

अध्याय- 25

मानव का उत्सर्जन तंत्र

(Excretory System of Human)

शरीर में होने वाली उपापचयी क्रियाओं के फलस्वरूप विभिन्न प्रकार के अपशिष्ट पदार्थों का निर्माण होता है जो शरीर के लिए न केवल अनावश्यक होते हैं बल्कि हानिकारक भी होते हैं। जैसे- CO_2 , जल, नाइट्रोजनी अपशिष्ट पदार्थ (अमोनिया, यूरिया, यूरिक अम्ल) आदि। CO_2 एवं जल क्रमशः श्वसन, मल-मूत्र तथा पसीने द्वारा बाहर निकाल दिये जाते हैं जबकि नाइट्रोजनी अपशिष्ट पदार्थों को शरीर से बाहर निकालने की क्रिया को उत्सर्जन (Excretion) कहते हैं। प्रोटीन उपापचय से निर्मित नाइट्रोजनी अपशिष्ट पदार्थों को जटिल रासायनिक क्रियाओं के फलस्वरूप विशेष उत्सर्जी अंगों द्वारा बाहर निकाला जाता है। शरीर के वे अंग जो अपशिष्ट पदार्थों को बाहर निकालने में सहायता करते हैं, उत्सर्जी अंग कहलाते हैं। उत्सर्जी अंग मिलकर उत्सर्जन तंत्र (Excretory System) का निर्माण करते हैं।

नाइट्रोजनी अपशिष्ट पदार्थों का निष्कासन

(Elimination of nitrogenous waste products)

प्राणियों में प्रोटीन उपापचय के द्वारा विभिन्न प्रकार के नाइट्रोजनी अपशिष्ट पदार्थ बनते हैं जिनका उत्सर्जन किया जाता है।

1. **अमोनिया (Ammonia)**- प्रोटीन व अमीनो अम्लों के अपघटन से अमोनिया उत्पन्न होती है जो शरीर के लिए अत्यंत हानिकारक होती है। अत्यत विषैली होने के कारण इसको शीघ्रता से शरीर से बाहर निकालना आवश्यक है।

अतः वे प्राणी जिनमें नाइट्रोजनी, अपशिष्टों का अमोनिया के रूप में उत्सर्जन किया जाता है, अमोनोटेलिक (Ammonotelic) प्राणी

कहलाते हैं। अमोनिया जल में अत्यधिक घुलनशील होता है, अतः इसके उत्सर्जन के लिए जल की आवश्यकता अधिक होती है। इसलिए सरल जलीय प्राणी ही अमोनिया का उत्सर्जन करते हैं। जैसे- प्रोटोजोआ, पोरीफेरा, हाइड्रा, एनीलिडा, जलीय आर्थोपोड, मोलस्का के प्राणी, अलवण जलीय मछलियाँ आदि।

2. **यूरिया (Urea)** - यूरिया अमोनिया की अपेक्षा कम हानिकारक होता है, इसलिए अधिकांश स्थलीय जंतु अमोनिया को यूरिया में बदल लेते हैं। यूरिया को शरीर में अधिक समय तक रोका जा सकता है। यूरिया जल में घुलनशील है। यूरिया के उत्सर्जन के लिए जल की आवश्यकता होती है। ऐसे प्राणी जो मुख्य उत्सर्जी पदार्थ के रूप में यूरिया का उत्सर्जन करते हैं, उन्हें यूरियोटेलिक प्राणी कहते हैं। जैसे- एनेलिड्स, उपास्थित मछलियाँ, अस्थित मछलियाँ, उभयचारी जंतु व स्तनी जंतु (खरगोश, मनुष्य) आदि।

3. **यूरिक अम्ल (Uric Acid)** - यूरिक अम्ल कम विषैला व जल में लगभग अघुलनशील होता है। कम विषैला होने के कारण इसे अधिक समय तक शरीर में संचित किया जा सकता है। इसके उत्सर्जन में जल की आवश्यकता नहीं होती है। ऐसे प्राणी जो मुख्य उत्सर्जी पदार्थ के रूप में यूरिक अम्ल का उत्सर्जन करते हैं उन्हें यूरिया उत्सर्जी प्राणी (Uricotelic) कहते हैं। जैसे- कीट, सरीसृप व मरुस्थल आवास में रहने वाले स्तनधारी।

मानव का उत्सर्जन तंत्र

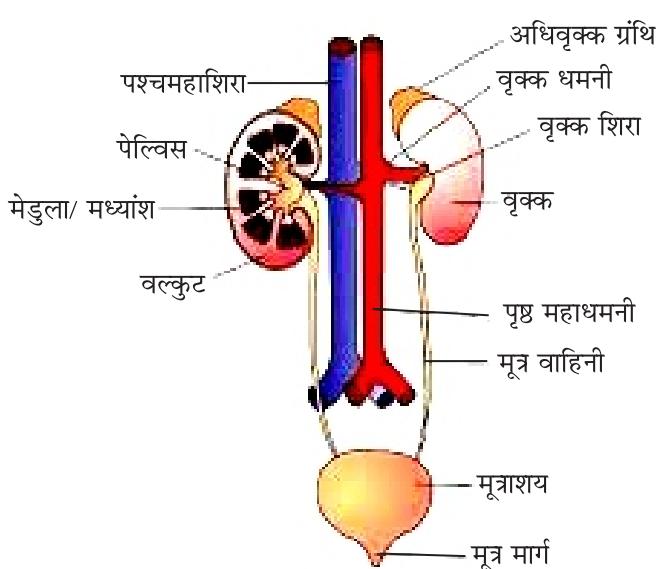
मानव के मुख्य उत्सर्जी अंग वृक्क होते हैं। वृक्कों के अतिरिक्त

मूत्रवाहिनी, मूत्राशय एवं मूत्र मार्ग भी उत्सर्जन में भाग लेते हैं।

1. वृक्क (Internal Structure of Kidney) - मानव

में एक जोड़ी वृक्क पाये जाते हैं जो उदर गुहा के पृष्ठ भाग में कशेरुक दण्ड के दोनों ओर स्थित होते हैं। दाहिना वृक्क बायें वृक्क से कुछ आगे स्थित होता है। दोनों वृक्क एक महीन पेरिटोनियम डिल्ली नुमा वलन द्वारा उदर गुहा की पृष्ठ भित्ति से जुड़े रहते हैं। वृक्क का निर्माण ध्रूणीय मीसोडर्म से होता है तथा ये पश्चवृक्क या मेटानेफ्रिक प्रकार के होते हैं।

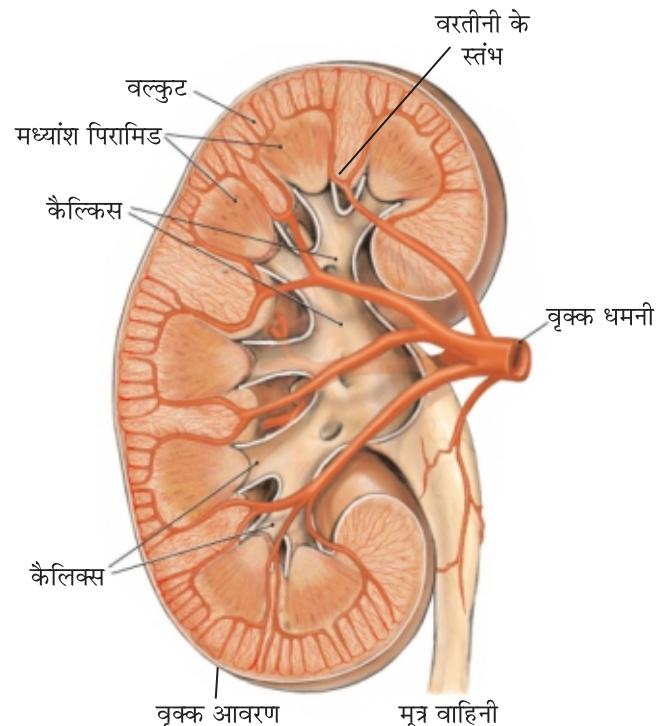
मानव के वृक्क गहरे लाल रंग के तथा सेम के बीज जैसी आकृति के होते हैं। प्रत्येक वृक्क लगभग 10-11 सेमी लम्बा, 5-6 सेमी चौड़ा 2.5-3 सेमी मोटा तथा लगभग 120-170 ग्राम होता है। वृक्क का बाहरी तल उत्तल (Convex) तथा भीतरी तल अवतल (Concave) होता है। अवतल सतह की ओर गडडे जैसी एक रचना होती है, जिसे वृक्क नाभि या हाइलम (Hilum) कहते हैं। हाइलम वाले भाग से वृक्क धमनी (Renal artery) तथा तंत्रिका (Nerve) वृक्क में प्रवेश करती है। वृक्क शिरा (Renal vein), लसिका वाहिनी (Lymph duct) तथा मूत्रवाहिनी (Ureter) वृक्क से बाहर निकलती है। वृक्क के ऊपरी छोर को अधिवृक्क (Adrenal) नामक अन्तः स्रावी ग्रंथि दोपीनुमा आकार में ढंके रहती है।



चित्र 25.1 मानव का उत्सर्जन तंत्र

2. मूत्र वाहिनियाँ (Ureters)- प्रत्येक वृक्क की नाभि (Hilum) से मोटी व पेशीय भित्ति की बनी लम्बी, संकरी नलिका निकलती है इसे मूत्र वाहिनी (Ureter) कहते हैं। इसका वृक्क में स्थित प्रारम्भिक भाग चौड़ा व कीपनुमा होता है, जिसे वृक्क श्रोणि (Pelvis) कहते हैं। पैल्विस से प्रारम्भ होकर दोनों मूल वाहिनियाँ नीचे की ओर जा

कर मूत्राशय में खुलती हैं। मूत्र वाहिनियों की भित्ति मोटी एवं पेशीय होती है। ये पेशियाँ वाहिनियों में मूत्र को आगे बढ़ाने के लिए क्रमाकुंचक तरंगें उत्पन्न करती हैं।



चित्र 25.2 मानव का उत्सर्जन तंत्र

3. मूत्राशय (Urinary bladder)- यह थैले के समान एक पेशीय संरचना है, जिसमें मूत्र का स्थाई रूप से संग्रह किया जाता है। इसकी भित्ति में तीन स्तर पाए जाते हैं-

बाह्यस्तर- पेरिटोनियम का सीरोसा स्तर, मध्य - अरेखित पेशी स्तर तथा आन्तरिक - श्लेष्मिक स्तर। मूत्राशय शंकुरूपी होती है जिसका ऊपरी भाग चौड़ा तथा निचला भाग संकरा होता है। संकरा भाग एक छिद्र द्वारा मूत्रोजनन मार्ग (Urethra) में खुलता है। इस छिद्र में रेखित पेशी की बनी अवरोधनी (Sphincter) पायी जाती है। मूत्राशय नर में मलाशय (Rectum) के आगे तथा मादा में योनि (Vagina) के ठीक ऊपर पाया जाता है। मूत्राशय में 700-800 मि.लि. मूत्र का संग्रह किया जा सकता है।

4. मूत्र मार्ग (Urethra)- मूत्राशय की ग्रीवा से एक पतली नलिका निकलती है जिसे मूत्रमार्ग (Urethra) कहते हैं। मूत्र मार्ग द्वारा मूत्र शरीर से बाहर निकलता है। मूत्र मार्ग पर अवरोधनी पेशी (Sphincter muscle) उपस्थित होती है जो सामान्यतः मूत्र मार्ग को कसकर बंद रखती है। मूत्र त्याग के समय अवरोधनी शिथिल हो जाती है, जिससे मूत्र आसानी से बाहर निकल जाता है। पुरुषों में मूत्र मार्ग लगभग 15 सेमी. लम्बा होता है और शिशन में होकर गुजरता है। इसमें होकर मूत्र व वीर्य दोनों ही बाहर निकलते हैं। स्त्रियों में मूत्र मार्ग लगभग

4 सेमी लम्बा होता है तथा इसमें केवल मूत्र ही बाहर निकलता है।

नर में मूत्र मार्ग तीन भागों का बना होता है-

(i) प्रोस्टेट भाग या यूरिथ्रल भाग (Prostatic or Urethral part)

यह 2.5 सेमी लम्बा होता है जो प्रोस्टेट ग्रंथि (Prostate gland) के मध्य से गुजरता है। इसी भाग में दोनों शुक्र वाहिनियाँ खुलती हैं।

(ii) डिल्लीनुमा भाग (Membranous part)

यह प्रोस्टेट ग्रंथि एवं शिशन के मध्य का छोटा भाग होता है।

(iii) शिशी भाग (Penile part)

यह लगभग 15 सेमी लम्बा मार्ग है जो शिशन (Penis) के कॉर्पस स्पंजियोसम (Corpus spongiosum) से निकलकर शिशन मुण्ड के शीर्ष पर बाह्य मूत्र छिद्र के रूप में बाहर खुलता है।

मानव के वृक्क की आंतरिक एवं औतिकी संरचना

(Internal and Histological Structure of Human Kidney)

मानव में प्रत्येक वृक्क चारों तरफ से एक दृढ़, तंतुमय संयोजी ऊतक के खोल से घिरा रहता है जिसे वृक्क सम्पुट (Renal capsule) कहते हैं।

वृक्क सम्पुट के नीचे वृक्क दो भागों में विभेदित रहता है— बाहरी भाग वल्कुट (Cortex) तथा आंतरिक भाग मध्यांश (Medulla) कहलाता है।

(अ) वल्कुट (Cortex)— यह सम्पुट के नीचे स्थित होता है तथा मैलपीगी कायों के कारण कणिकामय दिखाई देता है। यह गहरे लाल रंग का बाह्य क्षेत्र है। वल्कुटीय भाग के कुछ संकरे उभार मध्यांश (Medulla) के बाहरी भाग में धंसे रहते हैं इन्हें बर्टिनी के स्तम्भ (Renal columns of Bertini) कहते हैं। वल्कुटीय भाग में वृक्क नलिकाओं के मैलपीगी काय, समीपस्थ कुण्डलित भाग व दूरस्थ कुण्डलित भाग पाये जाते हैं।

(ब) मध्यांश (Medulla)— यह वृक्क का का भीतरी भाग होता है। इसमें वृक्क नलिकाओं के हेनले के लूप व संग्रह नलिकाएँ पायी जाती हैं। मध्यांश के बाहरी भाग में धंसे वल्कुटीय भाग के कारण मध्यांश में शंकाकार उभार दिखाई देते हैं, जिन्हें पिरैमिड (Pyramids) कहते हैं। पिरैमिड एक प्यालेनुमा गुहा में स्थित होता है जिसे केलिक्स (Calyx) कहते हैं। केलिक्स संयुक्त होकर पेल्विस में खुलता है जो कीपाकार होता है व मूत्र वाहिनी में खुलता है।

वृक्क नलिकाएँ या नेफ्रोन की संरचना

(Structure of Uriniferous tubules or Nephrons)

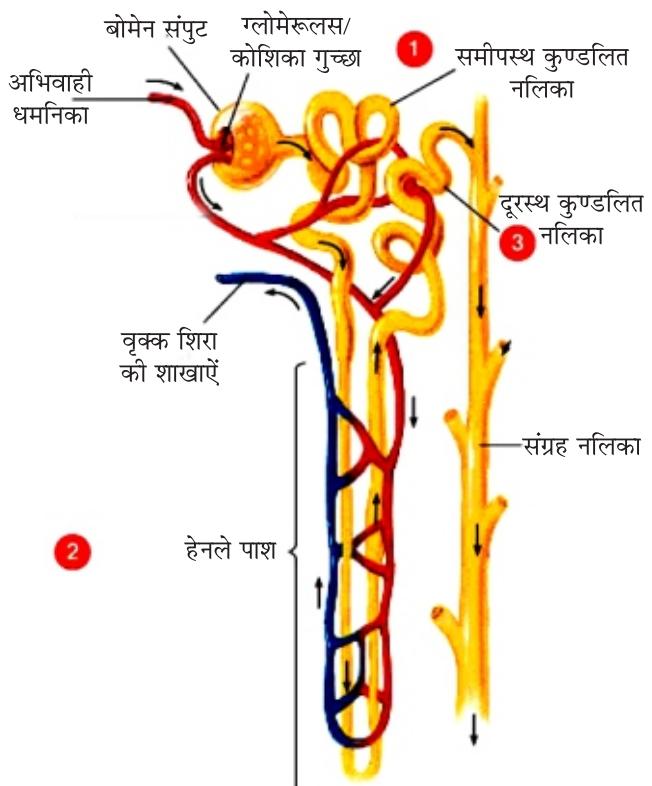
वृक्क नलिकाएँ वृक्क की संरचनात्मक व क्रियात्मक इकाइयाँ होती हैं। मनुष्य के प्रत्येक वृक्क में लगभग 10-12 लाख महीन, लम्बी

तथा कुण्डलित नलिकाएँ पायी जाती हैं। इन नलिकाओं को वृक्क नलिका या नेफ्रोन कहते हैं। इन नलिकाओं में मूत्र का निर्माण होता है जिसमें नाइट्रोजनी पदार्थ घुले रहते हैं।

प्रत्येक वृक्क नलिका निम्नलिखित भागों में विभेदित की जा सकती है—

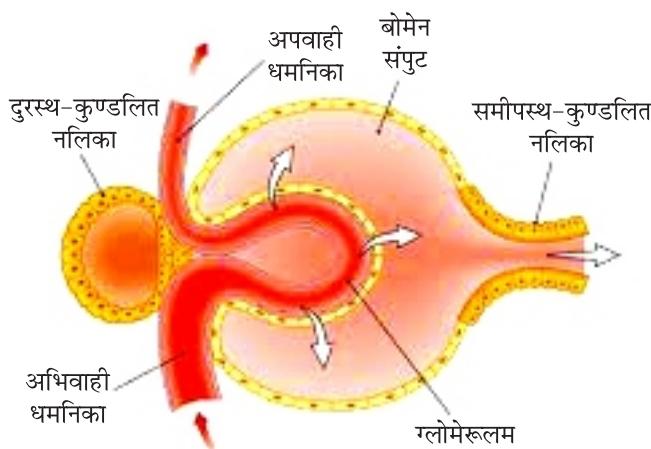
(1) मैलपीगी काय (2) ग्रीवा (3) समीपस्थ कुण्डलित नलिका (4) हेनले का लूप (5) दूरस्थ कुण्डलित नलिका (6) संग्रह नलिकाएँ।

(1) मैलपीगी काय (Malpighian body)— प्रत्येक वृक्क नलिका का अग्र भाग मैलपीगी काय कहलाता है जो दो भागों का बना होता है— (a) बोमन संपुट, (b) केशिका गुच्छ



चित्र 25.3 रक्त वाहिनियाँ, वाहिनियाँ तथा नलिकाएँ प्रदर्शित करता हुआ एवं नेफ्रोन

(a) बोमन संपुट (Bowman's capsule)— यह एक प्यालेनुमा संरचना होती है जिसमें केशिका गुच्छ धंसा रहता है। बोमन संपुट की भित्ति महीन व द्विस्तरीय होती है। ये स्तर शल्की उपकला के बने होते हैं। इनके आंतरिक स्तर में विशेष प्रकार की कोशिकाएँ पायी जाती हैं जिन्हें पदाणु या पोडोसाइट्स (Podocytes) कहते हैं। पोडोसाइट्स के प्रवर्ध एवं रूधिर केशिकाओं की भित्तियाँ मिलकर महीन ग्लोमेरुलस कला का निर्माण करती है। इस कला में अनेक सूक्ष्म छिद्र (Fenestra) पाये जाते हैं जिसके कारण यह कला अधिक पारगम्य होती है।



चित्र 25.4 बोमेन संपुट

(b) केशिका गुच्छ (Glomerulus) - बोमेन संपुट की गुहा में केशिका गुच्छ पाया जाता है। वृक्क धमनी की अभिवाही धमनिका (Afferent arteriole) केशिका गुच्छ में रुधिर लाती है। व अपवाही धमनिका (Efferent arteriole) रुधिर बाहर ले जाती है। अभिवाही धमनिका 50 शाखाओं में विभक्त होकर केशिका गुच्छ का निर्माण करती है। अभिवाही धमनिका का व्यास अपवाही धमनिका की अपेक्षा अधिक होता है। कोशिकाओं की भित्ति एण्डोथिलियम की बनी होती है तथा इसमें 500 से 1000 Å व्यास के रंध्र पाये जाते हैं। रुधिर कोशिकाओं की एण्डोथिलियम व बोमेन संपुट की एपिथिलियम मिलकर निस्यंदन स्तर का कार्य करती है।

(2) ग्रीवा (Neck) - यह भाग बोमेन संपुट के पीछे छोटी-सी संकरी नलिका की तरह होता है। इसकी भित्ति रोमाभी उपकला (Ciliated epithelium) की बनी होती है।

(3) समीपस्थ कुण्डलित नलिका (Proximal convoluted tubule) - यह संरचना ग्रीवा के पीछे लम्बी, मोटी व कुण्डलित नलिका है। यह घनाकार उपकला से आस्तरित हरहती है तथा इसके आंतरिक किनारों पर अनेक सूक्ष्मांकुर पाये जाते हैं जो मिलकर ब्रुश बार्डर (Brush border) बनाते हैं। सूक्ष्मांकुरों के कारण अवशोषण का तल बढ़ जाता है। इन कोशिकाओं में माइट्रोकोन्ड्रिया की संख्या भी अधिक होती है जो सक्रिय अवशोषण हेतु ऊर्जा प्रदान करते हैं। इस भाग में केशिका गुच्छीय निस्यन्द का दो तिहाई भाग पुनः अवशोषित कर लिया जाता है।

(4) हेनले का लूप (Henle's loop) - यह वृक्क नलिका के मध्य का तथा समीपस्थ नलिका के पीछे स्थित पतला एवं U आकृति का नालाकार भाग होता है जिसे हेनले का लूप कहते हैं। यह दो भुजाओं में विभेदित रहती है- अवरोही भुजा (Descending limb) तथा आरोही भुजा (Ascending limb)। समीपस्थ कुण्डलित नलिका

अवरोही भुजा में खुलती है। अवरोही भुजा शल्की उपकला द्वारा आस्तरित रहती है। आरोही भुजा दूरस्थ कुण्डलित नलिका में खुलती है व इसकी भित्ति मोटी होती है व घनाकार उपकला द्वारा आस्तरित रहती है।

(5) दूरस्थ कुण्डलित नलिका (Distal convoluted tubule) - हेनले के लूप की आरोही भुजा दूरस्थ कुण्डलित नलिका में खुलती है जो वृक्क के वल्कुट भाग में स्थित होती है। यह भाग भी समीपस्थ कुण्डलित नलिका के समान घनाकार उपकला द्वारा आस्तरित रहता है इनकी कोशिकाओं में सूक्ष्मांकुर नहीं पाये जाते हैं।

(6) संग्रह नलिकाएं (Collecting tubules) - वृक्क नलिका की दूरस्थ कुण्डलित नलिका संग्रह नलिका में खुलती है। प्रत्येक संग्रह नलिका में कई वृक्क नलिकाएं खुलती हैं। बहुत सी संग्रह नलिकाएं मिलकर एक मोटी प्रमुख संग्रह नलिका का निर्माण करती हैं जिसे बेलिनाई की वाहिनी (Duct of Bellini) कहते हैं। ये नलिकाएं वृक्क श्रोणि (Pelvis) में खुलती हैं जो मूत्रवाहिनी का चौड़ा कीपनुमा भाग होता है। संग्रह नलिकाएं वृक्क के पिरैमिड में स्थित होती हैं। संग्रह नलिकाएं एक स्तरीय ग्रन्थिल उपकला द्वारा आस्तरित होती हैं।

उत्सर्जन तथा मूत्र निर्माण की क्रिया-विधि (Mechanism of excretion and formation of urine)

यकृत कोशिकाओं में बने यूरिया को रुधिर द्वारा वृक्कों में लाया जाता है। यकृत (Liver) से यूरिया युक्त रुधिर यकृत शिरा द्वारा पश्च महा शिरा में डाल दिया जाता है। पश्च महाशिरा से यूरिया को रुधिर से पृथक किया जाता है। इसे मूत्र निर्माण कहते हैं। मूत्र निर्माण की क्रिया निम्न चरणों में पूर्ण होती है-

(1) परानिस्यन्दन (Ultrafiltration)

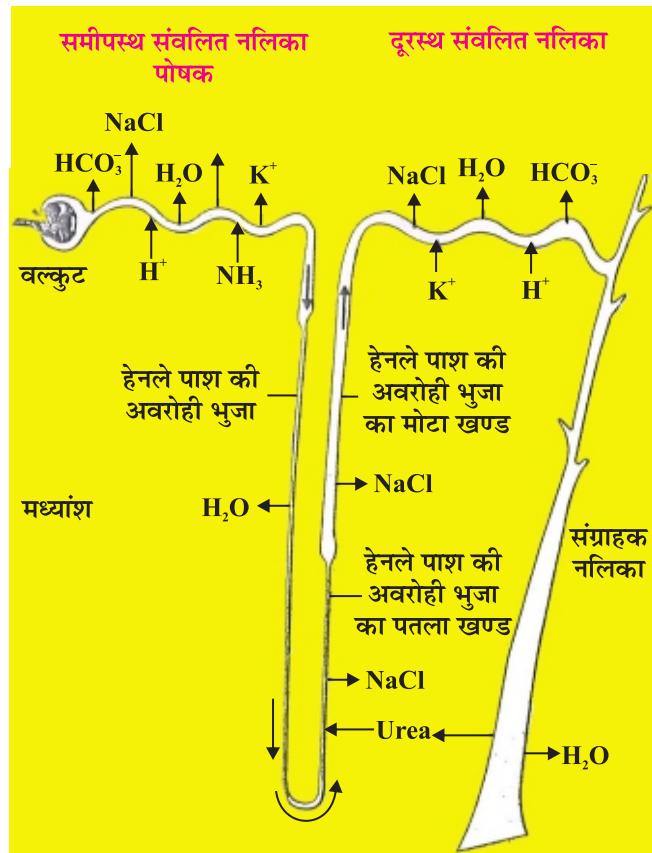
(2) वरणात्मक पुनरावशोषण (Selective reabsorption)

(3) स्रावण (Secretion)

(1) परानिस्यन्दन (Ultrafiltration) - बोमेन संपुट वृक्क नलिका में एक सूक्ष्म छलनी की भाँति कार्य करता है इसमें अभिवाही धमनिका (Afferent arteriole) यूरिया युक्त रुधिर लाती है और अपवाही धमनिका (Efferent arteriole) इससे रुधिर बाहर ले जाती है।

केशिका गुच्छ की कोशिका भित्ति में लगभग $0.1 \mu\text{m}$ व्यास के असंख्य छिद्र होते हैं, जिससे छिद्रित झिल्ली की पारगम्यता सामान्यतः रुधिर केशिकाओं की तुलना में 100 से 1000 गुना अधिक होती है। प्लाज्मा में घुले पदार्थ इन छिद्रों में से छनकर निकल सकते हैं। केशिका गुच्छ (Glomerulus) में आने वाली अभिवाही धमनिका, अपवाही धमनिका की तुलना में अधिक व्यास की होती है। इसलिए इसमें रुधिर तेज गति से आता है लेकिन बाहर जाते समय उतनी तेजी से

नहीं जा पाता है। स्वस्थ मनुष्य में केशिका गुच्छ में आने वाले रूधिर का दाब (G H P ग्लोमेरुलर हाइड्रो स्टेटिक दाब) अधिक (70 mm Hg) होता है। केशिका गुच्छ में रूधिर कणिकाएं, रूधिर प्रोटीन, रूधिर घुलित कोलांयडी नहीं छन पाते हैं।



चित्र 25.5 नेफ्रोन के विभिन्न भागों द्वारा प्रमुख पदार्थों का

पुनरावशोषण एवं स्रवण

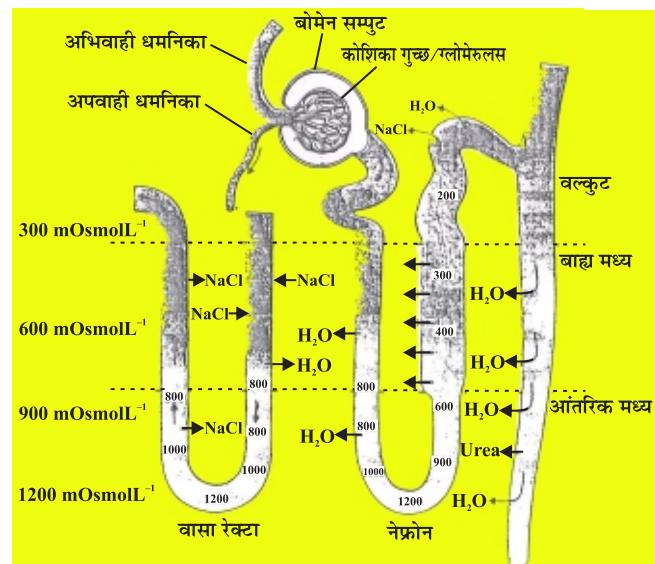
(→ गमन की दिशा को प्रदर्शित करता है)

कोलांयडी पदार्थ रूधिर में एक विपरीत (30 mm Hg का) रक्त कोलांयडी परासरणी दाब (BCoP) उत्पन्न करते हैं। बोमन सम्पुट ही गुहा में उपस्थित निस्यंद द्वारा भी लगभग 20 mm Hg का दाब उत्पन्न किया जाता है जिसे सम्पुटीय द्रव स्थैतिक दाब (CHP, Capsular hydrostatic pressure) कहते हैं। इस प्रकार ग्लोमेरुलर तरल पर लगभग 20 mm Hg ($70 \text{ GHP} - 30 \text{ BCoP} - 20 \text{ CHP}$) का शुद्ध प्रभावी निस्यंदन दाब (EFP Net effective filtration pressure) कार्य करता है जिससे तरल प्लाज्मा उत्सर्जी पदार्थ बोमन सम्पुट की गुहा में आते रहते हैं।

केशिका गुच्छ से छना हुआ प्लाज्मा ग्लोमेरुलर निस्यंद (Glomerular filterate) कहलाता है। यह तरल बोमन सम्पुट की गुहा में आ जाता है। केशिका गुच्छ की रूधिर कोशिकाओं से उत्सर्जी तथा अन्य उपयोगी पदार्थों का छनकर बोमन सम्पुट की गुहा में जाने की

क्रिया परानिस्यंदन (Ultrafiltration) कहलाती है।

(2) वरणात्मक पुनरावशोषण (Selective reabsorption) – परानिस्यंदन क्रिया से उत्पन्न ग्लोमेरुलर निस्यंद में यूरिया, यूरिक अम्ल, क्रियेटिनिन आदि उत्सर्जी पदार्थ के साथ ग्लूकोज, ऐमीनो अम्ल, कुछ वसीय अम्ल, विटामिन, जल तथा अन्य उपयोगी लवण भी होते हैं। निस्यंद में रूधिर के जल का लगभग 95% भाग छनकर आ जाता है, किन्तु इसका लगभग 0.8% भाग ही मूत्र में परिवर्तित होकर बाहर निकलता है। इसमें पाये जाने वाले लाभदायक पदार्थों जैसे ग्लूकोज, विटामिन, ऐमीनो अम्ल आदि का वृक्क नलिकाओं द्वारा रूधिर में पुनरावशोषण कर लिया जाता है। वृक्क नलिकाओं से लाभदायक पदार्थों का पुनः रूधिर में पहुँचना वरणात्मक पुनः अवशोषण कहलाता है।



चित्र 25.6 नेफ्रोन तथा वासा रेक्टा द्वारा निर्मित प्रतिधारा प्रवाह क्रियाविधि

वृक्क नलिका के विभिन्न भागों में पुनरावशोषण निम्नानुसार होता है –

(i) समीपस्थ कुण्डलित नलिका में पुनरावशोषण (Reabsorption in proximal convoluted tubules) – इसकी आन्तरिक भित्ति पर अनेक सूक्ष्मांकुर पाये जाते हैं जिससे पुनः अवशोषण की क्षमता 20 गुना बढ़ जाती है। इस भाग में उपकला कोशिकाओं द्वारा निस्यंद में से अधिकतर लाभदायक पदार्थों का पुनः अवशोषण कर केशिका गुच्छ के रूधिर में पहुँचा दिया जाता है। ग्लूकोस, विटामिन, ऐमीनो अम्ल, अकार्बनिक लवण जैसे कैल्शियम, सोडियम, पौटेशियम, फॉस्फेट पुनः अवशोषित होकर रूधिर में सक्रिय अभिगमन द्वारा गमन कर जाते हैं। इस दौरान ATP के रूप में ऊर्जा का उपयोग किया जाता है। जल रूधिर में परासरण द्वारा पहुँचता है। 60-

80% पदार्थों का पुनःअवशोषण हो जाता है। वृक्क द्वारा पदार्थों का पुनरावशोषण उनके वृक्कीय देहली मान के अनुरूप होता है।

वृक्कीय देहली मान (Renal threshold value) किसी पदार्थ की रुधिर में वह अधिकतम सान्द्रता है उच्च देहली पदार्थों (ग्लूकोज, एमीनोअम्ल का पूर्ण अवशोषण) जिस पर वह पूर्णतः ग्लोमेरुलर निस्यंद से अवशोषित हो जाता है। निम्न देहली पदार्थों (जल, खनिज लवण आदि) का कम मात्रा में अवशोषण एवं अदेहली पदार्थों (जैसे- यूरिया, यूरिक अम्ल, क्रियेटिनिन सल्फेट इत्यादि) का बिल्कुल अवशोषण नहीं होता है।

(ii) हेनले के लूप में पुनरावशोषण - हेनले के लूप के विभिन्न भागों में पुनरावशोषण क्रिया निम्नानुसार होती है-

(अ) अवरोही भुजा में पुनरावशोषण - निस्यंद का शेष भाग लगभग 35% अवरोही भुजा में पहुँचता है। अवरोही भुजा में रुधिर प्लाज्मा एवं निस्यंद की परासरणीयता बराबर होती है। सोडियम, पोटेशियम तथा क्लोरोआइड (Na^+ , K^+ तथा Cl^-) के कारण समपरासरणीयता होती है। इस भुजा की पतली भित्ति यूरिया, सोडियम तथा अन्य आयनों के लिए कम पारगम्य तथा जल के लिए अधिक पारगम्य होती है। यहाँ निस्यंद अतिपरासरणी (Hypertonic) हो जाता है।

(ब) आरोही भुजा में पुनरावशोषण-अवरोही भुजा से निस्यंद आरोही भुजा के महीन खण्ड में पहुँचता है। इसकी भित्ति Na^+ , Cl^- आयनों के लिए पारगम्य तथा जल के लिए अपारगम्य होती है। यहाँ निस्यंद से अकार्बनिक लवणों के आयन (Na^+ व Cl^-) सामान्य विसरण द्वारा बाहर निकल जाते हैं। यहाँ निस्यंद समपरासरणी (Isotonic) हो जाता है।

आरोही भुजा के मोटे खण्ड की भित्ति जल, यूरिया तथा अन्य विलेयों के लिए अपारगम्य होती है। इसमें Na^+ , K^+ तथा Cl^- आयन सक्रिय अभिगमन द्वारा निस्यंद से वृक्क मैड्यूला के ऊतक द्रव में पहुँचकर सामान्य विसरण द्वारा रुधिर में चले जाते हैं जिससे निस्यंद अल्प परासरणी (Hypotonic) हो जाता है।

(स) दूरस्थ कुण्डलित नलिका में पुनःअवशोषण - इस नलिका में Na^+ व Cl^- का पुनःअवशोषण जारी रहता है। यहाँ जल रक्त की तुलना में समपरासरणी (Isotonic) होता है। यहाँ जल का लगभग 19% भाग अवशोषित होता है।

(द) संग्रह नलिका में पुनरावशोषण - इस भाग द्वारा निस्यंद से जल के अणुओं का पुनःअवशोषण किया जाता है जिससे निस्यंद अतिपरासरणी हो जाता है। संग्रह नलिका के अग्र भाग की भित्ति जल के अणुओं के लिए कुछ पारगम्य होती है। संग्रह नलिका का अंतिम भाग यूरिया के लिए कुछ पारगम्य होता है जिससे यूरिया बाहर निकलकर

मेड्यूलरी ऊतक द्रव की परासरणता को बढ़ाता है।

(३) स्रावण (Secretion) - रुधिर से कुछ हानिकारक उत्सर्जी पदार्थ जैसे- रंगा पदार्थ (Pigments), कुछ औषधियाँ, यूरिक अम्ल, हिपूरिक अम्ल आदि परानिस्पंदय के समय ग्लोमेरुलर निस्यंद में नहीं छन पाते हैं। हेनले के लूप तथा समीपस्थ व दूरस्थ कुण्डलित नलिकाओं की उपकला कोशिकाएँ इन अपाशिष्ट पदार्थों को सक्रिय अभिगमन द्वारा वृक्क नलिकाओं की गुहा में मुक्त करती रहती हैं। इस प्रक्रिया को नलिकीय स्रावण कहते हैं।

मानव के अन्य उत्सर्जी अंग

(Other Excretory organs in Human)

1. त्वचा (Skin) - मानव की त्वचा में स्थित स्वेद ग्रंथियों के द्वारा पसीने के साथ अतिरिक्त जल एवं कुछ नाइट्रोजनी उत्सर्जी पदार्थों का शरीर से बाहर निष्कासन किया जाता है।

2. फेफड़े (Lungs) - कोशिकीय श्वसन के फलस्वरूप बनी CO_2 उत्सर्जी पदार्थ है। इसको श्वसन क्रिया द्वारा बाहर उत्सर्जित किया जाता है।

3. यकृत (Liver) - यकृत की कोशिकाएँ शरीर में आवश्यकता से अधिक ऐमीनो अम्लों में नाइट्रोजनी भाग को अमोनिया में तथा अमोनिया को कम हानिकारक यूरिया में परिवर्तित कर मूत्र के रूप में बाहर त्याग करने में सहायक होती है। पित्त वर्णकों का निर्माण भी यकृत द्वारा किया जाता है।

उत्सर्जन संबंधी रोग

(Disorders Related to Excretion)

मानव में उत्सर्जन क्रिया में अनियमितता होने पर कई रोग उत्पन्न हो जाते हैं। ऐसे कुछ प्रमुख रोग निम्नलिखित हैं-

1. यूरेमिया (Uremia) - जब रक्त में यूरिया की मात्रा 10-30 mg/100 ml से अधिक हो जाती तो यह अवस्था यूरेमिया कहलाती है। रुधिर में अत्यधिक यूरिया के संग्रह से रोगी की मृत्यु हो जाती है।

2. गॉटर (Gout) - यह एक आनुवंशिक रोग है जिसमें रुधिर में यूरिक अम्ल की मात्रा अधिक हो जाती है जो कि संधियों तथा वृक्क ऊतकों में जमा हो जाता है। यह रोग निर्जलीकरण, उपवास व डाईयूरेटिक से बढ़ता है।

3. वृक्क पथरी (Kidney stones) - सामान्यतः वृक्क श्रोणि (Renal pelvis) में यूरिक अम्ल के क्रिस्टल, कैल्सियम के आक्सेलेट, फॉस्फेट लवण इत्यादि पथरी के रूप में जमा हो जाते हैं। इससे रोगी को दर्द तथा मूत्र त्याग में बाधा उत्पन्न होती है।

4. ब्राइट का रोग या नेफ्रिटिस (Bright's disease or nephritis) - यह रोग ग्लोमेरुलस (केशिका गुच्छ) में स्ट्रेप्टोकोकाई जीवाणु के संक्रमण से उत्पन्न होता है। इसके कारण ग्लोमेरुलस में

सूजन आ जाती है तथा इसकी झिल्लियाँ अत्यधिक पारगम्य हो जाने से रक्ताणु (RBC) व प्रोटीन भी छनकर निस्यंद में आ जाते हैं।

नेफ्रिटिस का इलाज नहीं होने पर ऊतकों में तरल जमा हो जाने से टॉगे फूल जाती है इसे एडीमा या ड्रोप्सी (Edema or Dropsy) कहते हैं।

5. ग्लाइकोसूरिया (Glycosuria) - मूत्र में शर्करा की उपस्थिति व उत्सर्जन ग्लाइकोसूरिया कहलाता है। यह रोग इन्सुलिन हॉर्मोन की कमी से होता है। यह रोग अवस्था डाइबिटीज मैलिटस कहलाती है।

6. डिसयूरिया (Disurea) - मूत्र त्याग के समय दर्द की अवस्था को डिसयूरिया कहते हैं।

7. पोलीयूरिया (Polyuria) - यह नेफ्रोन के द्वारा जल का पुनः अवशोषण न हो पाने से मूत्र का आयतन बढ़ने की अवस्था है। इसे बहुमूत्रता कहते हैं।

8. सिस्टिटिस (Cystitis) - इसमें जीवाणु के संक्रमण, रासायनिक या यांत्रिक क्षति के कारण मूत्राशय में सूजन आ जाती है।

9. डायबिटीज इन्सिपिडस (Diabetes Insipidus) - ऐन्टी डाईयूरेटिक हॉर्मोन (ADH) के अल्पस्नावण के कारण दूरस्थ कुण्डलित नलिका व संग्राहक नलिका में जल का अवशोषण नहीं हो पाता है। इससे मूत्र का आयतन बढ़ जाता है इसके कारण रोगी बार-बार अधिक मात्रा में मूत्र त्याग करता है।

10. ओलीगोयूरिया (Oligourea) - इस रोग में मूत्र की मात्रा सामान्य से बहुत कम बनती है।

11. प्रोटीन्यूरिया (Proteinuria) - मूत्र में प्रोटीन की मात्रा सामान्य से अधिक होना प्रोटीन्यूरिया कहलाता है।

12. एल्ब्यूमिन्यूरिया (Albuminuria) - इस रोग के कारण मूत्र में एल्ब्यूमिन प्रोटीन की मात्रा बढ़ जाती है।

13. कीटोन्यूरिया (Ketonuria) - मूत्र में कीटोनकाय जैसे ऐसीटो ऐसीटिक अम्ल आदि की मात्रा का बढ़ना कीटोन्यूरिया कहलाता है।

14. हीमेटोयूरिया (Haematouria) - मूत्र के साथ लाल रुधिर कणिकाओं (RBCs) का निष्कासित होना हीमेटोयूरिया कहलाता है।

15. हीमोग्लोबिन यूरिया (Haemoglobinuria) - मूत्र में हीमोग्लोबिन की उपस्थिति हीमोग्लोबिन यूरिया कहलाता है।

16. पाइयूरिया (Pyuria) - मूत्र में मवाद कोशिकाओं (Pus cells) का पाया जान पाइयूरिया कहलाता है।

17. पीलिया (Jaundice) - मूत्र में पित्त वर्णकों का अत्यधिक मात्रा में पाया जाना पीलिया कहलाता है। यह प्रायः हिपेटाइटिस या पित्त नलिका में रुकावट के समय दिखाई देता है।

18. एल्केप्टोन्यूरिया (Alcaptonuria) - मूत्र में एल्कैप्टोन या होमोजेनीसिक अम्ल का पाया जाना एल्कैप्टो न्यूरिया कहलाता है। जब एल्कैप्टोन वायु के सम्पर्क में आता है तो मूत्र काले रंग का दिखाई देता है। इसे कृष्ण मूत्र रोग (Black urine disease) कहते हैं।

रुधिर अपोहन (Haemodialysis)

वृक्क जब अपना कार्य करना बन्द कर देते हैं तो रक्त में यूरिया की मात्रा बढ़ जाती है। इस अवस्था को यूरेमिया (Uremia) कहते हैं। यूरिया व अन्य अपशिष्ट पदार्थों को शरीर से बाहर निकालने के लिए कृत्रिम वृक्कीय युक्ति की आवश्यकता पड़ती है। अतः इस प्रक्रिया को रक्त अपोहन (Haemodialysis) कहा जाता है।

इस प्रक्रिया में सर्वप्रथम रोगी के शरीर की किसी एक मुख्य धमनी में रक्त निकालकर 0°C तक ठंडा करके इसमें हिपेरिन नामक प्रतिस्कन्दक मिलाया जाता है। इसके पश्चात् इस मिश्रण को सेलोफेन झिल्ली द्वारा आवरित बहुत सी नलिकाओं से निर्मित कृत्रिम वृक्क में डाल दिया जाता है। यह झिल्ली प्रोटीन के बड़े अणुओं के लिए अपारगम्य तथा यूरिया, यूरिक अम्ल, क्रियेटिनिन तथा खनिज आयनों के लिए पारगम्य होती है। इन झिल्लीयों के मध्य एक द्रव भरा होता है जिसे अपोहनी द्रव (Dialysis fluid) कहते हैं। झिल्लीयों द्वारा नाइट्रोजन युक्त अपशिष्ट पदार्थों को रुधिर से निकालकर अपोहनी द्रव में डाल देती हैं। इसमें प्लाज्मा प्रोटीन के अणुओं का ह्रास नहीं होता है। यह क्रिया जिसमें नलिकाओं के अन्दर बहते रुधिर से उत्सर्जी पदार्थ विसरित होकर उपकरण के अपोहनी द्रव में आ जाते हैं तथा रुधिर उत्सर्जी पदार्थों से मुक्त हो जाता है, अपोहन (Dialysis) कहलाता है।

इस क्रिया के पश्चात् कृत्रिम वृक्क से रुधिर को निकालकर हल्का गर्म (शरीर के तापमान पर) कर उसमें एन्टीहिपैरिन मिलाकर रोगी की शिरा में पुनः प्रवेश कराया जाता है। रुधिर अपोहन द्वारा यूरेमिया रोग से ग्रसित व्यक्ति के जीवनकाल को बढ़ाया जा सकता है।

वृक्क प्रत्यारोपण (Kidney Transplantation)

जब रोगी मनुष्य में वृक्क पूरी तरह कार्य करना बन्द कर देते हैं तो उन्हें उपचारित नहीं किया जा सकता है और उनके स्थान पर दूसरे स्वस्थ व्यक्ति के वृक्क लगाये जाते हैं। इस वृक्क परिवर्तन करने की प्रक्रिया को वृक्क प्रत्यारोपण कहते हैं। वृक्क देने वाले व्यक्ति को वृक्कदाता (Kidney donor) कहते हैं। वृक्कदाता रोगी का निकटतम सम्बन्धी होना चाहिये। क्योंकि दोनों सम्बन्धियों के रक्त व ऊतकीय संरचना लगभग समान होती है।

अनजान व्यक्ति का वृक्क लगा दिया जाता है तो रोगी का रोग प्रतिरोधक तंत्र इस नये वृक्क को अस्वीकार कर सकता है। ऐसे में नया वृक्क अपना कार्य नहीं कर पाता है और रोगी की मृत्यु हो सकती है।

इससे बचने के लिए विशेष औषधियों द्वारा प्रतिरक्षित तंत्र को निष्क्रिय बना दिया जाता है। इससे रोगी व्यक्ति के शरीर द्वारा प्रत्यारोपित वृक्क को स्वीकार किये जाने की संभावना काफी बढ़ जाती है।

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. नाइट्रोजनी अपशिष्ट पदार्थों को शरीर से बाहर निकालने की क्रिया को उत्सर्जन कहते हैं।
2. शरीर के वे अंग जो अपशिष्ट पदार्थों को बाहर निकालने में सहायता करते हैं, उत्सर्जी अंग कहलाते हैं। उत्सर्जी अंग मिलकर उत्सर्जन तंत्र का निर्माण करते हैं।
3. वे प्राणी जिनमें नाइट्रोजनी अपशिष्टों का अमोनिया के रूप में उत्सर्जन किया जाता है, अमोनोटेलिक प्राणी कहलाते हैं।
4. ऐसे प्राणी जो मुख्य उत्सर्जी पदार्थ के रूप में यूरिया का उत्सर्जन करते हैं, उन्हें यूरिकोटेलिक प्राणी कहते हैं।
5. ऐसे प्राणी जो मुख्य उत्सर्जी पदार्थ के रूप में यूरिक अम्ल का उत्सर्जन करते हैं, उन्हें यूरियोटेलिक प्राणी कहते हैं।
6. मानव के वृक्क का निर्माण भ्रूणीय मीसोडर्म से होता है तथा ये मेटानेफ्रिक प्रकार के होते हैं।
7. वृक्क के भीतरी अवतल सतह की ओर गड़े जैसी एक रचना होती है, जिसे वृक्क नाभि (Hilum) कहते हैं।
8. मूत्राशय की भित्ति में तीन स्तर पाये जाते हैं- बाह्य स्तर- पेरीटोनियम का सीरोसा स्तर, मध्य- अरेखित पेशीय स्तर तथा आन्तरिक - श्लेष्मिका स्तर।
9. वृक्क दो भागों में विभेदित रहता है। बाहरी भाग वल्कुट (Cortex) तथा आंतरिक भाग मध्यांश (Medulla) कहलाता है।
10. वृक्क नलिका या नेफ्रोन निम्नलिखित भागों में विभेदित होती है-
 - (i) मैल्पीगी काय (ii) ग्रीवा (iii) समीपस्थ कुण्डलित नलिका (iv) हेनले का तूप (v) दूरस्थ कुण्डलित नलिका (vi) संग्रह नलिकाएँ।
11. मूत्र निर्माण की क्रिया निम्न चरणों में पूर्ण होती है-
 - (i) परानिस्यन्दन
 - (ii) वरणात्मक पुनरावशोषण
 - (iii) स्रावण।
12. वृक्क की संरचनात्मक एवं क्रियात्मक इकाई नेफ्रोन या वृक्क नलिका होती है।

13. यूरिया व अन्य अपशिष्ट पदार्थों को शरीर से बाहर निकालने के लिए कृत्रिम वृक्कीय युक्ति की आवश्यकता पड़ती है। अतः इस प्रक्रिया को रक्त अपोहन (Haemodialysis) कहते हैं।
14. जब रोगी मनुष्य में वृक्क पूरी तरह कार्य करना बंद कर देते हैं तो उन्हें उपचारित नहीं किया जा सकता है और उनके स्थान पर दूसरे स्वस्थ व्यक्ति के वृक्क लगाये जाते हैं। इस वृक्क परिवर्तन करने की प्रक्रिया को वृक्क प्रत्यारोपण कहते हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न

बहुवैकल्पिक प्रश्न

1. मानव में मुख्य उत्सर्जी पदार्थ होते हैं-

(अ) यूरिक अम्ल	(ब) अमोनिया
(स) यूरिया	(द) ऐमीनो अम्ल
2. मानव का मुख्य उत्सर्जी अंग है-

(अ) फेफड़े	(ब) वृक्क
(स) त्वचा	(द) यकृत
3. हेनले के लूप में होता है-

(अ) मूत्र	(ब) यूरिया
(स) रुधिर	(द) ग्लोमेरुलर निस्यन्द
4. बरटिनी के वृक्क स्तम्भ का संबंध होता है-

(अ) वृक्क से	(ब) मूत्राशय से
(स) यकृत से	(द) वृषण से
5. मानव के वृक्क होते हैं-

(अ) प्रोनेफ्रिक	(ब) मेटानेफ्रिक
(स) मीसोनेफ्रिक	(द) सभी प्रकार के
6. परानिस्यन्दन कहाँ होता है-

(अ) केशिका गुच्छ	(ब) बोमेन सम्पुट
(स) मूत्राशय	(द) रुधिर वाहिनी
7. ग्लोमेरुलर निस्यन्द होता है-

(अ) जल, अमोनिया तथा रुधिराणु का मिश्रण	
(ब) रुधिराणु एवं प्लाज्मा प्रोटीन रहित रुधिर	
(स) रुधिराणु रहित रुधिर	
(द) मूत्र	
8. ग्लोमेरुलस में रुधिर लाने वाली वाहिनी कहलाती है-

(अ) अपवाही धमनिका	(ब) वृक्कीय धमनी
-------------------	------------------

(स) अभिवाही धमनिका (द) वृक्कीय शिरा

अतिलघूत्तरात्मक प्रश्न

1. उत्सर्जन किसे कहते हैं?
2. अमोनिया उत्सर्जी प्राणियों को क्या कहते हैं?
3. यूरिक अम्ल का उत्सर्जन करने वाले प्राणियों को क्या कहते हैं?
4. परानिस्यंदन किसे कहते हैं?
5. मानव के वृक्क में उत्सर्जन की इकाई का नाम लिखिये?
6. वृक्क के केशिका गुच्छ से निकलने वाली रुधिर वाहिनी का नाम लिखिए।
7. मूत्र त्याग के समय दर्द की अवस्था को क्या कहते हैं?
8. केशिका गुच्छ कहाँ पाया जाता है? इसका प्रमुख कार्य क्या है?
9. मैलपीणी काय किस कहते हैं?
10. हेनले लूप कहाँ पाया जाता है?
11. वर्टिनी के स्तम्भ किन्हें कहते हैं?
12. शरीर में वृक्कों का मुख्य कार्य बताइए।
13. रक्त अपोहन क्या है?
14. रक्त में यूरिया की उपस्थिति को क्या कहते हैं?

15. ग्लाइकोसूरिया किसे कहते हैं?

लघूत्तरात्मक प्रश्न

1. मानव के वृक्क के अलावा अन्य उत्सर्जी अंग कौन से हैं? वर्णन करो।
2. गॉउट रोग क्या है?
3. ब्राइट का रोग को समझाइये।
4. परानिस्यंदन तथा चयनात्मक पुनः अवशोषण की मूत्र निर्माण में क्या भूमिका है?
5. वृक्क प्रत्यारोपण से आप क्या समझते हैं, संक्षेप में समझाइये।

निबंधात्मक प्रश्न

1. मानव के उत्सर्जन तंत्र का सचित्र वर्णन करो।
2. मानव वृक्क नलिका की कार्यात्मक आंतरिकी का वर्णन कीजिये।
3. मानव के अन्य उत्सर्जी अंगों का वर्णन करो।
4. उत्सर्जन संबंधी विभिन्न रोगों का वर्णन कीजिए।

उत्तरमाला

1. (स) 2. (ब) 3. (द) 4. (अ) 5. (ब) 6. (अ)

