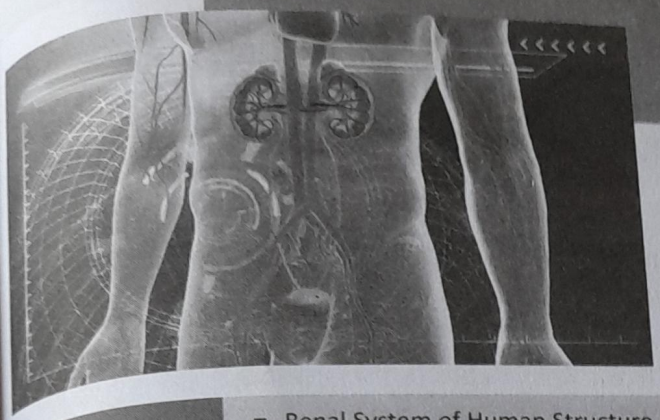


CHAPTER **5**

বৃক্কীয় শারীরবিদ্যা
(Renal Physiology)

At A Glance

- Renal System of Human Structure and Function
- Relationship between Structure and Function of Kidney
- Structure and Function of Nephron
- Role of Different Parts of Nephron of Formation of Urine
- Mechanism of Urine Formation
- Counter Current System
- Diabetes Insipidus
- Normal and Abnormal Constituents of Urine
- Factors Affecting the Formation of Urine
- Role of Kidney in Regulation of Acid-base Balance
- Disorder of Excretory System
- Accessory Excretory Organ

5.1 সূচনা (Introduction)

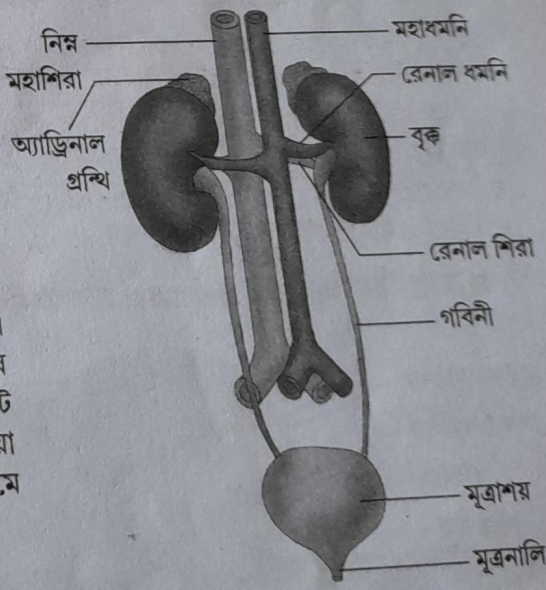
জীবদেহে অপচিতি বিপাকের ফলে যেসব নাইট্রোজেনঘটিত দূষিত পদার্থ (অ্যামোনিয়া, ইউরিয়া, ইউরিক অ্যাসিড, হিপ্পিউরিক অ্যাসিড, অ্যামাইনো অ্যাসিড, ক্রিয়েটিন, ক্রিয়েটিনিন, ইউরোক্রোম, ইউরোবিলিনোজেন, ইন্ডিকান ইত্যাদি) উৎপন্ন হয় তাদের **রেচন পদার্থ** বলে। যে প্রক্রিয়ায় দেহ থেকে রেচন পদার্থগুলির অপসারণ ঘটে তাকে রেচন (excretion) বলে।

o সংজ্ঞা (Definition) ঃ *যে জৈবিক প্রক্রিয়ায় জীবের দেহকোশে উৎপন্ন বিপাকজাত ভাঙনমূলক দূষিত পদার্থগুলি জীবদেহ থেকে নির্গত হয়ে যায়, ফলে জীবদেহ স্বাভাবিক ও সুস্থ থাকে, তাকে রেচন বা এক্সক্রিশন (Excretion) বলে।*

o রেচন পদার্থ (Excretory Products) ঃ প্রোটিন বিপাকের ফলে প্রাণীদেহে নাইট্রোজেনঘটিত যেসব দূষিত পদার্থগুলি সৃষ্টি হয় তাদের রেচন পদার্থ (Excretory Products) বলে। অ্যামোনিয়া, ইউরিয়া ও ইউরিক অ্যাসিড প্রোটিন বিপাকের ফলে উৎপন্ন মুখ্য রেচন পদার্থ। এ ছাড়া ক্রিয়েটিন, ক্রিয়েটিনিন, হিপ্পিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদিও প্রোটিন বিপাকের ফলে উৎপন্ন হয়। নিউক্লিক অ্যাসিড বিপাকের ফলেও খুব অল্প পরিমাণে নাইট্রোজেনঘটিত দূষিত পদার্থ সৃষ্টি হয়। এদের মধ্যে অ্যামোনিয়া সর্বাধিক দূষিত পদার্থ এবং কোশের পক্ষে ক্ষতিকারক। তাই অ্যামোনিয়া বৃক্কে যথাক্রমে **অরনিথিন চক্র** (Ornithine cycle) ও ইউরিয়া চক্রের (Urea cycle) মাধ্যমে ইউরিয়ায় রূপান্তরিত হয়ে মূত্রের মাধ্যমে নির্গত হয়ে যায়।

o অন্যান্য রেচন পদার্থ ঃ CO_2, অতিরিক্ত জল, উদ্বায়ী পদার্থ (যথা ঃ অ্যাসিটোন)।

o রেচন অঙ্গ ঃ বৃক্ক (প্রধান), ফুসফুস, চর্ম, পরিপাক নালি।



5.1 মানুষের রেচনতন্ত্র

5.2 মানুষের রেচনতন্ত্র—গঠন ও কাজ (Renal System of Human—Structure and Function)

o সংজ্ঞা (Definition) ঃ *রেচনে সহায়ককারী অঙ্গগুলি মিলিত হয়ে যে তন্ত্র গঠিত হয় তাকে রেচনতন্ত্র বলে।*

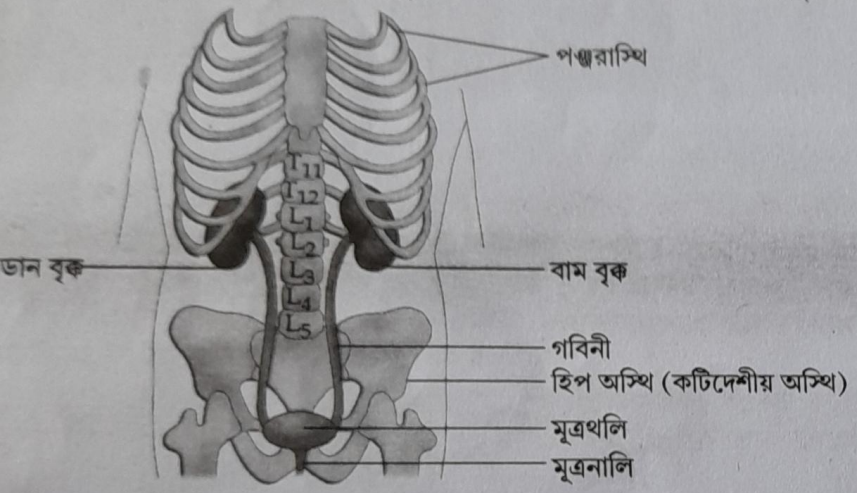
মানুষের রেচনতন্ত্রটি একজোড়া **বৃক্ক**, একজোড়া **গবিনী**, একটি **মূত্রাশয়** ও একটি **মূত্রনালি** নিয়ে গঠিত।

বেচন অঙ্গের নাম	অবস্থান	সংখ্যা	কার্য
বৃক্ক	কটিদেশীয় অঞ্চলের মেরুদণ্ডের দুপাশে অবস্থিত	2	মূত্র উৎপাদন করা
গবিনী	বৃক্ক থেকে মূত্রথলি পর্যন্ত বিস্তৃত	2	মূত্র বৃক্ক থেকে মূত্রাশয়ে পরিবহণ করে
মূত্রথলি	গবিনী এবং মূত্রাশয়ের মধ্যবর্তী অংশে	1	সাময়িক সময়ের জন্য মূত্র সঞ্চিত রাখে
মূত্রনালি	মূত্রথলি থেকে বহিরাংশে বিবর্ধিত	1	দেহে উৎপন্ন মূত্র দেহের বাইরে নির্গমন করে

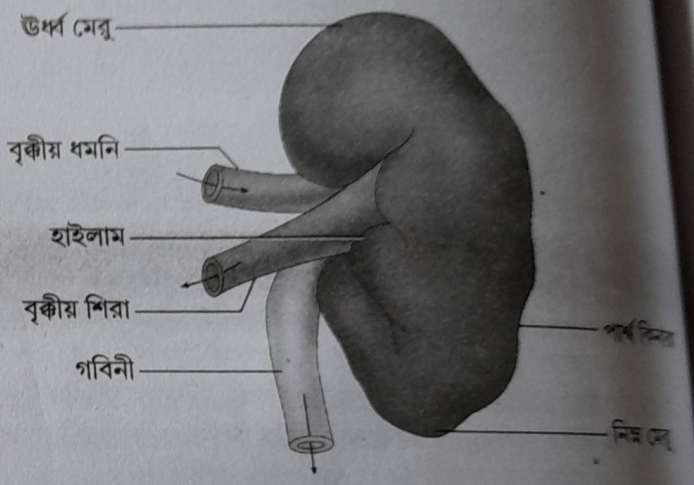
1. বৃক্ক (Kidney)

অবস্থান (Location) ঃ মানুষের বৃক্ক দুটি উদর গহ্বরের কটি অঞ্চলে মেরুদণ্ডের দু-পাশে পেরিটোনিয়াম পর্দার নীচে অবস্থিত। বৃক্কের উপরিভাগ দ্বাদশ থোরাসিক কশেরুকার (T_{12}) নীচে এবং নিম্নপ্রান্ত তৃতীয় লাম্বার কশেরুকার (L_3) ওপরে অবস্থিত। বাম বৃক্কটি ডান বৃক্কের তুলনায় কিছুটা উপরে অবস্থিত।

বাহ্যিক গঠন (External structure) ঃ বৃক্ক দুটি দেখতে অনেকটা শিম বীজের মতো। এদের দৈর্ঘ্য 11 সেন্টিমিটার, প্রস্থ 5 সেন্টিমিটার এবং স্থূলত্বে প্রায় 3 সেন্টিমিটার হয়। প্রাপ্তবয়স্ক পুরুষ মানুষের বৃক্কের ওজন সাধারণত 150 গ্রাম এবং স্ত্রীলোকদের বৃক্কের ওজন 135 গ্রাম। বৃক্কের পার্শ্বীয় কিনারা বর্তুলাকার এবং মধ্যস্থলের কিনারা অবতলাকার হয়। বৃক্কের অবতল খাঁজটিকে **হাইলাম** (hilum) বলে। এই অংশ থেকে গবিনী ও বৃক্কীয় শিরা বেরিয়ে এসেছে এবং বৃক্কীয় ধমনি বৃক্কে প্রবেশ করেছে। বৃক্কের বহির্দেশ একটি দৃঢ় তন্তুময় যোগকলার আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে, যাকে **রেনাল ক্যাপসুল** (Renal capsule) বলে। ক্যাপসুলের বাইরে যে তন্তুময় আবরণী থাকে তাকে **রেনাল ফাসা** (Renal fascia) বলে।

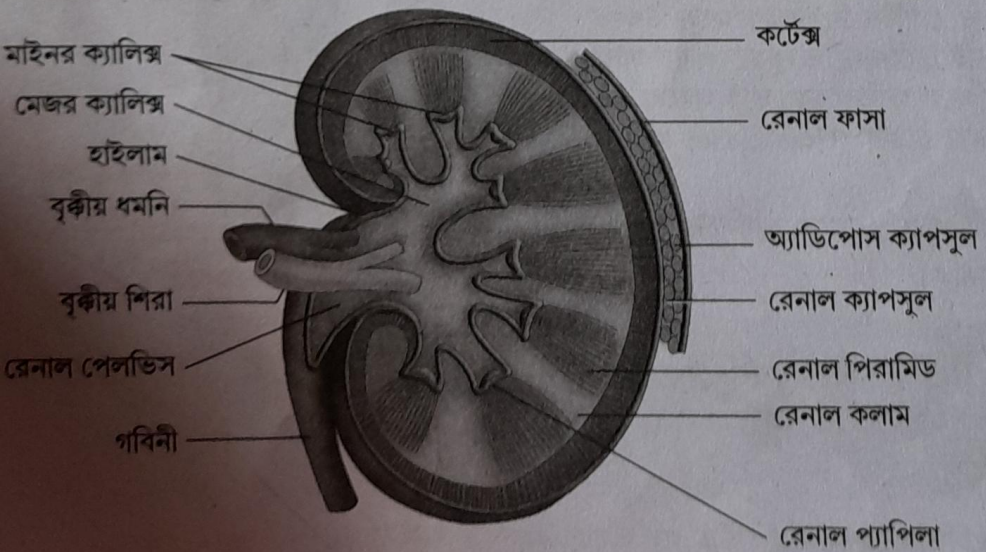


5.2 মানবদেহে বৃক্কের অবস্থান



5.3 বৃক্কের বাহ্যিক গঠন

অন্তর্গঠন (Internal structure) ঃ লম্বচ্ছেদে বৃক্ক কর্টেক্স (cortex) ও মেডালা (medulla) নামক দুটি স্তর নিয়ে গঠিত। কর্টেক্স বাইরের দিকে এবং মেডালা ভিতরের দিকে অবস্থান করে। বৃক্কের মেডালা যে পিরামিডাকার (10-15টি) স্থানগুলি থাকে তাদের বলে **পিরামিড** (renal pyramid) বলে। রেনাল পিরামিডের শীর্ষগুলিকে **বৃক্কীয় পিড়কা** (renal papillae, একক papilla) বলে। কতকগুলি সংগ্রাহী নালিকা একত্রিত হয়ে বেলিনি নালি (duct of Bellini) গঠন করে যেগুলি বেলিনির ছিদ্র প্যাপিলায় মুক্ত থাকে। দুটি পিরামিডের মাঝের স্থানকে **কলাম** (renal column) বা **Columns of Bertini** বলে। বৃক্কের পেলভিস অঞ্চলে যে সংকীর্ণ গহ্বর থাকে তাকে **সাইনাস** (renal sinus) বলে। রেনাল সাইনাসের মধ্যে উন্মুক্ত থাকে। এই অঞ্চলে গবিনীর মুক্তপ্রান্ত কয়েকটি শাখায় বিভক্ত। এদের **মেজর ক্যালিক্স** (major calyx) প্রতিটি মেজর ক্যালিক্স কয়েকটি **মাইনর ক্যালিক্স** (minor calyx)-এ বিভক্ত। মাইনর ক্যালিক্সগুলি রেনাল প্যাপিলার বেলিনির ছিদ্রের উপর বসানো থাকে।



5.4 বৃক্কের লম্বচ্ছেদের সরল চিত্র

প্রতিটি বৃক্ক অসংখ্য (প্রায় 10 লক্ষ) নেফ্রন (Nephron) নিয়ে গঠিত। নেফ্রন হল বৃক্কের গঠনগত ও কার্যগত একক।

○ বৃক্কের কাজ (Functions of Kidney) ঃ বৃক্কের প্রধান কাজগুলি হল—

(i) **জলসাম্যতা বা অসমোরেগুলেশন (Osmoregulation) ঃ** বৃক্ক দেহে জলসাম্যতা নিয়ন্ত্রণে ও জল পরিবহণে মুখ্য ভূমিকা গ্রহণ করে। দেহতরলের পরিমাণ ও অভিস্রবণীয় ঘনত্বের নিয়ন্ত্রণ কৌশলকে **অসমোরেগুলেশন**[1] (Osmoregulation) বলে। লঘুসারক বা অতিসারক মূত্র উৎপাদনের মাধ্যমে বৃক্ক দেহে জলসাম্য নিয়ন্ত্রণ করে।

(ii) **নাইট্রোজেনঘটিত বর্জ্যপদার্থ দূরীকরণ (Elimination of nitrogenous wastes) ঃ** বৃক্ক রক্ত থেকে নাইট্রোজেনঘটিত বর্জ্যপদার্থগুলিকে (ইউরিয়া, অ্যামোনিয়া, ইউরিক অ্যাসিড) দেহ থেকে দূরীভূত করে।

(iii) **pH ভারসাম্য (Maintenance of pH) ঃ** বৃক্কের মাধ্যমে রক্তের অতিরিক্ত অ্যাসিড ও ক্ষার নির্গত হয়ে রক্তের pH-এর পরিমাণ স্বাভাবিক (pH 7.4) রাখে।

(iv) **অন্যান্য পদার্থের অপসারণ (Removal of other substances) ঃ** বৃক্ক বিভিন্ন টক্সিক পদার্থ, ভেষজ পদার্থ, রঞ্জক, অতিরিক্ত জলে দ্রাব্য ভিটামিন ইত্যাদি রক্ত থেকে অপসারণ করে।

(v) **লবণের সাম্যতা (Maintenance of salt contents) ঃ** বৃক্ক রক্তের সোডিয়াম, পটাশিয়াম ইত্যাদি খনিজ লবণের সাম্যতা বজায় রাখে।

(vi) **রক্তচাপ নিয়ন্ত্রণ (Maintenance of blood pressure) ঃ** বৃক্ক দেহের তরলের সাম্যতা বজায় রাখে, ফলে দেহের রক্তচাপ নিয়ন্ত্রণে থাকে।

(vii) **হোমিওস্ট্যাসিস (Homeostasis) ঃ** বৃক্ক রক্ত থেকে বিভিন্ন অপ্রয়োজনীয় বস্তু অপসারিত করে দেহের অভ্যন্তরীণ পরিবেশকে স্থিতাবস্থায় রাখে।

(viii) বৃক্কে কয়েকপ্রকার পদার্থ, যেমন— অ্যামোনিয়া, হিপ্পিউরিক অ্যাসিড, বেঞ্জোইক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(ix) বৃক্কে প্রোস্টাগ্ল্যান্ডিন ও এরিথ্রোপয়েটিন উৎপন্ন হয়। এরিথ্রোপয়েটিন এরিথ্রোসাইট (RBC) উৎপাদনে উদ্দীপনা দান করে।

(x) বৃক্ক রেনিন (renin) নামক একপ্রকার উৎসেচক ক্ষরণ করে, যার কার্যকারিতা হরমোনের মতো। রেনিন **অ্যাঞ্জিওটেনসিনোজেন**-কে (angiotensinogen যকৃতে উৎপন্ন হয়) **অ্যাঞ্জিওটেনসিন-I** তে রূপান্তরিত করে। Angiotensin I ফুসফুসীয় জালকে ACE (Angiotensin Converting Enzyme) দ্বারা Angiotensin II তে পরিণত হয়। অ্যাঞ্জিওটেনসিন-II অ্যাড্রিনাল কর্টেক্স থেকে **অ্যালডোস্টেরন** (aldosterone) ক্ষরণে উদ্দীপনা দান করে। এই হরমোন বৃক্কনের কোশকে উদ্দীপিত করে Na^+ পুনঃবিশোষণের হার বৃদ্ধি করে।

■ রেন্‌নিন ও রেনিনের পার্থক্য (Differences between Rennin and Renin) ■

রেন্‌নিন	রেনিন
1. এটি পাকস্থলীর পেপটিক কোশ থেকে ক্ষরিত হয়।	1. এটি বৃক্কের জাক্সটাগ্লোমেরুলার কোশ থেকে নিঃসৃত হয়।
2. এটি একটি প্রোটিনভঞ্জক উৎসেচক।	2. এটি উৎসেচক হলেও হরমোন হিসেবে কাজ করে।
3. এটি প্রোরেন্‌নিন রূপে নিঃসৃত হয়ে HCl-এর সহায়তায় রেন্‌নিনে পরিণত হয়।	3. এটি রেনিন রূপে নিঃসৃত হয়।
4. এটি দুগ্ধ প্রোটিনকে কেসিনে পরিণত করে।	4. এটি অ্যাঞ্জিওটেনসিনোজেনকে অ্যাঞ্জিওটেনসিন I-এ পরিণত করে।

2. গবিনী (Ureter)

বৃক্কের হাইলাম অঞ্চল থেকে উৎপন্ন হয়ে মূত্রাশয় পর্যন্ত বিস্তৃত নালিটি হল গবিনী। প্রতিটি গবিনী দৈর্ঘ্যে 25-30 cm হয়। গবিনী বৃক্কের মধ্যে যে ফানেল সদৃশ অংশটি গঠন করেছে তাকে **পেলভিস** (pelvis) বলে। প্রতিটি গবিনী বৃক্ক থেকে উৎপন্ন হয়ে উভয় পাশের মেরুদণ্ডের দু-পাশ দিয়ে বিস্তৃত হয়ে মূত্রাশয়ের উভয়পাশে উন্মুক্ত।

○ কাজ (Functions) ঃ বৃক্কে উৎপন্ন মূত্র গবিনীর মাধ্যমে বাহিত হয়ে মূত্রাশয়ে আসে।

3. মূত্রাশয় (Urinary bladder)

শ্রোণিগহ্বরে অবস্থিত পেশিময় থলিবিশেষ। এর ভিতরের প্রাচীরে ট্রানজিশনাল এপিথেলিয়াম (transitional epithelium) থাকে। মূত্রাশয়ের পেশিস্তরকে ডেট্রুসর পেশি (detrusor muscle) বলে। মূত্রাশয় ও মূত্রনালির সংযোগস্থলে চক্রাকার পেশি দিয়ে গঠিত **অন্তঃস্ফিংস্টার** (internal sphincter) এবং বাইরের দিকে ঐচ্ছিক পেশি দিয়ে গঠিত **বহিঃস্ফিংস্টার** (external sphincter) থাকে। মূত্রাশয়ের ভিতরে মূত্রনালির সংযোগস্থলে যে ত্রিকোণাকার অংশ থাকে তাকে **ট্রাইগোন** (trigone) বলে।

মূত্রথলির স্ফিংটার পেশির ক্রিয়াশীলতা স্নায়ু দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়ে থাকে, যারা মূত্র নির্গমনে সাহায্য করে। মূত্রথলি ও অন্তঃস্ফিংটার স্বয়ংক্রিয় স্নায়ু দ্বারা বহিঃস্ফিংটার সংজ্ঞাবহ স্নায়ু দ্বারা যুক্ত থাকে। হাইপোগ্যাসট্রিক স্নায়ু সিমপ্যাথেটিক স্নায়ু হিসেবে মূত্রথলির ডেট্রুসর পেশিতে এবং অন্তঃস্ফিংটারে যুক্ত থাকে। হাইপোগ্যাসট্রিক স্নায়ুর ক্রিয়াশীলতায় ডেট্রুসার পেশির প্রসারণ এবং অন্তঃস্ফিংটারের সংকোচন ঘটে। এর ফলে মূত্র মূত্রাশয়ে জমা হতে থাকে। ফলে মূত্রাশয়ের প্রসারণ ঘটে। এই কারণে হাইপোগ্যাসট্রিক স্নায়ুকে **নার্ভ অফ ফিলিং** বা **মূত্র সঞ্চয়কারী স্নায়ু** (nerve of filling)

[1] 'অসমোরেগুলেশন' শব্দটি প্রথম প্রচলন করেন বিজ্ঞানী **হোবার** (Hober, 1902)।

পেলভিক স্নায়ু মূত্রথলির ডেট্রুসার পেশিতে এবং অন্তঃস্ফিংটারে সংযুক্ত থাকে। পেলভিক স্নায়ুর ক্রিয়াশীলতায় মূত্রথলির ডেট্রুসার পেশির সংকোচন এবং অন্তঃস্ফিংটারের প্রসারণ ঘটে। এর ফলে মূত্রথলি থেকে মূত্র নির্গত হয়। এই কারণে পেলভিক স্নায়ুকে নার্ভ অফ ভয়েডিং (Nerve of voiding) বা মূত্র নির্গমন স্নায়ু বলে।

○ মূত্রথলিতে মূত্র সঞ্চয় প্রক্রিয়া (Mechanism of Urine Storage) : বৃক্ক উৎপন্ন মূত্র গবিনীর (ureter) মাধ্যমে বাহিত হয়ে মূত্রথলিতে সঞ্চিত হতে থাকে। মূত্রথলিতে মূত্র সঞ্চিত হলে মূত্রথলির প্রাচীর প্রসারিত হয়। মূত্রাশয় প্রসারিত হওয়ার ফলে সেটি স্নায়ুর মাধ্যমে সুষুম্নাকাণ্ডে যায়। সুষুম্নাকাণ্ড থেকে প্যারাসিমপ্যাথেটিক পেলভিক স্নায়ুর মাধ্যমে ডেট্রুসার পেশির সংকোচন ঘটায়। মূত্রথলির প্রসারণের অনুভূতি মস্তিষ্কেও আসে। মস্তিষ্ক থেকে চেষ্টীয় স্নায়ু সুষুম্নাকাণ্ডের যে অঞ্চলে প্যারাসিমপ্যাথেটিক স্নায়ু উৎপন্ন হয়েছে সেখানে বিস্তৃত থেকে তাদের ক্রিয়াশীলতাকে অবদমন করে। ফলে ডেট্রুসার পেশির অবদমন সম্ভব হয় না, ফলে মূত্রথলিতে মূত্র সঞ্চয় হতে থাকে।

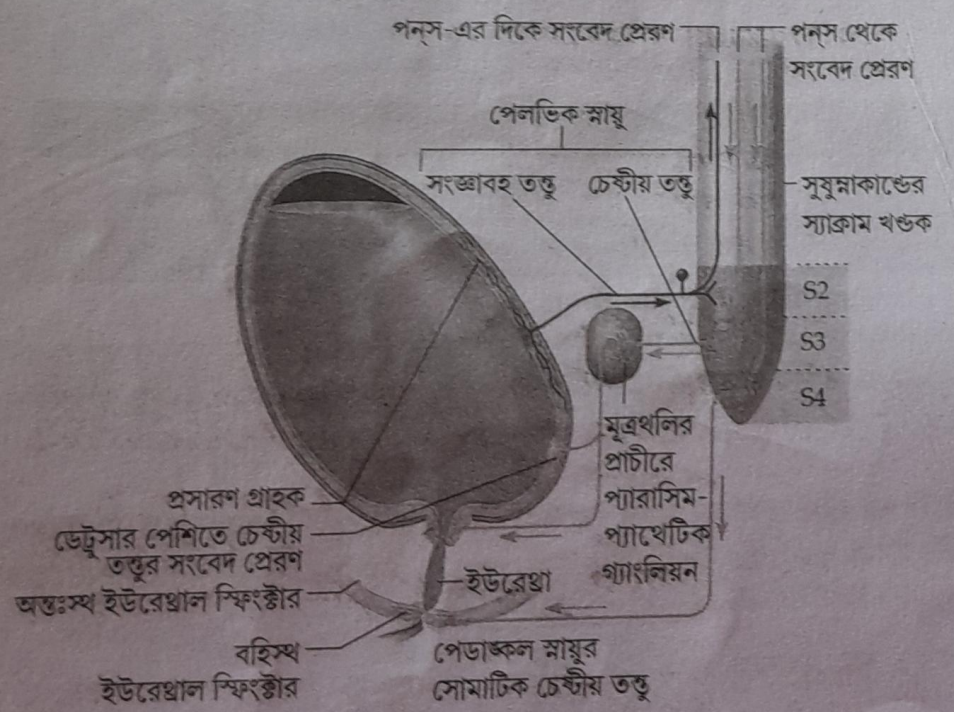
○ মূত্র নির্গমন প্রক্রিয়া বা মিকচুরেশন (Micturation) : যে পদ্ধতিতে মূত্রথলি থেকে মূত্র নির্গত হয়ে মূত্রথলিকে মূত্র মুক্ত করে তাকে মূত্র নির্গমন বা মিকচুরেশন বলে।

মূত্রাশয়ে মূত্রের পরিমাণ 200-300 ml হলে মূত্র ত্যাগের ইচ্ছা সৃষ্টি হয়। এই পরিমাণ 400-500 ml হলে প্রবল মূত্র ত্যাগের অনুভূতি সৃষ্টি হয়। মূত্রথলি থেকে মূত্রত্যাগের মাধ্যমে মূত্র মুক্ত হওয়ার পদ্ধতিকে **মিকচুরেশন** বলে।

মিকচুরেশন বা মূত্রত্যাগ একধরনের প্রতিবর্ত ক্রিয়া।

■ **মূত্রত্যাগ প্রতিবর্ত (Micturation Reflex) :** মূত্রথলিতে মূত্র জমা হলে মূত্রাশয়ের প্রাচীরে যে চাপ সৃষ্টি হয় তার ফলে মূত্রথলির প্রাচীর থেকে সংজ্ঞাবহ স্নায়ুপ্রান্তে উদ্দীপনার উদ্ভব হয়, যা সংজ্ঞাবহ স্নায়ুর মাধ্যমে স্নায়ুকেন্দ্রে পৌঁছায়। স্নায়ুকেন্দ্র চেষ্টীয় স্নায়ুর মাধ্যমে যে স্নায়ুপ্রবাহ প্রেরণ করে তা (a) মূত্রথলির প্রাচীরের সমগ্র পেশিতে ছড়িয়ে পড়ে (ফলে ডেট্রুসার পেশি সংকুচিত হয়) এবং (b) পেশিবলয়ের টানটান সংকোচনে বাধাদান করে (ফলে পেশিবলয় উন্মুক্ত হয়)। এই দুটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে মূত্রথলির মূত্র সম্পূর্ণভাবে বাইরে বেরিয়ে আসে।

যেসব প্রতিবর্ত (6টি) মূত্রত্যাগের সঙ্গে জড়িত **বারিংটন** (Barrington) তাদের নিম্নলিখিতভাবে বর্ণনা করেন। এইসব প্রতিবর্তগুলিকে বারিংটন প্রতিবর্ত বলা হয়।



5.5 মূত্রত্যাগের স্নায়বিক নিয়ন্ত্রণ

1. মূত্রথলির প্রসারণ থেকে এই প্রতিবর্ত শুরু হয় এবং ডেট্রুসার পেশির সংকোচনে শেষ হয়। এই প্রতিবর্তের স্নায়ুকেন্দ্র পশ্চাৎ মস্তিষ্কে অবস্থিত। অন্তর্বাহী ও বহির্বাহী উভয় স্নায়ু পেলভিক নার্ভে অবস্থিত।
2. এই প্রতিবর্তের সূচনা যখন মূত্রনালির মধ্য দিয়ে মূত্র প্রবাহিত হয়। ডেট্রুসার পেশির সংকোচনে প্রতিবর্ত শেষ হয়। এই প্রতিবর্তের স্নায়ুকেন্দ্রও পশ্চাৎ মস্তিষ্কে অবস্থিত। অন্তর্বাহী ও বহির্বাহী স্নায়ু যথাক্রমে পিউডেনডাল ও পেলভিক নার্ভে অবস্থিত।
3. এই প্রতিবর্ত শুরু হয় মূত্রনালির পশ্চাদ্‌ভাগের প্রসারণে এবং শেষ হয় ডেট্রুসার পেশির সংকোচনের ফলে। এই প্রতিবর্তের স্নায়ুকেন্দ্র সুষুম্নাকাণ্ড। অন্তর্বাহী ও বহির্বাহী স্নায়ু হাইপোগ্যাস্ট্রিক নার্ভে অবস্থান করে।
4. মূত্রনালির মধ্য দিয়ে মূত্রের প্রবাহকালে এই প্রতিবর্ত শুরু হয় এবং মূত্রনালির প্রসারণে তা শেষ হয়। এই প্রতিবর্তে স্নায়ুকেন্দ্র সুষুম্নাকাণ্ডে অবস্থিত। অন্তর্বাহী ও বহির্বাহী স্নায়ু পিউডেনডাল নার্ভে অবস্থিত।
5. মূত্রনালির প্রসারণে এই প্রতিবর্ত শুরু হয় এবং মূত্রনালির প্রসারণের পর শেষ হয়। এই প্রতিবর্তের স্নায়ুকেন্দ্র সুষুম্নাকাণ্ড। অন্তর্বাহী ও বহির্বাহী স্নায়ু যথাক্রমে পেলভিক এবং পিউডেনডাল নার্ভে থাকে।
6. মূত্রনালির প্রসারণে এই প্রতিবর্ত শুরু হয় এবং মূত্রনালির পশ্চাদ্‌ভাগের প্রসারণে শেষ হয়। স্নায়ুকেন্দ্র সুষুম্নাকাণ্ডে অবস্থান করে। অন্তর্বাহী ও বহির্বাহী স্নায়ু পেলভিক নার্ভে অবস্থান করে।

উল্লিখিত প্রতিবর্তের সম্মিলিত প্রয়াসে মূত্রত্যাগ সম্পূর্ণ হয়।

বারিংটনের মূত্রত্যাগ প্রতিবর্ত নীচের ছকে দেখানো হল—

প্রতিবর্তের নাম	উদ্দীপনার উৎস	সংজ্ঞাবহ স্নায়ু	চেষ্টীয় স্নায়ু	প্রতিবর্ত কেন্দ্র	প্রতিক্রিয়া
১ম প্রতিবর্ত	মূত্রনালির প্রসারণ	পেলভিক	পেলভিক	পশ্চাৎ মস্তিষ্ক	ডেট্রুসার পেশির সংকোচন
২য় প্রতিবর্ত	মূত্রনালিতে মূত্রপ্রবাহ	পিউডেনডাল	পেলভিক	পশ্চাৎ মস্তিষ্ক	ডেট্রুসার পেশির সংকোচন

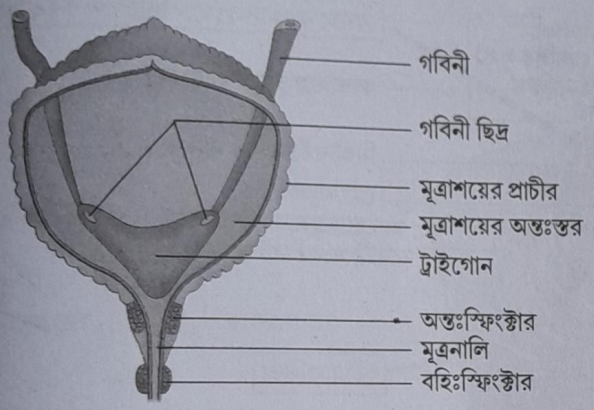
প্রতিবর্তের নাম	উদ্দীপনার উৎস	সংজ্ঞাবহ স্নায়ু	চেষ্টীয় স্নায়ু	প্রতিবর্ত কেন্দ্র	প্রতিক্রিয়া
১ম প্রতিবর্ত	মূত্রনালির পশ্চাদ্‌ভাগের প্রসারণ	হাইপোগ্যাসট্রিক	হাইপোগ্যাসট্রিক	সুষুম্নাকাণ্ড	ডেট্রুসার পেশির সংকোচন
২য় প্রতিবর্ত	মূত্রনালিতে মূত্রপ্রবাহ	পিউডেনডাল	পিউডেনডাল	সুষুম্নাকাণ্ড	মূত্রনালির প্রসারণ
৩য় প্রতিবর্ত	মূত্রনালির প্রসারণ	পেলভিক	পিউডেনডাল	সুষুম্নাকাণ্ড	মূত্রনালির প্রসারণ
৪র্থ প্রতিবর্ত	মূত্রনালির প্রসারণ	পেলভিক	পেলভিক	সুষুম্নাকাণ্ড	মূত্রনালির পশ্চাদ্‌ভাগের প্রসারণ

কাজ (Functions) ঃ মূত্রাশয়ে মূত্র সাময়িকভাবে জমা থাকে।

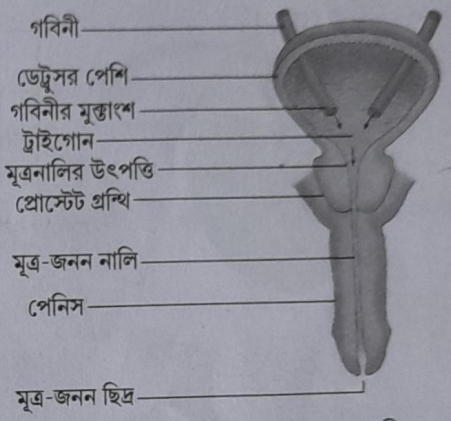
4. মূত্রনালি (Urethra)

এটি মূত্রাশয় থেকে উৎপন্ন হয়ে মূত্রছিদ্রের মাধ্যমে দেহের বাইরে উন্মুক্ত, পুরুষদের মূত্রনালিটি শিশ্নের মধ্য দিয়ে বিস্তৃত এবং মূত্র ও বীর্য উভয় বহন করায় একে **মূত্র-জনন নালি** বলে। মূত্র-জনন নালিটি **মূত্র-জনন ছিদ্রের** মাধ্যমে দেহের বাইরে মুক্ত।

কাজ (Functions) ঃ মূত্রাশয়ে সঞ্চিত মূত্রকে দেহের বাইরে নির্গত করতে সাহায্য করা। সঙ্গমকালে এই নালির মাধ্যমে বীর্য স্ত্রীদেহে যোনিগর্ভে নিক্ষিপ্ত হয়।



5.6 স্ত্রীলোকের মূত্রাশয়ের মধ্যে গবিনীর উন্মুক্তি এবং স্ফিংক্টারের অবস্থান



5.7 পুরুষদের মূত্র-জনন নালি

■ **পুরুষ এবং স্ত্রীলোকের মূত্রনালির প্রভেদ (Differences between Male and Female Urethra)** ■

পুরুষের মূত্রনালি	স্ত্রীলোকের মূত্রনালি
1. এটি অপেক্ষাকৃত লম্বা (20 cm দৈর্ঘ্য সম্পন্ন)।	1. এটি অপেক্ষাকৃত ছোটো (4 cm দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট)।
2. এর তিনটি অংশ আছে, যেমন—প্রস্টেটিক (3-4 cm), মেমব্রেনাস (1 cm) এবং পেনিয়াল (15 cm)।	2. এর কোনো ভাগ নেই।
3. এটি শিশ্নের অগ্রভাগে মূত্র-জনন ছিদ্ররূপে মুক্ত থাকে।	3. এটি মূত্রছিদ্ররূপে যোনিছিদ্রের সামনে উন্মুক্ত থাকে।
4. এটি বীর্য ও মূত্র উভয়ই পরিবহণ করে।	4. এটি কেবল মূত্র পরিবহণ করে।

5.3 বৃক্কের গঠনগত ও কার্যগত সম্পর্ক (Structural and Functional Relationship in the Kidney)

বৃক্ক মানুষের প্রধান রেচন অঙ্গ। মানুষের বৃক্কদ্বয় উদর গহ্বরের কটি অঞ্চল মেরুদণ্ডের দুপাশে অবস্থিত। লম্বচ্ছেদে বৃক্ক দুটি অংশ নিয়ে গঠিত। যথা—**কর্টেক্স** (বাইরের অঞ্চল) এবং **মেডালা** (ভিতরের অঞ্চল) মেডালায় অসংখ্য বৃক্কীয় পিরামিড থাকে। প্রতিটি পিরামিড অংসখ্য সূক্ষ্ম কুণ্ডলীকার নলাকার অংশ নিয়ে গঠিত। এদের নেফ্রন বলে। **নেফ্রন হল বৃক্কের গঠনগত ও কার্যগত একক।**

প্রতিটি নেফ্রন দুটি প্রধান অংশ নিয়ে গঠিত। যথা—**ম্যালপিজিয়ান করপাসল** এবং **বৃক্কীয় নালিকা**। ম্যালপিজিয়ান করপাসল **ব্যোওম্যানের ক্যাপসুল** এবং **গ্লোমেরুলাস** নিয়ে গঠিত। গ্লোমেরুলাসে দূষিত রক্তের **পরিস্রুতকরণ** ঘটে। বৃক্কীয় নালিকা **পরাসংবর্ত নালিকা, হেনলির লুপ, দূরসংবর্ত নালিকা**

নিয়ে গঠিত। প্রতিটি নেফ্রনের দূরসংবর্ত নালিকা সংগ্রাহী নালিকাতে যুক্ত থাকে। সংগ্রাহী নালি বেলিনির নালিতে যুক্ত থাকে। বৃক্কীয় নালিতে পরিস্রুত তরলের পুনঃশোষণ এবং ক্ষরণ ঘটে।

বৃক্কের প্রধান কাজ হল মূত্র উৎপাদন ও নিঃসরণ। বিপাকীয় পদার্থসহ রক্ত গ্লোমেরুলাসে প্রবেশ করে। সেখানে রক্ত পরিস্রুত হয়ে বৃক্কীয় নালিকায় প্রবেশ করে। কিছু রেচন পদার্থ বৃক্কীয় নালিকায় ক্ষরিত হয়। পরিস্রুত তরল, ক্ষরিত পদার্থসহ গবিনীতে প্রবেশ করে এবং মূত্রাশয়ে সাময়িকভাবে সঞ্চিত থাকে।

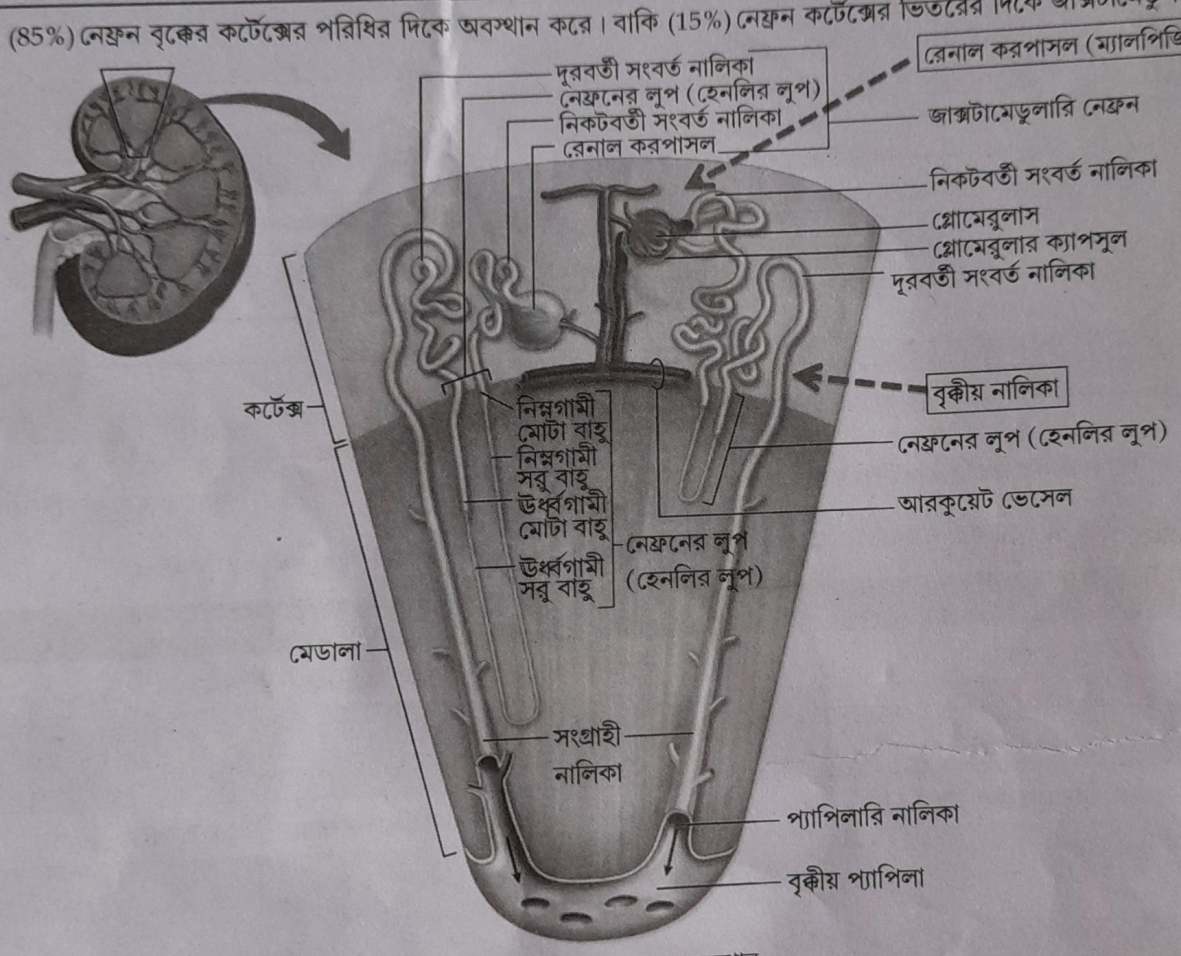
বৃক্কের প্রধান কাজ হল মূত্র উৎপন্ন ও নিঃসরণ করা। এই মূত্র উৎপন্ন হয় নেফ্রনের মধ্যে। নেফ্রন হল বৃক্কের গঠনগত ও কার্যগত একক। এই নেফ্রনগুলি সম্মিলিতভাবে মূত্র উৎপাদন ও নিঃসরণ করে। সুতরাং বৃক্ক ও নেফ্রন একে অপরের পরিপূরক। সুতরাং বৃক্কের গঠন ও কাজের মধ্যে গূঢ় সম্পর্ক রয়েছে।

5.4 নেফ্রনের গঠন ও কাজ (Histology and Functions of Nephron)

সংজ্ঞা (Definition) ঃ *ম্যালপিজিয়ান করপাসল ও বৃক্কীয় নালিকা নিয়ে গঠিত বৃক্কের গঠনমূলক ও কার্যমূলক একককে নেফ্রন বলে।*

▶ অবস্থান (Location)

অধিকাংশ (85%) নেফ্রন বৃক্কের কর্টেক্সের পরিধির দিকে অবস্থান করে। বাকি (15%) নেফ্রন কর্টেক্সের ভিতরের দিকে জাক্সটামেডুলারি অঞ্চলে অবস্থান করে



5.8 বৃক্কের মধ্যে নেফ্রনের অবস্থান

▶ সংখ্যা (Number)

প্রতি বৃক্কে প্রায় 10 লক্ষ নেফ্রন থাকে। উভয় বৃক্কের নেফ্রনগুলি পরপর জুড়ে দিলে এগুলি প্রায় 40 মাইল লম্বা হবে।

▶ প্রকারভেদ (Types)

অবস্থান অনুসারে নেফ্রন দু-রকমের, যথা—

(i) **সুপারফিসিয়াল বা কর্টিক্যাল নেফ্রন (Superficial or Cortical nephron) ঃ** এই নেফ্রন বৃক্কের কর্টেক্সের পরিধির দিকে অবস্থিত। 85% নেফ্রন প্রকৃতির। এগুলি ছোটো আকৃতির হয়। স্বাভাবিক অবস্থায় এরা মূত্র উৎপাদন করে।

(b) জাক্সটামেডুলারি নেফ্রন (Juxtamedullary nephron) : প্রায় 15% নেফ্রন কর্টেক্সের ভিতরের দিকে এবং মেডুলার বাইরের দিকে অবস্থান করে। এরা তুলনামূলকভাবে বড়ো আকারের হয়। এরা জন্মরি অবস্থায় দূর উৎপন্ন করে।

• জাক্সটামেডুলারি নেফ্রন ও কর্টিক্যাল নেফ্রনের পার্থক্য (Differences between Juxtamedullary Nephron and Cortical Nephron) ■

জাক্সটামেডুলারি নেফ্রন	কর্টিক্যাল নেফ্রন
1. মোট নেফ্রনের 15 শতাংশ এইজাতীয় নেফ্রন।	1. মোট নেফ্রনের 85 শতাংশ এইজাতীয় নেফ্রন।
2. কর্টেক্সের অন্তঃপরিধি অঞ্চলে গ্লোমেরুলাসগুলি অবস্থান করে।	2. কর্টেক্সের বাইরের দিকে গ্লোমেরুলাসগুলি অবস্থান করে।
3. এগুলি আকারে বেশ বড়ো।	3. এগুলি আকারে তুলনামূলক ছোটো।
4. হেনলির লুপ অনেক লম্বা এবং মেডুলাতে অবস্থান করে।	4. হেনলির লুপ ছোটো এবং কর্টেক্সের ঠিক নীচে অবস্থান করে।
5. জল শরীরের যখন কম থাকে তখন মূত্রকায় তরলীয়তাকে নিয়ন্ত্রণ করে।	5. জল শরীরের যখন স্বাভাবিক থাকে তখন মূত্রের তরলীয়তাকে নিয়ন্ত্রণ করে।

▶ নেফ্রনের গঠন (Structure of Nephron)

প্রতিটি নেফ্রন 30-50 মিলিমিটার দীর্ঘ। এরা শাখাবিহীন কিন্তু কুণ্ডলীকৃতভাবে বিন্যস্ত। প্রতিটি নেফ্রনের প্রধান দুটি অংশ হল—1. ম্যালপিজিয়ান কণা এবং 2. বৃক্কনালিকা (কার্য, গঠনের ভিত্তিতে)।

নেফ্রন
- ম্যালপিজিয়ান কণা (পরাশরিতরস)
  - বোওম্যানের ক্যাপসুল
    - প্যারাইটাল স্তর
    - ভিসেরাল স্তর
  - গ্লোমেরুলাস
- বৃক্কনালিকা (পুনঃশোষণ, ক্ষরণ)
  - পরাসংবর্ত নালিকা
    - প্যাঁচানো অংশ
    - সরল অংশ (পার্সরেক্টা)
  - হেনলির লুপ
    - মোটা অধোগামী বাহু
    - সরু অধোগামী বাহু
    - সরু ঊর্ধ্বগামী বাহু
    - মোটা ঊর্ধ্বগামী বাহু
  - দূরসংবর্ত নালিকা
    - প্যাঁচানো অংশ
    - সংগ্রাহী নালি

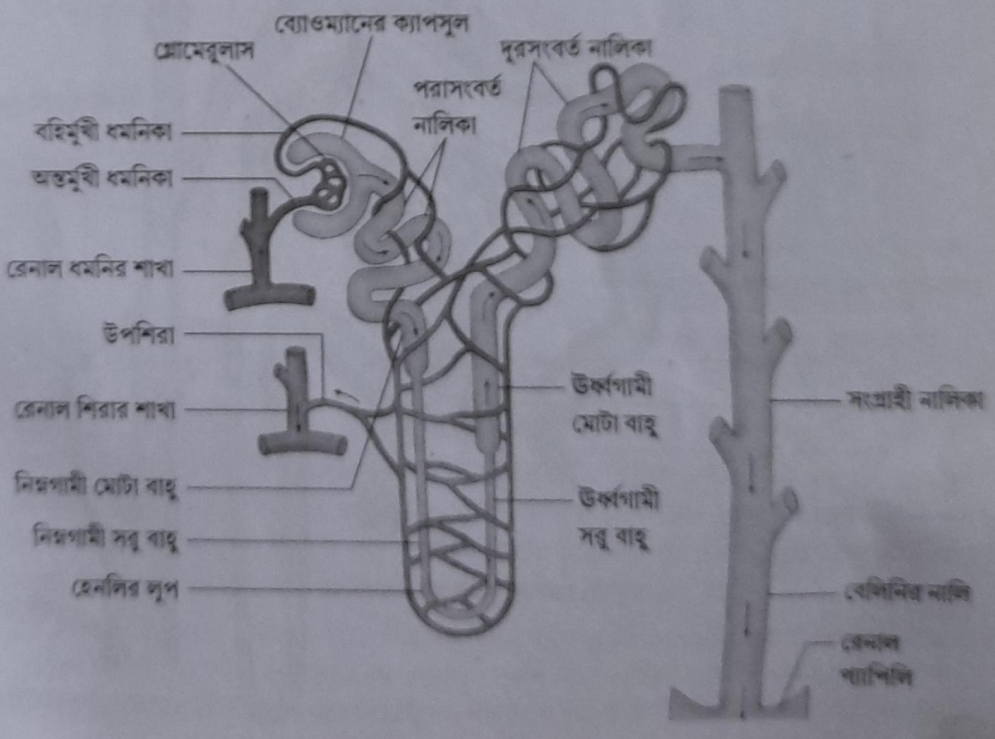
1. ম্যালপিজিয়ান কণা (Malpighian Corpuscles)

এদের অবস্থান বৃক্কের কর্টেক্স অঞ্চলে এবং ব্যাস প্রায় 200μ। এটি দুটি অংশ নিয়ে গঠিত, যথা—বোওম্যানের ক্যাপসুল এবং গ্লোমেরুলাস।

(a) বোওম্যানের ক্যাপসুল (Bowman's capsule) :

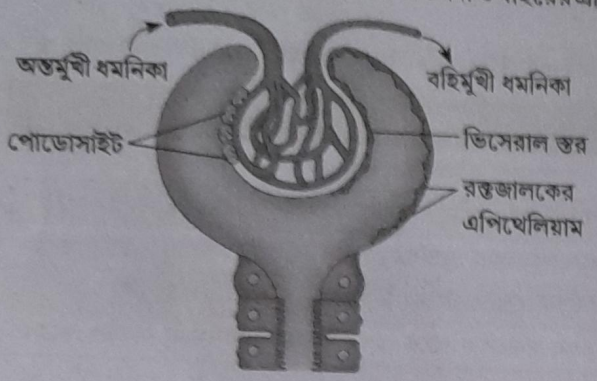
■ **সংজ্ঞা (Definition) :** *নেফ্রনের ফানেল সদৃশ বন্ধ ও স্ফীত প্রান্ত, যার মধ্যে গ্লোমেরুলাস অবস্থান করে তাকে বোওম্যানের ক্যাপসুল বলে।*

■ **গঠন (Structure) :** এটি নেফ্রনের বন্ধ ও স্ফীতপ্রান্ত যা গ্লোমেরুলাসকে ঢেকে রাখে। এটি দুটি একক স্তর নিয়ে গঠিত, যথা—প্যারাইটাল স্তর (parietal layer), বাইরের দিকে অবস্থিত এবং ভিসেরাল স্তর (visceral layer), ভিতরের দিকে অবস্থিত এবং গ্লোমেরুলাসকে আবৃত করে রাখে। প্যারাইটাল স্তরে স্কোয়ামাস কোশ থাকে। ভিসেরাল স্তরটি তিনটি উপস্তর নিয়ে গঠিত, এগুলি



5.9 জালক পরিবেষ্টিত নেফ্রনের বিভিন্ন অংশ

হল—ভিতরের এন্ডোথেলিয়াম, মাঝের ভিত্তিপর্দা ও বাইরের এপিথেলিয়াম। ভিসেরাল স্তরের এপিথেলিয়ামের কোশগুলি তুলনামূলকভাবে বড়ো এবং চ্যাপটাকৃতি। এই কোশগুলিকে পোডোসাইট (podocyte) বলে। **পোডোসাইট** কোশ থেকে যে ক্ষণপদ নির্গত হয়েছে তাদের **পেডিসেল** (Pedicels) বলে। দুটি পেডিসেলের মাঝখানে যে ফাঁকা স্থানগুলি থাকে তাদের পরিস্রাবণ ছিদ্র (filtering slits বা silt pore) বলে। এই ছিদ্রের মাধ্যমে পরিস্রাবণ প্রক্রিয়াটি ঘটে।

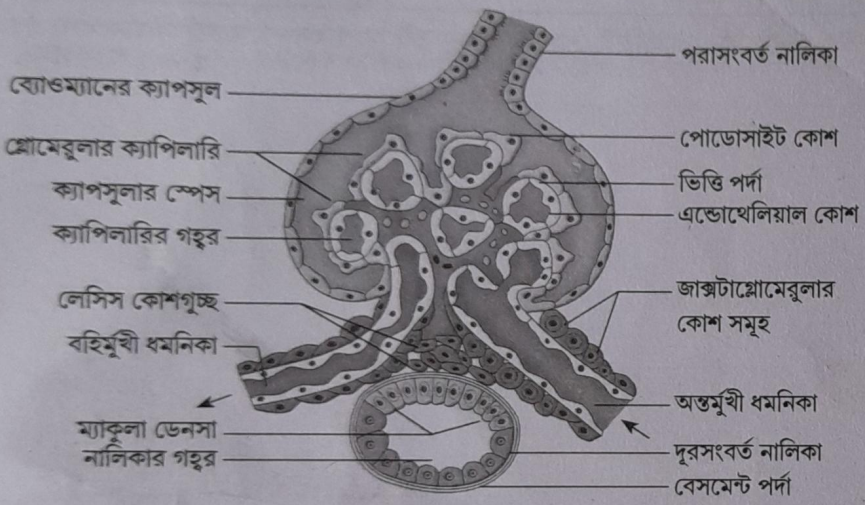


5.10 ম্যালপিজিয়ান কণা

(b) গ্লোমেরুলাস (Glomerulus) ঃ

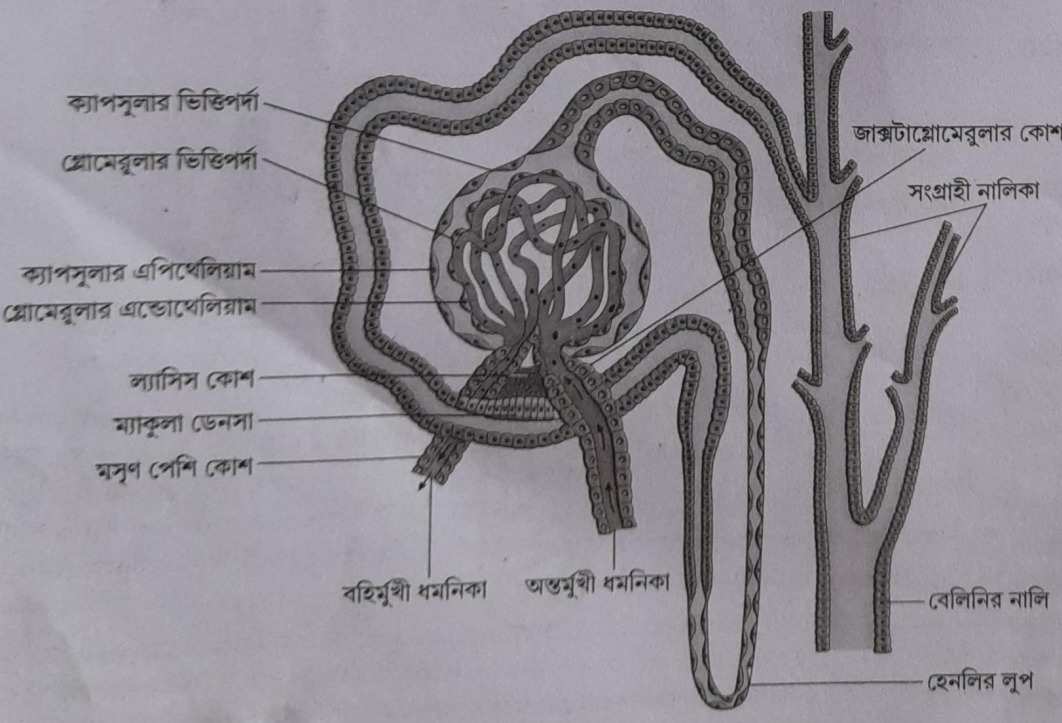
■ **সংজ্ঞা (Definition) ঃ** *ব্যোওম্যানের ক্যাপসুল পরিবেষ্টিত বৃক্কীয় ধমনিকার রক্তজালকের গুচ্ছকে গ্লোমেরুলাস বলে।*

■ **গঠন (Structure) ঃ** এটি ব্যোওম্যান ক্যাপসুলের মধ্যে অবস্থিত এক ধরনের রক্তজালকের পিণ্ডবিশেষ। **অন্তর্মুখী ধমনিকা** (afferent arteriole) গ্লোমেরুলাসে প্রবেশ করে 0.5 মিলিমিটার দৈর্ঘ্যসম্পন্ন প্রায় 50টি রক্তনালিতে বিভক্ত হয় এবং জালকপিণ্ড গঠন করে। রক্তজালকের মধ্যে কোনো অন্তর্বাহ যোগসূত্র থাকে না। পিণ্ড গঠনের পর রক্তজালক পুনরায় মিলিত হয়ে **বহির্মুখী ধমনিকা** (efferent arteriole) গঠন করে ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলের বাইরে এসেছে। অন্তর্মুখী রক্তনালি ছোটো এবং প্রশস্ত (50μ ব্যাসসম্পন্ন), অপরপক্ষে বহির্মুখী রক্তনালি দীর্ঘ ও সরু (25μ ব্যাসবিশিষ্ট)। অধিকাংশ রক্তনালির অন্তঃআবরণী কোশের সাইটোপ্লাজমই সছিদ্র ফলকের আকারে ল্যামিনা বরাবর সম্প্রসারিত থাকে। ছিদ্রের ব্যাস প্রায় 0.04–0.10μ। **রক্তনালির অন্তঃআবরণী স্তর, বেসাল ল্যামিনা ও ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলের ভিসেরাল স্তর মিলে বৃক্কের পরিস্রাবণ ঝিল্লি গঠন করে।**



5.11 গ্লোমেরুলাস সন্নিহিত যন্ত্র

■ **গ্লোমেরুলাস সন্নিহিত যন্ত্র বা JGA (Juxtaglomerular apparatus) ঃ** নেফ্রনের দূরসংবর্ত নালিকার অগ্রভাগ গ্লোমেরুলাসের অন্তর্মুখী ও বহির্মুখী রক্তনালির যে অংশে মিলিত হয়েছে ওই স্থানকে **গ্লোমেরুলাস সন্নিহিত যন্ত্র** বা **জাক্সটাগ্লোমেরুলার অ্যাপারাটাস** বলে। এই অংশটি **জাক্সটাগ্লোমেরুলার কোশ, ম্যাকুলা ডেনসা** এবং **ল্যাসিস কোশ** নিয়ে গঠিত। এটি **রেনিন** (renin) ও **এরিথ্রোপয়েটিন** (erythropoietin) ক্ষরণ করে।



5.12 কলাস্থানসহ নেফ্রনের বিভিন্ন অংশ (জালকবিহীন)

● **কাজ (Functions) ঃ**

(i) জাক্সটাগ্লোমেরুলার তন্ত্র থেকে রেনিন ক্ষরিত হয় যা রক্তে অ্যানজিওটেনসিন-II ও প্লাজমা প্রোটিনের পরিমাণ বৃদ্ধি করে। Na^+ আয়ন পুনঃশোষণ ঘটায়। (ii) জাক্সটাগ্লোমেরুলার যন্ত্র সন্নিহিত কোশগুলি এরিথ্রোপোয়েটিন ক্ষরণের দ্বারা এরিথ্রোপোয়েসিসের পরিমাণ বৃদ্ধি করে। এর দ্বারা লোহিত রক্তকণিকার নির্মাণ বৃদ্ধি করে। (iii) JGA বৃক্কের রক্তপ্রবাহ নিয়ন্ত্রণের পাশাপাশি আয়নের বা লবণের সমতাও বজায় রাখে।

2. বৃক্ক নালিকা (Renal tubule)

এটি ম্যালপিজিয়ান কণার পরবর্তী কুণ্ডলীকৃত অংশ। বৃক্কনালিকাগুলি সংগ্রাহী নালিকায় মিলিত হয়েছে। প্রতিটি বৃক্কনালিকা প্রায় 3 সেন্টিমিটার দীর্ঘ এবং 20–60μ ব্যাসবিশিষ্ট হয়। উভয় বৃক্কের 20 লক্ষ নেফ্রনের সম্মিলিত দৈর্ঘ্য 64 কিলোমিটারের সমান।

ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলের পরবর্তী যে কুণ্ডলীকৃত নালিকায় পরিস্রুত তরলের পুনঃশোষণ ঘটে তাকে বৃক্কীয় নালিকা বলে।

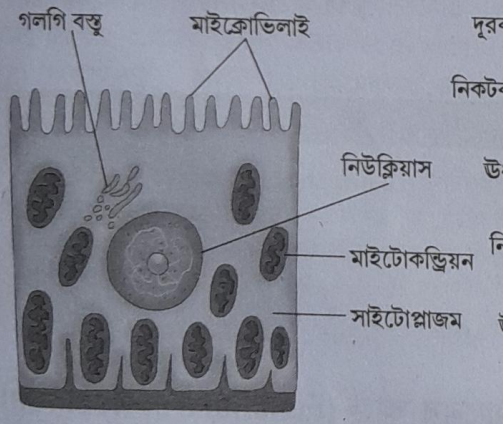
বৃক্কনালিকার অংশগুলি হল—

(a) পরাসংবর্ত নালিকা (Proximal convoluted tubule) ঃ এটি প্রায় 14 মিলিমিটার দীর্ঘ এবং 57-60μ ব্যাসবিশিষ্ট। এর অন্তঃপ্রাকার ব্রাশবর্ডারযুক্ত ঘনতলাকার একক কোশস্তর দিয়ে গঠিত। কোশের নিউক্লিয়াস গোলাকার এবং সাইটোপ্লাজম দানাময়। সাইটোপ্লাজমে মাইটোকন্ড্রিয়া, গলগি বডিস, পিনোসাইটিক ভ্যাকুওল ও ভেসিকল বর্তমান। পিনোসাইটোসিস পুনর্বিশোষণেরই একটি অংশবিশেষ। মাইক্রোভিলাই উপস্থিত।

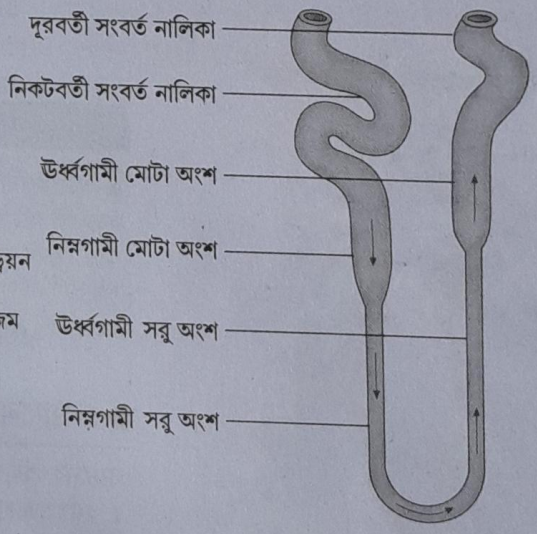
(b) হেনলির লুপ (Henle's loop) ঃ পরাসংবর্ত নালিকার শেষপ্রান্ত সোজা হয়ে মেডালায় প্রবেশ করে হেনলির লুপ গঠন করে। এটি 'U' আকৃতিবিশিষ্ট এবং অধোগামী ও ঊর্ধ্বগামী বাহু নিয়ে গঠিত। অধোগামী বাহুর দুটি অংশ হল—পুরু প্রাচীরবিশিষ্ট মোটা অধোগামী বাহু এবং পাতলা প্রাচীরবিশিষ্ট সরু অধোগামী বাহু। সেরকম ঊর্ধ্বগামী বাহুর অংশ দুটি হল—পাতলা প্রাচীরবিশিষ্ট সরু ঊর্ধ্বগামী বাহু এবং পুরু প্রাচীরবিশিষ্ট মোটা ঊর্ধ্বগামী বাহু। পাতলা প্রাচীরবিশিষ্ট সরু অংশের গড় ব্যাস 15μ এবং পুরু প্রাচীরবিশিষ্ট মোটা অংশের গড় ব্যাস 30μ। পুরু ঊর্ধ্বগামী বাহুর অন্তর্গাত্রে ঘনতলাকার কোশ এবং সরু ঊর্ধ্বগামী বাহুর অন্তঃগাত্রে নীচু ঘনতলাকার বা আঁইশাকার কোশ পরিলক্ষিত হয়। হেনলির লুপের অন্তঃআবরণী কলা স্বল্প মাইক্রোভিলাইযুক্ত ও স্বল্প মাইটোকন্ড্রিয়া যুক্ত হয়।

হেনলির লুপের চারটি অংশ হল—

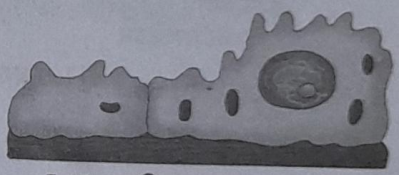
(i) পুরু প্রাচীরবিশিষ্ট মোটা অধোগামী বাহু,
(ii) পাতলা প্রাচীরবিশিষ্ট সরু অধোগামী বাহু,
(iii) পাতলা প্রাচীরবিশিষ্ট সরু ঊর্ধ্বগামী বাহু এবং
(iv) পুরু প্রাচীরবিশিষ্ট মোটা ঊর্ধ্বগামী বাহু।



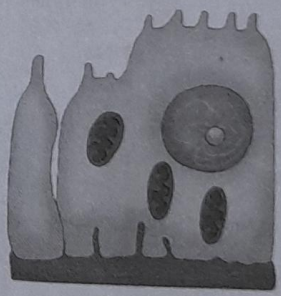
5.13 পরাসংবর্ত নালিকার কলাস্থানিক গঠন



5.14 হেনলির লুপ



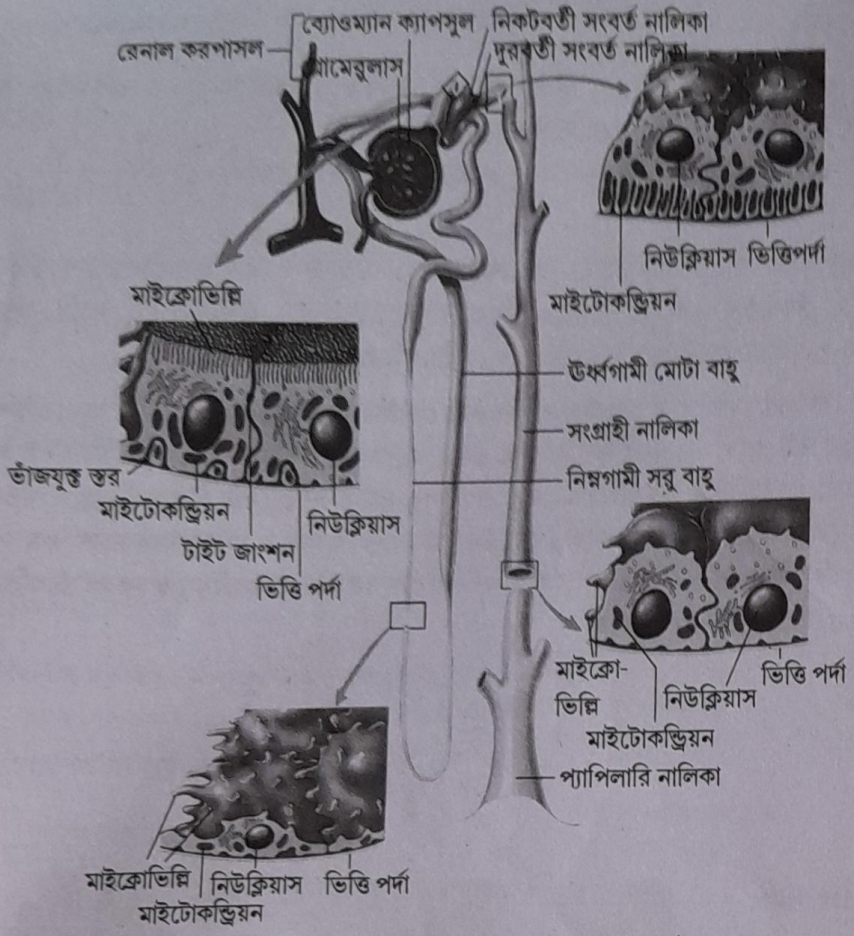
5.15 হেনলির লুপের অধোগামী বাহুর কলাস্থানিক গঠন



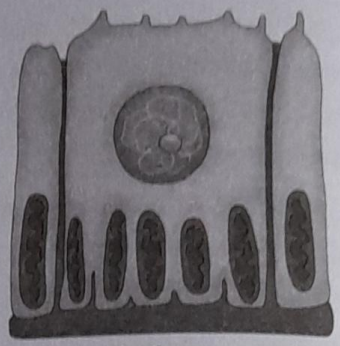
5.16 হেনলির লুপের ঊর্ধ্বগামী বাহুর কলাস্থানিক গঠন

(c) দূরসংবর্ত নালিকা (Distal convoluted tubule) ঃ এটি বৃক্কের কর্টেক্সে অবস্থান করে। এর দৈর্ঘ্য প্রায় 4.6–5.2 মিলিমিটার এবং ব্যাস 20–50 μm। এটির অন্তর্গাত্র মাইটোকন্ড্রিয়াযুক্ত ঘনতলাকার আবরণীকলা দিয়ে গঠিত। কোশের সাইটোপ্লাজম দানাময়। কোশগুলিতে খুবই স্বল্প মাইক্রোভিলাই থাকে। দূরসংবর্ত নালিকার প্রথমাংশ অন্তর্মুখী ও বহির্মুখী ধমনিকার গ্লোমেরুলাস সন্নিহিত কোশের সংস্পর্শে আসে। এই অংশের কোশগুলি বেশ দীর্ঘ ও শীর্ণ প্রকৃতির হয়। নিউক্লিয়াসগুলি ঘনসন্নিবিষ্ট হয়ে অবস্থান করে। সাধারণ অণুবীক্ষণ যন্ত্রে এই অঞ্চলকে কালো রঙের দেখায়। তাই একে ম্যাকুলা ডেনসা (macula densa) বলে। দূরবর্তী সংবর্ত নালিকার শেষভাগ সোজা, একে সংযোগী নালি (connecting or junctional tubule) বলে।

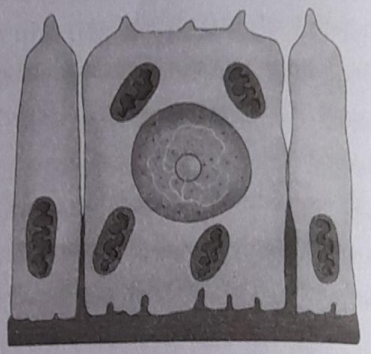
■ **সংগ্রাহী নালিকা (Collecting tubule) ঃ** *প্রতিটি নেফ্রনের দূরসংবর্ত নালিকার সংযোগী নালিগুলি যে অপেক্ষাকৃত স্থূল নালিকায় উন্মুক্ত থাকে, তাকে সংগ্রাহী নালিকা বলে।* এটি প্রায় 20 mm দীর্ঘ একটি সাধারণ নালিবিশেষ। এর প্রাচীরগাত্র ঘনতলাকার কোশ দিয়ে গঠিত। সংগ্রাহী নালিকাগুলি পরস্পর মিলিত হয়ে বেলিনির নালি (duct of Bellini) গঠন করে। বেলিনির নালিগুলি রেনাল পিরামিডের শীর্ষভাগে বেলিনির ছিদ্রের মাধ্যমে বৃক্কের পেলভিসে উন্মুক্ত থাকে।



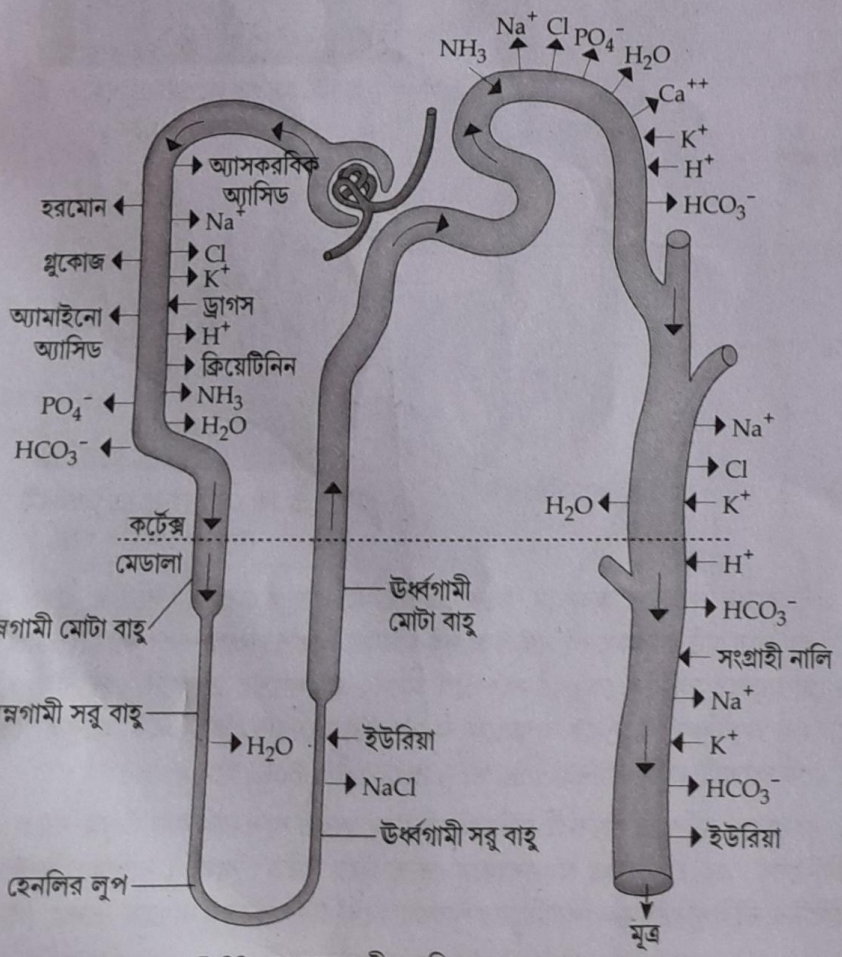
5.17 নেফ্রনের বিভিন্ন অংশের কলাস্থানিক গঠন



5.18 দূরসংবর্ত নালিকার কলাস্থানিক গঠন



5.19 সংগ্রাহী নালিকার কলাস্থানিক গঠন



5.20 নেফ্রনের বৃক্কীয় নালিকায় পুনঃশোষণ

জেনে রাখো

■ **লাডউইগ শান্ট (Ludwig Shunt) ঃ** বৃক্কের মেডালায় যে অন্তর্মুখী রক্তনালি থাকে, তা অনেক সময় সরাসরি গ্লোমেরুলাসে প্রবেশ না করে, রেচন নালির চারপাশে অবস্থিত রক্তজালকের সাথে সরাসরি যুক্ত হয়। এইভাবে যে bypass-এর সৃষ্টি করে তাকে লাডউইগ শান্ট (Ludwig Shunt) বলে।

▶ নেফ্রনের কাজ (Functions of Nephron)

নেফ্রনের প্রধান কাজগুলি হল—

1. পরিস্রুতকরণ বা ফিলট্রেশন (Filtration) ঃ ম্যালপিজিয়ান কণাস্থিত গ্লোমেরুলাস **পরা-পরিস্রাবক** (ultrafilter) রূপে কাজ করে। এটি রক্তের কোলয়েড অংশ ছাড়া বাকি উপাদানগুলিকে পরিস্রুত করে ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলের গহ্বরে পাঠায়।

2. পুনঃশোষণ বা রিঅ্যাবসরপশন (Reabsorption) ঃ বৃক্কীয় নালিকা পরিস্রুত তরলের অধিকাংশ অংশ, বিশেষ করে গ্লুকোজ, অধিকাংশ খনিজ লবণ এবং জলের বেশিরভাগ অংশ পুনরায় শোষণ করে রক্তে ফেরত পাঠায়। **ADH** (অ্যান্টি ডাইইউরেটিক হরমোন) জলের পুনঃশোষণ ক্রিয়ায় সাহায্য করে।

3. টিউবিউলার সিক্রেশন বা ক্ষরণ (Tubular secretion) ঃ বৃক্ক নালিকা বিশেষ কয়েকটি পদার্থ ক্ষরণ করে নালিকাগহ্বরে মুক্ত করে। এই পদার্থগুলি হল প্রধানত সালফার ঘটিত যৌগ, ক্রিয়েটিনিন, বিভিন্ন রকম জৈব অ্যাসিড।

4. **নতুন পদার্থ উৎপাদন (Manufacture of new materials) ঃ** বৃক্কনালিকার এপিথেলীয় কোশে নানারকমের যৌগ উৎপন্ন হয়ে নালিকাগহ্বরে মুক্ত হয়। এই পদার্থগুলি হল—অ্যামোনিয়া, বেঞ্জোইক অ্যাসিড, হিপ্পিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

▶ নেফ্রনের বিভিন্ন অংশের কাজ (Functions of different parts of Nephron)

নেফ্রনের বিভিন্ন অংশের কাজগুলি হল—

1. ম্যালপিজিয়ান কণার কাজ

ম্যালপিজিয়ান কণার গ্লোমেরুলাস পরা-পরিস্রাবকরূপে (ultra filtration) কাজ করে। এখানে রক্ত পরিস্রুত হয়। কেলাসাকার পদার্থ কোলয়েড পদার্থ থেকে চাপ প্রয়োগের মাধ্যমে পৃথক হয়। অন্তর্মুখী ধমনিকা অপেক্ষা বহির্মুখী ধমনিকার ব্যাস কম হওয়ায় গ্লোমেরুলাস অঞ্চলে রক্তচাপ বৃদ্ধি পায়, ফলে গ্লোমেরুলাসস্থিত রক্তের প্রোটিনবিহীন অংশ পরিস্রুত হয়ে বৃক্কীয় নালিতে আসে।

প্রাপ্তবয়স্ক লোকের গ্লোমেরুলাসে পরিস্রাবণ হার (Glomerular Filtration Rate = GFR) মিনিটে 125 ml, ঘণ্টায় 7.5 লিটার এবং দিনে প্রায় 180 লিটার। অপরপক্ষে প্রতিদিন মূত্র উৎপাদনের হার 1.5 লিটার। সুতরাং 168.5 লিটার পরিস্রুত তরল বৃক্কনালিতে পুনঃশোষিত হয়।

গ্লোমেরুলাসের পরিস্রাবণ যেসব কারণগুলির ওপর নির্ভরশীল তা হল—(i) রক্তজালিকার অভ্যন্তরস্থ চাপ, (ii) প্লাজমা প্রোটিনের অভিস্রবণ চাপ, (iii) ব্যোওম্যান ক্যাপসুলের অভ্যন্তরীণ চাপ এবং (iv) পরিস্রাবণ ঝিল্লির ভেদ্যতা।

○ পরাপরিস্রাবণ সম্পর্কে ধারণা (General idea about Ultrafiltration) ঃ

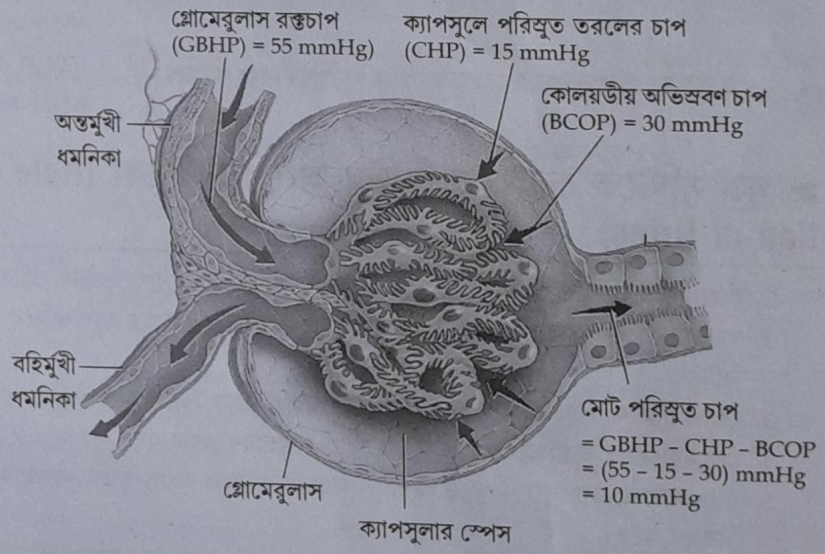
■ **পরাপরিস্রাবণের সংজ্ঞা (Definition of Ultrafiltration) ঃ** *যে প্রক্রিয়ায় অর্ধভেদ্য পর্দার মধ্য দিয়ে দ্রবণের কেলাস পদার্থকে কোলয়েড পদার্থ থেকে চাপ প্রয়োগের দ্বারা পৃথক করা হয় তাকে পরা-পরিস্রাবণ বা আলট্রাফিলট্রেশন বলে।*

■ **পরিস্রাবণ ঝিল্লি (Filtering membrane) ঃ** *ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলের ভিসেরাল স্তর গ্লোমেরুলাস রক্তজালকের অন্তঃআবরণী এবং এদের মধ্যবর্তী ভিত্তিঝিল্লি নিয়ে গঠিত পর্দাকে পরিস্রাবণ ঝিল্লি বলে।*

■ **পরা-পরিস্রাবণ প্রক্রিয়া (Process of Ultrafiltration) ঃ** পরা-পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে প্লাজমা প্রোটিন ছাড়া প্রায় সব উপাদানই পরিস্রুত হয়ে ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলে নীত হয়। গ্লোমেরুলার জালকের মধ্য দিয়ে সেই পরা-পরিস্রাবণ চাপই গ্লোমেরুলার পরিস্রাবণের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তির জোগান দেয়। গ্লোমেরুলার পরা-পরিস্রাবণের জন্য প্রয়োজনীয় যে চাপগুলি সৃষ্টি হয় সেগুলি হল—

(i) সাহায্যকারী চাপ ঃ গ্লোমেরুলার জালকস্থিত জলস্তম্ভের চাপ বা P_{GC} যার মান 45 mmHg।

(ii) বাধাদানকারী চাপ ঃ (a) ব্যোওম্যান ক্যাপসুলস্থিত জলস্তম্ভের চাপ বা P_{BS} যার মান 10 mmHg। (b) গ্লোমেরুলার জালকাস্থিত অভিস্রবণীয় চাপ বা π_{GE} যার স্বাভাবিক মান 25 mmHg। (c) ব্যোওম্যান ক্যাপসুলজনিত অভিস্রাবণীয় চাপ বা π_{BS}। যেহেতু, গ্লোমেরুলার পরিস্রুতের মধ্যে কোনো প্রোটিন থাকে না, তাই এর স্বাভাবিক মান 0 হয়।



5.21 ম্যালপিজিয়ান কণায় পরা-পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় মূত্র উৎপাদন

সুতরাং, স্বাভাবিক অবস্থায় মোট প্রয়োজনীয় পরিস্রাবণ চাপের মান বা **Effective Filtration Pressure** (EFP)

$= [(P_{GC} - P_{BS}) - (\pi_{GC} - \pi_{BS}) = P_{GC} - (\pi_{GC} + P_{BS} + \pi_{BS})$

$= [45 - (25 + 10 + 0)] = 45 - 35 = 10$ mmHg।

এই EFP থেকে গ্লোমেরুলার পরা-পরিস্রাবণ হার বা Glomerular Filtration Rate (GFR)-এর মান জানা যায় নিম্নলিখিত উপায়ে—

$GFR = K_f [(P_{GC} - P_{BS}) - (\pi_{GC} - \pi_{BS})]$

$\therefore GFR = K_f \times EFP$

এখানে K_f হল পরিস্রাবণ ধ্রুবক (filtration co-efficient) যার স্বাভাবিক মান 12.5 $m^2/min/mmHg$।

$\therefore GFR = (12.5 \times 10)$ ml/min = 125 ml/min

সুতরাং ফিলট্রেশন ফ্র্যাকশন (Filtration Fraction or FF) $= \frac{GFR}{RBF} = \frac{125\,ml/min}{650\,ml/min} \times 100 = 20\%$ (approx)

EFP = [GCP - (COP + HP)] mmHg = [75 - (30 + 20)] mmHg = 25 mmHg

GCP = গ্লোমেরুলার ক্যাপিলারি প্রেসার, COP = কোলয়ডাল অসমোটিক প্রেসার, CHP = ক্যাপসুলার হাইড্রোস্ট্যাটিক প্রেসার

যেখানে, GFR = Glomerular Filtration Rate

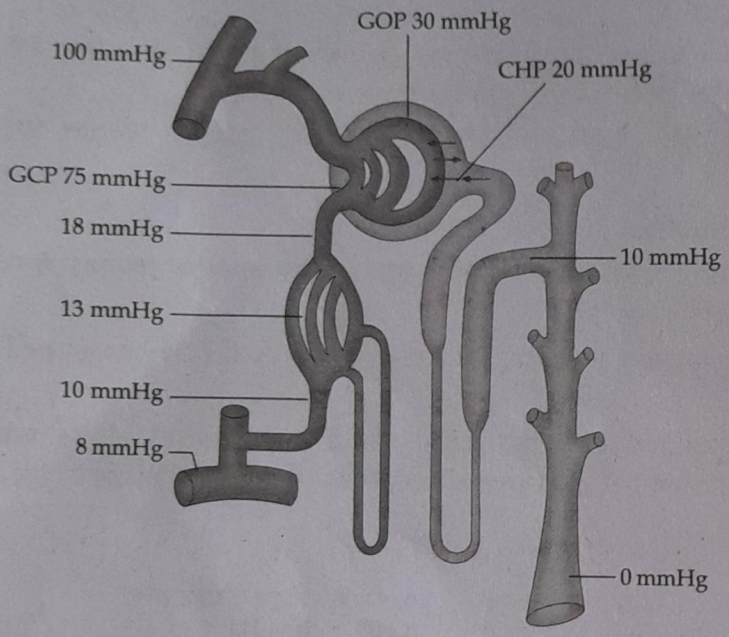
RBF = Renal Blood Flow

FF-এর মান থেকে আমরা জানতে পারি যে, সাধারণত বৃক্কে প্রবাহিত রক্তের বা রেনাল প্লাজমার মাত্র 20% পরিস্রুত হয়।

অর্থাৎ প্রতি মিনিটে গ্লোমেরুলাস দ্বারা 125 ml তরল পরিস্রুত হয়। সুতরাং 24 ঘণ্টায় গড়ে প্রায় 180 লিটার তরল পরিস্রুত হয়ে ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলে আসে। একে ক্যাপসুলের পরিস্রুত (Filtration of Capsule) বলে।

2. পরাসংবর্ত নালিকার কাজ

ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলে সংগৃহীত পরিস্রুত তরল বৃক্কীয় নালিকার পরাসংবর্ত নালিতে প্রবেশ করলে তার কয়েকটি প্রয়োজনীয় পদার্থ পুনঃশোষিত হয়ে রক্তে ফিরে আসে। এইসব পদার্থগুলি হল—গ্লুকোজ, অ্যামাইনো অ্যাসিড, সোডিয়াম, ফসফেট। পুনঃশোষণ প্রক্রিয়াটি সাধারণ ব্যাপন এবং বাহক নির্ভর পদ্ধতিতে সম্পন্ন হয়। পুনঃশোষণ সক্রিয় ও নিষ্ক্রিয় পদ্ধতিতে সম্পন্ন হয়। গ্লুকোজ, অ্যামাইনো অ্যাসিড, Na^+, K^+, Cl^-, ফসফেট, সালফেট ইত্যাদি সক্রিয় পদ্ধতিতে এবং জল, ইউরিয়া ইত্যাদি নিষ্ক্রিয় পদ্ধতিতে শোষিত হয়।



5.22 মূত্র উৎপাদনকালে নেফ্রনের বিভিন্ন অংশের চাপের পরিমাণ

3. হেনলির লুপের কাজ

হেনলির লুপের অধোগামী বাহুতে জল এবং ঊর্ধ্বগামী বাহুতে সোডিয়াম আয়ন পুনঃশোষিত হয়। হেনলির লুপের জল পুনঃশোষণকে **Obligatory Reabsorption** বলে।

4. দূরসংবর্ত নালিকার কাজ

এখানে সামান্য পরিমাণ সোডিয়াম আয়ন এবং জলের পুনঃশোষণ ঘটে। ADH-এর প্রভাবে জলশোষণ এই অঞ্চলে ঘটে। শোষণ ছাড়া এই অংশে ক্ষরণ ও রেচনও ঘটে। এইরূপ জল শোষণকে **Facultative reabsorption** বলে।

5. সংগ্রাহী নালিকার কাজ

পরিস্রুতকরণ ও পুনঃশোষণের পর বাকি তরল ক্ষরিত ও রেচিত পদার্থসহ মূত্ররূপে এই অঞ্চলে সংগৃহীত হয়ে বেলিনির নালিতে প্রবেশ করে। সাধারণত ADH-এর প্রভাবে এখানে জলশোষণ ঘটে থাকে।

▶ মূত্র সৃষ্টিতে নেফ্রনের বিভিন্ন অংশের ভূমিকা (Role of different parts of Nephron of formation of Urine)

1. অন্তর্মুখী ধমনিকার ব্যাস বহির্মুখী ধমনিকার ব্যাস অপেক্ষা বেশি হওয়ায় গ্লোমেরুলাসের রক্তচাপ বাড়ে। ফলে রক্তের পরিস্রুতকরণ সহজ হয়।
2. ল্যাসিস কোশগুলি সংকোচনশীল হওয়ায় গ্লোমেরুলাসের রক্তবাহের ব্যাস কমিয়ে রক্তচাপকে বাড়ানো যায়। রক্তচাপ বেড়ে যাওয়ার ফলে পরিস্রুতকরণ ঘটে।
3. ব্যোওম্যান ক্যাপসুলের পোডোসাইট কোশে মাঝে মাঝে ছিদ্র থাকায় পরিস্রাবণ ক্রিয়া সহজে ঘটে।
4. গ্লোমেরুলাসের অন্তঃআবরণী ছিদ্রাল হওয়ায় পরিস্রাবণ সহজ হয়।
5. ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলের গহ্বর প্রসারিত হওয়ায় পরিস্রুত তরল সংগ্রহ সহজ হয় এবং এই তরলের উদ্‌স্থৈতিক চাপ কার্যকারী পরিস্রাবক চাপকে নিয়ন্ত্রণ করে।
6. পরাসংবর্ত নালিকা কুণ্ডলীকৃত থাকায় শোষণতল বৃদ্ধি পায় এবং দূরসংবর্ত নালিকা কুণ্ডলীকৃত হওয়ার জন্য পুনঃশোষণ সহজ হয়।

জেনে রাখো

- **থ্রেশোল্ড পদার্থ (Threshold substances) :** পরিস্রুত তরলের যেসব পদার্থ বৃক্কীয় নালিকায় সম্পূর্ণরূপে পুনঃশোষিত হয়ে রক্তে ফিরে আসে তাদের থ্রেশোল্ড পদার্থ বলে। যেমন—গ্লুকোজ, পটাশিয়াম ইত্যাদি।
- **লো-থ্রেশোল্ড পদার্থ (Low-threshold substances) :** পরিস্রুত তরলের যেসব পদার্থ আংশিকভাবে শোষিত হয় তাদের লো-থ্রেশোল্ড পদার্থ বলে। যেমন—ইউরিয়া, ইউরিক অ্যাসিড, ফসফেট ইত্যাদি।
- **নন-থ্রেশোল্ড পদার্থ (Non-threshold substances) :** পরিস্রুত তরলের যেসব পদার্থ বৃক্কীয় নালিকায় মোটেই পুনঃশোষিত হয় না তাদের নন-থ্রেশোল্ড পদার্থ বলে। যেমন—ক্রিয়েটিন, সালফেট ইত্যাদি।

■ নেফ্রনের বিভিন্ন অংশের কাজের সারণি (Brief description of different parts of Nephron) ■

নেফ্রনের অংশ	কাজ	বস্তুর নাম
1. গ্লোমেরুলাস	পরা-পরিস্রাবকরূপে কাজ করে।	কোলয়েড অংশ ছাড়া রক্তের প্লাজমা।
2. ব্যোওম্যানের ক্যাপসুল	এর ভিসেরাল স্তর পরা-পরিস্রাবক অঙ্গরূপে কাজ করে এবং পরিস্রুত তরল সংগ্রহ করে ও তাকে বৃক্কীয় নালিতে প্রেরণ করে।	রক্তের পরিস্রুত তরল।
3. বৃক্কীয় নালিকা		
(i) পরাসংবর্ত নালিকা	সক্রিয় শোষণ	গ্লুকোজ, অ্যামাইনো অ্যাসিড, ফসফেট, K^+, Na^+।
	নিষ্ক্রিয় শোষণ	জল, Cl^-, HCO_3^-, $NaHCO_3$ এবং স্বল্প পরিমাণ (10%) ইউরিয়া ও ইউরিক অ্যাসিড।
	ক্ষরণ	ক্রিয়েটিনিন, হিপ্পিউরিক অ্যাসিড, রঞ্জক, পেনিসিলিনসহ ড্রাগস, H^+ ও NH_3।
(ii) হেনলির লুপ	সক্রিয় শোষণ	K^+, Na^+, Cl^-, ইউরিয়া, Ca^{+2}, Mg^{+2}।
	নিষ্ক্রিয় শোষণ	জল।
	ক্ষরণ	ইউরিয়া।
(iii) দূরসংবর্ত নালিকা	শোষণ	জল, Na^+।
	ক্ষরণ	H^+, K^+, NH_3।
4. সংগ্রাহী নালিকা	সক্রিয় শোষণ	K^+।
	নিষ্ক্রিয় শোষণ	জল, Na^+।
	ক্ষরণ	K^+, H^+, HCO_3^-, NH_3।
	পরিস্রুত ও পুনঃশোষিত তরল সংগ্রহ করে গবিনীতে প্রেরণ।	

5.5 মূত্র উৎপাদন পদ্ধতি (Mechanism of Urine Formation)

মানবদেহে মূত্র উৎপাদন প্রণালী সম্পর্কে লাডউইগ (Ludwig), ব্যোওম্যান (Bowman), স্টার্লিং (Starling) প্রমুখ বিজ্ঞানীরা ভিন্ন ভিন্ন মত পোষণ করেন। বিজ্ঞানী কুশনি (Cushney) মূত্র উৎপাদন সম্পর্কে যে সর্বাধুনিক মতবাদ প্রকাশ করেছেন তা তিনটি স্বতন্ত্র তত্ত্বের সমন্বয়ে গঠিত। তত্ত্বগুলি নীচে দেওয়া হল—

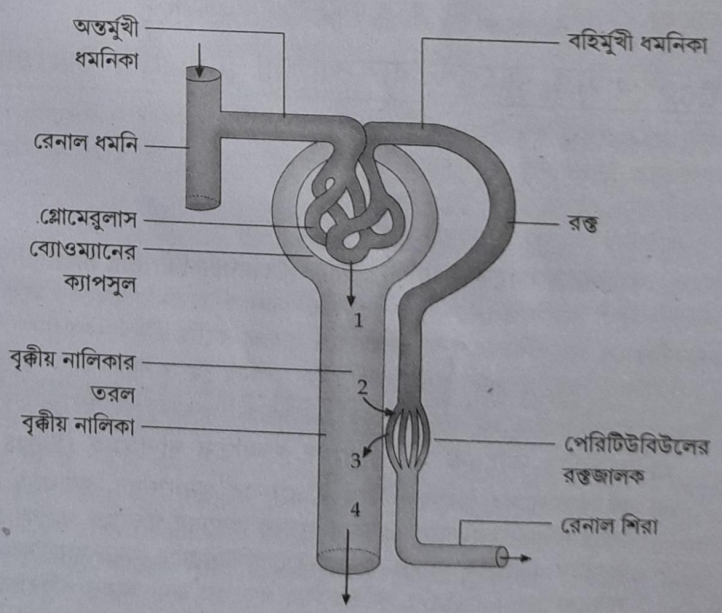
মূত্র উৎপাদন তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত, যথা—1. গ্লোমেরুলাসে পরাপরিস্রাবণ, 2. বৃক্কীয় নালিকার পুনর্বিশোষণ এবং 3. বৃক্কনালিকার ক্ষরণ।

1. গ্লোমেরুলাসে পরাপরিস্রাবণ (Glomerular Ultrafiltration)

প্রতি মিনিটে বৃক্কের মাধ্যমে 125 ml রক্ত পরিস্রুত হয়। অন্তর্মুখী ধমনিকা (afferent arteriole) দিয়ে রক্ত গ্লোমেরুলাসে আসে। অন্তর্মুখী ধমনিকা অপেক্ষা গ্লোমেরুলাসে জালকের প্রাচীরের ব্যাস খুব কম হওয়ায় গ্লোমেরুলাসে রক্তচাপ বেড়ে যায়, ফলে রক্তের জলীয় অংশ পরিস্রুত হয়ে ব্যোওমানের ক্যাপসুলের গহ্বরে প্রবেশ করে। গ্লোমেরুলার পরিস্রুত তরলে জল এবং জলে দ্রবীভূত পদার্থ যেমন—ইউরিয়া, ইউরিক অ্যাসিড, ক্রিয়েটিনিন, অ্যামাইনো অ্যাসিড, গ্লুকোজ, সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ভিটামিন ইত্যাদি থাকে। কিন্তু প্রোটিন ও ফ্যাট থাকে না।

2. বৃক্কীয় নালিকার পুনর্বিশোষণ (Tubular re-absorption)

ব্যোওম্যানের ক্যাপসুল থেকে পরিস্রুত তরল পরাসংবর্ত নালিকায় প্রবেশ করে। এখানে পরিস্রুত তরলের নির্বাচিত পদার্থ পুনর্বিশোষিত হয়ে রক্তে



5.23 মূত্র উৎপাদনের চারটি ধাপের সরল চিত্র
1. গ্লোমেরুলার পরিস্রুতকরণ, 2. বৃক্কীয় পুনঃশোষণ, 3. বৃক্কের ক্ষরণ, 4. রেচন

প্রবেশ করে। পুনর্বিশোষণ সক্রিয় ও নিষ্ক্রিয় পরিবহণ পদ্ধতিতে সম্পন্ন হয়। বৃক্ক নালিকার বিভিন্ন অংশে যেসব পদার্থের পুনর্বিশোষণ সম্পন্ন হয় তা হল—

(a) **পরাসংবর্ত নালিকা (In proximal convoluted tubule) :** এখানে পরিস্রুত তরলের প্রায় 60% পুনর্বিশোষিত হয়, গ্লুকোজ, অ্যামাইনো অ্যাসিড, ভিটামিন, হরমোন, সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্লোরাইড, ফসফেট, বাইকার্বনেট, জল এবং কিছুটা ইউরিয়া এই অংশে পুনর্বিশোষিত হয়।

(b) **হেনলির লুপ (Loop of Henle) :** এখানে সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালশিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, ক্লোরাইড ইত্যাদি পুনর্বিশোষিত হয়।

(c) **দূরসংবর্ত নালিকা (Distal convoluted tubule) :** এখানে সোডিয়াম, পটাশিয়াম, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন আয়ন পুনর্বিশোষিত হয়। অ্যাল্ডোস্টেরন হরমোন এই প্রক্রিয়ায় সাহায্য করে। অপরপক্ষে ADH জলের পুনর্বিশোষণে সাহায্য করে। এই কারণে ADH ক্ষরণ হ্রাস পেলে জলের পুনর্বিশোষণ হয় না ফলে বহুমূত্র বা ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস রোগ হয়।

(d) **সংগ্রাহী নালিকা (Collecting tubules) :** ADH-এর প্রভাবে এখানে প্রধানত জল পুনর্বিশোষিত হয়। এ ছাড়া অল্প পরিমাণ সোডিয়াম আয়ন অ্যাল্ডোস্টেরনের প্রভাবে পুনর্বিশোষিত হয়। পুনর্বিশোষণের পর পরিস্রুত তরল গাঢ় হয়ে মূত্রে পরিণত হয় এবং বৃক্ক নালিকা থেকে গবিনীতে প্রবেশ করে।

3. টিউবিউলার ক্ষরণ (Tubular secretion)

পুনর্বিশোষণ কালেই বৃক্কনালিকার গাত্র থেকে কয়েকটি পদার্থ ক্ষরিত হয়ে মূত্রে মেশে। এইসব ক্ষরিত পদার্থগুলি হল—ক্রিয়েটিনিন, হিপ্পিউরিক অ্যাসিড, H^+, অ্যামোনিয়া, ইউরিয়া, পটাশিয়াম, অ্যামোনিয়া, HCO_3^- ইত্যাদি।

সুতরাং গ্লোমেরুলাসে পরিস্রুত হয়ে ক্ষরিত পদার্থ সহ অপেক্ষাকৃত গাঢ় যে জলীয় তরল সংগ্রাহী নালিতে জমা হয় তাকে মূত্র (urine) বলে।

■ **টিউবিউলার পুনর্বিশোষণ ও টিউবিউলার ক্ষরণের পার্থক্য (Differences between Tubular Reabsorption and Tubular Secretion)** ■

টিউবিউলার পুনর্বিশোষণ	টিউবিউলার ক্ষরণ
1. এক্ষেত্রে পরিস্রুত তরল থেকে কয়েকটি নির্বাচিত পদার্থসমূহের রক্তজালকের রক্তে প্রবেশ ঘটে।	1. এক্ষেত্রে রক্ত থেকে কয়েকটি নির্বাচিত পদার্থের অপসারণ ঘটে এবং বৃক্কনালিকায় ক্ষরিত হয়।
2. এই প্রক্রিয়ায় পুনর্বিশোষিত পদার্থগুলি হল—গ্লুকোজ, অ্যামাইনো অ্যাসিড, অজৈব আয়ন (Na^+, K^+, Cl^-), জল, ভিটামিন ইত্যাদি।	2. এই প্রক্রিয়ায় ক্ষরিত পদার্থগুলি হল—অ্যামোনিয়া, ইউরিয়া, ইউরিক অ্যাসিড, ক্রিয়েটিনিন, হিপ্পিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।
3. এটি সরল, সুগম (facilitated) ব্যাপন ও সক্রিয় পরিবহণ প্রক্রিয়ায় ঘটে।	3. এটি কেবল সক্রিয় পরিবহণ পদ্ধতিতে ঘটে।

▶ গ্লোমেরুলাসের পরিস্রাবণের ওপর প্রভাব বিস্তারকারী ফ্যাক্টর

1. বৃক্কের রক্তপ্রবাহের পরিবর্তন। 2. গ্লোমেরুলাসের রক্তজালিকার রক্তচাপের পরিবর্তন। 3. ব্যোওম্যান ক্যাপসুলের জলচাপের পরিবর্তন। 4. প্লাজমা প্রোটিনের গাঢ়ত্বের পরিবর্তন। 5. বিভিন্ন কোশে গ্লোমেরুলাসের ঝিল্লির ভেদ্যতার পরিবর্তন। 6. গ্লোমেরুলাসের রক্তজালিকা স্থানের মোট ক্ষেত্রফলের হ্রাস।

▶ কাউন্টার কারেন্ট ব্যবস্থাপনা (Counter Current System)

কাউন্টার কারেন্ট কথাটির অর্থ হল—দুটি পাশাপাশি অবস্থিত নালিপথের মধ্য দিয়ে দুটি বিপরীতমুখী তরল প্রবাহ। সাধারণত বৃক্কে রক্তের পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে উৎপন্ন লঘু ও গাঢ় মূত্র উৎপাদনে এই পদ্ধতি সক্রিয়ভাবে অংশগ্রহণ করে। দেহে রক্তের pH, জল ও ইলেকট্রোলাইটের যথাযথ সমতা বজায় রাখার জন্য এই পদ্ধতির গুরুত্ব অপরিসীম।

কাউন্টার কারেন্ট সিস্টেমটি মূলত দুই প্রকারের—

1. কাউন্টার কারেন্ট মাল্টিপ্লায়ার (Counter Current Multiplier) : বৃক্কের নেফ্রনের হেনলির লুপ অংশটিতে এই পদ্ধতিটি লক্ষণীয়। উক্ত পদ্ধতির দ্বারা বৃক্কস্থিত নেফ্রনগুলি বৃক্কস্থিত তরল ও প্লাজমার তরলের মধ্যে শক্তি ব্যয়ের মাধ্যমে গাঢ়ত্বের পার্থক্য গড়ে তোলে। এই গাঢ়ত্বের পার্থক্যই পরবর্তীকালে পরাপরিস্রাবণে বা পরিস্রাবণে সাহায্য করে। এই ব্যবস্থাপনার ফলে দেহে রক্তের pH তথা জল ও আয়নের ভারসাম্য বজায় থাকে।

কাউন্টার কারেন্ট মাল্টিপ্লায়ারের সাহায্যে কর্টেক্স থেকে প্যাপিলিতে অভিস্রবণীয় গাঢ়ত্ব 300 mOsM/L থেকে 1200 mOsM/L হয়ে থাকে। এই উচ্চ অভিস্রবণীয় গাঢ়ত্বের জন্য ইউরিয়া চক্রাকারে উৎপাদিত হয় ও মূত্র উৎপাদন সম্ভব হয়।

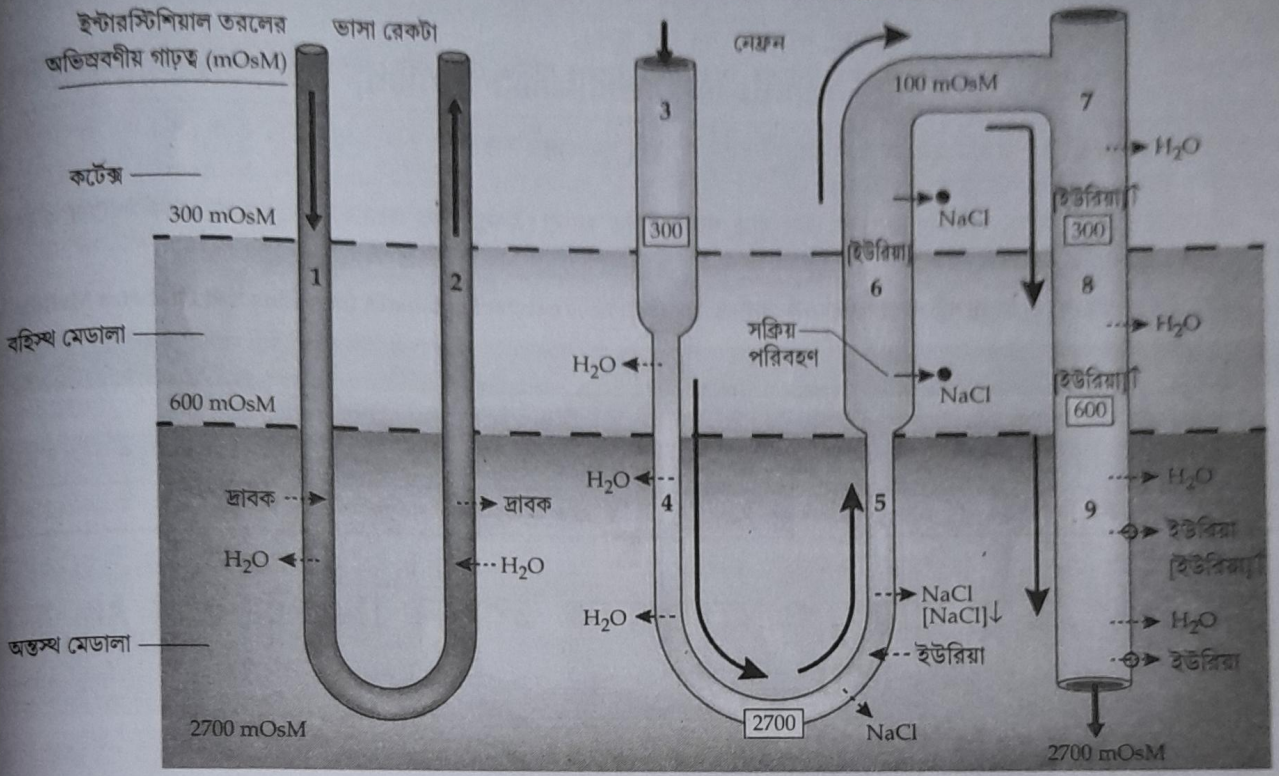
○ কাউন্টার কারেন্ট মাল্টিপ্লায়ার পদ্ধতির ধাপসমূহ (Steps of Counter Current Multiplier Mechanism) :

(a) হেনলির লুপের ঊর্ধ্ববাহু দিয়ে NaCl-এর পুনঃশোষণ সাধারণত Na^+, K^+, $2Cl^-$ সহায়ক পদ্ধতি দ্বারা সম্ভব হয়। ফলে এই পুনঃশোষণ ইন্টারস্টিশিয়ামের সাথে হেনলির লুপের তরলের গাঢ়ত্বের পার্থক্য গড়ে তোলে (200 mOsM/L) কারণ এই অবস্থায় প্যারাসেলুলার ব্যাপন পদ্ধতির দ্বারা কিছু আয়ন পুনরায় ইন্টারস্টিশিয়ামে ফিরে যায়, যা আয়নের পরিবহণের সমতা বজায় রাখতে সাহায্য করে এবং এই পদ্ধতির সাহায্যে 200 mOsM/L অভিস্রবণীয় গাঢ়ত্বের জন্য আয়ন পরিবহণ ও হেনলির লুপের গহ্বরের মধ্য দিয়ে আয়নের নির্গমন বজায় থাকে।

(b) যে মূত্র উৎপন্ন হল সেটি হেনলির লুপের দূরবর্তী বাহুর মধ্যে থাকা অবস্থায় ইন্টারস্টিশিয়ামে থাকা তরলের অভিস্রবণীয় গাঢ়ত্বের সাথে সমান। এমনকি যে পরিমাণ তরল হেনলির লুপের মধ্য দিয়ে নির্গত হয়, সেই তরলের সাথেও উক্ত ফিলট্রেটের অভিস্রবণীয় গাঢ়ত্ব সমান হয়।

(c) এরপর যে তরল আমরা পাই তা লঘু মূত্র হিসাবে থাকে, যা হেনলির লুপের ঊর্ধ্ব বাহুতে NaCl-এর পরিবহণ দ্বারা আরও গাঢ় হয় এবং ইন্টারস্টিশিয়ামের সাথে তার অবিস্রবণীয় গাঢ়ত্বের পার্থক্য আরও বাড়তে থাকে।

(d) হেনলির লুপের নলাকার গঠনের প্রকৃতি ওর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত দুটি তরলের অভিমুখ পরিবর্তনের জন্য দায়ী, ফলে এটি কাউন্টার কারেন্ট পদ্ধতির দ্বারা কর্টিকো মেডুলারি অংশে 300-1200 mOsM/L গাঢ়ত্বের পার্থক্য বজায় রাখতে সাহায্য করে।



5.24 কাউন্টার কারেন্ট ব্যবস্থাপনা ঃ 1. উর্ধ্বমুখী ভাসা রেক্টা, 2. নিম্নমুখী ভাসা রেক্টা, 3. নিকটবর্তী নালি, 4. নিম্নমুখী সরু বাহু, 5. উর্ধ্বমুখী সরু বাহু, 6. উর্ধ্বমুখী মোটা বাহু, 7. কর্টিকাল সংগ্রাহী নালিকা, 8. বহিস্থ মেডুলারি সংগ্রাহী নালিকা, 9. মধ্যস্থ মেডুলারি সংগ্রাহী নালিকা

2. কাউন্টার কারেন্ট এক্সচেঞ্জার (Counter Current Exchanger) ঃ হেনলির লুপ অংশে ভাসা রেক্টা কাউন্টার কারেন্ট এক্সচেঞ্জার হিসেবে কাজ করে। এই কাউন্টার কারেন্ট এক্সচেঞ্জার পদ্ধতির জন্য কর্টিকোক্যাপিলারি অংশে অভিস্রবণীয় গাঢ়ত্ব বজায় থাকে। এর ফলে গ্লোমেরুলার ফিলট্রেট যতই বৃক্কের কর্টেক্স অংশে যেতে থাকে, ততই এর গাঢ়ত্ব কমতে থাকে এবং এটি প্রায় 100 mOsM/L হয়।

○ কাউন্টার কারেন্ট এক্সচেঞ্জার পদ্ধতির ধাপসমূহ (Steps of Counter Current Exchanger Mechanism) ঃ

(a) নেফ্রনের ভাসা রেক্টায় দ্রাব ও দ্রাবক উভয়ই ভেদ্য হওয়ায়, জল অভিস্রবণীয় নতিমাত্রা দ্বারা ও NaCl গাঢ়ত্বের নতিমাত্রার দ্বারা ব্যাপন ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। রক্ত ভাসা রেক্টার নিম্নবাহুতে -300 mSoM/L ও ঊর্ধ্ববাহুতে -325 mSoM/L অভিস্রবণীয় গাঢ়ত্ব সৃষ্টি করে। এর থেকে বোঝা যায় যে রক্ত যখন মেডালা থেকে বেরিয়ে যায় তখন তার মধ্যে দ্রাব অণুর গাঢ়ত্ব সামান্য বেশি থাকে। এই গাঢ়ত্বের পার্থক্য বেশিরভাগ দ্রাবকে ইন্টারস্টিশিয়ামে থেকে যেতে বাধ্য করে।

(b) মূত্রের অসমোলারিটি যদিও ভাসা রেক্টায় প্রবাহিত রক্তের ব্যস্তানুপাতী। কারণ যদি রক্তের প্রবাহ বৃদ্ধি পায়, তাহলে ইন্টারস্টিশিয়ামের সাথে মূত্রের গাঢ়ত্বের পার্থক্য বাড়তে থাকে, ফলে বেশিরভাগ আয়ন মূত্রের মাধ্যমে বেরিয়ে যায় এবং মেডুলারি তরলে গাঢ়ত্ব কমতে থাকে। এই অবস্থায় গ্লোমেরুলার ফিলট্রেটের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পেয়ে 100 mOsM/L থেকে 300 mOsM/L হয়।

5.6 ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস বা বহুমূত্র (Diabetes Insipidus)

পশ্চাৎ পিটুইটারি থেকে নিঃসৃত ADH-এর কম ক্ষরণের ফলে বৃক্কনালিতে জলের পুনর্বিশোষণ হ্রাস পায়। ফলে মূত্রের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং বহুমূত্র বা ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস রোগ দেখা দেয়। ADH বৃক্কে জলের পুনর্বিশোষণ ঘটিয়ে মূত্র উৎপাদন হ্রাস করে। প্রধানত বৃক্কনালি ও সংগ্রাহী নালিতে জলের পুনর্বিশোষণ ঘটে থাকে। ADH বৃক্কনালির কোশমধ্যস্থ হায়ালুরোনিডেজ (hyaluronidase) উৎসেচকের পরিমাণ বৃদ্ধি করে যা কোশ মধ্যবর্তী ভিত্তিপদার্থের ভেদ্যতার পরিবর্তন ঘটায়। এ ছাড়া ADH বৃক্কনালির আবরণীকলায় সাইক্লিক AMP (cAMP)-এর পরিমাণ বৃদ্ধি করে। সাইক্লিক AMP নালিকার কোশে হায়ালুরোনিডেজ উৎপাদন বৃদ্ধি করে কোশের জল ভেদ্যতা বৃদ্ধি করে।

সুতরাং ADH-এর ক্ষরণ কমে গেলে বৃক্কনালিকায় জলের পুনর্বিশোষণ হ্রাস পেতে থাকে। সঙ্গে সঙ্গে বৃক্কের মূত্র উৎপাদন বেড়ে যায় এবং বহুমূত্র রোগ দেখা দেয়।

সংজ্ঞা (Definition) ঃ *পশ্চাৎ পিটুইটারি থেকে ADH ক্ষরণ কমে গেলে বা বন্ধ হয়ে গেলে বৃক্কনালিকায় জল শোষণ ব্যাহত হয় এবং মূত্রের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, ফলে অধিক পরিমাণে মূত্রত্যাগ ঘটে। এই অবস্থাকে বহুমূত্র বা ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস বলে।*

রোগলক্ষণ (Symptom of disease) ঃ ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস রোগের প্রধান লক্ষণগুলি হল—

1. **পলিইউরিয়া (Polyuria) ঃ** বারবার অধিক পরিমাণে শর্করাবিহীন তরল মূত্র ত্যাগ।
2. **পলিডিপসিয়া (Polydepsia) ঃ** প্রচণ্ড পিপাসা, ফলে ঘন ঘন জল পান।
3. **ডিহাইড্রেশন (Dehydration) ঃ** ঘন ঘন মূত্র ত্যাগের ফলে দেহে জলের ঘাটতি দেখা দেয়। তখন গলা, জিহ্বা, ওষ্ঠ ইত্যাদির মিউকাস পর্দা শুকিয়ে যায়।
4. **নকচুরিয়া (Nocturia) ঃ** ঘন ঘন মূত্র ত্যাগের কারণে রাতে বারবার ঘুম ভেঙে যায়।
5. **এনুরেসিস (Enuresis) ঃ** অনৈচ্ছিক মূত্র নির্গমন।

উল্লেখ্য, এই রোগে রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ বাড়ে না এবং মূত্রে শর্করা নির্গত হয় না। ইনসুলিনের অভাবে যে বহুমূত্র হয় তাকে মধুমেহ বা ডায়াবেটিস মেলিটাস (Diabetes mellitus) বলে।

■ **ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস ও ডায়াবেটিস মেলিটাসের পার্থক্য (Differences between Diabetes Incipidus and Diabetes Mellitus)** ■

ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস	ডায়াবেটিস মেলিটাস
1. এটি ADH-এর কম ক্ষরণের ফল।	1. এটি ইনসুলিনের কম ক্ষরণের ফল।
2. এতে মূত্রের পরিমাণ অনেক বেশি।	2. এতে মূত্রের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম।
3. এতে মূত্রের সঙ্গে শর্করা নির্গত হয় না।	3. এতে মূত্রের সঙ্গে শর্করা নির্গত হয়।

5.7 মূত্রের স্বাভাবিক ও অস্বাভাবিক উপাদান (Normal and Abnormal Constituents of Urine)

▶ মূত্র কী (What is urine)

মূত্র হল মেরুদণ্ডী প্রাণীদের নাইট্রোজেনযুক্ত জলীয় রেচন পদার্থ। স্বাভাবিক মূত্র স্বচ্ছ, হালকা হলুদ রঙের, ঈষৎ লবণাক্ত, অম্লধর্মী এবং অ্যারোমেটিক গন্ধযুক্ত হয়ে থাকে। যা নেফ্রনের (ম্যালপিজিয়ন কারপাসলের পরা-পরিস্রবণ) বৃক্কীয় নালির পুনঃশোষণ, ক্ষরণের মাধ্যমে সংশ্লিষ্ট হয়ে গবিনী মারফত মূত্রাশয়ে সঞ্চিত থেকে মূত্রনালি মাধ্যমে নির্গত হয়।

▶ মূত্রের বৈশিষ্ট্যাবলি (Characteristics of Urine)

মূত্রের বিশেষ বৈশিষ্ট্যগুলি হল—

1. **বর্ণ (Colour) ঃ** স্বাভাবিক মূত্র ফিকে হলুদ বর্ণের। মূত্রে **ইউরোক্রোম** (Urochrome) নামক রঞ্জক থাকায় মূত্রকে হালকা হলুদ দেখায়। জন্ডিস রোগে মূত্র গাঢ় হলুদ বর্ণ ধারণ করে। তখন মূত্রে পিত্তরঞ্জক (বিলিরুবিন) নির্গত হয়। এ ছাড়া মূত্রের পরিমাণ কমে গেলে, ভিটামিন B_2 গ্রহণ করলেও মূত্র হলুদ হয়। জ্বরের সময় মূত্র পিঙ্গাল বা হলুদ বর্ণ ধারণ করে। যকৃৎ রোগে মূত্র সবুজ বর্ণের হতে পারে। রক্ত উপস্থিত থাকলে মূত্র গাঢ় লাল হয়। মেসোগ্লোবিন-এর উপস্থিতিতে মূত্র বাদামি বর্ণ ধারণ করে।
2. **পরিমাণ (Volume) ঃ** প্রাপ্তবয়স্ক লোকের প্রত্যহ গড়ে 1–1.5 লিটার মূত্র উৎপন্ন হয়। একজন বয়স্ক লোকের মূত্রের পরিমাণ 600–2500 মিলিলিটার। মূত্রের প্রায় অর্ধেকই ঘুমের সময় উৎপন্ন হয়। জলগ্রহণ, খাদ্যের তারতম্য, পরিবেশজাত উষ্ণতা, শারীরিক ও মানসিক অবস্থা ইত্যাদির ওপর মূত্র উৎপাদন নির্ভর করে।
3. **আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity) ঃ** মূত্রের স্বাভাবিক আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.01–1.05। অত্যধিক জলপান করলে মূত্রের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.003-তে নেমে আসে এবং রক্তের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পেলে মূত্রের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.040-তে উঠে আসে।
4. **বিক্রিয়া (Reaction) ঃ** তাজা মূত্র স্বচ্ছ ও অম্লধর্মী হয়। মূত্রের pH 4.5–8.2 পর্যন্ত হতে পারে। 24 ঘণ্টায় সংগৃহীত মিশ্র মূত্রের গড় pH 6। খাদ্য গ্রহণের পরমুহূর্তে ক্ষারীয় হয় (Post Prandial alkaline tide)। উচ্চমাত্রার প্রোটিন এবং আমিষ খাদ্য গ্রহণে মূত্র আম্লিক হয়, কিন্তু নিরামিষ খাদ্যগ্রহণে মূত্র ক্ষারীয় হয়।
5. **গন্ধ (Odour) ঃ** মূত্রের গন্ধ অনেকটা অ্যারোমেটিক (aromatic)। মূত্রে উদ্‌বায়ী জৈব পদার্থের উপস্থিতির জন্য এমন গন্ধ হয়। এ ছাড়া দুর্গন্ধযুক্ত পদার্থ ইউরিনোডের (C_6H_8O) উপস্থিতির জন্য মূত্রে গন্ধ হয়। স্বাভাবিক মূত্রকে ফেলে রাখলে মূত্রে অ্যামোনিয়ার গন্ধ হয়। মূত্রের ইউরিয়া জীবাণুর সংস্পর্শে এসে অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হয়।

জেনে রাখো

- মূত্রের পরিমাণ ঃ 1.5 লিটার 24 ঘণ্টায়
- মূত্রের বর্ণ ঃ হালকা হলুদ
- মূত্রের আপেক্ষিক গুরুত্ব ঃ 1.01–1.05
- মূত্রের গন্ধ ঃ অ্যারোমেটিক গন্ধযুক্ত
- মূত্রের pH ঃ 4.5–8.2 (গড় 6.0)

▶ মূত্রের স্বাভাবিক উপাদান (Normal Constituents of Urine)

মূত্রের অধিকাংশই হল জল। প্রতি লিটার মূত্রে মাত্র 50 গ্রাম কঠিন পদার্থ থাকে। এই কঠিন পদার্থগুলি বিভিন্ন জৈব ও অজৈব উপাদান নিয়ে গঠিত।

1. **জৈব উপাদান (Organic constituents) ঃ** ইউরিয়া, অ্যামোনিয়া, ক্রিয়েটিন, ক্রিয়েটিনিন, প্রোটিন, হিপ্পিউরিক অ্যাসিড, অক্সালিক অ্যাসিড, কিটোন বডি, অ্যালানটোইন, ফেনল, পিউরিন বেস ইত্যাদি।
2. **অজৈব উপাদান (Inorganic constituents) ঃ** সোডিয়াম ও পটাশিয়াম ক্লোরাইড, ফসফরাস, সালফার, ক্যালশিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, আয়োডিন ইত্যাদি।

■ মূত্রের স্বাভাবিক উপাদানগুলিকে নীচের ছকে দেখানো হল ■

জৈব উপাদান (24 ঘণ্টায়)	
(i) নাইট্রোজেন	25-35 গ্রাম
(ii) ইউরিয়া	25-30 গ্রাম
(iii) অ্যামোনিয়া	0.7 গ্রাম
(iv) ইউরিক অ্যাসিড	0.7 গ্রাম
(v) হিপ্পিউরিক অ্যাসিড	0.1–1 গ্রাম
(vi) অ্যামাইনো অ্যাসিড	0.15–0.20 গ্রাম
(vii) অক্সালিক অ্যাসিড	10-30 গ্রাম
(viii) ভিটামিন	0.7 গ্রাম
(ix) ফেনল জাতীয় বস্তু	0.2 গ্রাম
(x) হরমোন, উৎসেচক	সামান্য
(xi) কিটোন বস্তু	সামান্য

অজৈব উপাদান (24 ঘণ্টায়)	
(i) ক্লোরাইড	6-9 গ্রাম
(ii) সোডিয়াম ক্লোরাইড	10-15 গ্রাম
(iii) পটাশিয়াম ক্লোরাইড	25-30 গ্রাম
(iv) সোডিয়াম	4-5 গ্রাম
(v) পটাশিয়াম	2.5-3.0 গ্রাম
(vi) ক্যালশিয়াম	0.1-0.3 গ্রাম
(vii) ম্যাগনেশিয়াম	0.1-0.2 গ্রাম
(viii) সালফেট	0.8-1.4 গ্রাম
(ix) ফসফেট	0.8-1.3 গ্রাম
(x) আয়োডিন	50-250 মাইক্রোগ্রাম
(xi) আর্সেনিক ও সিসা	50 মাইক্রোগ্রাম

জেনে রাখো

- ভূরিভোজনের পর 50 শতাংশ লোকের 100 মিলিলিটার মূত্রে 2.3 মিলিগ্রাম শর্করা পাওয়া যায়। বয়স্কলোকের ক্ষেত্রে প্রতিদিন 15–50 মিলিগ্রাম অ্যাসকরবিক অ্যাসিড রেচিত হয়।

▶ মূত্রের অস্বাভাবিক উপাদান (Abnormal Constituents of Urine)

মূত্রে যেসব অস্বাভাবিক উপাদান সচরাচর দেখা যায় সেগুলি হল—

1. গ্লুকোজ (Glucose) ঃ স্বাভাবিক অবস্থায় প্রত্যহ 1 গ্রামের বেশি গ্লুকোজ মূত্রে নির্গত হয় না—ডায়াবেটিস মেলিটাস রোগে মূত্রে গ্লুকোজ নির্গত হয়। রক্তে গ্লুকোজের মাত্রা 180 mg (100 cc রক্তে) ছাড়িয়ে গেলে মূত্রে গ্লুকোজের উপস্থিতি লক্ষ করা যায়। মূত্রে গ্লুকোজ থাকলে তাকে গ্লুকোসুরিয়া (glucosuria) বা গ্লাইকোসুরিয়া (glycosuria) বলে। গ্লুকোসুরিয়া বিভিন্ন রকমের হয়। যেমন—

(i) **সাময়িক গ্লুকোসুরিয়া (Temporary glucosuria) ঃ** নানাপ্রকার মানসিক আবেগ, দুশ্চিন্তা, অতিরিক্ত শর্করা জাতীয় খাদ্যগ্রহণ ইত্যাদি কারণে।

(ii) **ডায়াবেটিক গ্লুকোসুরিয়া (Diabetic glucosuria) ঃ** ডায়াবেটিস মেলিটাস রোগের ক্ষেত্রে এরূপ গ্লুকোসুরিয়া দেখা যায়।

(iii) **রেনাল গ্লুকোসুরিয়া (Renal glucosuria) ঃ** নেফ্রনে গ্লুকোজের পুনঃশোষণের ত্রুটির ফলে ঘটে।

2. অন্যান্য শর্করা (Other starch) ঃ

(i) ফ্রুক্টোজ বিপাক ব্যাহত হলে মূত্রে ফ্রুক্টোজ নির্গত হয়, একে **ফ্রুক্টোসুরিয়া** (Fructosuria) বলে।

(ii) গর্ভবতী ও স্তন্যদানকারী স্ত্রীলোকদের মূত্রে গ্যালাকটোজ ও ল্যাকটোজ নির্গত হয়। এদের যথাক্রমে **গ্যালাকটোসুরিয়া** (Galactosuria) ও **ল্যাকটোসুরিয়া** (Lactosuria) বলে।

(iii) কুল, জাম, আম, আঙুর, খেজুর ইত্যাদি অত্যধিক পরিমাণে খেলে মূত্রে পেন্টোজ নির্গত হয়। একে **পেন্টোসুরিয়া** (Pentosuria) বলে।

3. প্রোটিন (Protein) ঃ স্বাভাবিক অবস্থায় মূত্রে 20–80 মিলিগ্রামের বেশি প্রোটিন দেখা যায় না। মূত্রে সাধারণত অ্যালবুমিন প্রোটিন নির্গত হয়। মূত্রে প্রোটিনের উপস্থিতিকে **প্রোটিনিউরিয়া/অ্যালবুমিনিউরিয়া** (Proteinuria/Albuminuria) বলে। প্রোটিনিউরিয়া বিভিন্ন রকমের হয়, যেমন—

(a) **শারীরবৃত্তীয় প্রোটিনিউরিয়া (Physiological proteinuria) ঃ** অত্যধিক শ্রমসাধ্য কাজ, অধিক প্রোটিন খাদ্যগ্রহণ প্রভৃতি কারণে মূত্রে 0.5 শতাংশ প্রোটিন নির্গত হয়। স্ত্রীলোকদের গর্ভাবস্থায় অনেকের মূত্রের সঙ্গে প্রোটিন নির্গত হয়।

(b) **বিপাকতন্ত্রীয় প্রোটিনিউরিয়া (Metabolic proteinuria) ঃ** বিভিন্ন বৃক্করোগে মূত্রে প্রোটিন নির্গত হয়। যেমন—বৃক্কীয় স্ক্লেরোসিস (nephrosclerosis), গ্লোমেরুলাসে প্রদাহ (glomerulonephritis) ইত্যাদি।

(c) **বেনস্-জোনস্ প্রোটিনিউরিয়া (Bence Jones proteinuria) ঃ** বিশেষ কয়েকটি রোগে মূত্রে গ্লোবিউলিন জাতীয় প্রোটিন দেখা যায়। যেমন—মালটিমায়েলোমা, লিউকোমিয়া, লিম্ফোসারকোমা, হজকিন রোগ ইত্যাদি।

(d) **অর্থোস্ট্যাটিক প্রোটিনিউরিয়া (Orthostatic proteinuria) ঃ** দীর্ঘক্ষণ দাঁড়ানো বা হাঁটার ফলে মূত্রে প্রোটিনের নির্গমন বৃদ্ধি পায় ইত্যাদি।

4. কিটোন বডি (Ketone body) ঃ স্বাভাবিক অবস্থায় মূত্রে 3–15 মিলিগ্রাম কিটোন বডি নির্গত হয়। অনশনে, স্ত্রীলোকের গর্ভাবস্থায়, মধুমেহ রোগে ইত্যাদি সময় মূত্রে কিটোন বডি বৃদ্ধি পায়। মূত্রে কিটোন বডির অস্বাভাবিক মাত্রা বৃদ্ধিকে **কিটোনুরিয়া** (Ketonuria) বলে।

5. ফ্যাট বা লিপিড (Fat or Lipid) ঃ অ্যালকোহল ও ফসফরাস বিষক্রিয়ায়, বৃক্কজনিত রোগে মূত্রে ফ্যাট নির্গত হয়। মূত্রে ফ্যাটের উপস্থিতিকে **লাইপুরিয়া** (Lipuria) বলে।

6. বিলিরুবিন (Bilirubin) ঃ পাণ্ডুরোগে অর্থাৎ জন্ডিসে মূত্রে বিলিরুবিন নির্গত হয়। মূত্রে বিলিরুবিনের উপস্থিতিকে **বিলিরুবিনিউরিয়া** (Bilirubinuria) বলে।

7. রক্ত (Blood) ঃ বৃক্কের প্রদাহ, আঘাতজনিত কারণে, মূত্রনালিতে ক্ষত, তীব্র অগ্নিদগ্ধ অবস্থা, প্রস্টেট প্রদাহ, কালাজ্বর ইত্যাদি কারণে মূত্রে রক্ত নির্গত হয়। মূত্রে রক্তের উপস্থিতিকে **হিমাচুরিয়া** (Haematuria) বলে।

8. পুঁজ (Pus) ঃ মূত্রে WBC বা পুঁজ উপস্থিত থাকলে তাকে **পায়ুরিয়া** (Pyuria) বলে।

9. ইউরিয়া (Urea) ঃ ব্যাকটেরিয়াজনিত বা প্রতিবন্ধকতাজনিত কারণে মূত্রে অধিক মাত্রায় ইউরিয়া উপস্থিত থাকলে তাকে **ইউরিমিয়া** (Uremia) বলে।

10. অ্যালক্যাপটোন (Alcaptone) ঃ মূত্রে অ্যালক্যাপটোন-এর (হোমোজেনটিসিক অ্যাসিড) উপস্থিতিকে **অ্যালক্যাপটোনিউরিয়া** (Alcaptonuria) বলে। এই রোগে মূত্র বাতাসের সংস্পর্শে কালো বর্ণ ধারণ করে বলে একে **ব্ল্যাক ইউরিন ডিজিজ** (Black Urine disease)-ও বলে। এটি জন্মগত ও বংশগত রোগ।

■ **মূত্রের অস্বাভাবিক উপাদানগুলির সংক্ষিপ্ত পরিচয় নীচের ছকে দেখানো হল** ■

অস্বাভাবিক উপাদান	যে রোগে নির্গত হয়	মূত্রে এর উপস্থিতিকে যা বলা হয়
1. গ্লুকোজ	ডায়াবেটিস মেলিটাস বা মধুমেহ	গ্লুকোসুরিয়া বা গ্লাইকোসুরিয়া
2. প্রোটিন/অ্যালবুমিন	বৃক্ক প্রদাহ বা নেফ্রাইটিস, লিউকেমিয়া, লিম্ফোসারকোমা ইত্যাদি	প্রোটিনিউরিয়া/অ্যালবুমিনিউরিয়া
3. ফ্যাট	বৃক্কজনিত রোগ, অ্যালকোহল ও ফসফরাসের বিষক্রিয়া	লাইপুরিয়া
4. কিটোন বডি	মধুমেহ, অনশন ইত্যাদি	কিটোনুরিয়া
5. বিলিরুবিন	জন্ডিস বা পাণ্ডুরোগ	বিলিরুবিনিউরিয়া
6. রক্ত	বৃক্ক প্রদাহ, প্রস্টেট প্রদাহ, আঘাতজনিত কারণ	হিমাচুরিয়া

▶ মূত্র উৎপাদনে প্রভাব বিস্তারকারী কারণ বা শর্ত (Factors Affecting the Formation of Urine)

যেসব শর্ত বা কারণ মূত্র উৎপাদনে প্রভাব বিস্তার করে সেগুলি হল—

1. **জল গ্রহণ (Water intake) ঃ** প্রচুর পরিমাণে জলপান (1–2 লিটার) করলে মূত্র উৎপাদন বেড়ে যায়। জল গ্রহণের 15–30 মিনিট পরেই মূত্র উৎপাদন বা ডাইইউরেসিস (diuresis) শুরু হয়। দ্বিতীয় ঘণ্টায় মূত্র উৎপাদন সর্বাধিক হয় এবং ঘণ্টা তিনেক পর তা স্বাভাবিক অবস্থায় আসে।
2. **স্যালাইন ইনজেকশন (Saline injection) ঃ** সিরামে প্রচুর পরিমাণে স্যালাইন ইনজেকশন করলে মিনিট কয়েক বিরতির পর মূত্র উৎপাদন বেড়ে যায় এবং দ্বিতীয় ঘণ্টায় তা সর্বাধিক মাত্রায় পৌঁছায়। রক্তে অভিস্রবণ চাপ এবং বৃক্ক নালিকার পুনঃবিশোষণ হ্রাস পাওয়ার জন্য এক্ষেত্রে মূত্র উৎপাদন বেড়ে যায়।
3. **স্যালাইন গ্রহণ (Saline intake) ঃ** ঘণ্টায় 3 লিটার সমসারক লবণ জল গ্রহণ করলে মাঝারি ধরনের ডাইইউরেসিস লক্ষ করা যায়।

4. **কম-বেশি লবণ গ্রহণ (Intake of excess or less salts) ঃ** 28 গ্রাম NaCl গ্রহণ করলে মূত্র উৎপাদন বৃদ্ধি পেয়ে ঘণ্টায় 120 ml-এ দাঁড়ায়। অপরপক্ষে, খাদ্যলবণ (NaCl) গ্রহণ না করলে বা অত্যধিক ঘাম হয়ে দেহ থেকে লবণ বেরিয়ে গেলে প্লাজমায় ক্লোরাইড কমে গিয়ে বৃক্কের স্বাভাবিক কাজে বিঘ্ন দেখা দেয় এবং রক্তে ইউরিমিয়ার লক্ষণ প্রকাশ পায়।
5. **জলাভাব (Water deprivation) ঃ** বয়স্ক লোকেদের ক্ষেত্রে জলাভাবে বৃক্কীয় রক্তসংবহনে বিশেষ কোনো পরিবর্তন ঘটে না ; তবে দৈহিক ওজন প্রায় 3-5 কেজি কমে যায়, মূত্রের পরিমাণ 30–40 ml হ্রাস পায় এবং মূত্রে ইউরিয়া, ক্রিয়েটিনিন, ফসফেট ইত্যাদি উপাদানের গাঢ়ত্ব বেড়ে যায়।

▶ মূত্র বিবর্ধক বা ডাইইউরেটিকস্ (Diuretics)

যেসব পদার্থ মূত্রে জল ও তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপাদান বৃদ্ধি করে তাদের মূত্র বিবর্ধক বা ডাইইউরেটিকস্ বলে। যেমন—জল, স্যালাইন, অ্যালকোহল, থিওফিলিন, NH_4Cl, $CaCl_2$, থায়োজাইড, ফিউরোসেমাইড ইত্যাদি। এমনকি চা ও কফি বেশি পান করলেও মূত্রের উৎপাদন বৃদ্ধি পায়, তাই চা ও কফিকেও ডাইইউরেটিক্স বলা হয়।

▶ মূত্রের কাজ (Function of Urine)

মূত্রের প্রধান কাজগুলি হল—

1. মূত্রের মাধ্যমে দেহের বিপাকজাত নাইট্রোজেনঘটিত এবং সালফারঘটিত দূষিত পদার্থগুলি দেহ থেকে নির্গত হয়। ফলে দেহ সুস্থ থাকে।
2. দেহ থেকে মূত্র নির্গত হলে দেহে জল ও খনিজ লবণের সাম্যতা বজায় থাকে।
3. মূত্র ত্যাগের সময় মূত্রের মাধ্যমে কিছুটা তাপ নির্গত হয়ে যায়, ফলে দেহে তাপের সাম্যতা বজায় থাকে।
4. রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ বেড়ে গেলে (100 cc রক্তে 180 mg) রক্তের অতিরিক্ত গ্লুকোজ মূত্রের সঙ্গে বেরিয়ে যায়, ফলে রক্তে গ্লুকোজের সাম্যতা বজায় থাকে।
5. মূত্রে উপস্থিত বিভিন্ন উপাদানের অস্বাভাবিক মাত্রা বা অস্বাভাবিক উপস্থিতি (যথা ঃ রক্ত) রোগ নির্ণয়ে সাহায্য করে।

5.8 অম্ল ও ক্ষার সাম্যতা নিয়ন্ত্রণে বৃক্কের ভূমিকা (Role of Kidney in Regulation of Acid-base Balance)

রক্তের pH হল 7.4, অর্থাৎ সামান্য ক্ষারীয়। এই সাম্যতা বজায় থাকে বিভিন্ন বাফার ক্রিয়ার মাধ্যমে। রক্তের pH সঠিক না থাকলে বা স্বাভাবিক না থাকলে বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় বিঘ্ন ঘটে। এই কারণে দেহে বাফার ব্যবস্থার সৃষ্টি হয়েছে। কোনো কারণে রক্তের pH আম্লিক বা বেশি ক্ষারীয় হলে তাকে নির্দিষ্ট বাফার দ্বারা ক্ষারীয় বা আম্লিকে পরিণত করে আবার স্বাভাবিক অবস্থায় ফিরিয়ে আনা হয়। মানবদেহে বিভিন্ন বাফার প্রক্রিয়া বর্তমান। এদের মধ্যে বৃক্কের বাফার প্রক্রিয়াটি উল্লেখযোগ্য। বৃক্কের গঠনগত ও কার্যগত একক নেফ্রনের বিভিন্ন অংশের ক্রিয়াশীলতায় রক্তের pH নির্দিষ্ট থাকে। নেফ্রনের মধ্যে দূষিত রক্তের পরিস্রুতকরণ, পরিস্রুত তরলের পুনঃশোষণ এবং বিভিন্ন বস্তুর ক্ষরণের মাধ্যমে নেফ্রনে উৎপন্ন মূত্র আম্লিক হয়। যেহেতু রক্তের pH 7.4 এবং মূত্রের pH 6, তাই রক্তের pH তুলনায় কম হয়। সেইজন্য বৃক্কের নেফ্রনের অম্ল-ক্ষার সাম্যতা নিয়ন্ত্রণে বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে। বৃক্কীয় বাফার প্রক্রিয়ার বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ—

1. এটি একটি ধীর প্রক্রিয়া, যা ক্রিয়াশীল হতে 1 দিন থেকে 1 সপ্তাহ সময় লাগে।
2. এটি একটি গুরুত্বপূর্ণ কার্যকরী প্রক্রিয়া।
3. মূলত HCO_3^- আয়নের পুনঃশোষণ এবং HCO_3^- আয়নের উৎপাদন, H^+ আয়নের ক্ষরণ ও অ্যামোনিয়াম আয়নের মাধ্যমে কাজ করে।
4. এটি অম্ল ও ক্ষার নিয়ন্ত্রণের একটি স্থায়ী প্রক্রিয়া।

▶ বৃক্কের রেচন বহির্ভূত কাজ (Non-excretory Functions of Kidney)

বৃক্কের প্রধান কাজ হল মূত্র উৎপাদন ও নিঃসরণ। বৃক্কের নেফ্রনের মধ্যে পরাপরিস্রাবণ, প্রয়োজনীয় পদার্থের পুনঃশোষণ, কয়েক প্রকার রেচন বস্তুর ক্ষরণ ইত্যাদি কাজগুলি সম্পন্ন হয়। উক্ত রেচন সংক্রান্ত কাজগুলি ছাড়াও বৃক্ক আরও কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ কাজ করে, যেমন—হরমোন নিঃসরণ, অসমোরেগুলেশন, রক্তের অম্ল ও ক্ষারের ভারসাম্য নিয়ন্ত্রণ, খনিজ লবণের ভারসাম্য নিয়ন্ত্রণ, বিষাক্ত পদার্থের নির্গমন ইত্যাদি। নীচে বৃক্কের রেচন বহির্ভূত কাজগুলি বর্ণনা করা হল—

1. হরমোন নিঃসরণ ঃ বৃক্ক থেকে দুটি গুরুত্বপূর্ণ হরমোন ক্ষরিত হয়, যথা—(i) এরিথ্রোপয়েটিন এবং (ii) রেনিন।

(i) এরিথ্রোপয়েটিন ক্ষরণ (Secretion of Erythropoietin) ঃ এই হরমোনটি বৃক্কের কলাকোশ থেকে নিঃসৃত হয়ে অস্থিমজ্জাকে লোহিত রক্তকণিকা উৎপাদনে উদ্দীপিত করে। এই হরমোনের ক্ষরণ কমে গেলে RBC উৎপাদন কমে যায়, ফলে **অ্যানিমিয়া** বা **রক্তাল্পতা** রোগ হয়। অক্সিজেনের অভাবে (হাইপোক্সিয়া) এরিথ্রোপয়েটিন ক্ষরণ বৃদ্ধি পায়, ফলে রক্তে RBC-র সংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

(ii) রেনিন (Renin) ঃ এটি একাধারে উৎসেচক ও হরমোন রূপে কাজ করে। রেনিন বৃক্কের JC কোশ থেকে নিঃসৃত হয়। এই উৎসেচক প্লাজমার **অ্যানজিওটেনসিনোজেনকে অ্যানজিওটেনসিন-I**-এ পরিণত করে। অ্যানজিওটেনসিন-I অপর একটি উৎসেচক দ্বারা **অ্যানজিওটেনসিন-II**-তে

পরিণত হয়। অ্যানজিওটেনসিন-II বাহসংকোচক হিসেবে রক্তচাপ বৃদ্ধি করে। এ ছাড়া একটি অ্যাড্রিনাল গ্রন্থির বহিঃস্তরকে উদ্দীপিত করে অ্যালডোস্টেরন হরমোন নিঃসরণ ঘটায়। অ্যালডোস্টেরন হরমোনটি বৃক্কীয় নালিকা থেকে সোডিয়াম আয়নের পুনঃশোষণ বাড়িয়ে দেয়। রেনিন-অ্যানজিওটেনসিন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বৃক্কের রক্তচাপ ঠিক থাকে।

2. অসমোরেগুলেশন বা জলসাম্য নিয়ন্ত্রণে বৃক্কের ভূমিকা (Role of Kidney in Osmoregulation) ঃ যে প্রক্রিয়ায় প্লাজমার জলের পরিমাণ নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে রক্তের ঘনত্ব এবং অভিস্রবণ চাপ নিয়ন্ত্রণ হয় তাকে অসমোরেগুলেশন (osmoregulation) বলে। এটি একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রক্রিয়া, কারণ দেহ থেকে অতিরিক্ত জল নির্গত হলে দেহে জলের অভাব দেখা দেয় এবং দেহতরল ঘন হয়ে যায়। আবার জল দেহ থেকে কম নির্গত হলে বা মোটেই নির্গত না হলে দেহে জলের পরিমাণ বেড়ে যায়, ফলে দেহতরল লঘু হয়ে পড়ে। উভয় ক্ষেত্রেই কোশবহিস্থ ও কোশঅন্তঃস্থ তরলের মধ্যে স্বাভাবিক ভারসাম্য বিঘ্নিত হয়। দেহতরলের এই ভারসাম্য বজায় রাখতে বৃক্ক গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা গ্রহণ করে।

জীবদেহে তথা মানবদেহে স্থিতিশীল অবস্থায় কোশমধ্যস্থ ও কোশবহিস্থ তরলের মধ্যে অভিস্রবণ চাপ সমান থাকে। কোশবহিস্থ এবং কোশঅন্তঃস্থ তরলের মধ্যে জলের মুক্তভাবে আদানপ্রদানের মাধ্যমে অভিস্রবণ চাপ সাম্য অবস্থায় থাকে। কিন্তু বিভিন্ন লবণের আয়নের ঘনত্ব কোশের বাইরে ও ভিতরের তরলে সমানভাবে থাকে না। যেমন—সোডিয়াম আয়ন অন্তঃস্থ তরলের তুলনায় বহিস্থ তরলে বেশি থাকে। পটাশিয়াম আয়ন বহিস্থ তরলের তুলনায় অন্তঃস্থ তরলে বেশি থাকে। সোডিয়াম ও পটাশিয়াম আয়ন দুটিকে ধনাত্মক আয়ন বা ক্যাটায়ন হিসেবে গণ্য করা হয়। ক্লোরিনকে ঋণাত্মক আয়ন বা অ্যানায়ন হিসেবে গণ্য করা হয়। এটি কোশের বহিঃস্থ তরলে বেশি থাকে।

কোশের বহিস্থ ও অন্তঃস্থ তরলের মধ্যে আয়নের ঘনত্বের বিভিন্নতা থাকলেও কেবলমাত্র জলের মুক্তভাবে আদানপ্রদানের ফলে স্বাভাবিক অবস্থায় দুই তরলের মধ্যে অভিস্রবণ চাপ সমান থাকে। প্লাজমায় জলীয় অংশের পরিমাণ বৃদ্ধি বা হ্রাস পেলে কোশের তরলের মধ্যে অভিস্রবণজনিত চাপ প্রভাবিত হয়। প্লাজমার জলের পরিমাণের হ্রাস বা বৃদ্ধির ফলে মূত্র গাঢ় বা লঘু হয়।

রক্তের প্লাজমার অভিস্রবণ চাপ বৃদ্ধি পেলে হাইপোথ্যালামাসের চাপগ্রাহক বা অসমোরিসেপটরি উদ্দীপিত হয়। এই উদ্দীপনা স্নায়ুর মাধ্যমে প্রবাহিত হয়ে তৃষ্ণা অনুভূতি জাগায়, ফলে আমরা জলপান করি। ফলে প্লাজমায় জলের পরিমাণ বেড়ে যায় এবং কোশস্থ তরলের অভিস্রবণ চাপকে স্থিতিশীল করে। এ ছাড়া পিটুইটারির পশ্চাদ্‌ভাগ থেকে ADH হরমোন নেফ্রনের দূরবর্তী সংবর্ত নালিকা ও সংগ্রাহী নালিকা থেকে জল বিশোষণ ঘটিয়ে প্লাজমায় জলের পরিমাণ বাড়িয়ে দেয়।

প্লাজমায় জলের পরিমাণ বেড়ে গেলে জল পিপাসার অনুভূতি এবং ADH ক্ষরণ কমে যায়। একদিকে জল গ্রহণের পরিমাণ কম হওয়া, অপরদিকে মূত্রের মাধ্যমে অতিরিক্ত জল বেড়িয়ে যাওয়ার ফলে প্লাজমায় অভিস্রবণ চাপ সাম্যাবস্থায় ফিরে আসে। সেইসঙ্গে দেহে জলের সাম্যতা বজায় থাকে।

3. রক্তের অম্ল-ক্ষার ভারসাম্য নিয়ন্ত্রণ (Regulation of Acid-base Balance of Blood) ঃ রক্তের pH 7.4 অর্থাৎ সামান্য ক্ষারীয়। বিভিন্ন আহার্য বস্তু থেকে গৃহীত অ্যাসিড ও ক্ষার, বিপাক ক্রিয়ায় উৎপন্ন বিভিন্ন বস্তু রক্তে মিশলেও রক্তের pH সর্বদা একই থাকে। কারণ বিভিন্ন বাফার রক্তের pH নিয়ন্ত্রণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এই বাফারগুলির মধ্যে একটি অন্যতম বাফার হল বাইকার্বনেট বাফার। এটি রক্তের pH নিয়ন্ত্রণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নেয়।

4. দেহতরলে খনিজ লবণের সাম্যতা নিয়ন্ত্রণ (Regulation of Electrolyte Balance of Body Fluids) ঃ বৃক্ক দেহতরলের খনিজ লবণের সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নেয়। বিভিন্ন আয়নের পুনঃশোষণ ও নির্গমন ঘটিয়ে দেহতরলের খনিজ লবণের সাম্যতা বজায় রাখতে সাহায্য করে বৃক্ক। এর ফলে কোশবহিস্থ ও কোশঅন্তঃস্থ তরলের মধ্যে সাম্যাবস্থা বজায় থাকে এবং সমস্ত শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়াগুলি সঠিকভাবে পরিচালিত হয়।

5. বিষাক্ত পদার্থের নিষ্ক্রিয়করণ (Inactivation of Toxic Substances) ঃ দেহস্থ বিভিন্ন ভেষজ, ড্রাগ, টক্সিক পদার্থের নিষ্ক্রিয়করণে এবং তাদের রেচনে বৃক্কের গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে। বিভিন্ন টক্সিক পদার্থের **বায়োট্রান্সফরমেশন** (biotransformation) ঘটিয়ে অপেক্ষাকৃত কম দূষিত পদার্থ উৎপন্ন করে দেহ থেকে মূত্রের মাধ্যমে নির্গত করে দেহকে বিপদমুক্ত করা হয়। এই কাজ বৃক্ক সাফল্যের সাথে করে থাকে।

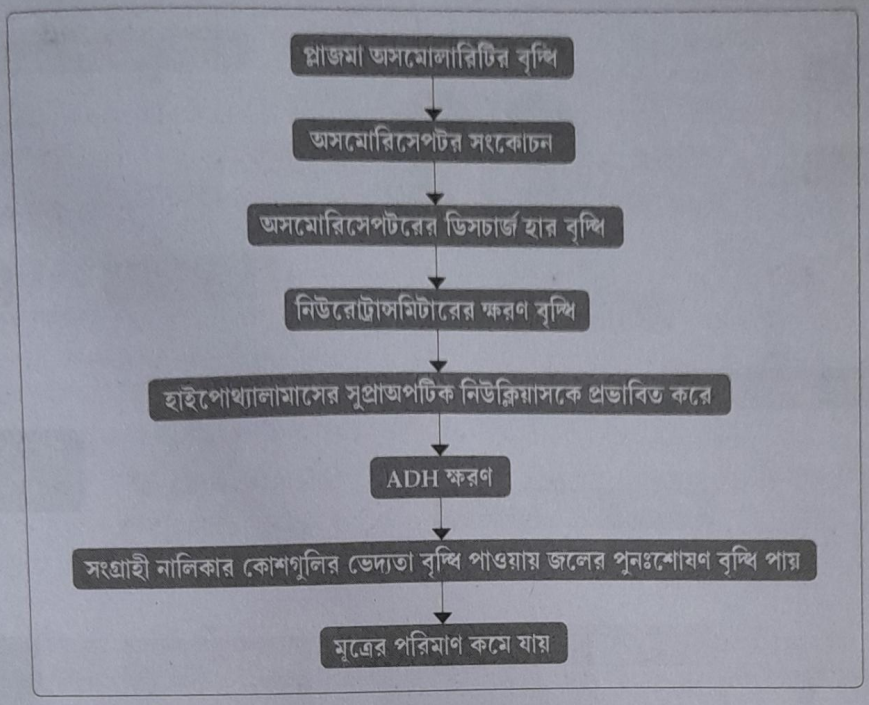
5.9 বৃক্কের কাজ নিয়ন্ত্রণ (Regulation of Kidney Function)

বৃক্কের কাজগুলি নিয়ন্ত্রণ করে অ্যান্টিডাইইউরেটিক হরমোন (ADH), জাক্সটাগ্লোমেরুলার অ্যাপারাটাস (JGA) এবং এট্রিয়াল ন্যাট্রিইউরেটিক ফ্যাক্টর (ANF)।

1. অ্যান্টিডাইইউরেটিক হরমোন দ্বারা নিয়ন্ত্রণ (Control by Antidiuretic Hormone or ADH) ঃ ADH প্রকৃতপক্ষে মস্তিষ্কের হাইপোথ্যালামাস থেকে ক্ষরিত হয় এবং পশ্চাৎ পিটুইটারি থেকে রক্তে মুক্ত হয়। রক্তের অসমোলারিটি (osmolarity) স্বাভাবিক অপেক্ষা বেড়ে গেলে (স্বাভাবিক 300 mOs mL^{-1}) ADH ক্ষরণ বৃদ্ধি পায় এবং এর আধিক্যে অসমোরিসেপটর (osmoreceptor) উদ্দীপিত হয়ে তৃষ্ণা বাড়িয়ে দেয়। তৃষ্ণা নিরসনের জন্য প্রচুর জল পান করতে হয় তখন রক্তের তারল্যতা বেড়ে যায় এবং মূত্র উৎপাদনের হারও বেড়ে যায়। অপরপক্ষে ADH বৃক্কীয় নালিকার পুনঃশোষণের হার বাড়িয়ে দিয়ে মূত্র উৎপাদনকে নিয়ন্ত্রণ করে।

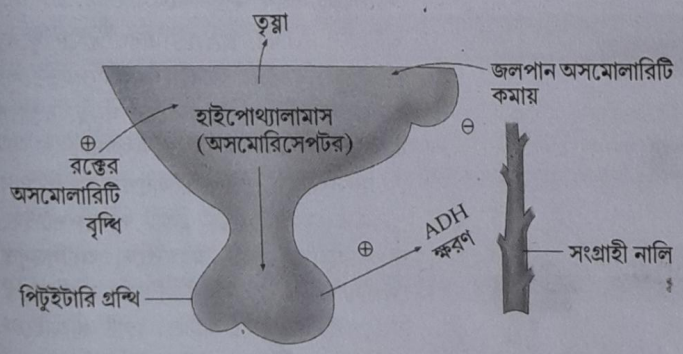
ADH বা Antidiuretic hormone-এর প্রচলিত নাম হল ভ্যাসোপ্রেসিন। 9টি অ্যামাইনো অ্যাসিড সহযোগে গঠিত হরমোনটি পেপটাইডধর্মী, যা হাইপোথ্যালামাসের সুপ্রাঅপটিক ও প্যারাভেন্ট্রিকুলার নিউক্লিয়াসে উৎপন্ন হয়ে পিটুইটারিতে যায় ও বিশেষ শারীরগত অবস্থায় পশ্চাৎ পিটুইটারি থেকে ক্ষরিত হয়।

এই ADH-টির কার্যকারিতা নীচে প্রবাহ চিত্রের মাধ্যমে দেখানো হল—

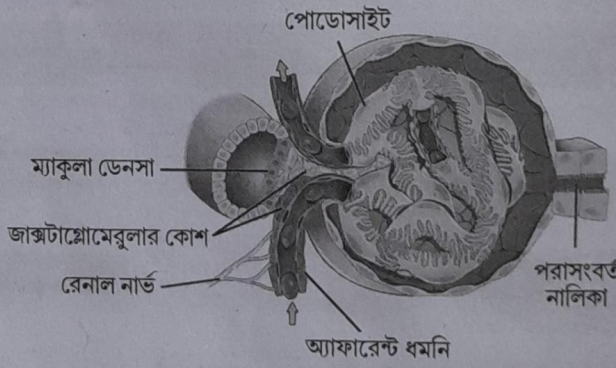


এখানে একটি কথা বলে রাখা দরকার যে ADH-এর কম ক্ষরণে মূত্রে জলের পরিমাণ বৃদ্ধি পাওয়ায় লঘু মূত্র উৎপন্ন হয়। একে diuresis বলা হয়। আবার ADH-এর অধিক ক্ষরণে মূত্রে জলের পরিমাণ কমে যায়, ফলে ঘন মূত্র উৎপন্ন হয়। একে antidiuresis বলা হয়।

2. জাক্সটাগ্লোমেরুলার অ্যাপারাটাস কর্তৃক নিয়ন্ত্রণ (Control by Juxtaglomerular Apparatus or JGA) ঃ JGA মাল্টিহরমোনাল রেনিন-অ্যাঞ্জিওটেনসিন-অ্যালডোস্টেরন তন্ত্রকে (Renin-Angiotensin-Aldosterone System or RAAS) নিয়ন্ত্রণ করে। জাক্সটাগ্লোমেরুলার কোশ উৎসেচক **রেনিন** (Renin) ক্ষরণ করে। রেনিন রক্ত প্রবাহে মিশে **অ্যাঞ্জিওটেনসিনোজেন** (Angiotensinogen)-কে (প্লাজমা প্রোটিন) পেপটাইডে অর্থাৎ **অ্যাঞ্জিওটেনসিন II**-তে (Angiotensin-II) পরিণত করে। এটি হরমোনের মতো কাজ করে। এই হরমোনটি উপধমনিদের (arteriole) সংকুচিত করে রক্তচাপ বাড়ায়। **অ্যাঞ্জিওটেনসিন**-II দুভাবে রক্তচাপ বাড়ায়। প্রথমত, সম্মুখবর্তী কুণ্ডলীকৃত নালিকাকে উদ্দীপিত করে জল ও NaCl শোষণ বৃদ্ধি করে এবং দ্বিতীয়ত, এটি অ্যাড্রিনাল গ্রন্থিকে উদ্দীপিত করে অ্যালডোস্টেরন (Aldosteron) হরমোন ক্ষরণ ঘটায় যা দূরসংবর্ত কুণ্ডলীকৃত নালিকায় জল ও Na^+ আয়নের শোষণ বাড়ায়।



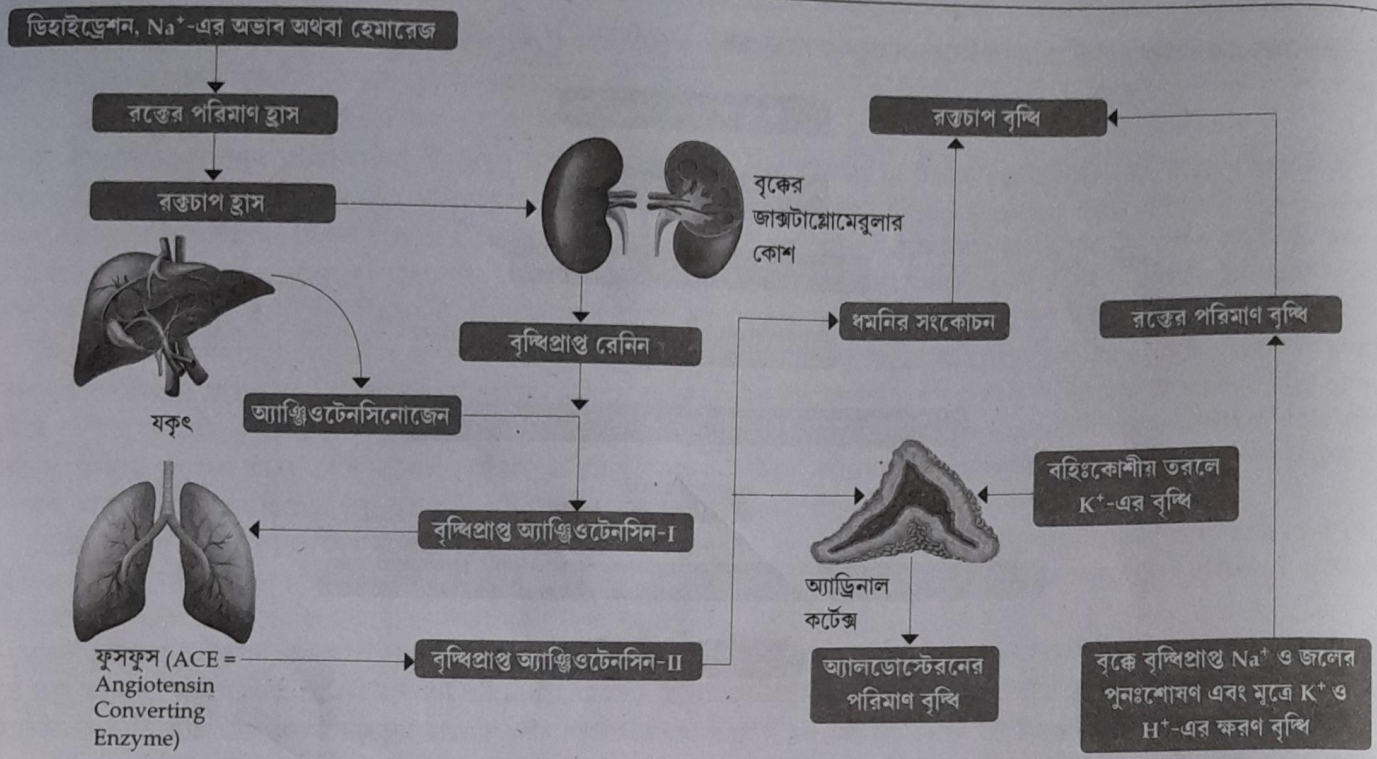
5.25 ফিডব্যাক সারকিটের মাধ্যমে ADH নিয়ন্ত্রণ



5.26 জাক্সটাগ্লোমেরুলার অ্যাপারাটাস কর্তৃক নিয়ন্ত্রণ

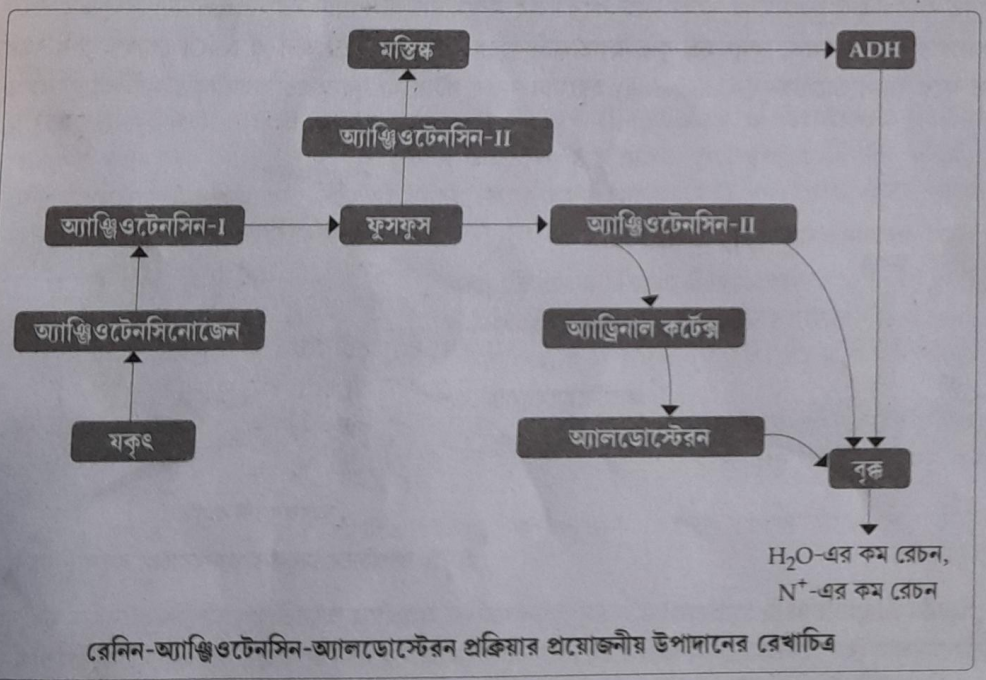
○ রেনিন অ্যাঞ্জিওটেনসিন সিস্টেম (Renin Angiotensin system) ঃ অন্তর্মুখী উপধমনির অন্তর্গাত্রে অনৈচ্ছিক পেশিস্থিত রেনিন উৎসেচক অ্যাঞ্জিওটেনসিন উৎপন্ন করে। সাধারণত জাক্সটাগ্লোমেরুলার কোশ থেকে রেনিন ক্ষরিত হয়। পারফিউশন চাপের ঘাটতি, বৃক্কের সিমপ্যাথেটিক ডিসচার্জ-এর বৃদ্ধি, এমনকি ম্যাকুলা ডেনসা কোশে NaCl-এর সরবরাহ হ্রাস ইত্যাদি রেনিন ক্ষরণকে বৃদ্ধি করে। রেনিন যকৃৎ ক্ষরিত অ্যাঞ্জিওটেনসিনোজেনকে অ্যাঞ্জিওটেনসিন-I ও এই অ্যাঞ্জিওটেনসিন-I অ্যাঞ্জিওটেনসিন কনভার্টিং উৎসেচকের (ACE) সাহায্যে অ্যাঞ্জিওটেনসিন-II-তে পরিণত হয়। উক্ত অ্যাঞ্জিওটেনসিন-II অ্যালডোস্টেরন ক্ষরণকে বৃদ্ধি করে, ধমনির সংকোচন ঘটিয়ে রক্তচাপ বৃদ্ধি করে। তৃষ্ণা ও ADH ক্ষরণ বৃদ্ধি করে ও নিকটবর্তী সংবর্তী নালিকায় NaCl পুনঃশোষণকে বৃদ্ধি করে। অ্যাঞ্জিওটেনসিন-II এর ফলে নিঃসৃত অ্যালডোস্টেরন হেনলির লুপের উর্ধ্বগামী বাহুতে NaCl-এর পুনঃশোষণ বৃদ্ধি করে।

সুতরাং এই আলোচনা থেকে বলা যায় যে রেনিন অ্যাঞ্জিওটেনসিন অ্যালডোস্টেরন সিস্টেম Na^+ ও জলের রেচন কমিয়ে দেয়।



5.27 রেনিন-অ্যাঞ্জিওটেনসিন-অ্যালডোস্টেরন (RAA) পথের মাধ্যমে অ্যালডোস্টেরন হরমোন দ্বারা রক্তের পরিমাণ, রক্তচাপ এবং রক্তে Na^+, K^+ ও H^+-এর পরিমাপ নিয়ন্ত্রণ

3. এট্রিয়াল ন্যাট্রিইউরেটিক ফ্যাক্টর অথবা পেপটাইড দ্বারা নিয়ন্ত্রণ (Control by Atrial Natriuretic Factor or Peptide or ANF) ঃ অপর একটি পেপটাইড হরমোন—ANF/ANP যা RAAS-এর বিপরীত কাজ করে। মহাধমনির (Aorta) প্রাচীর থেকে ANF নিঃসৃত হয়, যা রক্তের আয়তন এবং চাপ বৃদ্ধি করে। ANF জাক্সটাগ্লোমেরুলার অ্যাপারাটাসকে রেনিন ক্ষরণে বাধা দেয়, ফলে সংগ্রাহী নালির NaCl শোষণ হ্রাস পায় এবং অ্যাড্রিনাল গ্রন্থি থেকে অ্যালডোস্টেরন ক্ষরণ কমে যায়।

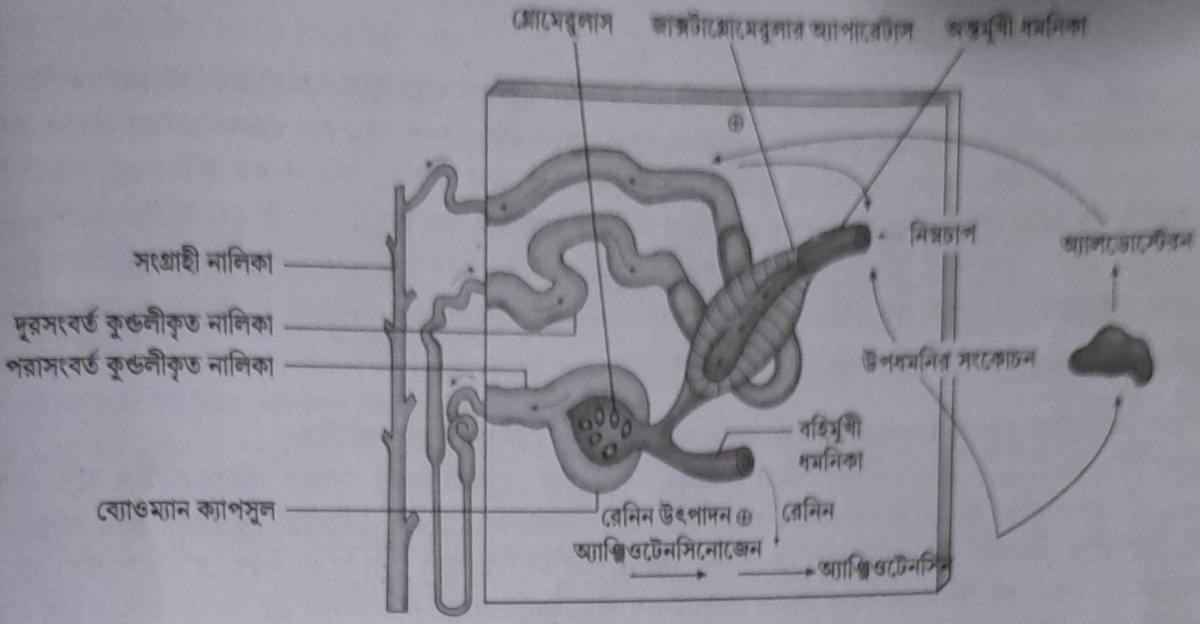


রেনিন-অ্যাঞ্জিওটেনসিন-অ্যালডোস্টেরন প্রক্রিয়ার প্রয়োজনীয় উপাদানের রেখাচিত্র

এইভাবে ADH, RAAS এবং ANF বৃক্কের কাজকে নিয়ন্ত্রণ করে, ফলে দেহতরলের অসমোলারিটি, খনিজ লবণের ঘনত্ব, রক্তচাপ এবং রক্তের আয়তন নিয়ন্ত্রণে থাকে।

ANF সবচেয়ে শক্তিশালী বাহপ্রসারক হিসেবে পরিচিত। মূলত ANF একটি পলিপেপটাইড, যা সাধারণত 28টি অ্যামাইনো অ্যাসিডযুক্ত পেপটাইড ও 17টি অ্যামাইনো অ্যাসিডযুক্ত রিং পেপটাইড নিয়ে গঠিত। 17টি অ্যামাইনো অ্যাসিড যে রিং পেপটাইড গঠন করে, তা 2টি সিস্টাইন মধ্যস্থ ডাইসালফাইড বন্ধনী দ্বারা গঠিত।

ANF মূলত হাইপারভলেমিয়া, হাইপার-ন্যাট্রিমিয়া, অ্যাঞ্জিওটেনসিন-II, এন্ডোথেলিন ইত্যাদি দ্বারা সক্রিয়তা অর্জন করে। এটি মূলত প্রসারক পদার্থ, যা অলিন্দের প্রসারণে বেশি সক্রিয় হয়। ANF অন্তর্মুখী গ্লোমেরুলার আর্টেরিওলকে প্রসারিত করে ও বহির্মুখী গ্লোমেরুলার আর্টেরিওলকে সংকুচিত করে ও মেসেনজিয়াল কোশকে প্রসারিত করে ফলে গ্লোমেরুলাসের রক্তচাপ বৃদ্ধি পায়, যা GFR-কে বৃদ্ধি করে সোডিয়াম ও জলকে মূত্রের মাধ্যমে দেহের বাইরে বের করে হাইপারটেনশন কমাতে সাহায্য করে। ANF ভাসা রেক্টার মধ্য দিয়ে রক্তের প্রবাহ বাড়িয়ে ইউরিয়া ও NaCl-কে মূত্রের মাধ্যমে দেহের বাইরে নিক্ষেপ করতে সাহায্য করে। এমনকি এই পেপটাইড, নিকটবর্তী সংবর্ত নালিকায়, সংগ্রাহী নালিকায় Na^+ আয়নের পুনঃশোষণ হ্রাস করে। ANF রেনিন ক্ষরণ কমানোর পাশাপাশি অ্যালডোস্টেরন ও ADH ক্ষরণের পরিমাণ হ্রাস করে।



5.28 ফিডব্যাক সারকিটের মাধ্যমে RAAS নিয়ন্ত্রণ

5.10 রেচনতন্ত্রের গোলযোগ (Disorders of Excretory System)

1. ইউরিমিয়া (Uremia)

রক্তে অস্বাভাবিক পরিমাণ ইউরিয়া বেড়ে গিয়ে মূত্রে ইউরিয়া নির্গত হয়। **হিমোডায়ালিসিস** (Haemodialysis) পদ্ধতিতে রক্ত থেকে ইউরিয়া অপসারণ করা প্রয়োজন।

2. রেনাল ফেলিওর বা কিডনি ফেলিওর (Renal failure or Kidney failure)

'রেনাল ফেলিওর' বা 'কিডনি ফেলিওর' বা 'বৃক্ক ব্যর্থতা' (পূর্বে যাকে বলা হত **বৃক্ক অপর্যাপ্ততা** বা **Renal insufficiency**) হল একপ্রকার চিকিৎসা বিষয়ক অবস্থা যাতে বৃক্ক রক্তের পর্যাপ্ত পরিস্রাবণে ও দূষিত পদার্থের অপসারণে ব্যর্থ হয়।

রেনাল ফেলিওর দু-প্রকারের হয়ে থাকে, যথা—(a) **সংকটজনক বৃক্ক রোগ** (Acute Renal Disease or ARD) এবং (b) **দীর্ঘকালীন বৃক্করোগ** (Chronic Renal Disease)। উভয় ক্ষেত্রেই অন্যান্য রোগের প্রাদুর্ভাবসহ স্বাস্থ্যসমস্যা ঘটে থাকে।

প্রকৃতপক্ষে 'রেনাল ফেলিওর' বলতে বোঝায় গ্লোমেরিউলার পরিস্রাবণের মাত্রা হ্রাস পাওয়া। রক্ত সিরামে ক্রিয়েটিনিনের মাত্রার উল্লেখযোগ্য বৃদ্ধি; পটাশিয়াম, ক্যালশিয়াম, ফসফেটের অস্বাভাবিক মাত্রা; রোগের দীর্ঘস্থায়িত্বে রক্তাল্পতা, ভগ্ন অস্থির জোড়া না লাগা প্রভৃতি লক্ষণের দ্বারা এই রোগকে চিহ্নিত করা হয়ে থাকে। এ ছাড়া, হিমাচুরিয়া, প্রোটিনিউরিয়া-ও দেখা দিতে পারে। দীর্ঘস্থায়ী বৃক্ক সমস্যায় অন্যান্য রোগের, যেমন—হৃদ্‌রক্তবাহজনিত রোগ ইত্যাদির প্রাদুর্ভাব ঘটে।

সংকটজনক এবং দীর্ঘস্থায়ী বৃক্ক রোগের মধ্যে পার্থক্যমূলক বৈশিষ্ট্য হল দীর্ঘস্থায়ী বৃক্ক রোগে অ্যানিমিয়া ও বৃক্কের আকার ছোটো হয়ে যাওয়া ইত্যাদি বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। সংকটজনক বৃক্কীয় রোগকে বর্তমানে **Acute Renal Injury** (ARI) বলে। এতে বৃক্কের কার্যক্ষমতা দ্রুত হ্রাস পায় ও মূত্র উৎপাদন ক্রমশ হ্রাস পায় (অলিগোইউরিয়া), দেহতরল ও ইলেকট্রোলাইটের অসাম্যতা পরিলক্ষিত হয়। দীর্ঘকালীন বৃক্ক রোগ ধীরে ধীরে গড়ে ওঠে এবং সময়সাপেক্ষে এই রোগ সংকটজনক বৃক্কীয় রোগে রূপান্তরিত হতে পারে। তখন তাকে **Acute on Chronic Renal Failure** (AoCRF) বলে।

○ লক্ষণ (Symptoms) ঃ

1. রক্তে ইউরিয়ার পরিমাণ বেড়ে যায়, ফলে নিম্নলিখিত লক্ষণগুলি দেখা যায়—
(i) বমি অথবা/ডায়েরিয়া, (ii) বমি-বমি ভাব, (iii) জল হ্রাস, (iv) রাত্রিবেলায় বারবার মূত্রত্যাগ, (v) বারে বারে অধিক পরিমাণে বা অনেকক্ষণ বাদে বাদে অল্প পরিমাণে মূত্রত্যাগ, (vi) মূত্রে রক্তের উপস্থিতি, (vii) বলপূর্বক মূত্রত্যাগ।
2. রক্তে ফসফেটের পরিমাণ বেড়ে যায়, ফলে—(i) চুলকানি, (ii) অস্থির ক্ষতি, (iii) ভগ্ন অস্থির না জোড়া, (iv) পেশি খিঁচুনি ইত্যাদি।
3. রক্তে পটাশিয়ামের মাত্রা বেড়ে যায় (hyperkalemia), ফলে—(i) অস্বাভাবিক হৃদ্‌স্পন্দন, (ii) পেশির অসাড়তা।
4. রক্তে তরলের পরিমাণ বেড়ে যায়, ফলে—(i) হাত ও পায়ের পাতা, পা, গোড়ালি, মুখমণ্ডল ইত্যাদি ফুলে যাওয়া; (ii) শ্বাসবিরতি (ফুসফুসে জল জমার জন্য)।
5. বৃক্কে জলপূর্ণ সিস্ট তৈরি, এরিথ্রোপয়েটিন উৎপাদন হ্রাস পায়। ফলে O_2 বহনকারী RBC উৎপাদন ব্যাহত হয়। ফলে—(i) ক্লান্তি ও অবসন্নতা, (ii) স্মৃতিশক্তির সমস্যা, মনোযোগের অভাব, ঘুমঘুম ভাব, কম রক্তচাপ ইত্যাদি দেখা যায়।

3. রেনাল ক্যালকুলি (Renal calculi)

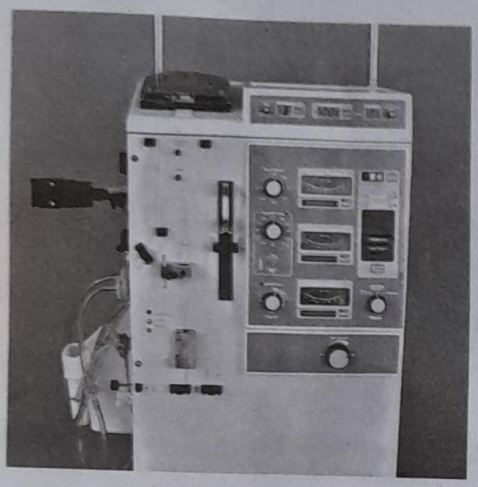
এর আর-এক নাম **বৃক্ক পাথর** (Kidney stone) কখনো-কখনো কেলাসিত লবণ (crystal salt) মূত্রে পাওয়া যায়। এরকম অদ্রবণীয় পাথরের মতো কেলাসিত লবণকে **বৃক্ক পাথর** বা **রেনাল ক্যালকুলি** বলে। এইরকম পাথর মুখ্যত বৃক্কে উৎপন্ন হয়; তবে রেচনতন্ত্রের যে-কোনো অংশে সৃষ্টি হতে পারে। অতিরিক্ত পরিমাণে ক্যালশিয়াম গ্রহণ, প্রয়োজনের তুলনায় কম জলপান করা, মূত্রে অতিরিক্ত ক্ষার বা অম্ল সৃষ্টি হওয়া, প্যারাথাইরয়েড গ্রন্থির অতি সক্রিয়তা ইত্যাদি বৃক্ক পাথর সৃষ্টির কারণ। বৃক্ক পাথর প্রধানত ক্যালশিয়াম অক্সালেট, ক্যালশিয়াম ফসফেট এবং ইউরিক অ্যাসিড উপাদানে গঠিত হয়। পাথর গবিনীতে আটকে গেলে প্রচণ্ড যন্ত্রণা শুরু হয়। এই যন্ত্রণা কোমর থেকে শুরু করে থাই পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। শল্যচিকিৎসা (operation) এই পাথর অপসারণের একমাত্র উপায়। অধুনা **শক ওয়েভ লিথোট্রিপসি** (Shock wave lithotripsy) পদ্ধতিতে পাথর সরানো সম্ভবপর করা হয়েছে।

4. নেফ্রাইটিস (Nephritis)

নেফ্রনের প্রদাহকে **নেফ্রাইটিস** বলে। এটি দু-রকমের, যথা—**পলিনেফ্রাইটিস** এবং **গ্লোমেরিউলোনেফ্রাইটিস**।

(a) **পলিনেফ্রাইটিস (Polynephritis) :** বৃক্কের রেনাল পেলভিস অঞ্চল এবং মেডুলারি কলার প্রদাহকে **পলিনেফ্রাইটিস** বলে। সাধারণত জীবাণু (bacteria) সংক্রমণজনিত কারণে বৃক্কের এরকম প্রদাহ ঘটে। জীবাণু সাধারণত ইউরেথ্রা, ইউরেটার-এর (মূত্রনালি ও গবিনী) মাধ্যমে বৃক্কে আসে। এই রোগে মেডালার কাউন্টার-কারেন্ট (counter-current) পদ্ধতির বিঘ্ন ঘটে। ফলে মূত্রের গাঢ়ত্ব তৈরি হ্রাস পায়। এই রোগে ঘনঘন যন্ত্রণাদায়ক মূত্র ত্যাগ, জ্বর, কোমরের যন্ত্রণা ইত্যাদি লক্ষণ প্রকাশ পায়। **অ্যান্টিবায়োটিক** চিকিৎসায় এই রোগের প্রকোপ হ্রাস পায়।

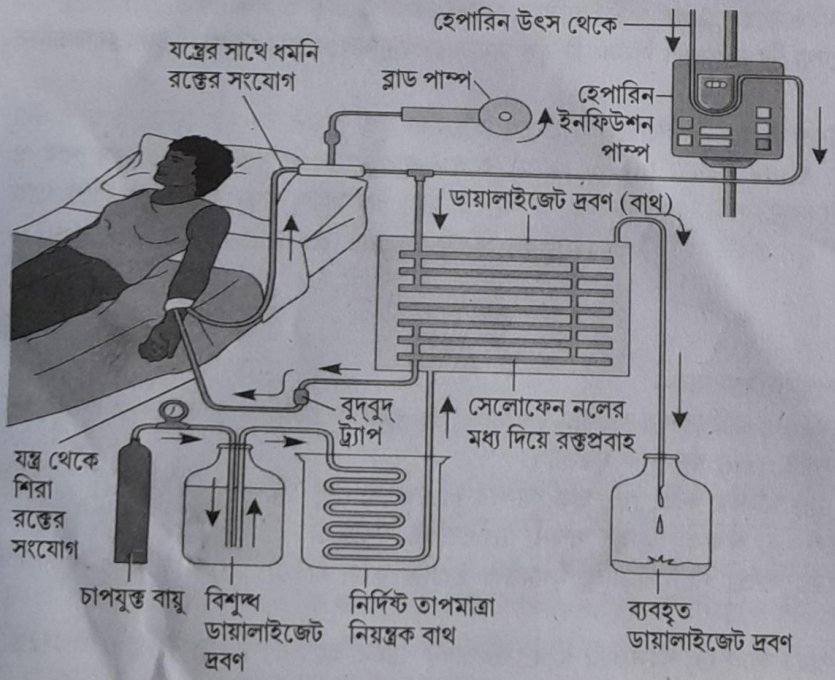
(b) **গ্লোমেরিউলোনেফ্রাইটিস (Glomerulonephritis) :** এটি গ্লোমেরিউলাসের প্রদাহজনিত রোগ। বৃক্কের ক্ষতজনিত কারণে, জীবাণু সংক্রমণ বা ড্রাগের বিক্রিয়াজনিত কারণে (drug reaction) কারণে এই রোগ হয়। এই রোগে গ্লোমেরুলাস-এর প্রদাহ হয় এবং রক্তক্ষরণ হয়। প্রোটিন ও RBC পরিস্রুত হয়ে পরিস্রুত তরলে চলে আসে, মূত্রে রক্ত, কোমরের যন্ত্রণা, সামান্য জ্বর ইত্যাদি লক্ষণ প্রকাশ পায়। **অ্যান্টিবায়োটিকের** মাধ্যমে চিকিৎসা এই রোগ নিরাময়ের একমাত্র উপায়।



5.29 ডায়ালাইজার মেশিন

5. ডায়ালিসিস ও কৃত্রিম বৃক্ক (Dialysis and Artificial Kidney)

মানুষের রক্ত থেকে নাইট্রোজেনঘটিত দূষিত পদার্থ কিডনির মাধ্যমে বাইরে বেরিয়ে যেতে পারে। এর ফলে আমাদের রক্ত দূষিত বর্জ্যপদার্থ থেকে মুক্ত থাকে। যদি বৃক্ক ঠিকমতো কাজ না করে (নাইট্রোজেনঘটিত দূষিত পদার্থের বর্জন) তবে দূষিত পদার্থগুলি রক্তে জমতে থাকে যা মানুষকে অসুস্থ করে তোলে, এমনকি এর ফলে মানুষ মারাও যেতে পারে। যখন মানুষের বৃক্কের ক্রিয়া ব্যাহত হয় তখন শরীরকে সুস্থ রাখার জন্য রক্তের শোধন দরকার হয়। ডায়ালাইজার এমনক্ষেত্রে রক্ত শোধনের কাজ করে অর্থাৎ এটি রক্ত থেকে বিষাক্ত বর্জ্য পদার্থগুলিকে বের করে দেয়। ডায়ালাইজারকে অন্য কথায় **কৃত্রিম বৃক্ক** (artificial kidney) বা **হিমোডায়ালাইজার** (Haemodialyser)-ও বলে। এর কাজ হল হিমোডায়ালিসিস (Haemodialysis)।



5.30 রোগীর ডায়ালিসিস করা হচ্ছে

সংজ্ঞা (Definition) : *যে বায়োফিজিক্যাল (biophysical) পদ্ধতিতে একটি নির্দিষ্ট দ্রবণের কেলাস পদার্থের ক্ষুদ্র অণুর কণাগুলি কোলয়েড পদার্থের বৃহৎ অণুকণা থেকে প্রভেদক ভেদ্য পর্দার মধ্য দিয়ে ব্যাপন প্রক্রিয়ার সাহায্যে পৃথক করা যায় তাকে ডায়ালিসিস বা ঝিল্লি বিশ্লেষণ বলে এবং যে কৃত্রিম যন্ত্রের সাহায্যে ডায়ালিসিস করা হয় তাকে ডায়ালাইজার বলা হয়।*

হিমোডায়ালাইজারের গঠন (Construction of Haemodialyser) : ডায়ালাইজারের আসল অংশটি এমনভাবে তৈরি যে এটি অর্ধভেদ্য পর্দা দ্বারা পৃথককৃত নলবিশেষ যার দু-দিক দিয়ে দু-রকম তরল বাহিত হতে পারে। এক্ষেত্রে পর্দার একদিক দিয়ে রোগীর রক্ত চালনা করা হয় ও অপরদিক দিয়ে ডায়ালাইজেট দ্রবণ চালিত হয়। ডায়ালাইজেট দ্রবণ ডিআয়োনাইজড জল দিয়ে তৈরি একটি ঘন দ্রবণ বিশেষ। পাম্পের সাহায্যে এই দ্রবণকে ডায়ালাইজার নলের মধ্য দিয়ে চালনা করা হয়। রোগীর হাত বা পায়ের রক্তনালির সঙ্গে ডায়ালাইজার টিউব কোনো শান্ট (shunt) দ্বারা এমনভাবে যোগ করা হয় যে রোগীর দেহের রক্ত

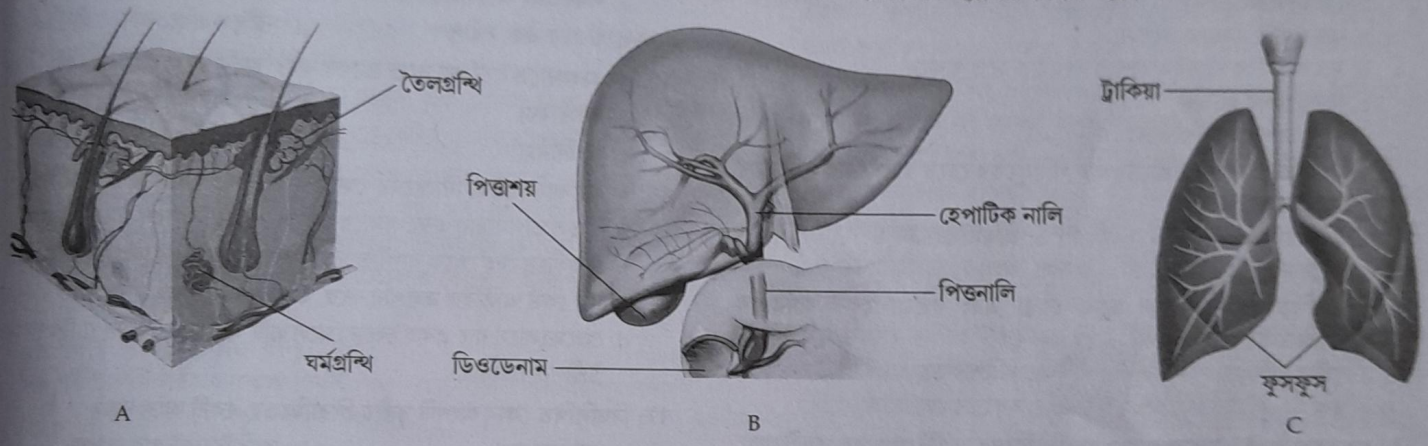
অর্ধভেদ্য পর্দার অপরদিক দিয়ে চালিত হয়ে আবার কোনো রক্তনালিতে এসে পড়ে। এমন ব্যবস্থাপনায় রক্তের দূষিত পদার্থ (যেমন—ইউরিয়া) ব্যাপনের মাধ্যমে ডায়ালাইজেট দ্রবণে মেশে ও রক্ত বিশুদ্ধ হয়ে যায়।

এমনভাবে রক্ত ও ডায়ালাইজেট দ্রবণ চালনা করার সময় কতকগুলি জিনিসের দিকে লক্ষ রাখা হয়। ডায়ালাইজেট দ্রবণকে সামান্য উষ্ণ করা হয় যাতে তার উষ্ণতা রক্তের উষ্ণতার সঙ্গে সমান হয়। তা ছাড়া ডায়ালাইজেট দ্রবণ ও রক্তের চাপের যাতে তারতম্য সৃষ্টি না হয় সেদিকে লক্ষ রাখতে হয়। চাপের তারতম্য ঘটলে অর্ধভেদ্য পর্দা ফেটে যাওয়ারও সম্ভাবনা থাকে।

5.11 আনুষঙ্গিক রেচন অঙ্গ (Accessory Excretory Organ)

রেচনতন্ত্রের অন্তর্গত কিন্তু রেচনের সঙ্গে পরোক্ষভাবে যুক্ত সহায়ক অঙ্গদের আনুষঙ্গিক রেচন অঙ্গ বলে। যেমন—ত্বক, যকৃৎ, ফুসফুস, লালাগ্রন্থি, বৃহদন্ত্র। কারণ এই অঙ্গগুলি বিপাকীয় বর্জ্যপদার্থ নির্গমনে সাহায্য করে।

1. **ত্বক (Skin) :** ত্বক একাধারে স্পর্শেন্দ্রিয় ও রক্ষণাত্মক অঙ্গ হওয়া সত্ত্বেও রেচনে এর ভূমিকা আছে। ত্বকে অবস্থিত **ঘর্ম গ্রন্থি** (sweat gland) থেকে ঘাম ক্ষরিত হওয়ার সময় সামান্য পরিমাণ **ইউরিয়া** ও **অ্যামোনিয়া** নির্গত হয়। এ ছাড়া ত্বক থেকে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় সামান্য পরিমাণ CO_2 নির্গত হয়। ত্বকে অবস্থিত **সিবেসিয়াস গ্রন্থি** (sebaceous gland) থেকে যে **সিবাম** (sebum) নিঃসৃত হয় তার সঙ্গে অল্প পরিমাণে **কোলেস্টেরল, ফ্যাটি অ্যাসিড, হাইড্রোকার্বন** ইত্যাদি রেচিত হয়। ঘর্মের মাধ্যমে **ল্যাকটিক অ্যাসিড** নির্গত হয়।

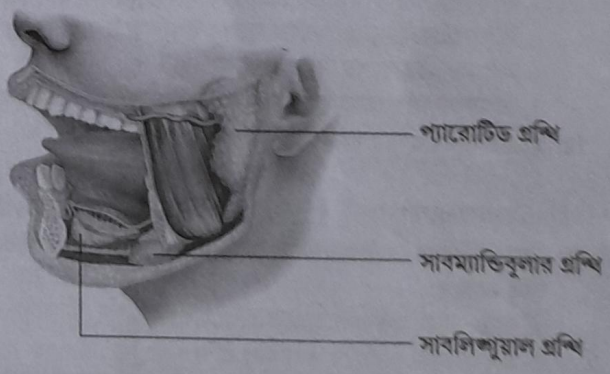


5.31 আনুষঙ্গিক রেচন অঙ্গ : A. ত্বক, B. যকৃৎ, C. ফুসফুস

2. **যকৃৎ (Liver) :** যকৃৎ আমাদের সর্বাপেক্ষা বড়ো পৌষ্টিকগ্রন্থি। রেচনেও যকৃতের ভূমিকা আছে। যকৃতের মধ্যে হিমোগ্লোবিন বিশ্লিষ্ট হয়ে **বিলিরুবিন, বিলিভারডিন, লেসিথিন** প্রভৃতি রেচন পদার্থ সৃষ্টি হয় এবং পিত্তরসের মাধ্যমে অন্ত্রে আসে ও মলের সাহায্যে দেহ থেকে নির্গত হয়। এ ছাড়া ভারী ধাতু (CO, Hg ইত্যাদি), ভেষজ পদার্থ ও টক্সিক পদার্থও যকৃৎ নিঃসৃত পিত্তের মাধ্যমে রেচিত হয়।
3. **ফুসফুস (Lungs) :** ফুসফুস মূলত শ্বাসযন্ত্র। তথাপি রেচনে এর বিশেষ ভূমিকা আছে। কোশে উৎপন্ন বিপাকজাত দূষিত পদার্থ কার্বন ডাইঅক্সাইড ফুসফুসের মাধ্যমেই নিশ্বাসকালে দেহ থেকে নির্গত হয়।
4. **লালাগ্রন্থি (Salivary glands) :** মানুষের মুখবিবরে মোট তিনজোড়া লালাগ্রন্থি থেকে লালা ক্ষরিত হয়।

   এই লালারসের সঙ্গে সামান্য পরিমাণে ইউরিয়া, আয়োডাইড, থায়োসায়ানেট ইত্যাদি রেচিত হয়।

   এছাড়া লালারসের মাধ্যমে পারদ, সিসা, আর্সেনিক ইত্যাদি ভারী ধাতু, বিভিন্ন অ্যালকালয়েড, অ্যান্টিবায়োটিক, যেমন—পেনিসিলিন, স্ট্রেপটোমাইসিন ইত্যাদি; ইথাইল অ্যালকোহল প্রভৃতি দেহ থেকে অপসারিত হয়। এছাড়াও ল্যাকটিক অ্যাসিড, ইউরিয়া, ইউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি রেচিত হয়।



5.32 লালাগ্রন্থি

5. **বৃহদন্ত্র (Large intestine) :** অন্ত্রের অন্তঃআবরণীর কোশে উৎপন্ন লৌহ, ক্যালশিয়াম ও অন্যান্য লবণ রেচন পদার্থ হিসেবে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় অন্ত্রের গহ্বরে পরিত্যক্ত হয়। এ ছাড়া যকৃৎ ও লালাগ্রন্থি থেকে যেসব রেচন পদার্থগুলি উৎপন্ন হয় তা বৃহদন্ত্রে নীত হয়ে মলের সঙ্গে মিশে দেহের বাইরে নির্গত হয়।

B. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

1. মানবদেহে বৃক্কের অবস্থান উল্লেখ করো।

▶ মানুষের বৃক্ক দুটি উদরগহ্বরের কটি অঞ্চলে মেরুদণ্ডের দু-পাশে পেরিটোনিয়াম পর্দার নীচে অবস্থিত। বৃক্কের ঊর্ধ্বপ্রান্ত দ্বাদশ থোরাসিক কশেরুকার (T_{12}) নীচে এবং নিম্নপ্রান্ত তৃতীয় লাম্বার কশেরুকার (L_3) ওপরে অবস্থিত।

2. ব্যোওম্যানস ক্যাপসুল কী? এর কাজ কী?

▶ নেফ্রনের প্রথম সংবর্তনালির প্রান্তে উপস্থিত দ্বিস্তরীয় কাপের ন্যায় অংশকে ব্যোওম্যানস ক্যাপসুল বলে।

কাজ ঃ ব্যোওম্যানস ক্যাপসুল গ্লোমেরুলাসকে ধারণ করে এবং গ্লোমেরুলাস দ্বারা পরিস্রুত তরলকে বৃক্কীয় নালিকায় প্রেরণ করে।

3. গ্লোমেরুলাসের কাজ কী?

▶ গ্লোমেরুলাস জৈব ছাঁকনি (ultra filter) রূপে কাজ করে এবং রক্তের তরল অংশ অর্থাৎ প্লাজমা থেকে কোলয়েড ব্যতীত (প্রোটিন এবং ফ্যাট) অন্যান্য সব উপাদানকে ছেঁকে পৃথক করে।

4. গ্লোমেরুলাস সন্নিহিত যন্ত্র কী? এর কাজ কী?

▶ নেফ্রনের অন্তর্মুখী ও বহির্মুখী ধমনিকা এবং দূরসংবর্ত নালিকার মিলনস্থলকে গ্লোমেরুলাস সন্নিহিত যন্ত্র (Juxtaglomerular apparatus) বলে। এটি জাক্সটাগ্লোমেরুলার কোশ, ম্যাকুলা ডেনসা এবং লেসিস কোশ নিয়ে গঠিত।

কাজ ঃ গ্লোমেরুলার সন্নিহিত যন্ত্র থেকে রেনিন ও এরিথ্রোপয়েটিন ক্ষরিত হয়।

5. মেসানজিয়ান কোশ বা ল্যাসিস কোশ কোথায় থাকে? এর কাজ কী?

▶ নেফ্রনের অন্তর্মুখী ও বহির্মুখী উপধমনি দ্বারা সৃষ্ট কোণে মেসানজিয়ান কোশ বা ল্যাসিস কোশ থাকে। এরা ম্যাকুলা ডেনসা থেকে Na^+ এবং Cl^--এর হ্রাসমাত্রা সংবেদন করে জাক্সটাগ্লোমেরুলার কোশকে উদ্দীপিত করে ফলে রেনিন ক্ষরিত হয়।

6. বৃক্কীয় নালিকার কাজ কী?

▶ বৃক্কীয় নালিকার প্রধান কাজ তিনটি। যথা—(1) নির্বাচিত পদার্থের পুনঃশোষণ, (2) ক্ষরণ এবং (3) নতুন পদার্থ উৎপাদন।

7. বহুমূত্র বা ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস কী?

▶ পশ্চাৎ পিটুইটারি নিঃসৃত অ্যান্টিডাইইউরেটিক হরমোন (ADH) বৃক্কীয় নালিকায় জলের পুনঃশোষণ ঘটিয়ে মূত্র উৎপাদন হ্রাস করে। ADH-এর কম ক্ষরণের ফলে বৃক্কীয় নালিকায় জলের পুনঃশোষণ হ্রাস পায় এবং অতিরিক্ত মূত্র উৎপন্ন হয়। এই অবস্থাকে বলা হয় বহুমূত্র বা ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস।

8. মধুমেহ বা ডায়াবেটিস মেলিটাস রোগে মূত্রে গ্লুকোজ নির্গত হয় কেন?

▶ স্বাভাবিক অবস্থায় বৃক্কীয় নালিকায় পরিস্রুত তরল থেকে গ্লুকোজ সম্পূর্ণরূপে পুনঃশোষিত হয়ে রক্তে ফিরে আসে। কিন্তু রক্তে গ্লুকোজের মাত্রা 180 mg% অতিক্রম করলে বৃক্কীয় নালিকা দ্বারা পরিস্রুত তরল থেকে গ্লুকোজ সম্পূর্ণরূপে পুনঃশোষিত হয় না, কিছু গ্লুকোজ মূত্রের সঙ্গে নির্গত হয়। মধুমেহ রোগে রক্তে গ্লুকোজের উচ্চমাত্রা (180 mg%-এর বেশি) মূত্রে গ্লুকোজ নির্গত হওয়ার প্রধান কারণ।

9. কী কী কারণে মূত্রে রক্ত নির্গত হয়?

▶ বৃক্কের প্রদাহ, আঘাতজনিত কারণে মূত্রনালিতে ক্ষত, তীব্র অগ্নিদগ্ধ অবস্থা, প্রস্টেট প্রদাহ, কালাজ্বর ইত্যাদি কারণে মূত্রে রক্ত নির্গত হয়।

10. কী অবস্থায় মূত্রে ফ্যাট নির্গত হয়?

▶ অ্যালকোহল ও ফসফরাস বিষক্রিয়ায় বৃক্কজনিত রোগে মূত্রে ফ্যাট নির্গত হয়। মূত্রে ফ্যাটের উপস্থিতিকে লাইপুরিয়া বলে।

11. ম্যাকুলা ডেনসা কী?

▶ গ্লোমেরুলাস সন্নিহিত যন্ত্রের দূরসংবর্ত নালির অন্তস্থ গাত্রে অবস্থিত পরিবর্তিত এবং ঘনীভূত স্তম্ভাকার কোশ থাকে যাকে ম্যাকুলা ডেনসা বলে।

12. মানুষের বৃক্কে মোট নেফ্রনের সংখ্যা কত?

▶ প্রতিটি বৃক্কে 10 লক্ষ করে মোট 20 লক্ষ নেফ্রন থাকে।

13. পোডোসাইট কী? এর গুরুত্ব কী?

▶ ব্যোওম্যানের ক্যাপসুলের অন্তঃপ্রাচীরে অ্যামিবার মতো যে কোশ থাকে তাদের পোডোসাইট কোশ বলে। এই কোশের বাহুর মতো অংশগুলিকে পেডিসেল বলে। এগুলি থাকার জন্য ভিত্তিঝিল্লি ও পোডোসাইটের সঙ্গে যে গ্যাপ তৈরি হয় তাদের পরিস্রাবণ ছিদ্র বলে। এই ছিদ্র পরিস্রাবণে সাহায্য করে।

14. পরিস্রাবণ ঝিল্লির অংশগুলি কী কী?

▶ তিনটি প্রধান অংশ নিয়ে পরিস্রাবণ ঝিল্লি গঠিত, যথা—(i) রক্তজালকের এন্ডোথেলিয়াম, (ii) ব্যোওম্যান ক্যাপসুলের ভিসেরাল স্তর এবং (iii) উভয়ের মাঝের ভিত্তিপর্দা।

15. বেলিনির নালি কী?

▶ বিভিন্ন নেফ্রনের সংগ্রাহী নালি পরস্পর মিলিত হয়ে যে অপেক্ষাকৃত মোটা নালি গঠন করে তাকে বেলিনির নালি বলে।

16. আমাদের উভয় বৃক্ক দিয়ে প্রতি মিনিটে কী পরিমাণ রক্ত প্রবাহিত হয়?

▶ উভয় বৃক্ক দিয়ে প্রতি মিনিটে প্রায় 1200 - 1300 ml রক্ত (770ml প্লাজমা) প্রবাহিত হয়।

17. একজন ডায়াবেটিসবিহীন প্রাপ্তবয়স্ক লোক প্রত্যহ কী পরিমাণ মূত্র ত্যাগ করে?

▶ প্রত্যহ (24 ঘণ্টায়) গড়ে 1.5 লিটার মূত্র ত্যাগ করে।

18. স্বাভাবিক মূত্রের রং হালকা হলুদ হয় কেন?

▶ স্বাভাবিক মূত্রে ইউরোক্রোম রঞ্জক থাকায় এবং কিছু পরিমাণ ইউরোবিলিন ও হিমাটোপরফাইরিন থাকায় স্বাভাবিক মূত্র হালকা হলুদ বা ফ্যাকাসে হলুদ হয়।

19. (i) আমাদের শরীরে উভয় বৃক্ক দিয়ে মিনিটে কত রক্ত প্রবাহিত হয়? (ii) গ্লোমেরুলিতে রক্তচাপ কত? (iii) বৃক্কের কোন্ অংশে গ্লোমেরুলি থাকে না?

▶ (i) আমাদের শরীরে উভয় বৃক্ক দিয়ে মিনিটে 1200–1300 ml রক্ত প্রবাহিত হয়। (ii) গ্লোমেরুলিতে রক্তচাপ 45 mm Hg। (iii) বৃক্কের মেডালায় কোনো গ্লোমেরুলি থাকে না।

20. মানবদেহের বিভিন্ন রেচন অঙ্গের নাম করো।

▶ মানবদেহের বিভিন্ন রেচন অঙ্গগুলি হল—বৃক্ক, চর্ম, যকৃৎ, লালাগ্রন্থি, ফুসফুস ও অন্ত্র।

21. বৃক্কে মূত্র উৎপাদনের শারীরবৃত্তীয় পদ্ধতিগুলি উল্লেখ করো।

▶ বৃক্কে মূত্র উৎপাদনের শারীরবৃত্তীয় পদ্ধতিগুলি হল—গ্লোমেরুলার পরাপরিস্রাবণ, টিউবিউলার পুনঃবিশোষণ এবং টিউবিউলার ক্ষরণ।

22. ব্যোওমানের ক্যাপসুলে কীভাবে কার্যকর পরিস্রাবণ চাপ নির্ধারিত হয়?

▶ ব্যোওমানের ক্যাপসুলে কার্যকর পরিস্রাবণ চাপ অর্থাৎ এফেকটিভ ফিল্ট্রেশন প্রেসার বা EFP নিম্নলিখিত সূত্রে নির্ধারিত হয়—

$EFP = P_{GC} - (\pi_{GC} + P_{BS})$

P_{GC} (গ্লোমেরুলার জালকাস্থিত জলস্তম্ভের চাপ) = 45 mmHg,

π_{GC} (গ্লোমেরুলার জালকাস্থিত অভিস্রবণীয় চাপ) = 25 mmHg,

P_{BS} (ব্যোওম্যান ক্যাপসুলস্থিত জলস্তম্ভের চাপ) = 10 mmHg

অর্থাৎ, $EFP = 45 - (25 + 10) = 45 - 35 = 10$ mmHg।

23. নিম্নলিখিতগুলির ধর্ম (অম্ল/ক্ষার) উল্লেখ করো ঃ

রক্ত, মূত্র, গ্লোমেরুলার পরিস্রুত তরল।

▶ রক্ত—ক্ষারধর্মী, মূত্র—অম্লধর্মী, গ্লোমেরুলার পরিস্রুত তরল—ক্ষারধর্মী।

24. প্রস্রাব অম্লধর্মী হয় কেন?

▶ মূত্রে হিপ্পিউরিক অ্যাসিড, ইউরিক অ্যাসিড, সোডিয়াম ডাইহাইড্রোজেন ফসফেট (NaH_2PO_4) মিশে থাকায় মূত্র অম্লধর্মী হয়।

25. স্বাভাবিক মূত্রের জৈব উপাদানগুলি কী?

▶ স্বাভাবিক মূত্রের জৈব উপাদানগুলি হল—ইউরিয়া, ইউরিক অ্যাসিড, ক্রিয়েটিনিন, ক্রিয়েটিন, হিপ্পিউরিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি।

26. নেফ্রনের বৃক্কীয় নালিকায় কী কী কোশ পাওয়া যায় ?

▶ নেফ্রনের বৃক্কীয় নালিকায় অবস্থিত কোশগুলি হল—**(i) পরাসংবর্ত নালিকা :** ব্রাশবর্ডারযুক্ত কিউবিক্যাল এপিথেলিয়াল কোশ। **(ii) হেনলির লুপ :** চ্যাপটা স্কোয়ামাস এপিথেলিয়াল কোশ এবং ব্রাশবর্ডারহীন কিউবিক্যাল এপিথেলিয়াল কোশ। **(iii) দূরসংবর্ত নালিকা :** স্বল্প মাইক্রোভিলাইযুক্ত কিউবিক্যাল এপিথেলিয়াল কোশ। **(iv) সংগ্রাহী নালিকা :** সরল কিউবিক্যাল কোশ।

27. প্রোনেফ্রন, মেসোনেফ্রন ও মেটানেফ্রন বৃক্ক কাকে বলে ?

▶ যেসব বৃক্ক দেহের অগ্রভাগে থাকে তাদের প্রোনেফ্রন বৃক্ক বলে। যেমন—মাছের বৃক্ক। যেসব বৃক্ক দেহের মাঝখানে থাকে তাদের মেসোনেফ্রন বৃক্ক বলে। যেমন—ব্যাঙের বৃক্ক। যেসব বৃক্ক দেহের পশ্চাদ্‌ভাগে থাকে তাদের মেটানেফ্রিক বৃক্ক বলে। যেমন—মানুষের বৃক্ক।

28. ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস রোগের প্রধান লক্ষণগুলি কী কী ?

▶ ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস রোগের প্রধান লক্ষণ হল ঘন ঘন এবং বেশি পরিমাণে মূত্রত্যাগ ; জিহ্বা, গলা শুকিয়ে যাওয়া, প্রবল জলতেষ্টা ইত্যাদি। এই রোগে শর্করার পরিমাণ বাড়ে না এবং মূত্রে শর্করা নির্গত হয় না।

29. পরাসংবর্ত নালিকার কটি অংশ ও কী কী ?

▶ পরাসংবর্ত নালিকার দুটি অংশ। যথা—(i) স্তম্ভাকার কোশ দিয়ে তৈরি পারস্ কনভোলিউটা ও (ii) ঘনকাকার কোশ দিয়ে তৈরি পারস্ রেক্টা।

30. ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস নিয়ন্ত্রণে ADH-এর ভূমিকা উল্লেখ করো।

▶ বৃক্কীয় নালিকায় জলের পুনঃশোষণ নিয়ন্ত্রণ করে ADH। এই হরমোনের প্রভাবে বৃক্কীয় নালিকায় জলের পুনঃশোষণ বৃদ্ধি পায়, আবার এই হরমোনের অভাবে জলের পুনঃশোষণ হ্রাস পায়। জলের পুনঃশোষণ না হলে মূত্রের পরিমাণ বেড়ে গিয়ে ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস রোগ হয়।

31. মূত্রে যে পটাশিয়াম উৎপন্ন হয় সেটি আসলে কী ? এটি কোন্ নালিকা থেকে পুনঃশোষিত হয় ?

▶ মূত্রে যে পটাশিয়াম উৎপন্ন হয় সেটি আসলে বৃক্কীয় নালিকার একধরনের ক্ষরিত বস্তু। এটি পরাসংবর্ত নালিকা থেকে পুনঃশোষিত হয়।

32. ব্যোওম্যানের ক্যাপসুল কটি স্তর দ্বারা গঠিত ?

▶ ব্যোওম্যানের ক্যাপসুল দুটি স্তর দ্বারা গঠিত। যথা—(i) বাইরের দিকে অবস্থিত প্যারাইটাল স্তর, (ii) ভিতরের দিকে অবস্থিত ভিসেরাল স্তর।

33. মূত্র উৎপাদনে প্রভাব বিস্তারকারী শর্তগুলি কী কী ?

▶ মূত্র উৎপাদনে প্রভাব বিস্তারকারী শর্তগুলি হল—(i) জলগ্রহণ, (ii) স্যালাইন ইনজেকশন, (iii) স্যালাইন গ্রহণ, (iv) কম-বেশি লবণ গ্রহণ ও (v) জলাভাব।

34. হিমাচুরিয়া কী ?

▶ মূত্রে রক্তের অস্বাভাবিক উপস্থিতি হল হিমাচুরিয়া।

35. মূত্রের প্রধান চারটি অস্বাভাবিক উপাদানের নাম এবং যে রোগে নির্গত হয় তা উল্লেখ করো।

▶ মূত্রের প্রধান চারটি অস্বাভাবিক উপাদান এবং যে রোগে এগুলি নির্গত হয়—

অস্বাভাবিক উপাদান	যে রোগে নির্গত হয়
(i) গ্লুকোজ	ডায়াবেটিস মেলিটাস
(ii) অ্যালবুমিন	নেফ্রাইটিস
(iii) বিলিরুবিন	জন্ডিস
(iv) কিটোন বডি	ডায়াবেটিস মেলিটাস

36. GFR কী ?

▶ স্তন্যপায়ী প্রাণীদের দুটি বৃক্কের সমস্ত নেফ্রন দ্বারা প্রতি মিনিটে যত পরিমাণ রক্ত পরিস্রুত হয় বা পরিস্রুত তরল উৎপন্ন হয় তাকে গ্লোমেরুলার ফিলট্রেশন রেট (GFR) বলে। স্বাভাবিক পরিমাণ 125 মিলি/মিনিট।

37. Filtration Fraction কী ?

▶ স্তন্যপায়ী প্রাণীর দুটি বৃক্কের সমস্ত নেফ্রন দ্বারা প্রতি মিনিটে পরিস্রুত তরলের পরিমাণ এবং দুটি বৃক্কে প্রবাহিত প্লাজমার অনুপাতকে বলে Filtration Fraction। এর স্বাভাবিক মান 0.2।

38. Filtration Coefficient কী ?

▶ বৃক্কের নেফ্রনের পরিস্রাবক পর্দার ভেদ্যতা এবং এর আয়তনের গুণফলকে বলা হয়।

39. GFR হ্রাসকারী কয়েকটি পদার্থের নাম লেখো।

▶ নর এপিনেফ্রিন, অ্যানজিওটেনসিন-II, এন্ডোথেলিন ; এরা রক্তবাহের সংকোচন ঘটিয়ে GFR হ্রাস করে।

40. GFR বৃদ্ধিকারী পদার্থের নাম লেখো।

▶ প্রোস্টাগ্ল্যানডিন, নাইট্রিক অক্সাইড, ব্র্যাডিকাইনিন, ANP ডোপামিন।

41. নেফ্রনের পরিস্রাবক পর্দার বৈশিষ্ট্য লেখো।

▶ (i) উচ্চভেদ্যতা, (ii) পছন্দযুক্তভেদ্যতা, (iii) ভেদ্যপর্দার ছিদ্রের ঋণাত্মকধর্মীতা।

42. Counter Current তন্ত্র কী ?

▶ যখন 'U' আকৃতির নলে তরলের বিপরীতমুখী প্রবাহ ঘটে তখন তাকে Counter Current বলে। বৃক্কের হেনলির লুপ এবং সন্নিহিত ভাসারেক্টাতে এই ধরনের প্রবাহ ঘটে ফলে মূত্রের ঘনত্ব এবং মেডালা অংশে তরলের ঘনত্ব বজায় থাকে। হেনলির লুপ অংশে Counter Current multiplication ঘটে। ভাসারেক্টা অংশে Counter Current Exchange ঘটে।

C. রচনাভিত্তিক প্রশ্ন

1. মানুষের রেচন তন্ত্রের চিহ্নিত চিত্র অঙ্কন করো এবং বিভিন্ন অংশগুলির কাজ লেখো।
2. বৃক্কের অবস্থান, গঠন ও কাজ লেখো।
3. পরা-পরিস্রাবণ কাকে বলে ? প্রক্রিয়াটি কীভাবে ঘটে ?
4. মূত্র উৎপাদন পদ্ধতিটি সংক্ষেপে বর্ণনা করো।
5. ডায়াবেটিস ইনসিপিডাস কী কারণে হয় ? এই রোগের লক্ষণগুলি উল্লেখ করো।
6. মূত্রের স্বাভাবিক উপাদানগুলি কী কী ? মূত্রের দুটি অস্বাভাবিক উপাদানের নাম লেখো এবং কী কারণে তারা নির্গত হয় ?
7. অসমোরেগুলেশন কাকে বলে ? একটি স্বাদু জলের ও একটি সমুদ্রের জলের মাছের অসমোরেগুলেশন বর্ণনা করো।
8. বৃক্কের কাজ নিয়ন্ত্রণে ADH ও JGA-র ভূমিকা ব্যাখ্যা করো।
9. নেফ্রাইটিস কাকে বলে ? এটি কত প্রকারের ? নেফ্রাইটিস রোগের লক্ষণগুলি কী কী ? এই রোগের চিকিৎসা প্রদ্ধতি উল্লেখ করো।
10. কৃত্রিম বৃক্ক বলতে কী বোঝো ? হিমোডায়ালাইজারের গঠন বর্ণনা করো।
11. রেনাল ক্যালকুলি কী ? এটি কীভাবে সৃষ্টি হয় ? এর প্রতিকার কী ?
12. কিডনি ফেলিওর বলতে কী বোঝায় ? এর বিভিন্ন প্রকার লক্ষণগুলি আলোচনা করো।
13. অবস্থান অনুসারে নেফ্রনের শ্রেণিবিভাগ করো। জাক্সটামেডুলারি নেফ্রন ও কর্টিক্যাল নেফ্রনের পার্থক্য লেখো।
14. চিত্রসহ বৃক্কীয় নালিকার পুনর্বিশোষণ সম্পর্কে আলোচনা করো।
15. ব্যোওমান ক্যাপসুলে কার্যকর পরিস্রাবণ চাপ কীভাবে নির্ধারিত হয় ?
16. হাই থ্রেশোল্ড, লো থ্রেশোল্ড এবং নো থ্রেশোল্ড পদার্থ বলতে কী বোঝায় ? দেহে জলের অভাব হলে বয়স্ক লোক ও শিশুদের কী ধরনের পরিবর্তন ঘটতে পারে ?
17. পক্ষী এবং স্তন্যপায়ীদের ক্ষেত্রে হেনলির লুপটি আকারে বড়ো কিন্তু সরীসৃপদের ক্ষেত্রে লুপটি ছোটো অথবা অনুপস্থিত—ব্যাখ্যা করো।
18. মানুষের নেফ্রনের একটি সরল চিত্র অঙ্কন করে, যে-কোনো 6টি অংশ চিহ্নিত করো।