrophoresis method)**



신증후군(Nephrotic Syndrome)

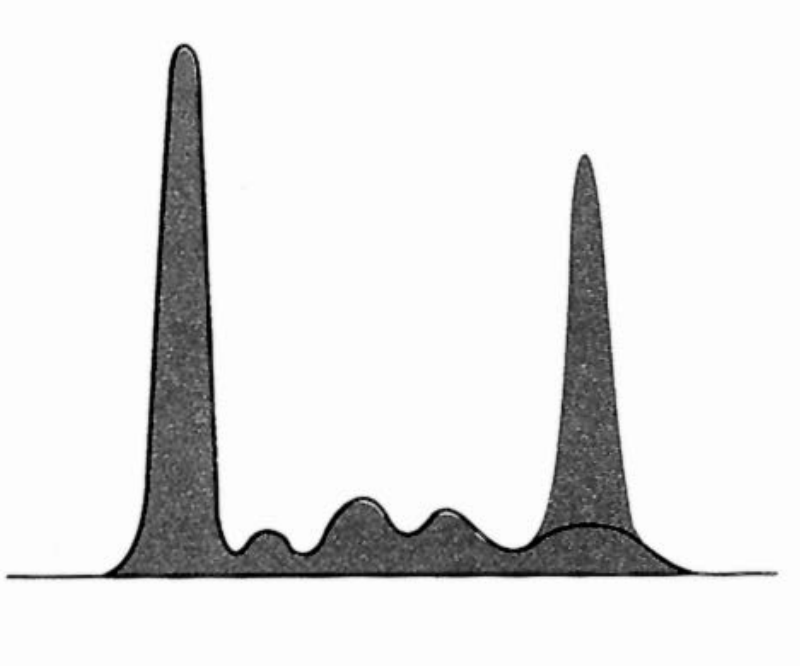


급성 염증(Acute Inflammation)

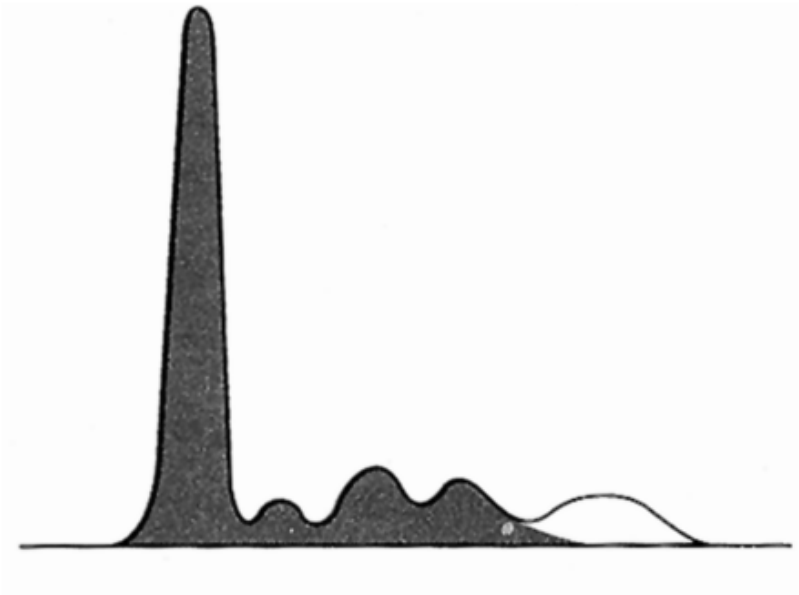


Chronic Inflammation

■ 혈청단백질 전기영동법 (Serum protein electrophoresis method)



단클론성 감마글로불린장애
(Monoclonal Gammapathies)



저감마글로불린혈증
(Hypogammaglobulinemia)