પ્રવાહી ભરેલ હોય છે. જે ફેફસાંની સપાટીનું ઘર્ષણ ઘટાડે છે. બાહ્ય ફુપ્ફુસાવરણનું સ્તર ઉરસીય સપાટીના સંપર્કમાં હોય છે જ્યારે અંતઃ ફુપ્ફુસાવરણનું સ્તર ફેફસાંની સપાટીના સંપર્કમાં હોય છે. બાહ્ય નાસિકા છિદ્રોથી શરૂ થતો ભાગ અંત્ય શ્વાસવાહિકા સુધી સંવહન (Conducting) ભાગ બનાવે છે, જ્યારે વાયુકોષ્ઠો અને તેની નલિકાઓ શ્વસનતંત્રનો શ્વસન અથવા વાયુ વિનિમયનો ભાગ બનાવે છે. સંવહન ભાગ વાતાવરણીય હવા(વાયુ)નું વાયુકોષ્ઠો સુધી વહન, તેને બાહ્ય કણોથી શુદ્ધ (મુક્ત) કરે છે, ભેજયુક્ત કરે છે અને વાયુને શરીરના તાપમાન સુધી લાવે છે. વાયુ વિનિમય ભાગ રુધિર અને વાતાવરણીય હવા વચ્ચે O_2 અને CO_2ના પ્રસરણનું વાસ્તવિક સ્થાન છે.

ફેફસાં અંતઃસ્થ રચનાની દૃષ્ટિએ હવાચુસ્ત ખંડ છે. જે ઉરસીય ગુહામાં સ્થાન પામેલ છે. ઉરસીય ગુહા પૃષ્ઠ બાજુ કરોડસ્તંભ દ્વારા અને વક્ષ બાજુ ઉરોસ્થિ દ્વારા, પાર્શ્વ બાજુ પાંસળીઓ દ્વારા અને નીચેની બાજુ ઘુંમટ આકારના ઉરોદરપટલ દ્વારા બનેલ છે. ઉરસમાં ફેફસાંની અંતઃસ્થ ગોઠવણી એવી હોય છે કે ઉરસીય ગુહાના કદમાં થતો કોઈ પણ ફેરફાર ફુપ્ફુસીય ગુહામાં જોવા (Reflected) મળે છે. આ પ્રકારની ગોઠવણી શ્વાસોચ્છ્વાસ માટે આવશ્યક છે, કારણ કે આપણે સીધા ફેફસાંના કદમાં ફેરફાર કરી શકતા નથી.

શ્વસનમાં નીચેના તબક્કા સમાવિષ્ટ છે :

(i) શ્વાસોચ્છ્વાસ અથવા શ્વસન વાતવિનિમય (Ventilation) દ્વારા વાતાવરણની હવા (વાયુ) અંદર દાખલ થાય અને CO_2 સભર વાયુકોષ્ઠોની હવા બહાર મુક્ત થાય છે.

(ii) વાયુઓનું (O_2 અને CO_2) પ્રસરણ વાયુકોષ્ઠોની સમગ્ર સપાટી દ્વારા થાય છે.

(iii) વાયુઓનું વહન રુધિર દ્વારા થાય છે.

(iv) O_2 અને CO_2નું પ્રસરણ રુધિર અને પેશીઓ વચ્ચે થાય છે.

(v) O_2ને કોષો અપચય ક્રિયાઓમાં વાપરે છે અને પરિણામે CO_2 મુક્ત થાય છે. (કોષીય શ્વસન વિસ્તૃતમાં પ્રકરણ - 14માં).

17.2 શ્વાસોચ્છ્વાસની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Breathing)

શ્વાસોચ્છ્વાસમાં બે તબક્કા સમાવિષ્ટ છે : **શ્વાસ** જે દરમિયાન વાતાવરણની હવા (વાયુ) અંદર દાખલ થાય છે અને **ઉચ્છ્વાસ** જેના દ્વારા વાયુકોષ્ઠોમાંની હવા (વાયુ) બહાર મુક્ત થાય છે. વાયુઓની ફેફસાં અને વાતાવરણ વચ્ચેની અવરજવર દાબ ઢોળાંશ દ્વારા સર્જાય છે. શ્વાસ ત્યારે થાય છે જ્યારે ફેફસાંમાંનું દબાણ (આંતર ફુપ્ફુસીય દબાણ) વાતાવરણીય દબાણ કરતા ઓછું હોય એટલે કે, વાતાવરણીય દબાણની સાપેક્ષમાં ફેફસાંનું દબાણ ઋણ હોય છે. તેવી જ રીતે, આંતર ફુપ્ફુસીય દબાણ વાતાવરણીય દબાણ કરતાં વધુ હોય તો ઉચ્છ્વાસ થાય છે. આ પ્રકારનું દબાણ નિર્માણ કરવામાં ઉરોદરપટલ અને પાંસળીઓની વચ્ચે આવેલ વિશિષ્ટ સ્નાયુ જૂથ-બાહ્ય અને આંતર પાંસળી સ્નાયુઓ (ઇન્ટરકોસ્ટલ સ્નાયુ) મદદ કરે છે. શ્વાસ ઉરોદરપટલના સંકોચનથી શરૂ થાય છે જે ઉરસીય ગુહાનું અગ્ર-પશ્ચ અક્ષે કદ વધારે છે. બાહ્ય આંતર પાંસળીય સ્નાયુનું સંકોચન પાંસળીઓ અને ઉરોસ્થિને ઉપર તરફ ખેંચે છે. જેથી

ઉરસીય ગુહાનું પૃષ્ઠ-વક્ષ અક્ષે કદ વધે છે. ઉરસીય ગુહાના કદમાં થતી કોઈ પણ પ્રકારની વૃદ્ધિને કારણે ફેફસાંના કદમાં પણ સમાન વૃદ્ધિ થાય છે. ફેફસાંના કદમાં વધારો, આંતર-ફુપ્ફુસીય દબાણમાં ઘટાડો કરે છે. જે વાતાવરણીય દબાણ કરતા ઓછું હોય છે. આ દબાણથી બહારની હવા (વાયુ) ફેફસાંમાં ધકેલાય છે, એટલે કે શ્વાસ થાય છે (આકૃતિ 17.2(a)). ઉરોદરપટલ અને આંતર પાંસળી સ્નાયુઓના શિથિલનથી ઉરોદરપટલ અને ઉરોસ્થી પોતાના મૂળ સ્થાને પરત આવે છે અને ઉરસીય ગુહાનું કદ ઘટે છે. જેથી ફુપ્ફુસીય કદ (ફેફસાંનું કદ) પણ ઘટે છે. જે આંતર ફુપ્ફુસીય દબાણને વાતાવરણીય દબાણ કરતા થોડા વધારા તરફ દોરી જાય છે. જેનાથી ફેફસાંની હવા બહાર નીકળે છે. એટલે કે ઉચ્છ્‌વાસ થાય છે. (આકૃતિ 17.2(b)). આપણે ઉદરમાંના વધારાના સ્નાયુઓની મદદથી શ્વાસ અને ઉચ્છ્‌વાસની ક્ષમતામાં વધારો કરી શકીએ છીએ. સરેરાશ એક સ્વસ્થ માનવ પ્રતિ મિનિટ 12-16 વખત શ્વાસોચ્છ્‌વાસ કરે છે. શ્વાસોચ્છ્‌વાસની ગતિવિધિમાં સામેલ વાયુઓના કદનું માપન સ્પાઈરોમિટરની મદદથી કરવામાં આવે છે. જે ફેફસાંના કાર્યનું દાક્તરી મૂલ્યાંકન કરવામાં મદદ કરે છે.

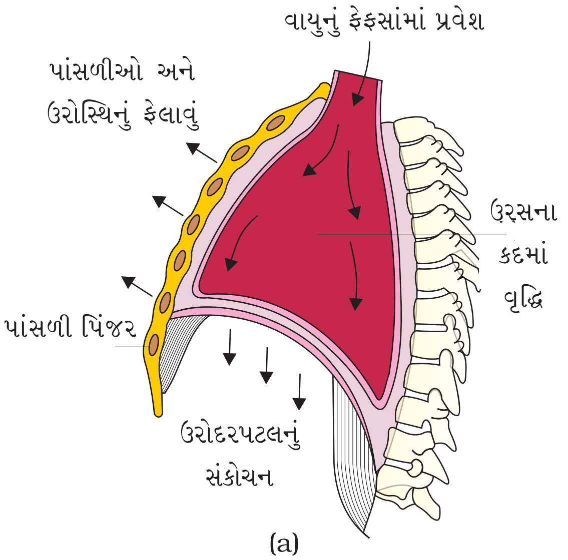
17.2.1 શ્વસનનું કદ અને ક્ષમતા (Respiratory Volumes and Capacities)

ટાઈડલ વૉલ્યૂમ (કદ) (TV) : સામાન્ય શ્વસન ક્રિયા દરમિયાન વાયુઓનું શ્વાસ અને ઉચ્છ્‌વાસનું કદ. તે આશરે 500 ml (મિલિ) છે. એટલે કે સ્વસ્થ માણસ દર મિનિટે આશરે 6000 થી 8000 મિલિ વાયુનું શ્વાસ અને ઉચ્છ્‌વાસ કરે છે.

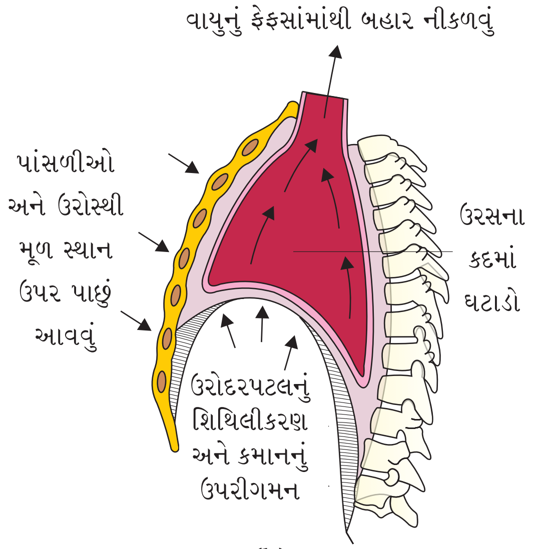
ઈન્સ્પાયરેટરી રિઝર્વ વૉલ્યૂમ (IRV) : વાયુનું આ વધારાનું કદ છે જે વ્યક્તિ દબાણપૂર્વક શ્વાસમાં અંદર લે છે. સરેરાશ આ કદ 2500 મિલિ થી 3000 મિલિ છે.

એક્સપાયરેટરી રિઝર્વ વૉલ્યૂમ (ERV) : વાયુનું આ વધારાનું કદ છે જે વ્યક્તિ દબાણપૂર્વક ઉચ્છ્‌વાસ દ્વારા બહાર કાઢે છે. સરેરાશ આ કદ 1000 મિલિથી 1100 મિલિ છે.

રેસિડ્યુઅલ વૉલ્યૂમ (RV) : તે દબાણપૂર્વકના ઉચ્છ્‌વાસ બાદ



(a)



(b)

આકૃતિ 17.2 : શ્વાસોચ્છ્‌વાસની ક્રિયાવિધિ
(a) શ્વાસ (b) ઉચ્છ્‌વાસ

ફેફસાંમાં વધેલ હવા(વાયુ)નું કદ છે. તે સરેરાશ કદ 1100 મિલિથી 1200 મિલિ છે.

ઉપર વર્ણવેલા કેટલાક શ્વસન કદોને ઉમેરી વિવિધ ફુપ્ફુસીય ક્ષમતા શોધી શકાય છે. જેનો ઉપયોગ દાક્તરી નિદાનમાં કરી શકાય છે.

ઈન્સ્પાયરેટરી કૅપેસિટી (ક્ષમતા) (IC) : સામાન્ય ઉચ્છ્વાસ બાદ વ્યક્તિ દ્વારા દાખલ કરવામાં આવેલ હવાનું કુલ કદ. જેમાં ટાઇડલ વૉલ્યૂમ અને ઈન્સ્પાયરેટરી રિઝર્વ વૉલ્યૂમનો સમાવેશ થાય છે. (TV + IRV).

એક્સપાયરેટરી કૅપેસિટી (EC) : સામાન્ય શ્વાસ બાદ વ્યક્તિ દ્વારા નિકાલ કરવામાં આવતી હવાનું કુલ કદ. જેમાં ટાઇડલ વૉલ્યૂમ અને એક્સપાયરેટરી રિઝર્વ વૉલ્યૂમનો સમાવેશ થાય છે. (TV + ERV).

ફંક્સનલ રેસિડ્યુઅલ કૅપેસિટી (FRC) : સામાન્ય ઉચ્છ્વાસ બાદ ફેફસાંમાં રહેલ હવાનું કદ. તેમાં ERV + RVનો સમાવેશ થાય છે.

વાઇટલ કૅપેસિટી (VC) : વ્યક્તિ દ્વારા દબાણપૂર્વકના ઉચ્છ્વાસ બાદ શ્વાસોચ્છ્વાસમાં હવાનું મહત્તમ કદ છે. આમાં ERV, TV અને IRVનો સમાવેશ થાય છે. અથવા આ હવાની મહત્તમ માત્રા છે કે જે વ્યક્તિ દબાણપૂર્વકના શ્વાસ બાદ, ઉચ્છ્વાસ કરી શકે છે.

ટોટલ લંગ કૅપેસિટી (ફેફસાંની કુલ ક્ષમતા) : દબાણપૂર્વકના શ્વાસ બાદ ફેફસાંમાં સમાવિષ્ટ હવાનું કુલ કદ છે. જેમાં RV, ERV, TV અને IRV અથવા વાઇટલ કૅપેસિટી (VC) + રેસિડ્યુઅલ વૉલ્યૂમ(RV)નો સમાવેશ થાય છે.

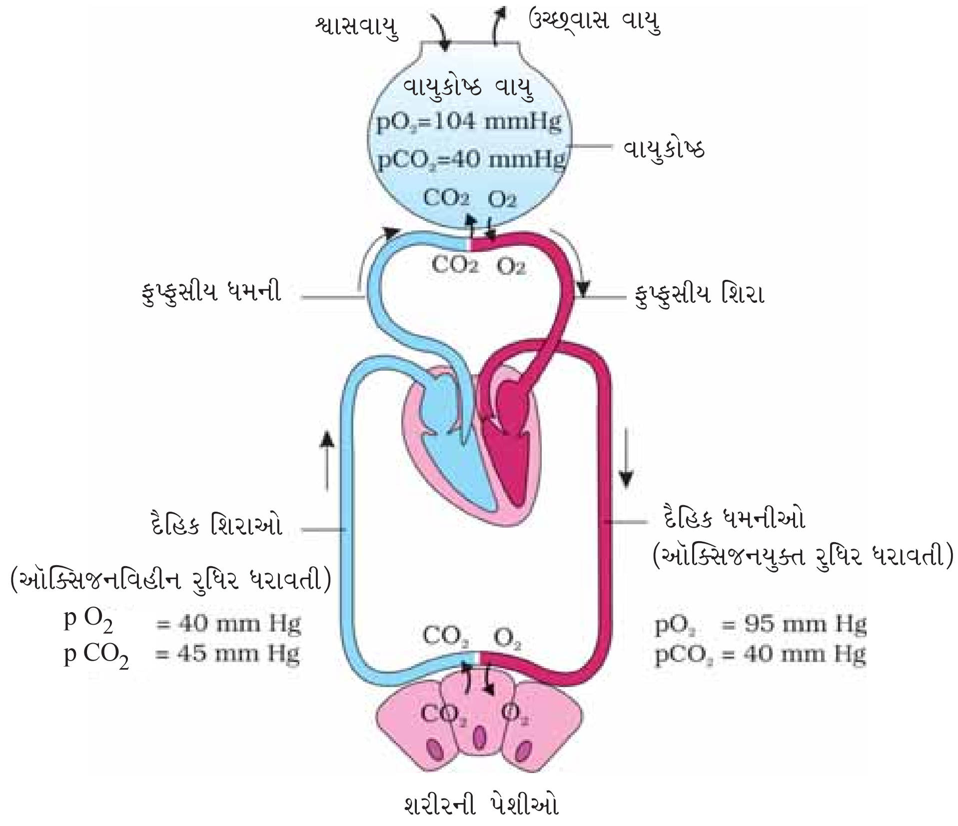
17.3 વાયુઓની આપ-લે (Exchange of Gases)

વાયુકોષ્ઠો વાયુ વિનિમયનું પ્રાથમિક સ્થાન છે. વાયુઓનું વિનિમય રુધિર અને પેશીઓ વચ્ચે પણ થાય છે. O_2 અને CO_2નું આ સ્થળે વિનિમય દબાણ / સાંદ્રતા ઢોળાંશ આધારિત સરળ પ્રસરણ દ્વારા થાય છે. વાયુઓની દ્રાવ્યતાની સાથે સાથે પ્રસરણમાં સંકળાયેલ સ્તરની જાડાઈ પણ પ્રસરણના દર ઉપર અસર કરતાં કેટલાક અગત્યના પરિબળો છે.

વાયુઓના મિશ્રણમાં કોઈ વિશેષ વાયુની દબાણમાં ભાગીદારીને આંશિક દબાણ કહે છે અને ઑક્સિજનને pO_2થી દર્શાવાય છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડને pCO_2થી દર્શાવાય છે. વાતાવરણીય વાયુઓ અને બંને પ્રસરણ સ્થાનોમાં આ બંને વાયુઓનું આંશિક દબાણ કોષ્ટક 17.1 અને આકૃતિ 17.3માં આપેલ છે. કોષ્ટકમાં આપેલ માહિતી સ્પષ્ટ રૂપથી વાયુકોષ્ઠોથી

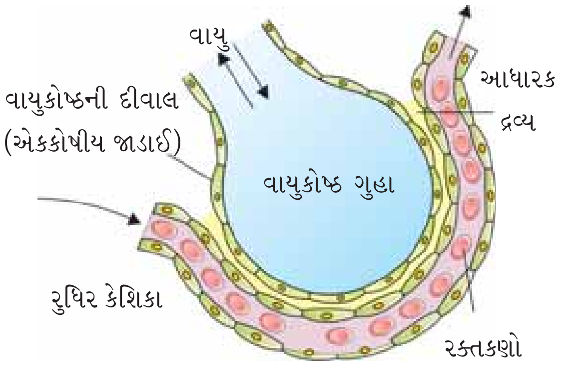
કોષ્ટક 17.1 : વાતાવરણની તુલનામાં પ્રસરણમાં સંકળાયેલા વિવિધ ભાગોમાં ઑક્સિજન અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું આંશિક દબાણ (mm Hgમાં)

શ્વસન વાયુ	વાતાવરણીય વાયુ	વાયુકોષ્ઠ	રુધિર (ઑક્સિજનવિહીન)	રુધિર (ઑક્સિજનયુક્ત)	પેશીઓ
O_2	159	104	40	95	40
CO_2	0.3	40	45	40	45



આકૃતિ 17.3 : વાયુકોષ્ઠો અને શરીરની પેશીઓ વચ્ચે વાયુઓનું વિનિમય જે ઑક્સિજન અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું રુધિરની સાથે વહન દર્શાવતી રેખાકૃતિ

રુધિર અને રુધિરથી પેશીઓમાં ઑક્સિજન માટે સાંદ્રતા ઢોળાંશ દર્શાવે છે. સમાન રીતે CO_2 માટે વિરુદ્ધ દિશામાં ઢોળાંશ હાજર હોય છે. એટલે કે, પેશીઓથી રુધિર અને રુધિરથી વાયુકોષ્ઠોમાં. CO_2ની દ્રાવ્યતા O_2 કરતાં 20-25 ગણી વધારે હોય છે. પ્રસરણ સપાટીમાંથી પ્રતિ એકમ આંશિક દબાણથી પ્રસરણ થવાવાળી CO_2ની માત્રા O_2 ની તુલનામાં ખૂબ વધુ હોય છે. પ્રસરણ સપાટી ત્રણ મુખ્ય સ્તરોની બનેલી હોય છે (આકૃતિ 17.4). જેવી કે વાયુકોષ્ઠનું પાતળુ લાદીસમ અધિચ્છદ, વાયુકોષ્ઠોની કેશિકાઓનું અંતઃચ્છદ અને તેમની વચ્ચેનું આધારક દ્રવ્ય. તેમ છતાં તેની કુલ જાડાઈ 1 મિલિમિટર કરતા ઘણી ઓછી છે. એટલા માટે આપણા શરીરમાંના બધા કારકો O_2નું વાયુકોષ્ઠોથી પેશીઓ અને CO_2નું પેશીઓથી વાયુકોષ્ઠોમાં પ્રસરણ માટે અનુકૂળ હોય છે.



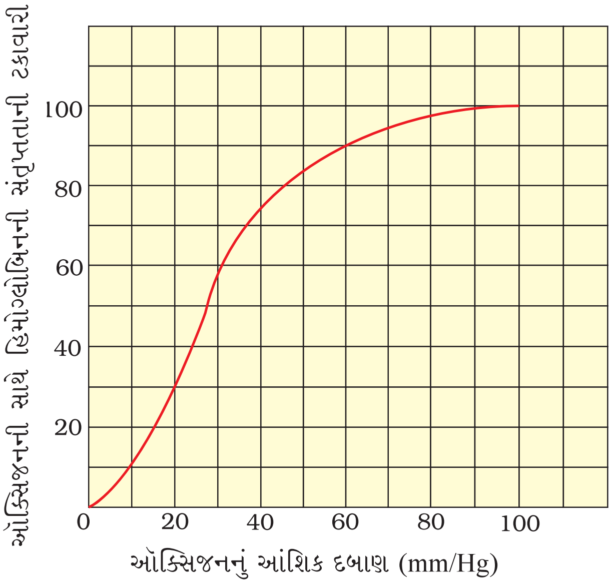
આકૃતિ 17.4 : ફુપ્ફુસવાહિકા સાથે વાયુકોષ્ઠના છેદની રેખાકૃતિ

17.4 વાયુઓનું વહન (Transport of Gases)

O_2 અને CO_2ના વહન માટે રુધિર એક માધ્યમ છે. લગભગ 97 % O_2 રુધિરમાંના રક્તકણો (RBCs) દ્વારા વહન પામે છે. બાકીના 3 % O_2નું વહન રુધિરરસ દ્વારા દ્રાવ્ય અવસ્થામાં થાય છે. આશરે 20-25 % CO_2 રક્તકણો દ્વારા વહન પામે છે. જ્યારે 70 % બાયકાર્બોનેટ સ્વરૂપે વહન (carried) થાય છે. આશરે 7 % CO_2 રુધિરરસ દ્વારા દ્રાવ્ય અવસ્થામાં વહન થાય છે.

17.4.1 ઑક્સિજનનું વહન (Transport of Oxygen)

રક્તકણમાં લાલ રંગનું આર્યન ધરાવતું રંજકકણ હીમોગ્લોબિન આવેલ છે. O_2 પ્રતિવર્તી (Reversible) રીતે હીમોગ્લોબિન સાથે જોડાઈ **ઑક્સિહીમોગ્લોબિન** બનાવે છે. દરેક હીમોગ્લોબિન અણુ વધુમાં વધુ 4 (ચાર) O_2ના અણુઓનું વહન કરે છે. ઑક્સિજનનું હીમોગ્લોબિન સાથેનું જોડાણ પ્રાથમિક રીતે O_2ના આંશિક દબાણને આભારી છે. CO_2નું આંશિક દબાણ, હાઇડ્રોજન આયનની સાંદ્રતા અને તાપમાન જેવા કેટલાક અન્ય પરિબળો છે જે આ જોડાણમાં ખલેલ પહોંચાડે છે. હીમોગ્લોબિનની O_2 સાથેની સંતૃપ્તિ ટકાવારીને pO_2ની સામે આલેખિત કરતા સિગ્મોઇડ વક્ર મળે છે. આ વક્રને ઑક્સિજન વિયોજન વક્ર (Dissociation Curve) કહે છે (આકૃતિ 17.5) અને તે હીમોગ્લોબિનના O_2 સાથેના જોડાણને પ્રભાવિત કરતા pCO_2, H^+ની સાંદ્રતા વગેરે જેવા પરિબળોની અસરના અભ્યાસમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે. વાયુકોષ્ઠોમાં ઊંચું pO_2, નીચું pCO_2, ઓછી H^+ની સાંદ્રતા અને નીચું તાપમાન જેવા પરિબળો ઑક્સિહીમોગ્લોબિન બનાવવા સાનુકૂલિત છે, જ્યારે પેશીઓમાં નીચું pO_2, ઊંચું pCO_2, ઊંચી H^+ની સાંદ્રતા અને ઉંચા તાપમાનની સ્થિતિ ઑક્સિહીમોગ્લોબિનમાંથી ઑક્સિજનના વિયોજન માટે સાનુકૂળ છે. આ સ્પષ્ટ રીતે દર્શાવે છે કે ઑક્સિજન, હીમોગ્લોબિન સાથે ફેફસાંની સપાટીએ જોડાય છે અને પેશીઓમાં વિયોજન પામે છે. સામાન્ય દેહધાર્મિક પરિસ્થિતિમાં દર 100 મિલિ ઑક્સિજનયુક્ત રુધિર આશરે 5 મિલિ O_2 પેશીઓને પહોંચાડે છે.



આકૃતિ 17.5 : ઑક્સિજન વિયોજન વક્ર

17.4.2 કાર્બન ડાયૉક્સાઈડનું વહન (Transport of Carbon dioxide)

CO_2 હીમોગ્લોબિન દ્વારા **કાર્બેમીનો-હીમોગ્લોબિન** સ્વરૂપે વહન પામે છે. (આશરે 20-25 %). આ જોડાણ CO_2ના આંશિક દબાણ સાથે સંબંધિત છે. pO_2 એ જોડાણને અસર કરતું મુખ્ય પરિબળ છે.

જ્યારે પેશીઓમાં pCO_2 વધુ અને pO_2 ઓછું હોય ત્યારે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું જોડાણ વધુ પરંતુ જ્યારે વાયુકોષ્ઠોમાં pCO_2 ઓછું અને pO_2 વધુ હોય ત્યારે CO_2નું કાર્બેમીનો-હીમોગ્લોબિનમાંથી વિયોજન થાય છે. એટલે કે પેશીઓમાં હીમોગ્લોબિન સાથે જોડાયેલ CO_2 વાયુકોષ્ઠોમાં મુક્ત થાય છે. કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ ઉત્સેચકની ખૂબ ઊંચી સાંદ્રતા રક્તકણોમાં અને ઓછી માત્રા રુધિરરસમાં પણ હોય છે. આ ઉત્સેચક નીચેની પ્રક્રિયાને બંને દિશામાં સાનુકૂળ બનાવે છે.

$$CO_2 + H_2O \underset{}{\overset{\text{કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ}}{\rightleftharpoons}} H_2CO_3 \overset{\text{કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ}}{\rightleftharpoons} HCO_3^- + H^+$$

પેશી સ્તરે અપચયને કારણે CO_2નું આંશિક દબાણ ઊંચું હોય છે, તેથી CO_2 રુધિર(રક્તકણો અને રુધિરરસ)માં પ્રસરણ પામે છે અને HCO_3^- અને H^+ બનાવે છે. વાયુકોષ્ઠ સ્તરે જ્યારે pCO_2 નીચું હોય છે ત્યારે પ્રક્રિયા વિરૂદ્ધ દિશામાં થાય છે, જે CO_2 અને H_2O બને છે. આ રીતે પેશી સ્તરે CO_2 બાયકાર્બોનેટ સ્વરૂપે ગ્રહણ થાય છે અને વાયુકોષ્ઠ સ્તરે વહન પામેલ CO_2 બહાર મુક્ત થાય છે (આકૃતિ 17.4). પ્રત્યેક 100 મિલિ ઑક્સિજનવિહીન રુધિર દ્વારા વાયુકોષ્ઠોમાં લગભગ 4 મિલિ CO_2 મુક્ત થાય છે.

17.5 શ્વસનનું નિયમન (Regulation of Respiration)

માનવમાં તેના શરીરની પેશીઓની જરૂરિયાત અનુસાર શ્વસનની લયબદ્ધતા સંતુલિત અને સ્થિર રાખવાની એક મહત્ત્વપૂર્ણ ક્ષમતા હોય છે. આ નિયમન ચેતાતંત્ર દ્વારા થાય છે. મગજમાં આવેલ લંબમજ્જા (Medulla) પ્રદેશમાં વિશિષ્ટ શ્વસન લયબદ્ધતા કેન્દ્ર આવેલું હોય છે. જે પ્રાથમિક રીતે શ્વસનના નિયમન માટે જવાબદાર છે. મગજના પોન્સ પ્રદેશમાં એક અન્ય કેન્દ્ર આવેલું છે જેને શ્વાસ- અનુચલન (Pneumotaxic) કેન્દ્ર કહે છે. જે શ્વસન લયબદ્ધતા કેન્દ્રના કાર્યનું નિયમન કરી શકે છે. આ કેન્દ્રના ચેતાકીય સંકેતો શ્વાસના સમયમાં ઘટાડો કરી શકે છે અને આ રીતે શ્વસન દરમાં ફેરફાર કરી શકાય છે. લયબદ્ધતા કેન્દ્રની પાસે એક રાસાયણિક સંવેદી (Chemosensitive) વિસ્તાર આવેલો છે. જે CO_2 અને હાઇડ્રોજન આયન માટે અતિ સંવેદી હોય છે. આ પદાર્થોની વૃદ્ધિથી આ કેન્દ્ર સક્રિય થાય છે જે લયબદ્ધતા કેન્દ્રને સંકેત આપે છે અને શ્વસન પ્રક્રિયામાં જરૂરી ગોઠવણ કરે છે. જેથી આ પદાર્થોનો નિકાલ થઈ શકે. મહાધમની કમાન અને ગ્રીવા ધમની સાથે જોડાયેલ સંવેદી રચનાઓ પણ CO_2 અને H^+ ની સાંદ્રતાના ફેરફારોને ઓળખી શકે છે તથા ઉપચારાત્મક પ્રક્રિયાના હેતુ માટે લયબદ્ધતા કેન્દ્રને આવશ્યક સંકેતો આપે છે. શ્વસન લયબદ્ધતાના નિયમનમાં ઑક્સિજનની ભૂમિકા નોંધનીય નથી.

17.6 શ્વસનતંત્રની અનિયમિતતાઓ (Disorders of Respiratory System)

દમ(Asthma)માં શ્વાસવાહિની અને શ્વાસવાહિકામાં દાહ (Inflammation)ને કારણે શ્વાસોચ્છ્વાસ સમયે અવાજ આવવો અને શ્વાસોચ્છ્વાસમાં તકલીફ થાય છે.

એમ્ફિસેમા (Emphysema) એક ક્રોનિક (વારંવાર ઉથલો મારતો દીર્ઘકાલીન) રોગ છે. જેમાં વાયુકોષ્ઠોની દીવાલ નુકશાન પામે છે. જેથી શ્વસન સપાટીમાં ઘટાડો થાય છે. ધૂમ્રપાન એના માટેનાં મુખ્ય કારણો પૈકી એક છે.

વ્યાવસાયિક શ્વસનની અનિયમિતતાઓ : કેટલાક ઉદ્યોગો જેમાં મુખ્યત્વે જ્યાં પથ્થર ઘસવાનું અથવા તોડવાનું કામ થતું હોય ત્યાં એટલી ધૂળના કણો નીકળે છે કે શરીરની સુરક્ષા પ્રણાલી આ પરિસ્થિતિને સંપૂર્ણ રીતે પહોંચી વળતી નથી. લાંબા ગાળે સોજા ઉત્પન્ન થાય છે. જેનાથી ફાઇબ્રોસીસ (રેશામય પેશીઓનો ઝડપી વધારો (Proliferation)) થાય છે. જેના પરિણામ સ્વરૂપ ફેફસાંને ગંભીર નુકશાન થઈ શકે છે. આ ઉદ્યોગોમાં કામ કરનારાઓએ મુખ ઉપર માસ્કનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ.

સારાંશ

કોષો ચયાપચયની ક્રિયાઓ માટે ઑક્સિજનનો ઉપયોગ કરે છે તથા શક્તિની સાથે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ જેવા હાનિકારક પદાર્થો પણ ઉત્પન્ન કરે છે. પ્રાણીઓ, કોષો સુધી ઑક્સિજનના વહન અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની ત્યાંથી મુક્તિ માટે વિવિધ પદ્ધતિઓ વિકસાવે છે. આપણે સુવિકસિત શ્વસન તંત્ર ધરાવીએ છીએ જે બે ફેફસાં અને તેના સાથે સંકળાયેલ વાયુમાર્ગનું બનેલું છે.

શ્વસનનો પ્રથમ તબક્કો શ્વાસોચ્છ્વાસ છે. જેમાં વાતાવરણની હવા અંદર લેવાય છે (શ્વાસ) અને વાયુકોષ્ઠની હવા બહાર ધકેલાય છે (ઉચ્છ્વાસ) ઑક્સિજન વિહીન રુધિર અને વાયુકોષ્ઠો વચ્ચે O_2 અને CO_2ની આપ-લે, આ વાયુઓનું રુધિર દ્વારા સમગ્ર શરીરમાં વહન, ઑક્સિજન યુક્ત રુધિર અને પેશીઓ વચ્ચે O_2 અને CO_2ની આપ-લે અને કોષો દ્વારા O_2નો ઉપયોગ (કોષીય શ્વસન) સામેલ અન્ય તબક્કાઓ છે.

શ્વાસ અને ઉચ્છ્વાસ માટે વાતાવરણ અને વાયુકોષ્ઠોની વચ્ચે આંતરપાંસળી (ઇન્ટર કોસ્ટલ) સ્નાયુ અને ઉરોદરપટલની મદદથી દાબ ઢોળાંશ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે

છે. આ ક્રિયાઓમાં સમાવિષ્ટ વાયુનું કદ સ્પાઇરોમિટરની મદદથી માપી શકાય છે. જેનું ચિકિત્સાશાસ્ત્રમાં મહત્ત્વ છે.

વાયુકોષ્ઠો અને પેશીઓમાં O_2 અને CO_2ની આપ-લે (વિનિમય) પ્રસરણ દ્વારા થાય છે. પ્રસરણના દરનો આધાર O_2 (pO_2) અને CO_2 (pCO_2) ના આંશિક દાબ ઢોળાંશ, તેમની દ્રાવ્યતા અને પ્રસરણ સ્તરની જાડાઈ આધારિત છે. આ પરિબળો આપણા શરીરમાં વાયુકોષ્ઠોમાંથી O_2નું ઑક્સિજનવિહીન રુધિરમાં જ્યારે ઑક્સિજન યુક્ત રુધિરમાંથી પેશીઓનાં પ્રસરણની અનુકૂળતા કરી આપે છે. પરિબળો CO_2 ના વિરૂદ્ધ દિશામાંના પ્રસરણ માટે પણ સાનુકૂળ છે એટલે કે પેશીઓથી વાયુકોષ્ઠોમાં ઑક્સિજન મુખ્યત્વે ઑક્સિહીમોગ્લોબિન સ્વરૂપે વહન પામે છે. વાયુકોષ્ઠોમાં pO_2 ઊંચો હોય છે. જ્યાં O_2 હીમોગ્લોબિન સાથે જોડાય છે જે પેશી સ્તરે કે જ્યાં pO_2 નીચો અને pCO_2 અને H^+ ની સાંદ્રતા ઊંચી હોય છે ત્યાં સરળતાથી છૂટો પડે છે. આશરે 70% કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ ઉત્સેચકની મદદથી બાયકાર્બોનેટ (HCO_3^-) તરીકે વહન પામે છે. 20-25 % કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, હીમોગ્લોબિન દ્વારા કાર્બેમીનો-હીમોગ્લોબિન તરીકે વહન પામે છે. પેશીઓમાં જ્યાં pCO_2 ઊંચું હોય ત્યાં તે રુધિર સાથે જોડાય છે. જ્યારે વાયુકોષ્ઠોમાં pCO_2 નીચું અને pO_2 ઊંચું હોય ત્યાં તે રુધિરમાંથી મુક્ત થાય છે.

શ્વસનની લયબદ્ધતા મગજના લંબમજ્જા પ્રદેશમાં આવેલ શ્વસન કેન્દ્ર દ્વારા જળવાય છે. મગજના પોન્સ વિસ્તારનું શ્વાસ અનુચલન કેન્દ્ર અને લંબમજ્જાનો રાસાયણિક સંવેદી વિસ્તાર શ્વસનની ક્રિયાવિધિમાં ફેરફાર કરી શકે છે.

સ્વાધ્યાય

1. વાઇટલ કેપેસિટી(ક્ષમતા)ની વ્યાખ્યા આપી તેનું મહત્ત્વ જણાવો ?
2. સામાન્ય શ્વાસોચ્છ્વાસ બાદ ફેફસામાં રહેલ વાયુનું કદ જણાવો.
3. શા માટે હવાનું પ્રસરણ ફક્ત વાયુકોષ્ઠ વિસ્તારમાં જ થાય છે અને શ્વસનતંત્રના બીજા ભાગોમાં નહીં ?
4. સમજાવો : CO_2ના વહનની મુખ્ય ક્રિયાવિધિ.
5. વાયુકોષ્ઠના વાયુની તુલનામાં વાતાવરણીય વાયુમાં pO_2 અને pCO_2 નું પ્રમાણ કેટલું હશે ?

   (i) pO_2 ઓછું, pCO_2 ઊંચું

   (ii) pO_2 ઊંચું, pCO_2 નીચું

   (iii) pO_2 ઊંચું, pCO_2 ઊંચું

   (iv) pO_2 નીચું, pCO_2 નીચું

6. સામાન્ય પરિસ્થિતિમાં શ્વાસની પ્રક્રિયા સમજાવો.
7. શ્વસનનું નિયમન કેવી રીતે થાય છે ?
8. pCO_2ની ઑક્સિજન વહન ઉપર શું અસર છે ?
9. પર્વત ઉપર ચઢતા માણસની શ્વસન પ્રક્રિયા ઉપર શું અસર થાય છે ?
10. કીટકોમાં વાતવિનિમયનું સ્થાન જણાવો.
11. ઑક્સિજન વિયોજન વક્રને વ્યાખ્યાયિત કરો, શું તમે તેની સિગ્મોઇડલ આકૃતિનું કારણ આપી શકો છો ?
12. તમે હાયપોક્સિયા (Hypoxia) વિશે સાંભળ્યું છે ? તેની માહિતી એકત્રિત કરવા પ્રયત્ન કરો અને મિત્રો સાથે તેની ચર્ચા કરો.
13. ભેદ સ્પષ્ટ કરો :
    (a) IRV અને ERV
    (b) ઇન્સ્પાયરેટરી કૅપેસિટી અને એક્સપાયરેટરી કૅપેસિટી
    (c) વાઇટલ કૅપેસિટી અને ટોટલ લંગ કૅપેસિટી
14. ટાઇડલ વૉલ્યૂમ એટલે શું ? સ્વસ્થ વ્યક્તિનું એક કલાકનું ટાઇડલ વૉલ્યૂમ (આશરે) શોધો.

પ્રકરણ 18

દેહજળ અને પરિવહન (Body Fluids and Circulation)

18.1 રુધિર
18.2 લસિકા (પેશી જળ)
18.3 પરિવહન પરિપથ
18.4 બેવડું પરિવહન
18.5 હૃદક્રિયાઓનું નિયમન
18.6 પરિવહનતંત્રની અનિયમિતતાઓ

અત્યાર સુધી આપ ભણી ચૂક્યા છો કે જીવંત કોષોને પોષક ઘટકો, ઑક્સિજન અને અન્ય જરૂરી પદાર્થો મળવા જોઈએ. આ ઉપરાંત પેશીઓના સ્વસ્થ કાર્યો માટે ઉત્પન્ન થતા નકામા અને હાનિકારક પદાર્થો સતત દૂર થવા જોઈએ. તેટલા માટે આ પદાર્થોની કોષો સુધી અને કોષોમાંથી ગતિ માટે કાર્યદક્ષ ક્રિયાવિધિ આવશ્યક છે. વિવિધ પ્રાણી સમૂહો આ વહન માટે વિવિધ પદ્ધતિઓ વિકસાવે છે. સરળ સજીવો જેવા કે વાદળીઓ અને કોષ્ઠાંત્રિઓ તેઓની આસપાસના પાણીનું પરિવહન તેઓની શરીરગુહા દ્વારા કરી કોષોને પદાર્થોની આપ-લે માટે સાનુકૂળતા કરી આપે છે. વધુ જટિલ સજીવો આ પદાર્થોના વહન માટે તેમના શરીરમાંના વિશિષ્ટ પ્રવાહીનો ઉપયોગ કરે છે. માનવ સહિત ઉચ્ચ કક્ષાના સજીવો(પ્રાણીઓ)માં આ હેતુ માટે **રુધિર** ખૂબ જ સામાન્ય ઉપયોગી દેહ જળ છે. એક અન્ય દેહ જળ **લસિકા** પણ કેટલાક વિશિષ્ટ પદાર્થોના વહનમાં મદદ કરે છે. આ પ્રકરણમાં તમે રુધિર અને લસિકા(પેશીજળ)ના બંધારણ અને ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરશો અને આ ઉપરાંત અહી રુધિર પરિવહનની ક્રિયાવિધિ સમજાવાયી છે.

18.1 રુધિર (Blood)

રુધિર વિશિષ્ટ સંયોજક પેશી છે. જેમાં પ્રવાહી આધારક, રુધિરરસ અને અન્ય ઘટકો (સંગઠિત સંરચનાઓ) જોવા મળે છે.

18.1.1 રુધિરરસ (Plasma)

રુધિરરસ એક આછા પીળા રંગનું સ્નિગ્ધ પ્રવાહી છે. જે રુધિરના લગભગ 55 % હોય છે. રુધિરરસમાં 90-92 % પાણી અને 6-8 % પ્રોટીન હોય છે. ફાઇબ્રીનોજન, ગ્લોબ્યુલિન્સ અને આલ્બ્યુમિન્સ મુખ્ય પ્રોટીન્સ (નત્રલો) છે. ફાઇબ્રીનોજન રુધિરનું ગંઠાઈ જવું અથવા જામી જવા માટે જરૂરી છે. ગ્લોબ્યુલિન્સ પ્રાથમિક રીતે શરીરના પ્રતિકારકતંત્ર સાથે સંકળાયેલ છે અને આલ્બ્યુમિન્સનો ઉપયોગ

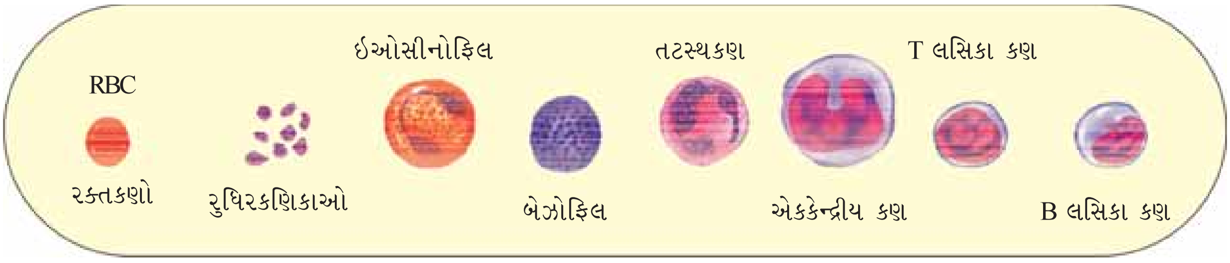
આસૃતિ નિયમનમાં થાય છે. રુધિરરસમાં ઓછા પ્રમાણમાં ખનીજ આયનો જેવા કે Na^+, Ca^{++}, Mg^{++}, HCO_3^-, Cl^- વગેરે આવેલ છે. ગ્લુકોઝ, એમીનો ઍસિડ, લિપિડ વગેરે પણ રુધિરરસમાં તેઓની શરીરમાં સંક્રમણની અવસ્થામાં જોવા મળે છે. રુધિરના જામી જવાની અને ગંઠાઈ જવા માટેના કારકો નિષ્ક્રિય સ્વરૂપે રુધિરરસમાં હાજર હોય છે. ગંઠાઈ જવાના કારકો (Clotting factors) વગરના રુધિરને સીરમ (Serum) કહે છે.

18.1.2 સંગઠિત પદાર્થો (Formed Elements)

ઇરિથ્રોસાઇટ્સ, લ્યુકોસાઇટ અને રુધિર કણિકાઓ(Platelets)ને સંયુક્ત રીતે સંગઠિત પદાર્થો કહે છે (આકૃતિ 18.1) અને તે રુધિરનો લગભગ 45 % ભાગ બનાવે છે.

ઇરિથ્રોસાઇટ્સ અથવા રાતા રુધિર કોષો (રક્તકણો) (RBCs = Red blood cells or Erythrocytes or Red blood corpuscles) અન્ય રુધિરના કોષો કરતાં વધુ હોય છે. એક સ્વસ્થ પુખ્ત માણસ(Man)માં રક્તકણો રુધિરમાં સરેરાશ 5 મિલિયનથી 5.5 મિલિયન પ્રતિઘન મિમી હોય છે. પુખ્તમાં રક્તકણો લાલ અસ્થિમજ્જામાં ઉત્પન્ન થાય છે. મોટા ભાગના સસ્તનોમાં રક્તકણો કોષકેન્દ્રવિહીન હોય છે અને તેમનો આકાર દ્વિઅંતર્ગોળ હોય છે. એમનો લાલ રંગ અને નામ એક લોહયુક્ત સંયુગ્મી (જટિલ) પ્રોટીન હીમોગ્લોબિનની હાજરીને કારણે હોય છે. સ્વસ્થ વ્યક્તિમાં દર 100 મિલિ રુધિરે 12-16 ગ્રામ હીમોગ્લોબિન હોય છે. આ અણુઓ શ્વસન વાયુઓના વહનમાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. રક્તકણોનો સરેરાશ જીવનકાળ 120 દિવસનો છે. ત્યારબાદ તે બરોળ (રક્તકણોનું કબ્રસ્તાન)માં નાશ પામે છે.

લ્યુકોસાઇટમાં (શ્વેતકણ) હીમોગ્લોબિનના અભાવના કારણે તે રંગવિહીન હોય છે. તેથી તે શ્વેત રુધિર કોષો (શ્વેત કણો) (WBCs = White blood cells or Leucocytes or White blood corpuscles) તરીકે પણ ઓળખાય છે. તેઓ કોષકેન્દ્રયુક્ત અને તુલનાત્મક રીતે ઓછા, કે જે એક ઘન મિમી રુધિરમાં સરેરાશ 6000-8000ની સંખ્યામાં જોવા મળે છે. લ્યુકોસાઇટ સામાન્ય રીતે અલ્પજીવી હોય છે. આપણે શ્વેતકણોના બે મુખ્ય સ્વરૂપ પ્રકારો ધરાવીએ છીએ. કણિકામય અને કણિકાવિહીન. તટસ્થ કણો, ઇઓસીનોફિલ્સ અને બેઝોફિલ્સ વિવિધ પ્રકારના કણિકામય શ્વેતકણો છે. જ્યારે લિમ્ફોસાઇટ્સ (લસિકા કણો) અને મોનોસાઇટ્સ (એકકેન્દ્રીય કણો) કણિકાવિહીન છે. તટસ્થ કણો કુલ શ્વેતકણોના સૌથી વધુ (60-65 %) પ્રમાણમાં આવેલા કોષો છે. જ્યારે બેઝોફિલ્સ સૌથી ઓછા (0.5-1 %) પ્રમાણમાં આવેલ છે. તટસ્થ કણો અને એકકેન્દ્રીય કણો (6 થી 8 %) ભક્ષક કોષો છે. જે શરીરમાં પ્રવેશતા સૂક્ષ્મ જીવોનો વિનાશ કરે છે. બેઝોફિલ્સ, હિસ્ટેમાઇન, સેરોટોનીન, હિપેરીન વગેરેનો સ્રાવ કરે છે અને સોજાની પ્રતિક્રિયાઓમાં સંકળાયેલ હોય છે. ઇઓસિનોફિલ્સ (2-3 %) ચેપથી



આકૃતિ 18.1 : રુધિરમાં સંગઠિત પદાર્થોની રેખાકૃતિય રજૂઆત

બચાવ કરે છે અને એલર્જીક પ્રતિક્રિયાઓ સાથે સંકળાયેલ છે. લસિકા કણો (20-25 %) મુખ્ય બે પ્રકારના છે. 'B' અને 'T' સ્વરૂપ. બંને B અને T લસિકા કણો શરીરની રોગપ્રતિકારકતા માટે જવાબદાર છે.

રુધિર કણિકાઓને **થ્રોમ્બોસાઈટ** પણ કહે છે, જેઓ ખંડિત કોષો છે. જે મેગાકેરિયોસાઈટ્સ (અસ્થિમજ્જાના વિશિષ્ટ કોષો)માંથી ઉત્પન્ન થાય છે. રુધિર સામાન્ય રીતે પ્રતિઘન મિમીમાં 1,50,000-3,50,000 રુધિર કણિકાઓ ધરાવે છે. રુધિર કણિકાઓ મોટે ભાગે રુધિર જામી જવા અથવા ગંઠાઈ જવા સાથે સંકળાયેલા વિવિધ ઘટકોનો સ્રાવ કરે છે. તેમની સંખ્યામાં ઘટાડો રુધિર ગંઠાવવાની ખામી તરફ લઈ જાય છે. જેથી શરીરમાં રુધિરનો વધુ પડતો વ્યય થાય છે.

18.1.3 રુધિરજૂથો (Blood Groups)

તમે જાણો છો કે મનુષ્યનું રુધિર કેટલીક બાબતોમાં જુદુ પડે છે. તેમ છતાં તે દેખાવમાં એકસરખું છે. રુધિરને વિવિધ પ્રકારોના જૂથોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યું છે. આમાનાં મુખ્ય બે જૂથ - ABO અને Rhનો બહોળા પ્રમાણમાં વિશ્વભરમાં ઉપયોગ થાય છે.

18.1.3.1 ABO જૂથ (ABO Grouping)

ABO જૂથ RBCs(રક્તકણો)ની સપાટી ઉપર આવેલ બે ઍન્ટિજન્સ (પ્રતિજન) (રોગપ્રતિકારકતાને પ્રેરતું રસાયણ) A અને Bની હાજરી અને ગેરહાજરી ઉપર આધારીત છે. સમાન રીતે વિવિધ વ્યક્તિઓના રુધિરરસ બે કુદરતી (પ્રાકૃતિક) ઍન્ટિબૉડી (પ્રતિદ્રવ્ય) (ઍન્ટિજનની પ્રતિક્રિયા દ્વારા ઉત્પન્ન થતું પ્રોટીન) ધરાવે છે. **A, B, AB** અને **O** ચાર રુધિરજૂથોમાં ઍન્ટિજન અને ઍન્ટિબૉડીનું વિતરણ કોષ્ટક 18.1માં આપેલ છે. તમે જાણો છો કે રુધિરધાન (સંક્રામણ) દરમિયાન કોઈ પણ રુધિર ન વાપરી શકાય, રુધિરધાન પહેલા ધ્યાનપૂર્વક દાતાનાં રુધિરને ગ્રાહીના રુધિર સાથે મેળવવું જોઈએ જેથી ગંઠાવવું (Clumping) (RBCનું તૂટવું) જેવી ગંભીર સમસ્યાઓને દૂર રાખી શકાય. દાતાઓની સુસંગતતા પણ કોષ્ટક 18.1માં આપેલ છે.

કોષ્ટક 18.1 : રુધિરજૂથ અને દાતા સુસંગતતા

રુધિરજૂથ	RBCs પરના ઍન્ટિજન	રુધિરરસમાંના ઍન્ટિબૉડી	દાતા રુધિરજૂથ
A	A	ઍન્ટિ-B	A, O
B	B	ઍન્ટિ-A	B, O
AB	A, B	ગેરહાજર	AB, A, B, O
O	ગેરહાજર	ઍન્ટિ-A, B	O

ઉપરોક્ત કોષ્ટકથી એ સ્પષ્ટ છે કે 'O' રુધિરજૂથવાળું રુધિર કોઈ પણ રુધિરજૂથવાળા વ્યક્તિને આપી શકાય છે અને તેથી 'O' રુધિરજૂથવાળા વ્યક્તિઓને ‘સર્વદાતા’ કહે છે. 'AB' રુધિરજૂથવાળો વ્યક્તિ 'AB' ઉપરાંત બીજા રુધિરજૂથો ધરાવતું રુધિર લઈ શકે છે. તેથી આવા વ્યક્તિઓને ‘સર્વગ્રાહી’ કહે છે.

18.1.3.2 Rh જૂથ (Rh Grouping)

એક અન્ય ઍન્ટિજન Rh છે. જે મોટા ભાગના (લગભગ 80 %) મનુષ્યમાં રક્તકણ(RBCs)ની સપાટી ઉપર જોવા મળે છે. જે રેસસ (Rhesus) વાંદરાઓમાં હાજર ઍન્ટિજનને સમાન છે. આવા વ્યક્તિઓને **Rh પૉઝિટિવ (Rh^{+ve})** કહેવામાં આવે છે અને જેમાં આ ઍન્ટિજન ગેરહાજર હોય તેમને **Rh નેગેટિવ (Rh^{-ve})** કહે છે. Rh^{-ve} વ્યક્તિ Rh^{+ve} રુધિરના સંપર્કમાં આવે તો Rh ઍન્ટિજન્સની સામે ચોક્કસ ઍન્ટિબૉડી ઉત્પન્ન થાય છે. તેથી, રુધિરધાન પહેલા Rh જૂથને પણ મેળવી લેવું જોઈએ. Rh^{-ve} રુધિરવાળી ગર્ભવતી માતા અને તેના Rh^{+ve} રુધિરવાળો ગર્ભ વચ્ચે Rh (અસંવેદનશીલતા) અસંગતતાનો એક ખાસ કિસ્સો જોવા મળે છે. ગર્ભનો Rh ઍન્ટિજન પ્રથમ ગર્ભધારણમાં માતાના Rh^{-ve} રુધિરમાં જોવા મળતો નથી. કારણ કે બંને રુધિર જરાયુ દ્વારા સારી રીતે અલગ કરવામાં આવે છે. જો કે, પ્રથમ બાળકના જન્મ દરમિયાન, ગર્ભમાંથી Rh^{+ve} રુધિર ઓછા પ્રમાણમાં માતાના રુધિરના સંપર્કમાં આવવાની સંભાવના છે. આવા કિસ્સામાં માતા તેના રુધિરમાં Rh ઍન્ટિજનની સામે ઍન્ટિબૉડી તૈયાર કરવાનું શરૂ કરે છે. તેના અનુગામી ગર્ભધારણના કિસ્સામાં, માતા (Rh^{-ve}) ના Rh ઍન્ટિબૉડી ગર્ભ(Rh^{+ve})ના રુધિરમાં ભળે છે અને ગર્ભના રક્તકણોનો નાશ કરે છે. આ ગર્ભ માટે ઘાતક હોઈ શકે છે અથવા બાળક ગંભીર એનિમિયા અને પીળીયા (કમળા) માટેનું કારણ બની શકે છે. આ સ્થિતિને એરિથ્રોબ્લાસ્ટોસિસ ગર્ભ (Erythroblastosis Foetalis) કહેવામાં આવે છે. આ સ્થિતિને પ્રથમ પ્રસૂતિ બાદ તુરંત માતાને પ્રતિ - Rh ઍન્ટિબૉડી આપીને ટાળી શકાય છે.

18.1.4 રુધિરની જમાવટ (Coagulation of Blood)

તમે જાણો છો કે જ્યારે તમે તમારી આંગળી કાપો અથવા જાતે નુકશાન કરો ત્યારે તમારા ઘામાંથી લાંબા સમય સુધી રુધિર વહેતું નથી, સામાન્ય રીતે રુધિર થોડા સમય પછી વહેતું અટકે છે. તમે જાણો છો શા માટે ? ઈજા અથવા આઘાત (Trauma)ના પ્રત્યુત્તરમાં રુધિર જમાવટ અથવા ગંઠન દર્શાવે છે. આ શરીરમાંથી અતિશય રુધિર વ્યયને અટકાવવા માટેની એક પદ્ધતિ છે. લાંબા સમયની ઈજા અથવા ઘા ના સ્થાને ઘેરા લાલાશ પડતા કથ્થાઈ રંગના ખરાબ ભાગ તમે અવલોકન કર્યા હશે. તે એક ગાંઠ અથવા જમાવટ છે. જે મુખ્યત્વે ફાઇબ્રિન તરીકે ઓળખાતા તંતુનું જાળું કે જેમાં રુધિરના મૃત અને ક્ષતિગ્રસ્ત સંગઠિત પદાર્થો (Formed elements) ફસાય છે. ફાઇબ્રિન, ઉત્સેચક થ્રોમ્બિન દ્વારા રુધિરરસમાં નિષ્ક્રિય ફાઇબ્રિનોજનના રૂપાંતરણ દ્વારા નિર્માણ પામે છે. થ્રોમ્બિન્સ, પ્રોથ્રોમ્બિન તરીકે ઓળખાતા એક અન્ય રુધિરરસમાંના નિષ્ક્રિય પદાર્થમાંથી રચાય છે. ઉપરોક્ત પ્રક્રિયા માટે ઉત્સેચક સંકુલ થ્રોમ્બોકાઇનેઝ આવશ્યક છે. આ ઉત્સેચકીય સંકુલ રુધિરરસમાં હાજર અનેક નિષ્ક્રિય કારકોની મદદથી શ્રેણીબદ્ધ ઉત્સેચકીય પ્રક્રિયા (કાસ્કેડ પ્રક્રિયા) દ્વારા રચાય છે. એક ઈજા અથવા ઘા રુધિરમાં હાજર રુધિર કણિકાઓને ચોક્કસ કારકોને મુક્ત કરવા માટે પ્રેરિત કરે છે. જેથી જામી જવાની પ્રક્રિયા સક્રિય થાય છે. ઈજાના સ્થાને પેશી દ્વારા ચોક્કસ મુક્ત થતા કારકો પણ રુધિર જામી જવાની ક્રિયાનો પ્રારંભ (સક્રિય) કરે છે. કૅલ્શિયમ આયનો ગંઠાવવામાં ખૂબ મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે.

18.2 લસિકા (પેશીય જળ) Lymph (Tissue Fluid)

રુધિર જ્યારે પેશીઓની રુધિરકેશિકાઓમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે મોટા કદના પ્રોટીન અને લગભગ સંગઠિત પદાર્થોને છોડીને રુધિરમાંથી પાણી અને પાણીમાં દ્રાવ્ય એવા ઘણા નાના પદાર્થો પેશીના કોષોની વચ્ચેની જગ્યામાં બહાર નીકળે છે. આ મુક્ત થતા પ્રવાહીને આંતરકોષીય જળ અથવા પેશીય જળ કહે છે. તેમાં રુધિરરસના જેવી જ ખનીજ વહેંચણી જોવા મળે છે. રુધિર અને કોષોની વચ્ચે પોષકતત્ત્વો, વાયુઓ વગેરેનું વિનિમય હંમેશાં આ પ્રવાહી દ્વારા થાય છે. વાહિકાઓનું વિસ્તૃત માળખું કે જેને લસિકાતંત્ર કહે છે. જે આ જળને એકત્ર કરી મોટી શિરાઓમાં પાછું ઠાલવે છે. લસિકાતંત્રમાં જોવા મળતા આ જળને લસિકા કહે છે. લસિકા એક રંગહીન પ્રવાહી છે. જે વિશિષ્ટ લસિકાકણો ધરાવે છે. જે શરીરની પ્રતિરક્ષા (રોગ પ્રતિકારકતા) પ્રતિક્રિયા માટે જવાબદાર છે. લસિકા પોષક ઘટકો, અંતઃસ્રાવો વગેરે માટે પણ એક મહત્ત્વપૂર્ણ વાહક છે. આંતરડાંના રસાંકુરોમાં હાજર પયસ્વિની (Lacteals)માં રહેલ લસિકા દ્વારા ચરબીનું શોષણ થાય છે.

18.3 પરિવહનમાર્ગો (Circulatory Pathways)

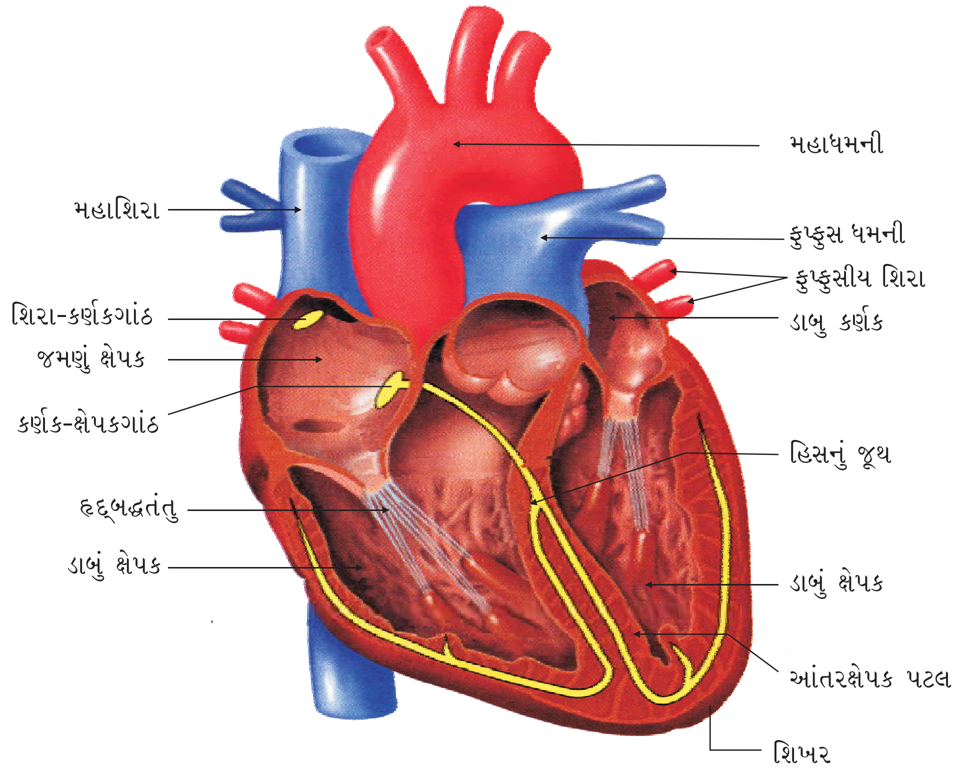
પરિવહનમાર્ગ બે પ્રકારના હોય છે. ખુલ્લુ અને બંધ. **ખુલ્લુ પરિવહનતંત્ર** સંધિપાદીઓ અને મૃદુકાયમાં હોય છે. હૃદય દ્વારા પંપ (દબાણપૂર્વક) કરેલ રુધિર મોટી વાહિનીઓમાંથી પસાર થઈ ખુલ્લી જગ્યા અથવા કોટરો કહેવાતી શરીરગુહામાં ખૂલે છે. નુપૂરકો અને મેરુદંડીઓમાં **બંધ પરિવહનતંત્ર** હોય છે, આમાં હૃદય દ્વારા પંપ કરેલ રુધિર હંમેશાં રુધિરવાહિનીઓની બંધ વ્યવસ્થા દ્વારા પરિવહન પામે છે. આ પ્રકારનો રુધિર પરિવહનમાર્ગ વધારે લાભદાયક હોય છે. કેમ કે આમાં રુધિરપ્રવાહ સરળતાથી નિયંત્રિત કરી શકાય છે.

બધા જ પૃષ્ઠવંશીઓ સ્નાયુલ-ખંડીય હૃદય ધરાવે છે. મત્સ્યોમાં એક કર્ણક અને એક ક્ષેપક ધરાવતું દ્વિ-ખંડીય હૃદય હોય છે. ઉભયજીવીઓ અને સરીસૃપો(મગર સિવાય)માં બે કર્ણકો અને એક ક્ષેપક ધરાવતું ત્રિ-ખંડીય હૃદય હોય છે, જ્યારે મગર, પક્ષીઓ અને સસ્તનોમાં બે કર્ણકો અને બે ક્ષેપકો ધરાવતું ચતુર્થ-ખંડીય હૃદય હોય છે. મત્સ્યોમાં હૃદય ઑક્સિજનવિહીન રુધિરને દબાણથી વહાવે છે કે જે ઝાલરોની મદદથી ઑક્સિજનયુક્ત બને છે જે શરીરના વિવિધ ભાગોમાં પહોંચાડવામાં આવે છે. ત્યાંથી ઑક્સિજનવિહીન રુધિર હૃદય તરફ ફરી પાછું આવે છે. (એકલ પરિવહન). ઉભયજીવીઓ અને સરિસૃપોમાં ડાબું કર્ણક, ઝાલરો / ફેફસાં / ત્વચામાંથી ઑક્સિજનયુક્ત રુધિર મેળવે છે અને જમણું કર્ણક શરીરના વિવિધ ભાગોનું ઑક્સિજનવિહીન રુધિર મેળવે છે. તેમ છતાં તે એકલ ક્ષેપકમાં મિશ્રિત થાય છે. જે મિશ્ર રુધિરને બહાર ધકેલે છે. (અપૂર્ણ બેવડું પરિવહન). પક્ષીઓ અને સસ્તનમાં ઑક્સિજનયુક્ત અને ઑક્સિજનવિહીન રુધિર અનુક્રમે ડાબા અને જમણા કર્ણક દ્વારા મેળવાય છે. જે તે જ બાજુના ક્ષેપકમાં પસાર થાય છે. ક્ષેપકો તેને મિશ્રિત કર્યા વગર બહાર ધકેલે છે એટલે કે આ પ્રાણીઓમાં બે અલગ પરિવહન માર્ગો હોય છે. તેથી આ પ્રાણીઓ બેવડું પરિવહન ધરાવે છે. ચાલો માનવ પરિવહનતંત્રનો અભ્યાસ કરીએ.

18.3.1 માનવ પરિવહનતંત્ર (Human Circulatory System)

માનવ પરિવહનતંત્ર જેને રુધિરાભિસરણ તંત્ર પણ કહે છે. જે સ્નાયુલ ખંડીય હૃદય, બંધ શાખિત રુધિરવાહિનીઓનું જાળું અને પરિવહન પામતું પ્રવાહી, રુધિર ધરાવે છે.

હૃદય મધ્ય ગર્ભસ્તરમાંથી ઉત્પન્ન થતું અંગ છે. જે ઉરસીયગુહામાં ગોઠવાયેલ છે. જે બે ફેફસાંની વચ્ચે સાધારણ ડાબી બાજુ આવેલ છે. તે બંધ મુઠ્ઠી જેટલા કદનું હોય છે. તે બેવડી પટલમય કોથળી, **પરિહૃદ આવરણ** દ્વારા રક્ષિત હોય છે. જેમાં પરિહૃદ જળ આવેલ હોય છે. આપણું હૃદય ચાર ખંડીય છે. બે તુલનાત્મક રીતે નાના ઉપરના ખંડોને **કર્ણકો** કહે છે અને બે મોટા નીચેના ખંડોને **ક્ષેપકો** કહે છે. આંતર કર્ણકપટલ તરીકે ઓળખાતી પાતળી દીવાલ જમણા અને ડાબા કર્ણકોને જુદા પાડે છે. જ્યારે જાડી દીવાલ, આંતરક્ષેપક પટલ ડાબા અને જમણા ક્ષેપકોને જુદા પાડે છે (આકૃતિ 18.2). એક જ બાજુના કર્ણક અને ક્ષેપક પણ જાડી તંતુમય પેશી, જેને કર્ણક-ક્ષેપક પટલ કહે છે. તેના દ્વારા જુદા પડે છે. જો કે આ પટલોમાં એક એક છિદ્ર હોય છે. જેના દ્વારા એક જ બાજુના બંને ખંડોને જોડાય છે. જમણા કર્ણક અને જમણા ક્ષેપક વચ્ચેનું છિદ્ર ત્રણ સ્નાયુલ પડદા (Cusps) દ્વારા નિર્મિત ત્રિદલ વાલ્વ દ્વારા સુરક્ષિત હોય છે, જ્યારે દ્વિદલ અથવા મિત્રલ વાલ્વ ડાબા કર્ણક અને ડાબા ક્ષેપક વચ્ચેના છિદ્રને સુરક્ષિત કરે છે. જમણા અને ડાબા ક્ષેપકનું અનુક્રમે ફુપ્ફુસીય ધમની અને મહાધમની- (ધમની કાંડ)માં ખુલતું છિદ્ર અર્ધ ચંદ્રાકાર વાલ્વ ધરાવે છે. હૃદયના વાલ્વો રુધિરના પ્રવાહને ફક્ત એક જ દિશામાં જવા દે છે. એટલે કે કર્ણકોમાંથી ક્ષેપકોમાં અને



આકૃતિ 18.2 : માનવ હૃદયનો છેદ

ક્ષેપકોમાંથી ફુપ્ફુસીય ધમની અને મહાધમની (ધમનીકાંડ)માં આ વાલ્વો રુધિર પ્રવાહને પાછો ફરતો રોકે છે.

સમગ્ર હૃદય હૃદ સ્નાયુઓનું બનેલ છે. ક્ષેપકોની દીવાલ કર્ણકોની સાપેક્ષમાં વધુ જાડી હોય છે. વિશિષ્ટ હૃદ સ્નાયુ કે જેને ગાંઠ પેશી કહે છે. તે પણ હૃદયમાં વહેંચાયેલ છે. (આકૃતિ 18.2). આ પેશીઓનો એક સમૂહ જમણા કર્ણકના ઉપરના જમણા ખૂણે આવેલ છે. જેને **સાઇનો-એટ્રિયલગાંઠ (શિરા-કર્ણકગાંઠ) (SAN)** કહે છે. આ પેશીનો બીજો સમૂહ જમણા કર્ણકના નીચેના ડાબા ખૂણે કર્ણક-ક્ષેપક પટલની નજીક જોવા મળે છે. તેને **એટ્રિયો-વેન્ટ્રિક્યુલર ગાંઠ (કર્ણક-ક્ષેપકગાંઠ) (AVN)** કહે છે. ગાંઠ તંતુનો સમૂહ, જેને કર્ણક-ક્ષેપક જૂથ (બંડલ) (AV બંડલ) પણ કહે છે. આંતરક્ષેપક પટલના ઉપરના ભાગમાં AVNથી પ્રારંભ થાય છે તથા તરત જમણી અને ડાબી બે શાખાઓમાં વિભાજિત થઈ આંતરક્ષેપક પટલની સાથે પશ્ચ ભાગમાં આગળ વધે છે. આ શાખાઓમાંથી સૂક્ષ્મ તંતુઓ નિકળે છે. જે આખા ક્ષેપકોના સ્નાયુમાં પોત પોતાની બાજુએ ફેલાયેલા રહે છે અને તેને પરકિન્જે તંતુઓ કહે છે. જમણા અને ડાબા જૂથ સહિત આ તંતુઓ હિસ જૂથ તરીકે ઓળખાય છે. ગાંઠ સ્નાયુ બાહ્ય ઉત્તેજના વગર સક્રિય કલા- વીજસ્થિતિમાન (Action Potentials) પેદા કરવા સક્ષમ છે એટલે કે તેને સ્વયં ઉત્તેજનશીલ કહે છે. તેમ છતા એક મિનિટમાં ઉત્પન્ન થતા સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાનની સંખ્યા ગાંઠ તંત્રના વિવિધ ભાગોમાં જુદી હોય છે. SAN મહત્તમ સંખ્યામાં સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન પેદા કરી શકે છે. એટલે કે 70-75 / મિનિટ અને હૃદયના લયબદ્ધ સંકોચનનો પ્રારંભ કરે છે અને તેને જાળવે છે. તેટલા માટે તેને ગતિપ્રેરક (પેસમેકર) કહે છે. આપણું હૃદય સામાન્ય રીતે એક મિનિટમાં 70-75 વખત ધબકે છે. (સરેરાશ 72 ધબકારા/મિનિટ).

18.3.2 હૃદ ચક્ર (Cardiac Cycle)

હૃદય કેવી રીતે કાર્ય કરે છે ? ચાલો આપણે જોઈએ. શરૂઆતમાં બધા જ ચારે ખંડો શિથિલ અવસ્થામાં હોય છે. એટલે કે તેઓ સંયુક્ત રીતે ડાયેસ્ટોલ(શિથિલન તબક્કો)માં હોય છે. જે સમયે ત્રિદલ અને દ્વિદલ વાલ્વો ખૂલે છે. જેથી રુધિર ફુપ્ફુસ શિરા અને મહાશિરામાંથી અનુક્રમે ડાબા અને જમણા ક્ષેપકોમાં ડાબા અને જમણા કર્ણક દ્વારા પહોંચે છે. આ તબક્કે અર્ધચંદ્રાકાર વાલ્વો બંધ હોય છે. હવે SAN સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન પેદા કરે છે. જે બંને કર્ણકોને ઉત્તેજિત કરી કર્ણકોનું એકસાથે સિસ્ટોલ (સંકોચન) પ્રેરે છે. આ ક્રિયાથી રુધિરનો પ્રવાહ ક્ષેપકમાં આશરે 30 ટકા વધે છે. ક્ષેપકમાં સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાનનું સંચાલન AVN અને AV જૂથ દ્વારા થાય છે. જ્યાંથી હીસના જૂથ તેને સમગ્ર ક્ષેપકના સ્નાયુઓ સુધી પહોંચાડે છે. તેના કારણે ક્ષેપકના સ્નાયુમાં સંકોચન થાય છે. (ક્ષેપક સિસ્ટોલ), ક્ષેપકના સિસ્ટોલની સાથે સાથે કર્ણક ડાયેસ્ટોલ પામે છે. ક્ષેપક સિસ્ટોલ, ક્ષેપક દાબ (દબાણ) વધારે છે. જે ત્રિદલ અને દ્વિદલ વાલ્વોને બંધ કરે છે. જેને કારણે રુધિરનો ઉલટો પ્રવાહ કર્ણકો તરફ થતો નથી. ક્ષેપક દાબ વધતા તે ફુપ્ફુસ ધમની (જમણી બાજુ) અને મહાધમની(ડાબી બાજુ)નું રક્ષણ કરતાં અર્ધચંદ્રાકાર વાલ્વો દબાણપૂર્વક ખૂલે છે, જે રુધિરના

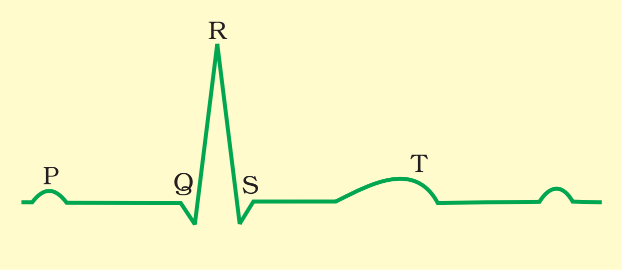
પ્રવાહને ક્ષેપકોમાંથી આ વાહિનીઓ દ્વારા પરિવહન પથમાં દાખલ કરે છે. હવે ક્ષેપકો શિથિલ થાય છે. (ક્ષેપક ડાયેસ્ટોલ) અને ક્ષેપક દાબ ઘટે છે. જેથી અર્ધચંદ્રાકાર વાલ્વો બંધ થાય છે. જેથી રુધિરનો ક્ષેપકમાં ઉલટો પ્રવાહ અટકે છે. હજુ આગળ ક્ષેપકનું દબાણ ઘટે ત્યારે કર્ણકમાં રુધિરનું દબાણ વધુ હોવાને કારણે ત્રિદલ અને દ્વિદલ વાલ્વો ખૂલી જાય છે. આવી રીતે શિરાઓમાંથી આવેલું રુધિરનો પ્રવાહ કર્ણકથી ફરી ક્ષેપકમાં શરૂ થઈ જાય છે. ક્ષેપકો અને કર્ણકો ફરીથી અગાઉની માફક શિથિલ (સંયુક્ત ડાયેસ્ટોલ) સ્થિતિમાં આવે છે. SAN નવો સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન પેદા કરે છે અને ઉપર વર્ણવેલી પ્રક્રિયા તે જ ક્રમમાં પુનરાવર્તિત થાય છે અને પ્રક્રિયા સતત ચાલતી રહે છે.

આ હૃદયની પરંપરાગત ઘટના કે જે ચક્રીય રીતે પુનરાવર્તિત થાય છે તેને હૃદચક્ર કહે છે અને તેમાં કર્ણકો અને ક્ષેપકોનું સિસ્ટોલ અને ડાયેસ્ટોલ સમાવિષ્ટ છે. અગાઉ જણાવ્યા પ્રમાણે, હૃદય પ્રતિ મિનિટે 72 વખત ધબકે છે એટલે કે ઘણા હૃદચક્રો એક મિનિટમાં ચાલે છે. આમાંથી નક્કી કરી શકાય છે કે એક હૃદચક્રનો સમય 0.8 સેકન્ડ છે. હૃદચક્ર દરમિયાન દરેક ક્ષેપક આશરે 70 મિલિ રુધિર બહાર ધકેલે છે. જેને સ્ટ્રોક વોલ્યુમ (સ્પંદન કદ) કહે છે. સ્ટ્રોક વોલ્યુમને હૃદ દર (પ્રતિ મિનિટ ધબકારાની સંખ્યા) વડે ગુણવાથી હૃદ કાર્યક્ષમતા મળે છે. તે માટે હૃદ કાર્યક્ષમતાને દર મિનિટે દરેક ક્ષેપક દ્વારા બહાર કાઢવામાં આવતા રુધિરનું કદ તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. જે સ્વસ્થ વ્યક્તિમાં 5000 મિલિ અથવા 5 લિટર છે. આપણે સ્ટ્રોક વોલ્યુમ તથા હૃદ દરને બદલવાની ક્ષમતા ધરાવીએ છીએ જેથી હૃદ કાર્યક્ષમતા પણ બદલાય છે. ઉદાહરણ તરીકે સામાન્ય માણસ કરતા રમતવીરની હૃદ કાર્યક્ષમતા ઘણી વધુ હોય છે.

દરેક હૃદચક્ર દરમિયાન બે મહત્ત્વપૂર્ણ અવાજો ઉત્પન્ન થાય છે. જેને સ્ટેથેસ્કોપ દ્વારા સહેલાઈથી સાંભળી શકાય છે. પ્રથમ હૃદયનો અવાજ (લબ (Lub)) એ ત્રિદલ અને દ્વિદલ વાલ્વોના બંધ થવા સાથે સંકળાયેલ છે. જ્યારે બીજો હૃદયનો અવાજ (ડબ (dub)) અર્ધ-ચંદ્રાકાર વાલ્વોના બંધ થવા સાથે સંકળાયેલ છે. આ અવાજો દાક્તરી (વૈદ્યકીય) નિદાનના ચિહ્નો છે.

18.3.3 ઈલેક્ટ્રોકાર્ડિયોગ્રાફ (ECG) (Electrocardiograph)

તમે કદાચ દવાખાનાના ટેલિવિઝન દૃશ્યથી પરિચિત હશો. જ્યારે કોઈ બીમાર વ્યક્તિ હૃદય ઘાતના કારણે મોનિટરિંગ સાધન (મશીન) ઉપર રાખવામાં આવે છે ત્યારે તમે વોલ્ટેજ ફેરફારના આધારે (Voltage traces) પીપ...પીપ...પીપ... અને પીઈઈઈ.....નો અવાજ સાંભળી શકો છો. આ પ્રકારના સાધન(ઈલેક્ટ્રોકાર્ડિયોગ્રાફ)નો ઉપયોગ ઈલેક્ટ્રોકાર્ડિયોગ્રામ (ECG) મેળવવા કરવામાં આવે છે. ECG એ હૃદચક્ર દરમિયાન હૃદયની વિદ્યુત પ્રક્રિયાઓનું રેખાંકિત આલેખન છે. યોગ્ય ECG મેળવવા (આકૃતિ 18.3માં દર્શાવેલી) દર્દીને મશીન સાથેના ત્રણ ઈલેક્ટ્રિકલ લીડને (બંને કાંડા અને ડાબી બાજુની પગની ઘૂંટી)



આકૃતિ 18.3 : પ્રમાણભૂત ECGની રેખાંકિત રજૂઆત

જોડીને હૃદયની ગતિવિધિનું સતત અવલોકન કરવામાં આવે છે. હૃદ ક્રિયાઓના વિસ્તૃત મૂલ્યાંકન માટે ઘણા લીડ્સ(તાર)ને છાતીના ભાગે જોડવામાં (ચોંટાડવામાં) આવે છે. અહીં આપણે પ્રમાણભૂત (સ્ટાન્ડર્ડ) ECGના સંદર્ભમાં ચર્ચા કરશું.

ECGનો દરેક ઉન્નત (Peak) P થી T અક્ષરોથી ઓળખવામાં આવે છે. જે હૃદયની વિશિષ્ટ વિદ્યુતકીય ક્રિયાવિધિ સાથે સંકળાયેલ છે.

P-તરંગને **કર્ણકની વિદ્યુતકીય ઉત્તેજના(અથવા વિધ્રુવીકરણ)**ના રૂપે રજૂ કરવામાં આવે છે. જે બંને કર્ણકોને સંકોચન તરફ દોરી જાય છે.

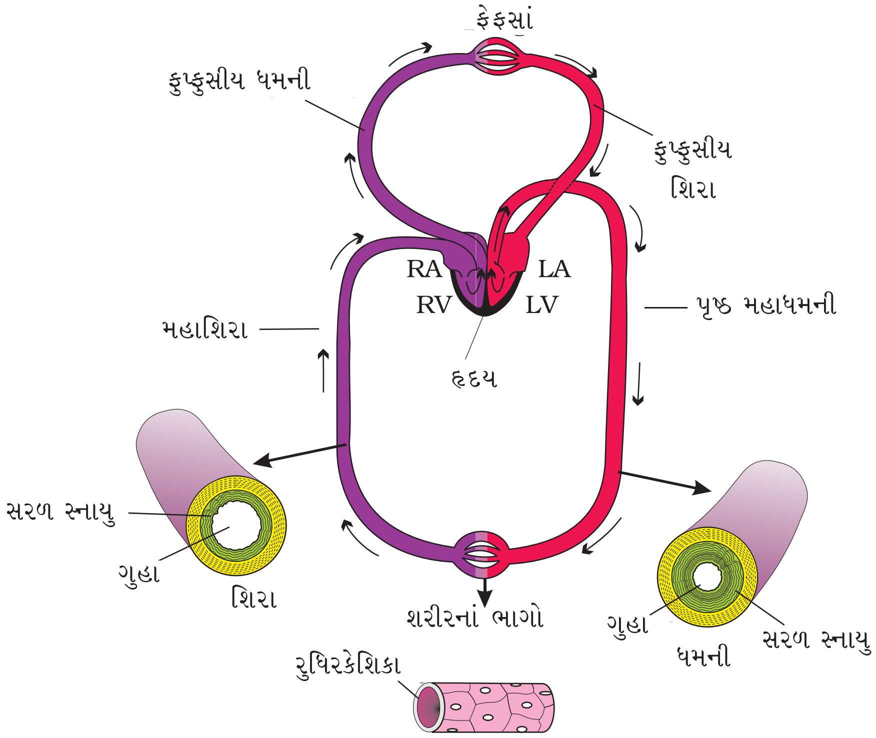
QRS સંકુલ **ક્ષેપકોના વિધ્રુવીકરણ**ને રજૂ કરે છે. જે ક્ષેપકના સંકોચનને શરૂ કરાવે છે. સંકોચન Q-તરંગ બાદ તુરંત શરૂ થાય છે અને તે સિસ્ટોલની શરૂઆતનો સંકેત છે.

T-તરંગ ક્ષેપકોને ઉત્તેજનામાંથી **સામાન્ય સ્થિતિ(પુનઃ ધ્રુવીકરણ)**માં પાછા આવવાની સ્થિતિ રજૂ કરે છે. T-તરંગનો અંત સિસ્ટોલની સમાપ્તિ સૂચવે છે.

દેખીતી રીતે જ, ચોક્કસ સમય મર્યાદામાં QRS સંકુલોની સંખ્યા ગણવાથી એક વ્યક્તિનો હૃદય સ્પંદન દર પણ કાઢી શકાય છે. અલગ-અલગ વ્યક્તિઓની ECG સંરચના આપેલ લીડ(તાર)ની ગોઠવણી એ લગભગ સરખી હોય છે. આના આકારમાં કોઈ પણ વિચલન અનિયમિતતા અથવા રોગની શક્યતાનું નિદર્શન કરે છે. આ કારણે તેનું ચિકિત્સામાં ખૂબ જ મહત્ત્વ છે.

18.4 બેવડું પરિવહન (Double Circulation)

રુધિર રુધિરવાહિનીઓના ચોક્કસ માર્ગ દ્વારા વહન પામે છે – ધમનીઓ અને શિરાઓ. મૂળભૂત રીતે દરેક ધમની અને શિરા ત્રણ આવરણો ધરાવે છે. અંદરનું લાદીસમ અંતઃચ્છદ જેને **ટ્યુનિકા ઈન્ટીમા (Tunica Intima)** સરળ સ્નાયુ અને સ્થિતિસ્થાપક તંતુઓનું મધ્ય સ્તર જેને **ટ્યુનિકા મીડિઆ (Tunica Media)** અને કોલેજન તંતુઓયુક્ત તંતુમય સંયોજક પેશીનું બાહ્ય સ્તર જેને **ટ્યુનિકા એક્સટર્ના (Tunica Externa)** કહે છે. શિરાઓમાં મધ્યસ્તર (Tunica Media) તુલનાત્મક રીતે પાતળું હોય છે (આકૃતિ 18.4). જેમ કે આગળ બતાવ્યા પ્રમાણે જમણા ક્ષેપક દ્વારા પંપ કરવામાં આવેલ રુધિર ફુપ્ફુસીય ધમનીમાં દાખલ થાય છે. જ્યારે ડાબું ક્ષેપક રુધિરને મહાધમનીમાં ધકેલે (પંપ કરે) છે. ઑક્સિજનવિહીન રુધિર ફુપ્ફુસ ધમનીમાંથી ફેફસાંમાં આવે છે. જ્યાં ઑક્સિજનયુક્ત થઈ ફુપ્ફુસ શિરા દ્વારા ડાબા કર્ણકમાં આવે છે. આ પરિવહન માર્ગને ફુપ્ફુસીય પરિવહન કહેવાય છે. ઑક્સિજનયુક્ત રુધિર મહાધમની દ્વારા ધમનીઓ, ધમનિકાઓ અને રુધિરકેશિકાઓના જાળામાંથી પેશીઓમાં આવે છે. જ્યાંથી ઑક્સિજનવિહીન રુધિર શિરિકાઓ, શિરાઓ અને મહાશિરાઓના તંત્ર દ્વારા એકઠું કરાય છે અને જમણા કર્ણકમાં ઠલવાય છે. આ એક દૈહિક (પ્રણાલીગત) પરિવહન છે (આકૃતિ 18.4). આ દૈહિક પરિવહન પોષક ઘટકો, ઑક્સિજન (O_2) અને અન્ય જરૂરી પદાર્થોને પેશીઓ સુધી પહોંચાડે છે અને ત્યાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ (CO_2) અને અન્ય હાનિકારક પદાર્થોને દૂર કરે છે. એક વિશિષ્ટ સંવાહિની જોડાણ પાચનમાર્ગ અને યકૃત વચ્ચે



આકૃતિ 18.4 : માનવ પરિવહનની આયોજનબદ્ધ રૂપરેખા

જોવા મળે છે. જેને યકૃત નિવાહિકાતંત્ર કહે છે. યકૃત નિવાહિકા શિરા રુધિરને દૈહિક પરિવહનમાં ઠાલવતા પહેલા આંતરડાંમાંથી યકૃતમાં લાવે છે. આપણા શરીરમાં એક વિશિષ્ટ હૃદ રુધિરવાહિની તંત્ર આવેલું હોય છે. જે ફક્ત રુધિરને હૃદ સ્નાયુ પેશીઓમાં લઈ જાય છે અને પાછું લાવે છે.

18.5 હૃદક્રિયાઓનું નિયમન (Regulation of Cardiac Activity)

હૃદયની સામાન્ય ક્રિયાઓ આંતરિક રીતે નિયમન પામે છે. એટલે કે વિશિષ્ટ સ્નાયુઓ (ગાંઠપેશી) દ્વારા સ્વયં નિયમિત થાય છે, એટલે હૃદયને માયોજેનિક કહે છે. લંબમજ્જામાં આવેલ ખાસ ચેતા કેન્દ્ર સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્ર (ANS) દ્વારા હૃદયનાં કાર્યોનું નિયમન કરે છે. અનુકંપી ચેતાઓ (ANSનો ભાગ) ચેતા સંદેશાઓ દ્વારા હૃદયના સ્પંદનોનો દર, ક્ષેપક સંકોચનનું બળ અને તેથી હૃદ કાર્યક્ષમતામાં (આઉટપુટ)માં વધારો કરે છે. બીજી બાજુ પરાનુંકંપી ચેતા સંદેશાઓ (ANSનો બીજો ભાગ) હૃદયના સ્પંદનોનો દર, સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાનની વાહકતાની ગતિ અને તેથી હૃદ કાર્યક્ષમતાને ઘટાડે છે. એડ્રીનલ મજ્જકના અંતઃસ્રાવો પણ હૃદ કાર્યક્ષમતાને વધારે છે.

18.6 પરિવહનતંત્રની અનિયમિતતાઓ (Disorders of Circulatory System)

ઉચ્ચ રુધિરદાબ (High Blood Pressure) (Hypertension) : ઉચ્ચ રુધિરદાબ (હાઈપરટેન્સન) શબ્દ રુધિરના સામાન્ય (120/80) દબાણ કરતાં વધુ દબાણ માટે વપરાય છે. આમાં

120 mm Hg (પારાના દબાણના મિલીમીટર) માપ સિસ્ટોલિક અથવા પંમ્પિંગ દબાણ છે અને 80 mm Hg એ ડાયેસ્ટોલિક અથવા આરામ દબાણ છે. જ્યારે કોઈ વ્યક્તિનું વારંવાર રુધિરદબાણ ચકાસતા તે 140/90 (140 ઉપર 90) અથવા વધુ હોય તો તે હાઈપરટેન્સન પ્રદર્શિત કરે છે. ઉચ્ચ રુધિરદાબ હૃદય રોગ તરફ દોરી જાય છે અને મહત્ત્વપૂર્ણ અંગો જેવા કે મગજ અને મૂત્રપિંડને પણ અસર કરે છે.

હૃદ ધમની રોગ (Coronary Artery Disease) (CAD) : એથરોસ્કલૅરોસિસથી પણ જાણીતા કૉરૉનરી આર્ટરી ડિસીઝ (CAD)માં હૃદસ્નાયુઓને રુધિર પુરવઠો પહોંચાડતી રુધિરવાહિનીઓને અસર થાય છે જેમાં કેલ્શિયમ, ચરબી, કોલેસ્ટેરૉલ અને તંતુમય પેશીઓની જમાવટ ધમનીઓના પોલાણમાં ઘટાડો પ્રેરે છે.

ઍંજાઇના (Angina) : તેને ઍંજાઇના પેક્ટોરિસ પણ કહે છે. હૃદ સ્નાયુઓમાં જ્યારે પૂરતો ઑક્સિજન ન પહોંચે ત્યારે છાતીમાં તીવ્ર દુખાવો થાય છે. તે તેનું લક્ષણ છે. ઍંજાઇના કોઈ પણ ઉંમરના પુરૂષ અને સ્ત્રીને થઈ શકે છે. પરંતુ મધ્ય-ઉંમર અને મોટી ઉંમરનાઓમાં તે વધુ સામાન્ય છે. તે રુધિરપ્રવાહને અસર કરતી પરિસ્થિતિથી થાય છે.

હૃદયનું નિષ્ફળ જવું (Heart Failure) : હૃદયનું નિષ્ફળ જવુંનો અર્થ હૃદયની એવી સ્થિતિ કે જેમાં તે શરીરની જરૂરિયાત મુજબનું રુધિર અસરકારક રીતે પહોંચાડી શકતું નથી. આને ક્યારેક કોન્જેસ્ટિવ હાર્ટ ફેઇલ્યોર કહે છે. કારણ કે આ રોગનું એક મુખ્ય લક્ષણ ફેફસાંમાં રુધિરનો ભરાવો (Congestion) છે. હૃદયનું નિષ્ફળ જવું એ હૃદયનો અટકાવ (Arrest) (જ્યારે હૃદય ધબકવાનું બંધ કરે) અથવા હૃદયનો હુમલો (Attack) (જ્યારે હૃદયના સ્નાયુ એકાએક રુધિરના અપૂરતા પૂરવઠા દ્વારા નુકશાન પામે) જેવું જ નથી.

સારાંશ

પૃષ્ઠવંશીઓ તેમના શરીરમાં જરૂરી ઘટકોને કોષો સુધી પહોંચાડવા અને નકામા ઘટકોને ત્યાંથી પાછા લેવા રુધિર, પ્રવાહી સંયોજક પેશીનું પરિવહન કરે છે. અન્ય પ્રવાહી લસિકા (પેશીયજળ) પણ કેટલાક ઘટકોના વહનમાં ઉપયોગી (વપરાય) છે.

રુધિર પ્રવાહી આધારક, રુધિરરસ અને સંગઠિત પદાર્થોનું સંકલન છે. લાલ રુધિર કણો (RBCs, ઈરીથ્રોસાઇટ), શ્વેત રુધિરકણો (WBCs, લ્યુકોસાઇટ્સ) અને રુધિરકણિકાઓ (થ્રોમ્બોસાઇટ) સંગઠિત પદાર્થો બનાવે છે. માનવ રુધિર A, B, AB અને O જૂથમાં વર્ગીકૃત થાય છે. આનો આધાર RBCsની સપાટી ઉપરના A, B બે ઍન્ટિજનની હાજરી અથવા ગેરહાજરી ઉપર છે. એક અન્ય રુધિરજૂથ RBCsની સપાટી ઉપરના એક અન્ય ઍન્ટિજન રેસસ કારક(Rh)ની હાજરી અથવા ગેરહાજરીને આધારે નક્કી કરવામાં આવ્યું. પેશી કોષોનો અવકાશ રુધિરમાંથી ઉત્પન્ન થતું પ્રવાહી ધરાવે છે. જેને પેશીય જળ કહે છે.

આ પ્રવાહીને લસિકા કહે છે. જે લગભગ પ્રોટીન તત્ત્વો અને સંગઠિત પદાર્થો સિવાયના રુધિર જેવું જ છે.

બધા જ પૃષ્ઠવંશીઓ અને કેટલાક અપૃષ્ઠવંશીઓ બંધ પરિવહનતંત્ર ધરાવે છે. આપણું પરિવહનતંત્ર સ્નાયુલ પંમ્પિંગ અંગ હૃદય, વાહિનીઓનું જાળું અને પ્રવાહી, રુધિર ધરાવે છે. હૃદયમાં બે કર્ણકો અને બે ક્ષેપકો છે. હૃદ સ્નાયુઓ સ્વયં-ઉત્તેજિત હોય છે. શિરા-કર્ણક ગાંઠ (SAN) વધુ સંખ્યામાં પ્રતિ મિનિટ (70-75 / મિનિટ) સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન ઉત્પન્ન કરે છે. અને તેથી તે હૃદયની ક્રિયાઓની ગતિ નિર્ધારિત કરે છે. તેથી તેને પેસમેકર કહે છે. સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાનને કારણે પહેલા કર્ણકો અને ત્યારબાદ ક્ષેપકો સંકોચન (સિસ્ટોલ) પામે છે. ત્યારબાદ તેઓ શિથિલન (ડાયેસ્ટોલ) પામે છે. સિસ્ટોલ રુધિરને કર્ણકમાંથી ક્ષેપકો અને ફુપ્ફુસ ધમની અને મહાધમની તરફ લાવવા દબાણ કરે છે. હૃદયની આ ક્રમિક ઘટનાને એક ચક્રના સ્વરૂપે વારંવાર પુનરાવર્તિત કરવામાં આવે છે. જેને હૃદચક્ર કહે છે. એક સ્વસ્થ વ્યક્તિ પ્રતિ મિનિટે આવા 72 ચક્રો દર્શાવે છે. એક હૃદચક્ર દરમિયાન પ્રત્યેક ક્ષેપક દ્વારા લગભગ 70 મિલિ રુધિર દર વખતે પંપ કરવામાં આવે છે અને તેને સ્પંદન કદ કહે છે. હૃદયના ક્ષેપકો દ્વારા પ્રતિ મિનિટ પંપ કરવામાં આવતું રુધિરના કદને હૃદ કાર્યક્ષમતા (Cardiac output) કહે છે અને તે સ્પંદન કદ અને હૃદ દર(આશરે 5 લિટર)ના ઉત્પાદન બરાબર હોય છે. હૃદયની વિદ્યુતકીય પ્રક્રિયા શરીર સપાટી ઉપરથી ઇલેક્ટ્રોકાર્ડીયો ગ્રાફના ઉપયોગથી નોંધી શકાય છે અને આ નોંધણીને ઇલેક્ટ્રોકાર્ડીઓ ગ્રામ (ECG) કહે છે. તે ચિકિત્સા સ્તરે મહત્ત્વનું છે.

આપણામાં સંપૂર્ણ બેવડું પરિવહન હોય છે. એટલે કે બે પરિવહન પથ જેવા કે ફુપ્ફુસીય અને દૈહિક જોવા મળે છે. ફુપ્ફુસીય પરિવહનની શરૂઆત જમણા ક્ષેપક દ્વારા પંપ કરવામાં આવતા ઑક્સિજનવિહીન રુધિર દ્વારા થાય છે. જેને પછી ફેફસામાં લઈ જવાય છે. ત્યાં તે ઑક્સિજનયુક્ત બને છે અને ડાબા કર્ણકમાં પરત આવે છે. દૈહિક પરિવહનની શરૂઆત ડાબા કર્ણક દ્વારા રુધિર મહાધમનીમાં પંપ કરવાથી થાય છે. જ્યાંથી તે શરીરની પેશીઓ સુધી લઈ જવાય છે અને ત્યાંથી ઑક્સિજનવિહીન રુધિર શિરાઓ દ્વારા એકત્રિત કરી અને જમણા કર્ણકમાં પાછું લવાય છે. હૃદય સ્વયં-નિયંત્રિત હોવા છતાં તેનાં કાર્યો ચેતાકીય અને અંતઃસ્રાવી ક્રિયાઓ દ્વારા સંચાલિત થાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. રુધિરના સંગઠિત પદાર્થોના ઘટકોનાં નામ આપો અને તે દરેકનું એક મુખ્ય કાર્ય જણાવો.
2. રુધિરરસ પ્રોટીનનું મહત્ત્વ શું છે ?

3. કૉલમ-Iને કૉલમ-II સાથે સરખાવો :

કૉલમ-I	**કૉલમ-II**
(a) ઇઓસિનોફિલ	(i) જમાવટ
(b) RBC	(ii) સર્વગ્રાહી
(c) AB જૂથ	(iii) ચેપપ્રતિરોધક
(d) રુધિરકણિકાઓ	(iv) હૃદયનું સંકોચન
(e) સિસ્ટોલ	(v) વાયુવહન

4. શા માટે આપણે રુધિરને સંયોજક પેશી ગણીએ છીએ ?
5. લસિકા અને રુધિર વચ્ચે શું તફાવત છે ?
6. બેવડું પરિવહન એટલે શું ? એનું શું મહત્ત્વ છે ?
7. ભેદ સ્પષ્ટ કરો :
   (a) રુધિર અને લસિકા
   (b) ખુલ્લું અને બંધ પરિવહનતંત્ર
   (c) સિસ્ટોલ અને ડાયેસ્ટોલ
   (d) P-તરંગ અને T-તરંગ
8. પૃષ્ઠવંશીઓમાં હૃદયની ઉદ્વિકાસીય ફેરફારોની પદ્ધતિઓ (ભાત) વર્ણવો.
9. શા માટે આપણા હૃદયને આપણે માયોજેનિક કહીએ છીએ ?
10. શા માટે શિરા-કર્ણકગાંઠ(SA ગાંઠ)ને આપણા હૃદયનું પેસમેકર કહે છે ?
11. કર્ણક-ક્ષેપકગાંઠ (AV ગાંઠ) અને કર્ણક-ક્ષેપક જૂથનું હૃદયનાં કાર્યોમાં શું મહત્ત્વ છે ?
12. હૃદચક્ર અને હૃદ કાર્યક્ષમતાને વ્યાખ્યાયિત કરો.
13. સમજાવો : હૃદયના અવાજો
14. એક પ્રમાણભૂત (Standard) ECG દોરો અને તેના વિવિધ ખંડો સમજાવો.

પ્રકરણ 19

ઉત્સર્ગ પેદાશો અને તેનો નિકાલ
(Excretory Products and Their Elimination)

19.1 માનવ ઉત્સર્જનતંત્ર
19.2 મૂત્રનિર્માણ
19.3 નલિકાઓનાં કાર્યો
19.4 ગાળણની સાંદ્રતાની ક્રિયાવિધિ
19.5 મૂત્રપિંડના કાર્યનું નિયમન
19.6 મૂત્રનિકાલ
19.7 ઉત્સર્જનમાં અન્ય અંગોનો ફાળો
19.8 ઉત્સર્જનતંત્રની અનિયમિતતાઓ

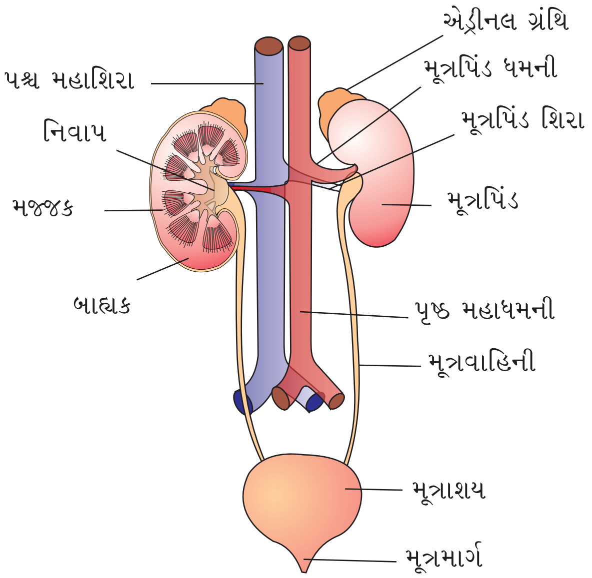
પ્રાણીઓ ચયાપચયિક ક્રિયાઓ કે વધુ પડતા અંતઃગ્રહણ દ્વારા એમોનિયા, યુરિયા, યૂરિક ઍસિડ, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, પાણી અને આયનો જેવા કે Na^+, K^+, Cl^-, ફૉસ્ફેટ, સલ્ફેટ વગેરેને એકઠા કરે છે. આ પદાર્થોનો સંપૂર્ણ અથવા અંશતઃ નિકાલ થવો જોઈએ. આ પ્રકરણમાં તમે આ પદાર્થો સાથે વિશેષ અર્થમાં સામાન્ય નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થોના નિકાલની ક્રિયાવિધિનો અભ્યાસ કરશો. પ્રાણીઓ દ્વારા ઉત્સર્જન કરવામાં આવતો નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો મુખ્યત્વે એમોનિયા, યુરિયા અને યુરિક ઍસિડ સ્વરૂપે હોય છે. એમોનિયા ખૂબ ઝેરી સ્વરૂપ છે અને તેના નિકાલમાં મોટા પ્રમાણમાં પાણીની જરૂરિયાત રહે છે. જ્યારે યુરિક ઍસિડ ઓછો ઝેરી છે, જેના નિકાલમાં અલ્પ પાણીનો વ્યય થાય છે.

એમોનિયાના ઉત્સર્જનની (નિકાલની) પ્રક્રિયાને એમિનોટેલિસમ કહે છે. ઘણી અસ્થિ મત્સ્યો, જલીય ઉભયજીવીઓ અને જલીય કીટકો **એમિનોટેલિક** પ્રકૃતિના છે. એમોનિયા, સરળતાથી દ્રાવ્ય થવાને કારણે એમોનિયમ આયન તરીકે શરીરની સપાટી અથવા ઝાલરની સપાટી(મત્સ્યોમાં)થી પ્રસરણ દ્વારા ઉત્સર્જિત થાય છે. મૂત્રપિંડો તેના નિકાલમાં કોઈ મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવતા નથી. સ્થલીય અનુકૂલન હેતુ પાણીના સંરક્ષણ (જાળવણી) માટે ઓછા ઝેરી નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો જેવા કે યુરિયા અને યૂરિક ઍસિડનું ઉત્પાદન જરૂરી છે. સસ્તનો, ઘણા સ્થલીય ઉભયજીવીઓ અને દરિયાઈ મત્સ્યો મુખ્યત્વે યુરિયાનું ઉત્સર્જન કરે છે જેથી તેમને **યુરિયોટેલિક** પ્રાણીઓ કહે છે. આ પ્રાણીઓમાં ચયાપચયિક ક્રિયાઓ દ્વારા ઉત્પાદિત એમોનિયાનું યકૃતમાં યુરિયામાં રૂપાંતરણ થાય છે. અને રુધિરમાં મુક્ત કરવામાં આવે છે. જેને મૂત્રપિંડો દ્વારા ગાળણ અને ઉત્સર્જન કરવામાં આવે છે. આ પ્રાણીઓના મૂત્રપિંડના કોષાંતરીય દ્રવ્ય(Matrix)માં જરૂરી આસૃતિ સાંદ્રતાને જાળવવા માટે યુરિયાની કેટલીક માત્રા જાળવી રાખે છે. સરિસૃપો, પક્ષીઓ, જમીનની ગોકળગાય અને કીટકો નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામો પદાર્થ યુરિક ઍસિડનું પાણીના ન્યૂનતમ વ્યય દ્વારા ગોળકો અથવા લુગદી સ્વરૂપે ઉત્સર્જન કરે છે જેથી તેમને **યુરિકોટેલિક** પ્રાણીઓ કહે છે.

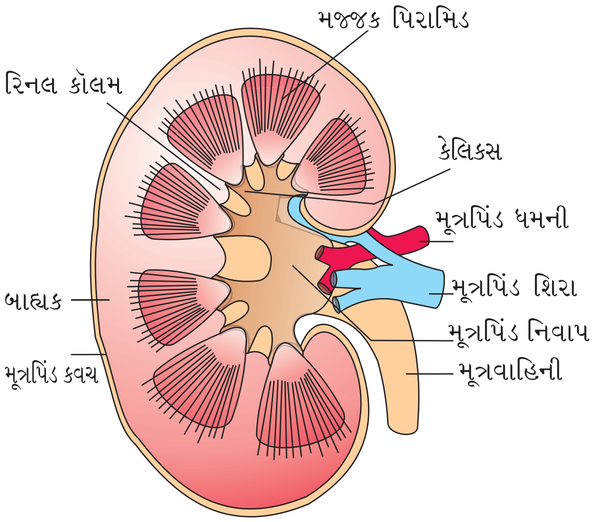
પ્રાણીસૃષ્ટિના સર્વેક્ષણમાં ઘણા બધા પ્રકારની ઉત્સર્ગીય રચનાઓ મળી આવે છે. મોટા ભાગના અપૃષ્ઠવંશીઓમાં આ રચનાઓ સરળ નલિકા સ્વરૂપે હોય છે. જ્યારે પૃષ્ઠવંશીઓમાં જટિલ નલિકામય અંગો જેને મૂત્રપિંડો કહે છે તે હોય છે. આમાંની કેટલીક રચનાઓનો અહીં ઉલ્લેખ કરેલ છે. આદિઉત્સર્ગિકા (Protonephridia) અથવા જ્યોતકોષો, પૃથુકૃમિઓ (ચપટાકૃમિ ઉદા., પ્લેનેરીયા), રોટીફર્સ, કેટલાક નુપુરકો અને શીર્ષ મેરુદંડીઓ-એમ્ફિઓક્સસની ઉત્સર્ગ રચના છે. આદિઉત્સર્ગિકાઓ પ્રાથમિક રીતે આયનીક અને પ્રવાહી કદ નિયમન એટલે કે જલનિયમન સાથે સંબંધિત છે. અળસિયાં અને અન્ય નુપૂરકોમાં નલિકામય ઉત્સર્ગ રચનાઓ, ઉત્સર્ગિકા જોવા મળે છે. ઉત્સર્ગિકા નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થોનો નિકાલ અને પ્રવાહી અને આયનીક સંતુલનની જાળવણીમાં મદદ કરે છે. વંદા સહિત મોટા ભાગના કીટકોમાં ઉત્સર્ગ રચના તરીકે માલ્પિઘિયન નલિકાઓ આવેલ છે. માલ્પિઘિયન નલિકાઓ નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થોના નિકાલ અને જલનિયમનમાં મદદ કરે છે. સ્તરકવચીઓ જેવા કે ઝીંગામાં એન્ટેનલ ગ્રંથિ (Antennal glands) અથવા હરિતગ્રંથિ (Green gland) ઉત્સર્જનનું કાર્ય કરે છે.

19.1 માનવ ઉત્સર્જનતંત્ર (Human Excretory System)

માનવમાં, ઉત્સર્જનતંત્ર એક જોડ મૂત્રપિંડો, એક જોડ મૂત્રનલિકાઓ, મૂત્રાશય અને મૂત્રમાર્ગ ધરાવે છે. (આકૃતિ 19.1). મૂત્રપિંડો લાલાશ પડતા કથ્થાઈ રંગની, વાલ (Bean) જેવા આકારની રચના છે. તે છેલ્લી ઉરસીય અને ત્રીજી કટિ કશેરૂકાના સમતલની વચ્ચે ઉદરીય ગુહાની પૃષ્ઠ બાજુએ અંદરની દીવાલની નજીક ગોઠવાયેલ હોય છે. પુખ્ત મનુષ્યનું દરેક મૂત્રપિંડ 10-12 સેમી લાંબુ, 5-7 સેમી પહોળુ, 2-3 સેમી જાડું અને સરેરાશ 120-170 ગ્રામ વજન ધરાવે છે. મૂત્રપિંડનાં કેન્દ્રીય ભાગ તરફની અંદરની અંતર્ગોળ સપાટીમાં ખાંચ હોય છે. જેને નાભી (Hilum) કહે છે. જેના દ્વારા મૂત્રવાહિની, રુધિરવાહિનીઓ અને ચેતાઓ દાખલ થાય છે. નાભિની અંદરના પહોળા ગળણી આકારના અવકાશને મૂત્રપિંડ નિવાપ (Renal pelvis) કહે છે, જેને પ્રવર્ધો સાથે કેલાયસીસ (Calyces) કહે છે. મૂત્રપિંડનું બાહ્યસ્તર સખત પુટકીય છે. મૂત્રપિંડની અંદર બે ભાગ હોય છે, બહાર બાહ્યક (Cortex) અને અંદર, મજ્જક (Medulla). મજ્જક થોડા શંકુ સમૂહો(મજ્જક પિરામિડ)માં વિભાજિત હોય છે જે કેલાયસીસમાં (એકવચન : કેલિક્સ) વિસ્તરેલ હોય છે. બાહ્યક, મજ્જક પિરામિડની વચ્ચે રિનલ



આકૃતિ 19.1 : માનવનું ઉત્સર્જનતંત્ર

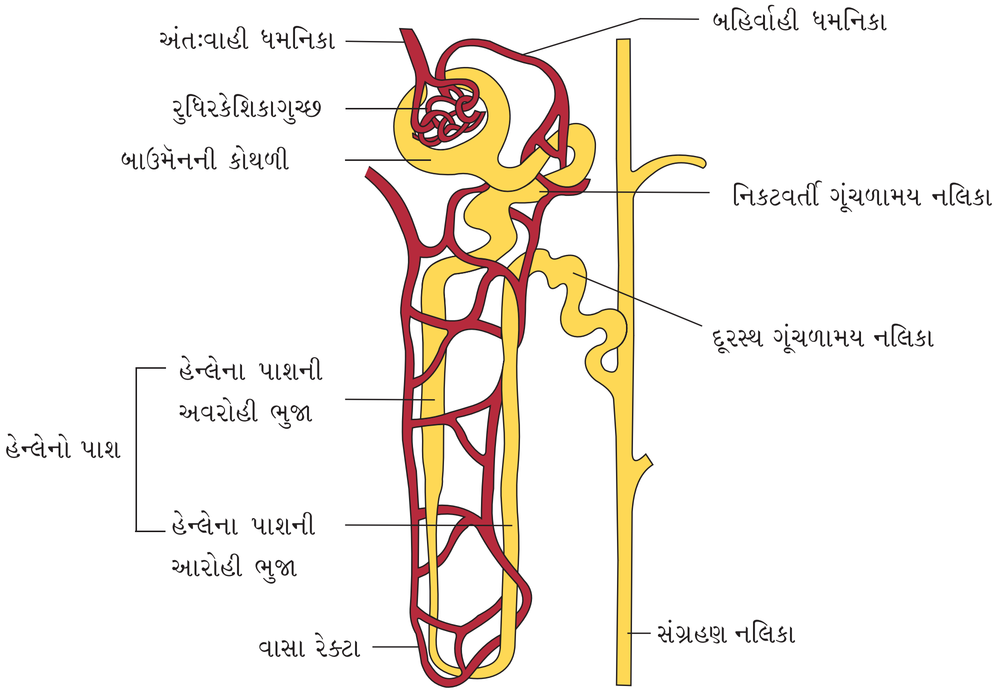


આકૃતિ 19.2 : મૂત્રપિંડનો ઊભોછેદ (રેખાકૃતિ)

કૉલમ (મૂત્રપિંડ સ્તંભ) તરીકે લંબાય છે. જેને **બર્ટિનીનાં સ્તંભો** (Columns of Bertini) કહે છે (આકૃતિ 19.2).

પ્રત્યેક મૂત્રપિંડ લગભગ 1 મિલિયન (10 લાખ) જટિલ નલિકાકાર રચનાઓ ધરાવે છે કે જેને **ઉત્સર્ગ એકમ** કહે છે (આકૃતિ 19.3). જે ક્રિયાત્મક એકમ છે. પ્રત્યેક ઉત્સર્ગ એકમને બે ભાગ છે. રુધિર- કેશિકાગુચ્છ અને મૂત્રપિંડ નલિકા. રુધિરકેશિકાગુચ્છ, મૂત્રપિંડ ધમનિની સૂક્ષ્મ શાખા અંતર્વાહી ધમનિકા(Afferent arteriole)થી બનેલ કેશિકાઓનું જાળું છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છમાંનું રુધિર બહિર્વાહી ધમનિકાઓ દ્વારા લઈ જવાય છે.

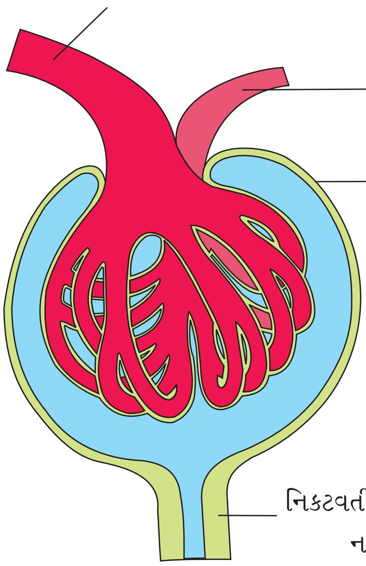
મૂત્રપિંડ નલિકાની શરૂઆત બેવડી દીવાલવાળી કપ જેવી રચનાથી થાય છે જેને **બાઉમૅનની કોથળી** (Bowmen's capsule) કહે છે. જે રુધિરકેશિકાગુચ્છને ઘેરે છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છને, બાઉમૅનની કોથળી સાથે માલ્પિધિયન કાય અથવા મૂત્રપિંડ કણ (Renal Corpuscles) (આકૃતિ 19.4) કહે છે. નલિકા સતત આગળ વધી અતિ ગૂંચળામય જાળુ - **નિકટવર્તી ગૂંચળામય નલિકા** (PCT) બનાવે છે. હેરપીન (Hairpin) આકારનો **હેન્લેનો પાશ** તેના પછીનો ભાગ છે. જે અવરોહી અને આરોહી ભુજા ધરાવે છે. આરોહી ભુજા



આકૃતિ 19.3 : રુધિરવાહિનીઓ, વાહિનીઓ અને નલિકાઓ દર્શાવતા ઉત્સર્ગ એકમની રેખાકૃતિ

આગળ એક અન્ય અતિ ગૂંચળામય નલિકામય પ્રદેશમાં પરિણમે છે. જેને **દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકા (DCT)** કહે છે. ઘણા ઉત્સર્ગ એકમોની DCTs (દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકાઓ) સીધી નલિકામાં ખૂલે છે જેને સંગ્રહણ નલિકા કહે છે. આમાંની ઘણી એક જગ્યાએ ભેગી મળી અને મૂત્રપિંડ નિવાપમાં કેલાયસીસના મજ્જક પિરામિડ દ્વારા ખૂલે છે.

ઉત્સર્ગ એકમના આ માલ્પીઘિયન કણ, PCT અને DCT મૂત્રપિંડના બાહ્યક પ્રદેશમાં સ્થાન પામેલ છે. જ્યારે હેન્લેનો પાશ મજ્જકમાં ખૂંપેલ હોય છે. મોટા ભાગના ઉત્સર્ગ એકમોમાં હેન્લેનો પાશ ખૂબ ટૂંકો અને મજ્જકમાં ખૂબ જ થોડે સુધી લંબાયેલ હોય છે. આવા ઉત્સર્ગ એકમોને બાહ્યક ઉત્સર્ગ એકમો (Cortical nephrons) કહે છે. કેટલાક ઉત્સર્ગ એકમોમાં હેન્લેનો પાશ ખૂબ લાંબો અને મજ્જકમાં ઊંડે સુધી પ્રસરેલ હોય છે. આ ઉત્સર્ગ એકમોને જક્સટા મજ્જક ઉત્સર્ગ એકમો (Juxta medullary nephrone) કહે છે.



આકૃતિ 19.4 : માલ્પિઘિયન કાય (મૂત્રપિંડ કણ)

રુધિરકેશિકાગુચ્છમાંથી નિકળતી બર્હિવાહી ધમનિકા, મૂત્રપિંડ નલિકાની ફરતે સૂક્ષ્મ કેશિકાઓનું જાળું બનાવે છે. જેને પરિનલિકા (Peritubular) કેશિકાઓ કહે છે. આ જાળમાંથી નીકળતી સૂક્ષ્મ વાહિકા હેન્લેના પાશને સમાંતર પસાર થઈ 'U' આકારનો વાસા રેક્ટા બનાવે છે. વાસા રેક્ટા બાહ્યક ઉત્સર્ગ એકમોમાં ગેરહાજર અથવા ખૂબ અલ્પવિકસિત (Reduced) હોય છે.

19.2 મૂત્રનિર્માણ (Urine Formation)

મૂત્રનિર્માણમાં ત્રણ પ્રક્રિયાઓ સમાવિષ્ટ છે જેવી કે રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ, પુનઃ શોષણ અને સ્રાવ, જે ઉત્સર્ગ એકમના વિવિધ ભાગોમાં થાય છે.

મૂત્રનિર્માણના પ્રથમ તબક્કામાં રુધિરકેશિકાગુચ્છ દ્વારા રુધિરનું ગાળણ થાય છે. જેને **રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ** કહે છે. મૂત્રપિંડો દ્વારા પ્રતિ મિનિટ સરેરાશ 1100-1200 મિલિ રુધિરનું ગાળણ થાય છે. જે હૃદયના દરેક ક્ષેપક દ્વારા એક મિનિટમાં ધકેલવામાં (પંપ કરવામાં) આવતા રુધિરના 1/5માં ભાગની બરાબર હોય છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છની કેશિકાઓનું રુધિર-દબાણ રુધિરનું 3 સ્તરોમાં ગાળણ કરે છે. એટલે કે રુધિર કેશિકાગુચ્છની રુધિરવાહિનીના અંતઃસ્તર, બાઉમૅનની કોથળીનું અધિસ્તર અને આ બંને સ્તરોની વચ્ચેની આધાર કલા. બાઉમૅનની કોથળીના અધિચ્છદીય કોષોને પોડોસાઇટ્સ કહે છે. જે જટિલ રીતે ગોઠવાયેલ હોય છે. જેથી કેટલાક નાના (સૂક્ષ્મ) અવકાશો છોડે છે. જેને ગાળણ ખાંચ અથવા ખાંચ છિદ્રો કહે છે. રુધિર આમાંથી એટલી સૂક્ષ્મ રીતે ગળાય છે કે રુધિરરસના પ્રોટીનો સિવાય લગભગ બધા જ ઘટકો બાઉમૅનની કોથળીના અવકાશમાં દાખલ થાય છે. તેથી આ પ્રક્રિયાને **સૂક્ષ્મ ગાળણ** કહે છે.

મૂત્રપિંડો દ્વારા પ્રતિ મિનિટે નિર્માણ કરવામાં આવતા ગાળણના જથ્થાને **રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ દર (Glomerular Filtration Rate) (GFR)** કહે છે. તંદુરસ્ત વ્યક્તિમાં GFR આશરે 125 મિલિ/મિનિટ એટલે કે

180 લિટર પ્રતિ દિવસ હોય છે.

મૂત્રપિંડ રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ દરના નિયમન માટેની ક્રિયાવિધિ કરે છે. આવી જ એક કાર્યક્ષમ ક્રિયાવિધિ જક્સટા રુધિર કેશિકાગુચ્છ ઉપકરણ (JGA) દ્વારા થાય છે. JGA એ એક સંવેદનશીલ વિસ્તાર છે જે દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકાના કોષીય રૂપાંતરણ અને અંતર્વાહી ધમનિકાના સંપર્ક સ્થળ દ્વારા નિર્માણ થાય છે. GFRમાં ઘટાડો JG કોષોને ક્રિયાશીલ કરે છે અને તે રેનીન મુક્ત કરે છે. જે રુધિરકેશિકાગુચ્છનાં રુધિર પ્રવાહને ઉત્તેજિત કરે છે અને આમ GFR પાછો સામાન્ય થાય છે.

પ્રતિ દિવસ નિર્માણ પામતા ગાળણના કદ(180 લિટર પ્રતિ દિવસ)ની ઉત્સર્જિત મૂત્ર (1.5 લિટર) સાથે તુલના કરવામાં આવે તો એમ સમજી શકાય છે કે 99 ટકા ગાળણ મૂત્રપિંડ નલિકા દ્વારા પુનઃ શોષણ પામે છે. આ પ્રક્રિયાને **પુનઃ શોષણ** કહે છે. આ પ્રક્રિયા ઉત્સર્ગ એકમના વિવિધ ખંડોમાં આવેલ નલિકામય અધિચ્છદીય કોષો દ્વારા સક્રિય કાં તો નિષ્ક્રિય ક્રિયાવિધિથી થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે ગાળણમાંના ગ્લુકોઝ, એમિનો ઍસિડ, Na^+ વગેરે પદાર્થો સક્રિય રીતે પુનઃ શોષણ પામે છે. જ્યારે નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો નિષ્ક્રિય વહન દ્વારા પુનઃ શોષણ પામે છે. પાણીનું પુનઃ શોષણ પણ નિષ્ક્રિય રીતે ઉત્સર્ગ એકમના શરૂઆતના ખંડોમાં થાય છે (આકૃતિ 19.5).

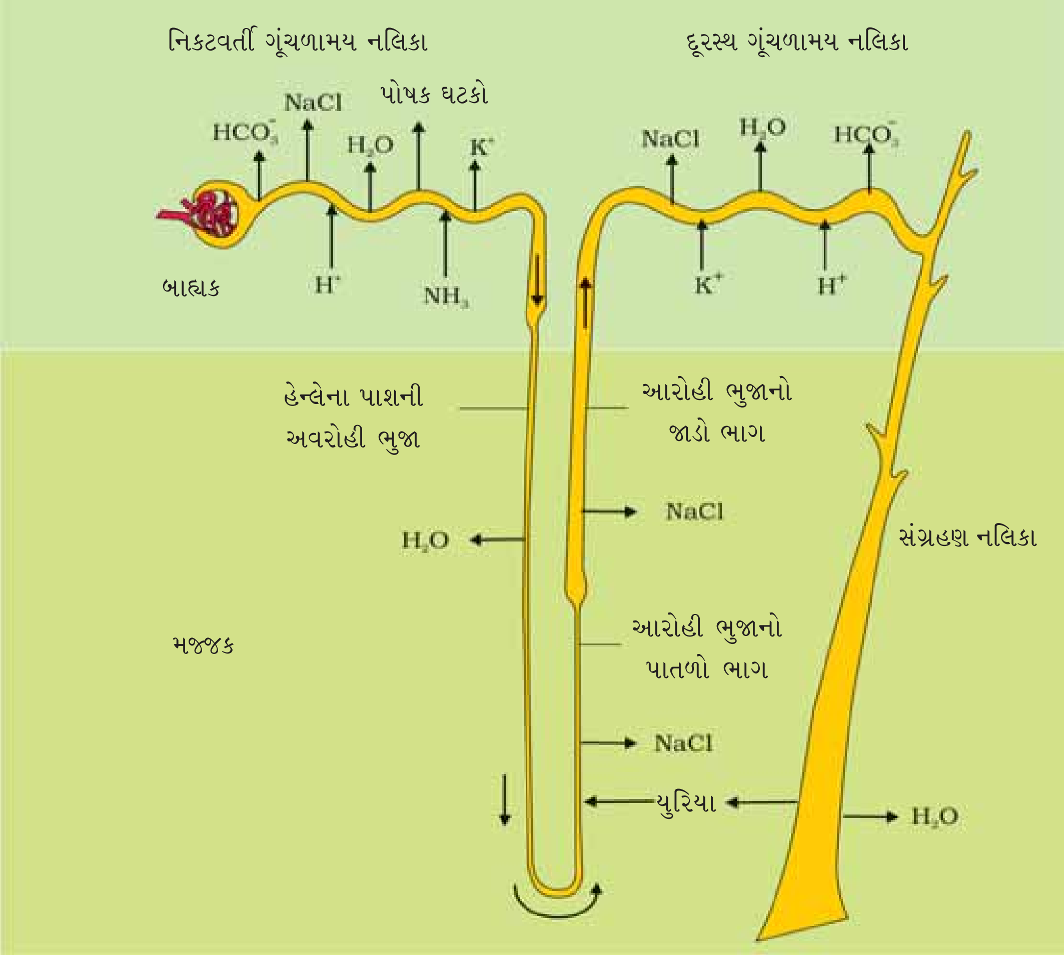
મૂત્રનિર્માણ દરમિયાન નલિકા કોષો ગાળણમાં પદાર્થો જેવા કે H^+, K^+ અને એમોનિયાને સ્રવિત કરે છે. નલિકા સ્રાવ પણ મૂત્રનિર્માણનો એક મહત્ત્વનો તબક્કો છે. કારણ કે તે દેહ જળમાં આયનો અને ઍસિડ-બેઇઝ સંતુલન જાળવવામાં મદદ કરે છે.

19.3 નલિકાઓનાં કાર્યો (Function of the Tubules)

નિકટવર્તી ગૂંચળામય નલિકા (PCT) : PCT પ્રવર્ધમય સપાટી (બ્રશ બોર્ડર) ધરાવતા ઘનાકાર અધિચ્છદની બનેલ છે, જે પુનઃ શોષણ માટે સપાટી વિસ્તારમાં વધારો કરે છે. લગભગ બધા જ આવશ્યક પોષક તત્ત્વો અને 70-80 ટકા ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સ અને પાણીનું પુનઃ શોષણ આ ખંડ દ્વારા થાય છે. PCT દેહ જળનું હાઇડ્રોજન આયન, એમોનિયા અને પોટાશિયમ આયનોના ગાળણમાં પસંદગીમાન સ્રાવ અને HCO_3^- ના શોષણ દ્વારા pH અને આયનિક સંતુલન જાળવવામાં પણ મદદ કરે છે.

હેન્લેનો પાશ : આ ખંડમાં પુનઃ શોષણ ન્યૂનતમ થાય છે. આ ભાગ મજ્જકનાં આંતરાલીય પ્રવાહીની ઊંચી આસૃતિ સંદ્રતાના નિયમનમાં મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા ભજવે છે. હેન્લેના પાશની અવરોહી ભુજા પાણી માટે પ્રવેશશીલ હોય છે પરંતુ ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સ માટે લગભગ અપ્રવેશશીલ હોય છે. આ નીચેની તરફ જતા ગાળણને સાંદ્ર બનાવે છે. આરોહી ભુજા પાણી માટે અપ્રવંશશીલ હોય છે. પરંતુ ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સનું વહન સક્રિય અથવા નિષ્ક્રિય રીતે કરે છે. જેમ જેમ સાંદ્ર ગાળણ ઉપરની તરફ જાય છે, તેમ તેમ ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સનું મજ્જક પ્રવાહી(જલ)માં જવાથી ગાળણ મંદ (Dilute) થતું જાય છે.

દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકા (DCT) : Na^+ અને પાણીનું શરતી પુનઃ શોષણ આ ખંડમાં થાય છે. રુધિરનાં pH અને સોડિયમ-પોટૅશિયમ સંતુલન જાળવવા માટે DCT, HCO_3^- નાં પુનઃ શોષણ, હાઇડ્રોજન, પોટૅશિયમ આયન અને એમોનિયા (NH_3)ના પસંદગીમાન સ્રાવ માટે સક્ષમ છે.



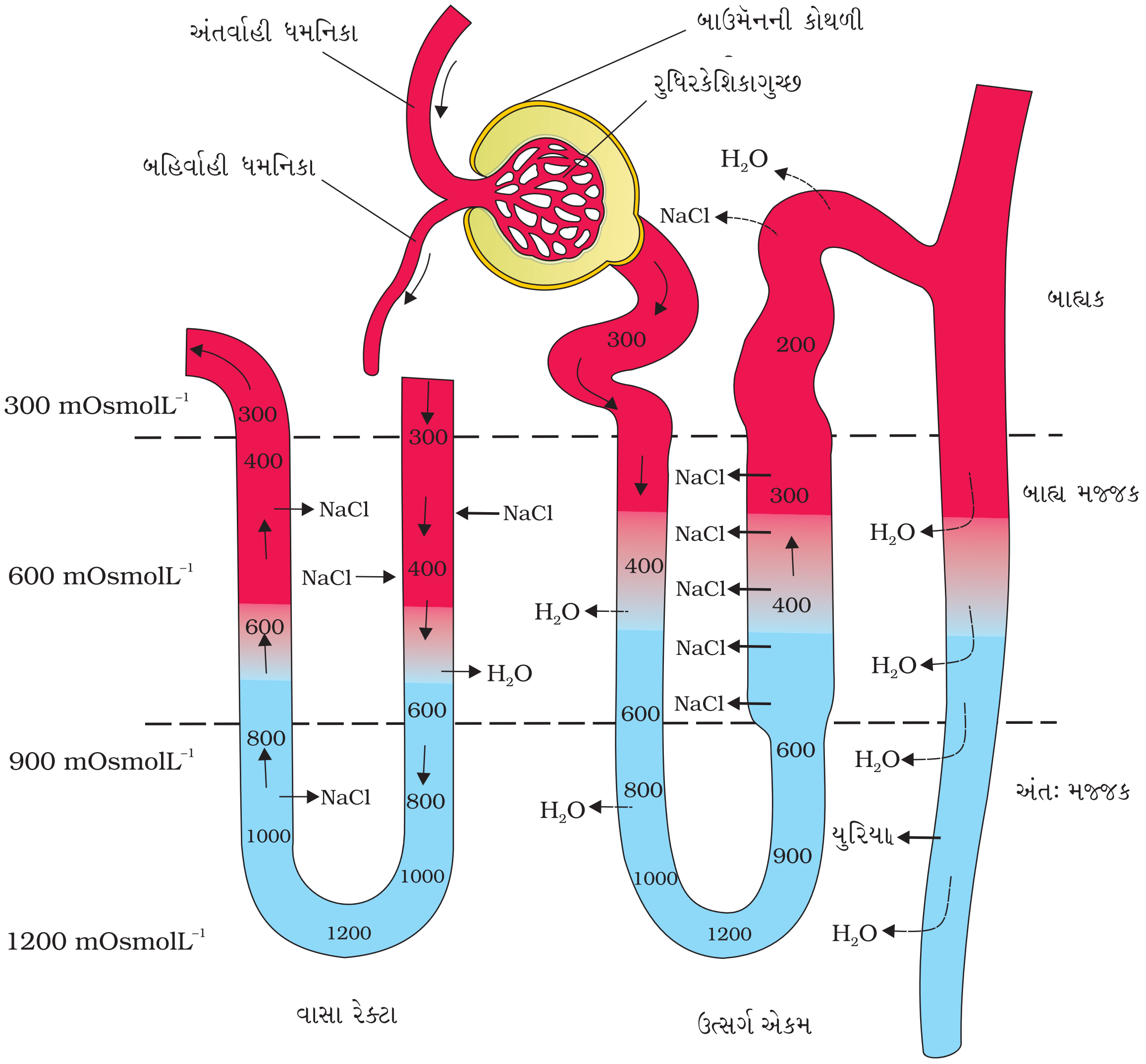
આકૃતિ 19.5 : ઉત્સર્ગ એકમના વિવિધ ભાગોમાં મુખ્ય પદાર્થોનું પુનઃ શોષણ અને સ્રાવ(ઍરો (તીર) દ્રવ્યો(પદાર્થો)ની ગતિની દિશા સૂચવે છે.)

સંગ્રહણ નલિકા : આ લાંબી નલિકા મૂત્રપિંડના બાહ્યકથી મજ્જકના અંદરના ભાગો સુધી લંબાયેલ છે. આ ભાગમાં સાંદ્ર મૂત્ર ઉત્પાદન માટે મોટા જથ્થામાં પાણીનું પુનઃ શોષણ થાય છે. આ ખંડ આસૃતિ સાંદ્રતાને જાળવી રાખવા માટે યુરિયાના ઓછા જથ્થાને મજ્જક આંતરકોષીય ભાગમાં લઈ જાય છે. તે H^+ અને K^+ આયનોના પસંદગીમાન સ્રાવ દ્વારા રુધિરના pH અને આયનિક સંતુલન જાળવવામાં પણ ભૂમિકા ભજવે છે.

19.4 ગાળણની સાંદ્રતાની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Concentration of The Filtrate)

સસ્તનોમાં સાંદ્ર મૂત્ર ઉત્પાદન કરવાની ક્ષમતા હોય છે. હેન્લેનો પાશ અને વાસા રેક્ટા તેમાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. હન્લેના પાશની બંને ભુજાઓમાં ગાળણનો વિરુદ્ધ દિશાઓમાં પ્રવાહ હોય છે અને તે કાઉન્ટર કરંટ નિર્માણ કરે છે. વાસા રેક્ટાની બંને ભુજાઓમાં રુધિરનો પ્રવાહ પણ કાઉન્ટર કરંટ પ્રમાણે હોય છે. હેન્લેનો પાશ અને વાસા રેક્ટાની વચ્ચેની નિકટતા તથા એનામાં કાઉન્ટર કરંટ, મજ્જક આંતરાલીય પ્રવાહીની

(Interstitium) વધતી આસૃતિ સાંદ્રતાને વિશિષ્ટ પ્રકારે જાળવવામાં મદદ કરે છે. એટલે કે બાહ્યકમાંના 300 mOsmo/L^{-1} થી મજ્જકના અંદરના આશરે 1200 mOsmo/L^{-1} સુધી. આ ઢોળાંશ થવાનું મુખ્ય કારણ NaCl અને યુરિયા છે. NaClનું પરિવહન હેન્લેના પાશની આરોહી ભુજા દ્વારા થાય છે જે વાસા રેક્ટાની અવરોહી ભુજા સાથે ફેરબદલી પામે છે. NaCl આંતરાલીય પ્રવાહીને વાસા રેક્ટાની આરોહી ભુજા દ્વારા પાછું આપવામાં આવે છે. એવી જ રીતે યુરિયાનો ઓછો જથ્થો હેન્લેના પાશના પાતળા આરોહી ભાગમાં દાખલ થાય છે. જે સંગ્રહણ નલિકા દ્વારા પાછો આંતરાલીય પ્રવાહીમાં પરિવહન પામે છે. ઉપરોક્ત વર્ણવેલ પદાર્થોના પરિવહન, હેન્લના પાશ અને વાસા રેક્ટાની વિશિષ્ટ વ્યવસ્થા દ્વારા સરળ બનાવાય છે. જેને **કાઉન્ટર કરંટ ક્રિયાવિધિ (Counter Current Mechanism)** કહે છે (આકૃતિ 19.6). આ ક્રિયાવિધિ મજ્જક



આકૃતિ 19.6 : ઉત્સર્ગ એકમ અને વાસા રેક્ટા દ્વારા નિર્મિત કાઉન્ટર કરંટ ક્રિયાવિધિ પ્રદર્શીત કરતી રેખાકૃતિ

આંતરાલીય પ્રવાહીમાં સાંદ્રતા ઢોળાંશને જાળવવામાં મદદ કરે છે. આવા આંતરાલીય પ્રવાહી ઢોળાંશની હાજરી સંગ્રહણ નલિકા દ્વારા પાણીના સરળ અવશોષણમાં મદદ કરે છે અને ગાળણને સાંદ્ર બનાવે છે (મૂત્ર). માનવ મૂત્રપિંડો શરૂઆતના ગાળણના સાપેક્ષમાં લગભગ ચારગણુ વધુ સાંદ્ર મૂત્ર ઉત્પન્ન કરે છે.

19. 5 મૂત્રપિંડનાં કાર્યનું નિયમન (Regulation of Kidney Function)

મૂત્રપિંડોની ક્રિયાવિધિનું નિયંત્રણ અને નિયમન હાઇપોથેલેમસ, JGA અને કેટલીક હદ સુધી હૃદયના અંતઃ સ્રાવોની પ્રતિપોષી ક્રિયાવિધિ દ્વારા થાય છે.

શરીરમાં અભિસરણ (આસૃતિ) ગ્રાહીઓ, રુધિર કદ, દેહ જળ કદ અને આયનિક સાંદ્રતામાં ફેરફાર દ્વારા સક્રિય થાય છે. શરીરમાંથી પાણીના વધારે પડતા વ્યયથી આ ગ્રાહીઓ સક્રિય થાય છે. જેથી હાયપોથેલેમસ એન્ટીડાયયુરેટીક અંતઃસ્રાવ (ADH) અથવા વાસોપ્રેસીન ન્યુરોહાઇપોફાયસીસમાંથી મુક્ત કરે છે. ADH નલિકાના અંતિમ ભાગમાં પાણીના પુનઃ શોષણની સુવિધા પૂરી પાડે છે. આ રીતે તે મૂત્રવૃદ્ધિને રોકે છે. દેહ જળના કદમાં વધારો આસૃતિ ગ્રાહીઓને નિષ્ક્રિય કરે છે અને પ્રતિપોષી નિયમનને પૂરું કરવા ADHની મુક્તિને અવરોધે છે. ADH મૂત્રપિંડનાં કાર્યો ઉપર તેની રુધિર વાહિનીઓના સંકોચનની અસર દ્વારા પણ અસર કરે છે. આ રુધિર દબાણના વધારાનું કારણ બને છે. રુધિર દબાણમાં વધારો રુધિરકેશિકાગુચ્છ પ્રવાહમાં વધારો કરે છે અને તેથી GFR પણ વધે છે.

JGA જટિલ નિયામકી ભૂમિકા ભજવે છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છનો રુધિર પ્રવાહ/રુધિરકેશિકાગુચ્છનું રુધિર દબાણ / GFRમાં ઘટાડાથી JG કોષો સક્રિય થઈ **રેનિન**ને મુક્ત કરે છે. જે રુધિરમાંના એન્જિઓટેન્સીનોજનને એન્જિઓટેસીન-I અને ત્યારબાદ એન્જિઓટેસીન-IIમાં ફેરવે છે. એન્જિઓટેસીન-II એક પ્રભાવશાળી રુધિરવાહિની સંકોચક (Vasoconstrictor) હોવાથી, જે રુધિરકેશિકાગુચ્છ રુધિર દબાણ અને આમ GFRમાં વધારો કરે છે. એન્જિઓટેસીન-II, એડ્રીનલ બાહ્યકને આલ્ડોસ્ટેરોન મુક્ત કરવા પણ ઉત્તેજિત કરે છે. આલ્ડોસ્ટેરોનના કારણે નલિકાના દૂરસ્થ ભાગોમાં Na^+ અને પાણીનું પુનઃ શોષણ થાય છે. આ રુધિર દબાણ અને GFRમાં વધારા તરફ પણ દોરી જાય છે. આ જટિલ ક્રિયાવિધિ સામાન્ય રીતે **રેનિન-એન્જિઓટેસીન** ક્રિયાવિધિ તરીકે જાણીતી છે.

હૃદયના કર્ણકોમાં રુધિરના વધુ પ્રવાહથી **કર્ણક (એટ્રિઅલ) નેટ્રિયુરેટિક કારક (ANF)** મુક્ત થાય છે. ANF રુધિરવાહિની વિસ્તરણ (Vasodilation) (રુધિરવાહિનીઓનું વિસ્તરણ) પ્રેરે છે આમ રુધિર દબાણ ઘટે છે. તેથી ANF ક્રિયાવિધિ રેનિન-એન્જિઓટેસીન ક્રિયાવિધિ ઉપર નિયંત્રણનું કામ કરે છે.

19.6 મૂત્રનિકાલ (Micturition)

ઉત્સર્ગ એકમો દ્વારા નિર્મિત મૂત્ર અંતમાં મૂત્રાશયમાં લઈ જવાય છે જ્યાં તે મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર (CNS) દ્વારા ઐચ્છિક સંકેતો મળે ત્યાં સુધી સંગ્રહ પામે છે. આ સંકેતો મૂત્રાશયમાં મૂત્ર ભરાઈ જતાં તેની દીવાલ ખેંચવાને કારણે ઉત્પન્ન (પ્રેરાય) થાય છે. મૂત્રાશયની દીવાલ ઉપરના ખેંચાણ ગ્રાહીઓના પ્રત્યુત્તરથી સંકેતો CNSમાં મોકલાય છે. CNSથી મૂત્રાશયના સરળ સ્નાયુઓના સંકોચન અને

મૂત્રમાર્ગના મુદ્રિકા સ્નાયુ (Sphincter)ના શિથિલન હેતુ સમાંતર પ્રેરક (ચાલક) સંકેતો જાય છે જેને કારણે મૂત્ર મુક્ત થાય છે. મૂત્ર મુક્તિની આ ક્રિયાને મૂત્રનિકાલ કહે છે અને તેને અસર કરતી ચેતાકીય ક્રિયાવિધિને મૂત્રનિકાલ-પ્રતિક્રિયા (પરાવર્તિત ક્રિયા) (Micturition reflex) કહે છે. એક પુખ્ત મનુષ્ય પ્રતિદિવસ સરેરાશ 1-1.5 લિટર મૂત્ર ઉત્સર્જિત કરે છે. મૂત્ર એક આછા પીળા રંગનું, થોડુંક ઍસિડીક (pH - 6.0) અને વિશિષ્ટ વાસ ધરાવતું જલીય પ્રવાહી છે. સરેરાશ 25-30 ગ્રામ યુરિયા પ્રતિ દિવસ ઉત્સર્જિત થાય છે. વિવિધ પરિસ્થિતિઓ મૂત્રના ગુણધર્મો ઉપર અસર કરે છે. મૂત્રનું પૃથક્કરણ ઘણી ચયાપચયિક અનિયમિતતાઓ અને સાથે સાથે મૂત્રપિંડની ખામીઓના દાક્તરી નિદાનમાં મદદ કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે મૂત્રમાં ગ્લુકોઝ (ગ્લાયકોસૂરિયા) અને કીટોન કણો(કીટોન્યુરિયા)ની હાજરી ડાયાબિટીસ મેલીટસ સૂચવે છે.

19.7 ઉત્સર્જનમાં અન્ય અંગોનો ફાળો (Role of Other Organs in Excretion)

મૂત્રપિંડ સિવાય ફેફસાં, યકૃત અને ત્વચા પણ ઉત્સર્ગ પદાર્થો(કચરા)ના નિકાલમાં મદદ કરે છે.

આપણા ફેફસાં પ્રતિ દિવસ મોટી માત્રામાં CO_2 (18 લિટર/દિવસ) અને પાણીની પર્યાપ્ત માત્રાનો નિકાલ કરે છે. યકૃત આપણા શરીરની મોટામાં મોટી ગ્રંથિ છે. જે બિલિરૂબિન, બિલિવર્ડીન, કોલેસ્ટેરોલ, વિઘટિત સ્ટીરોઈડ અંતઃસ્રાવો, વિટામિન્સ અને ઔષધો ધરાવતા પિત્તરસનો સ્રાવ કરે છે. મોટા ભાગના આ પદાર્થો પાચક નકામા પદાર્થો (મળ) સાથે બહાર નિકાલ પામે છે.

ત્વચાની પ્રસ્વેદ (Sweat) અને સ્નિગ્ધ (Sebaceous) ગ્રંથિઓ સ્રાવ દ્વારા કેટલાક પદાર્થોનો નિકાલ કરે છે. પરસેવો, પ્રસ્વેદ ગ્રંથિઓ દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે. જે NaCl, ઓછી માત્રામાં યુરિયા, લેક્ટિક ઍસિડ વગેરે ધરાવતું જલીય પ્રવાહી છે. જો કે પરસેવાનું મુખ્ય (પ્રાથમિક) કાર્ય શરીરની સપાટીને ઠંડી રાખવાનું છે. તે ઉપર દર્શાવેલા કેટલાક નકામા પદાર્થોને દૂર કરવામાં પણ મદદ કરે છે. સ્નિગ્ધ ગ્રંથિઓ સીબમ (Sebum) દ્વારા સ્ટેરોલ, હાઇડ્રોકાર્બન્સ અને મીણ જેવા કેટલાક પદાર્થોનો નિકાલ કરે છે. આ સ્રાવ ત્વચાને રક્ષણાત્મક તૈલી કવચ પ્રદાન કરે છે. શું આપ જાણો છો કે નાઇટ્રોજનયુક્ત કચરાનો ખૂબ ઓછો જથ્થો લાળ દ્વારા પણ નિકાલ પામે છે ?

19.8 ઉત્સર્જનતંત્રની અનિયમિતતાઓ (Disorders of the Excretory System)

મૂત્રપિંડની ખામીને કારણે રુધિરમાં યુરિયાનો ભરાવો થાય છે. આ સ્થિતિને **યુરેમિયા (Uremia)** કહે છે, જે ઘણી નુકશાનકારક અને તે મૂત્રપિંડને નિષ્ફળતા તરફ દોરી જાય છે. આવા દર્દીઓમાં **હીમોડાયલિસિસ (Heamodialysis)** કહેવાતી પ્રક્રિયા દ્વારા યુરિયા દૂર કરવામાં આવે છે. હીમોડાયલિસિસ પ્રક્રિયા દરમિયાન, અનુકૂળ હોય તેવી ધમનીમાંના રુધિરને ડાયાલાઈઝિંગ એકમમાં દાખલ કરવામાં આવે છે. જેને કૃત્રિમ મૂત્રપિંડ કહે છે. દર્દીની ધમનીમાંથી રુધિરને કાઢી ડાયાલાયઝિંગ એકમમાં હીપેરીન જેવા પ્રતિગંઠક (Anticoagulant) ઉમેર્યા બાદ દાખલ કરવામાં આવે છે. આ એકમમાં નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો સિવાયના રુધિરરસ જેવું જ બંધારણ ધરાવતા પ્રવાહી(ડાયાલાઈઝિંગ)થી ઘેરાયેલ ગૂંચળામય સેલોફેન નલિકાઓ ધરાવે છે.

નલિકાનું છિદ્રિષ્ઠ સેલોફેન આવરણ (સ્તર) સાંદ્રતા ઢોળાંશને આધારે અણુઓનું વહન કરે છે. ડાયાલાઈઝિંગ પ્રવાહીમાં નાઈટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો ગેરહાજરીને કારણે, આ પદાર્થો મુક્ત રીતે બહાર આવે છે. આ રીતે તે રુધિરને શુદ્ધ (clearing) કરે છે. શુદ્ધ રુધિરમાં ઍન્ટિહીપેરીન ઉમેરી શિરા દ્વારા શરીરમાં પાછું ધકેલવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિ વિશ્વના હજારો યુરેમિક દર્દીઓ માટે આશીર્વાદ રૂપ છે.

મૂત્રપિંડની નિષ્ફળતા(Kidney failure / Acute renal failures)ને દૂર કરવાનો અંતિમ ઉપાય મૂત્રપિંડ પ્રત્યારોપણ (Transplantation) છે. પ્રત્યારોપણમાં મુખ્યત્વે નજીકના સંબંધિત દાતાના ક્રિયાશીલ મૂત્રપિંડનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. જેથી યજમાનના પ્રતિરક્ષા તંત્રના અસ્વીકારને ઓછો કરી શકાય. આધુનિક દાક્તરી પ્રક્રિયાઓ આવી જટિલ તક્નિકની સફળતાના દરમાં વધારો કરે છે.

મૂત્રપિંડની પથરી (રીનલ કેલક્યુલી) (Renal calculi) : પથ્થર અથવા સ્ફટિકમય ક્ષારોનો (ઓક્સલેટ વગેરે) અદ્રાવ્ય સમૂહ (જથ્થો) મૂત્રપિંડમાં બને છે.

ગ્લોમેરુલોનેફ્રાઈટિસ (Glomerulonephritis) (રુધિરકેશિકાગુચ્છ સોજો) : તે મૂત્રપિંડના રુધિરકેશિકાગુચ્છનો સોજો છે.

સારાંશ

શરીરમાં ઘણા નાઈટ્રોજનયુક્ત પદાર્થો, આયનો, CO_2, પાણી વગેરેની જમાવટ થાય છે. જેનો નિકાલ થવો જરૂરી છે. નિર્માણ પામતા નાઈટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થની પ્રકૃતિ અને તેનું ઉત્સર્જન પ્રાણીઓમાં ભિન્ન હોય છે. જે મુખ્યત્વે નિવાસસ્થાન (પ્રાણીની પ્રાપ્યતા) આધારિત હોય છે. એમોનિયા, યુરિયા અને યૂરિક ઍસિડ ઉત્સર્જિત થતો મુખ્ય નાઈટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો છે.

આદિઉત્સર્ગીકાઓ, ઉત્સર્ગીકાઓ, માલ્પિધિયન નલિકાઓ, હરિતગ્રંથિઓ અને મૂત્રપિંડો પ્રાણીઓના સામાન્ય ઉત્સર્ગ અંગો છે. તે ફક્ત નાઈટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થોનો નિકાલ જ નહીં પરંતુ આયનિક અને ઍસિડ-બેઈઝ સંતુલનની દેહ જળમાં જાળવણીમાં પણ મદદ કરે છે.

માનવમાં, ઉત્સર્જન તંત્ર એક જોડ મૂત્રપિંડો, એક જોડ મૂત્રનલિકાઓ, મૂત્રાશય અને મૂત્રમાર્ગ ધરાવે છે. દરેક મૂત્રપિંડ 1 મિલીયન નલિકામય રચનાઓ કે જેને ઉત્સર્ગ એકમ કહે છે તે ધરાવે છે. ઉત્સર્ગ એકમ મૂત્રપિંડનો ક્રિયાત્મક એકમ છે. પ્રત્યેક ઉત્સર્ગ એકમને બે ભાગ છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છ અને મૂત્રપિંડ નલિકા. રુધિરકેશિકાગુચ્છ, મૂત્રપિંડ ધમનીની સૂક્ષ્મ શાખા અંતર્વાહી ધમનિકાથી બનેલ કેશિકાઓનું જાળું છે. મૂત્રપિંડ નલિકાની શરૂઆત બેવડી દીવાલવાળી બાઉમૅનની કોથળીથી થાય છે અને આગળ તે નિકટવર્તી ગૂંચળામય નલિકા (PCT), હેન્લેનો પાશ (HL) અને દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકા(DCT)માં ભિન્ન પામે છે. ઘણા ઉત્સર્ગ એકમોની DCTs સામાન્ય સંગ્રહણ નલિકામાં ભેગી થાય છે, આમાની ઘણી અંતે મજ્જક પિરામિડ્સમાં થઈને મૂત્રપિંડ નિવાપમાં ખૂલે છે. બાઉમૅનની કોથળી માલ્પિધિયન અથવા મૂત્રપિંડ કણ બનાવવા રુધિરકેશિકાગુચ્છને ઘેરે છે.

મૂત્રનિર્માણમાં ત્રણ પ્રક્રિયાઓ સમાવિષ્ટ છે. એટલે કે ગાળણ, પુનઃ શોષણ અને સ્રાવ. ગાળણ એ પસંદગીમાન પ્રક્રિયા છે. જે રુધિરકેશિકાગુચ્છની કેશિકાઓના રુધિર દબાણના ઉપયોગથી રુધિરકેશિકાગુચ્છમાં થાય છે. પ્રતિ મિનિટ (GFR) બાઉમૅનની કોથળીમાં 125 મિલિ ગાળણ બનાવવા આશરે 1200 મિલિ રુધિર પ્રતિ

મિનિટ રુધિરકેશિકાગુચ્છ દ્વારા ગળાય છે. JGA ઉત્સર્ગ એકમનો એક વિશિષ્ટ ભાગ છે. જે GFRના નિયમનમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. ઉત્સર્ગ એકમના વિવિધ ભાગો દ્વારા આશરે 99 % ગાળણ પુનઃ શોષણ પામે છે. PCT એ પુનઃ શોષણ અને પસંદગીમાન સ્રાવ માટેનું મુખ્ય સ્થાન છે. HL મૂત્રપિંડના આંતરાલીય પ્રવાહીમાં આસૃતિ ઢોળાંશ (300 mOsmo / L^{-1} – 1200 mOsmo / L^{-1}) જાળવવામાં પ્રાથમિક રીતે મદદ કરે છે. DCT અને સંગ્રહણ નલિકા પાણી અને ઈલેક્ટ્રોલાઇટ્સનું પુનઃશોષણ કરે છે, જે જલનિયમનમાં મદદ કરે છે. દેહ જળના આયનિક સંતુલન અને pH જાળવવા માટે H^+, K^+ અને NH_3 નો ગાળણમાં નલિકાઓ દ્વારા સ્રાવ થાય છે.

કાઉન્ટર કરંટ ક્રિયાવિધિ હેન્લેના પાશની બંને ભુજાઓ અને વાસા રેક્ટા (હેન્લેના પાશને સમાંતર કેશિકા)ની વચ્ચે કાર્ય કરે છે. ગાળણ જેમ-જેમ અવરોહી ભુજામાં નીચે ઉતરે છે તેમ-તેમ સાંદ્ર થતું જાય છે. પરંતુ આરોહી ભુજામાં તે મંદ થાય છે. ઈલેક્ટ્રોલાઇટ્સ અને યુરિયા આ વ્યવસ્થાને લીધે આંતરાલીય પ્રવાહીમાં જળવાય છે. DCT અને સંગ્રહણ નલિકા ગાળણને આશરે ચાર ગણુ વધુ સાંદ્ર કરે છે. એટલે કે 300 mOsmo / L^{-1} થી 1200 mOsmo / L^{-1}. આ પાણીના સંરક્ષણની ઉત્તમ ક્રિયાવિધિ છે. મૂત્રાશયમાં મૂત્ર CNS દ્વારા ઐચ્છિક સંકેતો પ્રાપ્ત થાય ત્યાં સુધી સંગ્રહ પામે છે. ત્યારબાદ તે મૂત્રમાર્ગ દ્વારા મુક્ત થાય છે, એટલે કે મૂત્રનિકાલ. ત્વચા, ફેફસાં અને યકૃત પણ ઉત્સર્જનમાં સહાય કરે છે.

સ્વાધ્યાય

1. રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ (GFR) દરને વ્યાખ્યાયિત કરો.
2. GFRની સ્વયંવનિયંત્રિત ક્રિયાવિધિ સમજાવો.
3. નીચેનાં વિધાનો સાચાં છે કે ખોટાં તે દર્શાવો :
   (a) મૂત્રનિકાલ પ્રતિક્રિયા (પરાવર્તિત ક્રિયા) દ્વારા થાય છે.
   (b) ADH, મૂત્રને અધઃ સાંદ્ર (Hypotonic) બનાવી પાણીના નિકાલમાં મદદ કરે છે.
   (c) બાઉમૅનની કોથળીમાં રુધિરરસમાંનું પ્રોટીન-મુક્ત પ્રવાહી ગળાય છે.
   (d) મૂત્રની સાંદ્રતા વધારવામાં હેન્લેનો પાશ અગત્યનો ભાગ ભજવે છે.
   (e) નિકટવર્તી ગૂંચળામય નલિકા(PCT)માં ગ્લુકોઝ સક્રિય રીતે પુનઃ શોષણ પામે છે.
4. કાઉન્ટર કરંટ ક્રિયાવિધિનું સંક્ષિપ્તમાં વર્ણન કરો.
5. ઉત્સર્જનમાં યકૃત, ફેફસાં અને ત્વચાનો ફાળો વર્ણવો.
6. સમજાવો : મૂત્રનિકાલ.
7. કૉલમ-I અને કૉલમ-IIની સાથે જોડો :

કૉલમ-I	કૉલમ-II
(a) એમોનોટેલીઝમ	(i) પક્ષીઓ
(b) બાઉમૅનની કોથળી	(ii) પાણીનું પુનઃ શોષણ
(c) મૂત્રનિકાલ	(iii) અસ્થિમત્સ્ય
(d) યુરિકોટેલીસમ	(iv) મૂત્રાશય
(e) ADH	(v) મૂત્રપિંડ નલિકા

8. જલનિયમન શબ્દનું અર્થઘટન શું થાય છે ?
9. સ્થલીય પ્રાણીઓ મોટે ભાગે યુરિયોટેલિક અથવા યુરિકોટેલિક હોય છે, એમોનોટેલિક હોતા નથી ? શા માટે ?
10. મૂત્રપિંડનાં કાર્યોમાં જકસટા રુધિરકેશિકાગુચ્છ ઉપકરણ(JGA)નું મહત્ત્વ શું છે ?
11. નીચેનાનાં નામ આપો :
    (a) અમેરુદંડી પ્રાણીઓ કે જેમાં ઉત્સર્ગ રચના તરીકે જ્યોતકોષો ધરાવે છે.
    (b) માનવ મૂત્રપિંડમાં બાહ્યકના ભાગો કે જે મજ્જક પિરામિડની વચ્ચે વિસ્તરેલ છે.
    (c) હેન્લેના પાશને સમાંતર પસાર થતી રુધિરકેશિકાનો પાશ.
12. ખાલી જગ્યા પૂરો :
    (a) હેન્લેના પાશની આરોહી ભુજા પાણી માટે _______ જ્યારે અવરોહી ભુજા તેના માટે _______ છે.
    (b) મૂત્રપિંડ નલિકાના દૂરસ્થ ભાગ દ્વારા પાણીનું પુનઃ શોષણ _______ અંતઃસ્રાવ દ્વારા થાય છે.
    (c) ડાયાલીસીસ પ્રવાહીમાં _______ પદાર્થ સિવાય રુધિરરસના અન્ય બધા પદાર્થો હાજર હોય છે.
    (d) એક સ્વસ્થ મનુષ્ય (આશરે) _______ ગ્રામ યુરિયા / દિવસ ઉત્સર્જિત કરે છે.

પ્રકરણ 20

પ્રચલન અને હલનચલન (Locomotion and Movement)

20.1 હલનચલનના પ્રકારો
20.2 સ્નાયુ
20.3 કંકાલતંત્ર
20.4 સાંધાઓ
20.5 સ્નાયુ અને કંકાલતંત્રની અનિયમિતતાઓ

હલનચલન સજીવોનું એક અગત્યનું લક્ષણ છે. પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓ ઘણા બધા પ્રકારના હલનચલન દર્શાવે છે. અમીબા જેવા એકકોષીય સજીવોમાં જીવરસનું પરિભ્રમણ સરળ પ્રકારનું હલનચલન છે. પક્ષ્મો, કશા અને સૂત્રાંગોનું હલનચલન ઘણા સજીવોમાં જોવા મળે છે. મનુષ્ય ઉપાંગો, જડબાં, આંખનાં પોપચાં, જીભ વગેરેને હલાવે છે. કેટલાક હલનચલન તેમના જગ્યા અથવા સ્થાનમાં ફેરફાર કરાવે છે. આ સ્વૈચ્છિક હલનચલનને **પ્રચલન** કહે છે. ચાલવું, દોડવું, ચઢવું, ઊડવું, તરવું એ પ્રચલનરૂપ હલનચલનના કેટલાક સ્વરૂપો છે. પ્રચલન રચનાઓ બીજા પ્રકારના હલનચલનથી જુદી હોવી જરૂરી નથી. ઉદાહરણ તરીકે પેરામીશિયમમાં પક્ષ્મો, કોષ કંઠનળી દ્વારા ખોરાકના હલનચલનમાં અને પ્રચલનમાં પણ મદદ કરે છે. હાઇડ્રા તેમના સૂત્રાંગોનો ઉપયોગ તેમના શિકારને પકડવા અને પ્રચલનમાં પણ કરે છે. આપણે ઉપાંગોનો ઉપયોગ શરીરની સ્થિતિ બદલવામાં અને પ્રચલનમાં કરીએ છીએ. ઉપરોક્ત અવલોકનો દર્શાવે છે કે હલનચલન અને પ્રચલનનો અભ્યાસ અલગ અલગ ન થઈ શકે. આથી એમ કહી શકાય કે બધા પ્રચલન એ હલનચલન છે પરંતુ બધા હલનચલન પ્રચલન નથી.

પ્રાણીઓમાં પ્રચલનની પદ્ધતિઓ તેમના નિવાસસ્થાન અને પરિસ્થિતિની જરૂરિયાત પ્રમાણે બદલાય છે. આમ પ્રચલન એ ખોરાક, આશ્રયસ્થાન, સાથી, યોગ્ય પ્રજનન સ્થળ, સાનુકૂળ આબોહવાકીય પરિસ્થિતિની શોધ અથવા દુશ્મનો / ભક્ષકોથી બચવા માટે થાય છે.

20.1 હલનચલનના પ્રકારો (Types of Movement)

માનવશરીરના કોષો મુખ્ય ત્રણ પ્રકારના હલનચલન દર્શાવે છે. જેવા કે અમીબીય, પક્ષ્મલ અને સ્નાયુલ.

આપણા શરીરમાં આવેલ વિશિષ્ટ કોષો જેવા કે ભક્ષક કોષો (બૃહદ્ કોષો (Macrophages)) અને રૂધિરમાંના શ્વેતકણો અમીબીય હલનચલન દર્શાવે છે. તે જીવરસીય પરિભ્રમણ (અમીબામાં) દ્વારા નિર્માણ પામતા ખોટાપગોને કારણે છે. કોષીય કંકાલના ઘટકો જેવા કે સૂક્ષ્મતંતુઓ પણ અમીબીય હલનચલનમાં સંકળાયેલ છે.

તમે પ્રકરણ 8માં પક્ષ્મ અને કશા, જે કોષરસપટલનો બર્હિરુદભેદ છે તે ભણી ચૂક્યા છો. કશા હલનચલન (Flagellar movement) શુક્રકોષના તરવામાં, વાદળીઓના નલિકાતંત્રમાં પાણીના પ્રવાહની જાળવણી અને યુગ્લીના જેવા પ્રજીવના પ્રચલનમાં મદદ કરે છે. શુક્રકોષના તરવામાં પક્ષ્મલ હલનચલન આપણા નલિકામય આંતરિક અંગોમાં થાય છે કે જે અંદરની સપાટી ઉપર પક્ષ્મલ અધિચ્છદીય પેશીથી આવૃત્ત છે. શ્વાસનળીમાં આવેલા પક્ષ્મોનું સંકલિત હલનચલન એ ધૂળના રજકણો અને કેટલાક બાહ્ય પદાર્થો જે વાતાવરણની હવા સાથે દાખલ થાય છે તેને દૂર કરવામાં મદદ કરે છે. પક્ષ્મલ હલનચલન દ્વારા માદા પ્રજનનતંત્રમાં અંડકોષના વહનને પણ સાનુકૂળતા પૂરી પાડે છે.

આપણા ઉપાંગો, જીભ, જડબા વગેરેના હલનચલન માટે સ્નાયુનું હલનચલન જરૂરી છે. સ્નાયુઓના સંકોચનનો ગુણધર્મ અસરકારક રીતે, માનવમાં તથા મોટા ભાગના બહુકોષી સજીવો દ્વારા થતા પ્રચલન અને અન્ય હલનચલનોમાં ઉપયોગી છે. આ પ્રકારના પ્રચલનમાં સ્નાયુઓનું કંકાલતંત્રનું અને ચેતાતંત્રનો પારસ્પરિક સહયોગની ક્રિયાઓ જરૂરી છે. આ પ્રકરણમાં તમે સ્નાયુના પ્રકાર, તેની રચના, તેમના સંકોચનની કાર્યપદ્ધતિ અને કંકાલતંત્રના મહત્ત્વ વિશે અભ્યાસ કરશો.

20.2 સ્નાયુ (Muscle)

સ્નાયુ એ મધ્યગર્ભસ્તરમાંથી ઉત્પન્ન થતી વિશિષ્ટ પેશી છે. પુખ્ત મનુષ્યમાં શરીરના કુલ વજનનો આશરે 40-50 % જેટલું સ્નાયુ દ્વારા બને છે. તેઓ વિશિષ્ટ ગુણધર્મો ધરાવે છે. જેવા કે, ઉત્તેજના, સંકોચનશીલતા, વિસ્તૃતતા અને સ્થિતિસ્થાપકતા. સ્નાયુઓને વિવિધ લક્ષણો જેવા કે, સ્થાન, દેખાવ અને કાર્યનિયમનની પ્રકૃતિને આધારે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. સ્થાનને આધારે સ્નાયુ ત્રણ પ્રકારથી ઓળખવામાં આવે છે. (I) કંકાલસ્નાયુ (II) કોષ્ઠાંતર સ્નાયુ અને (III) હૃદસ્નાયુ.

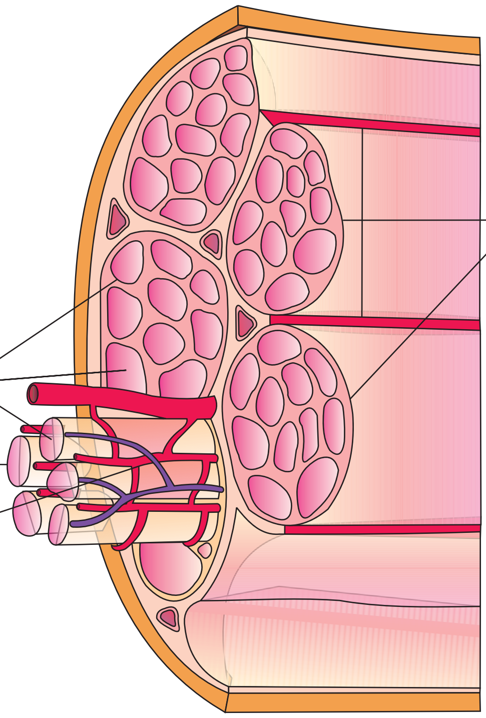
કંકાલસ્નાયુ એ શરીરના કંકાલ ઘટકો સાથે ચુસ્ત રીતે જોડાયેલા છે. સૂક્ષ્મદર્શક નીચે તેની રચના જોતા તે રેખિત દેખાય છે અને તેથી તેને **રેખિત સ્નાયુઓ** કહે છે. તેમનું કાર્ય ચેતાતંત્રના ઐચ્છિક નિયંત્રણ હેઠળ હોય છે, તેથી તેઓ ઐચ્છિક સ્નાયુઓ તરીકે પણ જાણીતા છે. તેઓ પ્રાથમિક રીતે પ્રચલન ક્રિયાઓ અને શરીરની સ્થિતિના બદલાવ સાથે સંકળાયેલ છે.

કોષ્ઠાંતર સ્નાયુઓ શરીરમાંના અંતઃસ્થ અંગોના પોલાણની અંદરની દીવાલમાં સ્થાન પામેલા છે. જેવા કે પાચનમાર્ગ, પ્રજનનમાર્ગ વગેરે. તેઓ કોઈ રેખિત રચના ધરાવતા નથી અને પ્રમાણમાં લીસા દેખાય છે. તેથી તેઓને **લીસા સ્નાયુઓ (અરેખિત સ્નાયુઓ)** કહે છે. તેમનું કાર્ય ચેતાતંત્રના ઐચ્છિક નિયંત્રણ હેઠળ હોતું નથી. તેથી તેને અનૈચ્છિક સ્નાયુઓ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે તેઓ ખોરાકનું પાચનમાર્ગમાં વહન અને જનનકોષોનું જનનમાર્ગ દ્વારા વહનમાં સહાય કરે છે.

હૃદસ્નાયુ પેશી તેના નામ પ્રમાણે હૃદયના સ્નાયુઓ છે. હૃદસ્નાયુ પેશીના નિર્માણમાં ઘણા

હૃદસ્નાયુ કોષો ભેગા મળી શાખિત રચના કરે છે. દેખાવને આધારે હૃદસ્નાયુઓ રેખિત છે. તેઓ અનૈચ્છિક પ્રકૃતિના છે. ચેતાતંત્ર તેમની ક્રિયાઓનું સીધું નિયંત્રણ કરતું નથી.

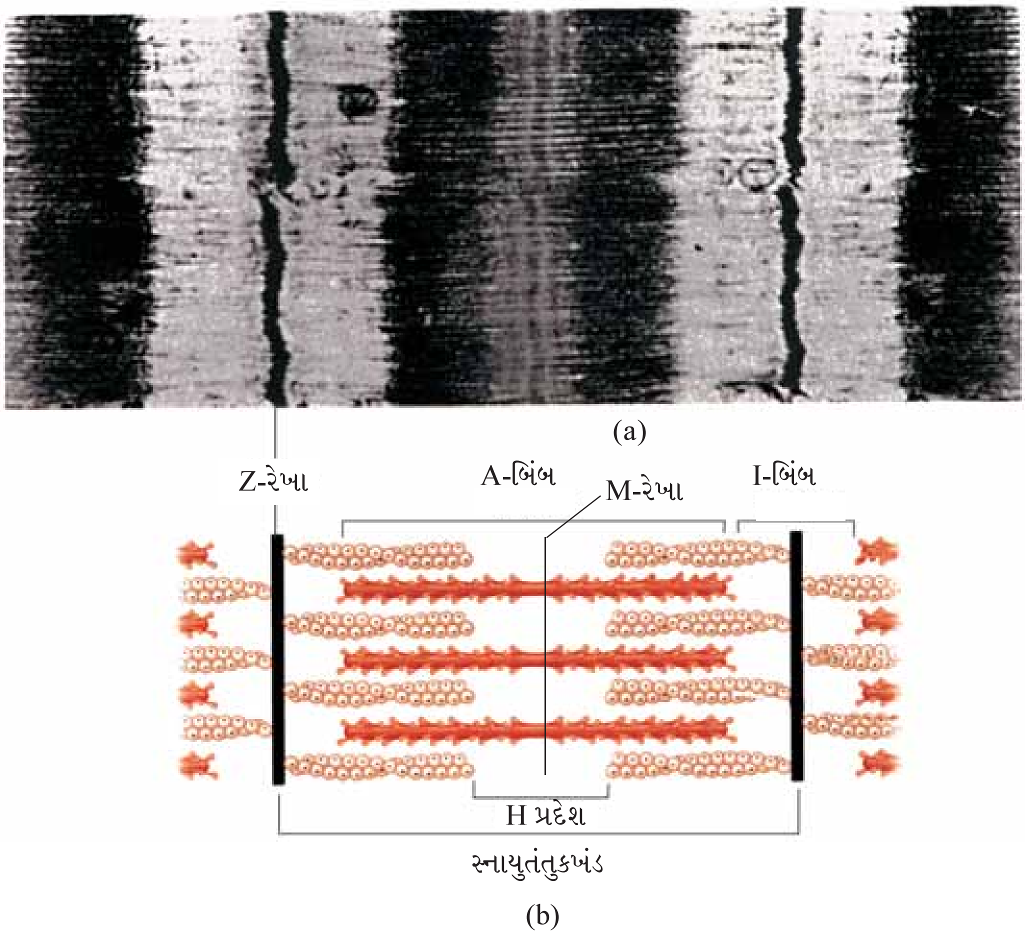
ચાલો, કંકાલસ્નાયુઓને રચના અને સંકોચન ક્રિયાવિધિ સમજવા ઉંડાણપૂર્વક તપાસીએ. આપણા શરીરના દરેક સુઆયોજિત કંકાલસ્નાયુ ઘણા **સ્નાયુજૂથ** અથવા **સમૂહ (Fascicles)** કે જે સામાન્ય કૉલેજનયુક્ત સંયોજક પેશીના સ્તર જેને **સંપુટ (Fascia)** કહે છે તેના દ્વારા ભેગા મળી બનાવે છે. દરેક સ્નાયુજૂથ ઘણા સ્નાયુતંતુઓ ધરાવે છે (આકૃતિ 20.1). દરેક સ્નાયુતંતુ રસપટલ દ્વારા આવૃત્ત હોય છે. જેને **સ્નાયુતંતુપડ (Sarcolemma)** કહે છે. જે



આકૃતિ 20.1 : સ્નાયુજૂથ અને સ્નાયુતંતુઓ દર્શાવતો સ્નાયુનો છેદ દર્શાવતી રેખાકૃતિ

સ્નાયુરસ(Sarcoplasm)ને ઘેરે છે. સ્નાયુતંતુ એક બહુકોષકેન્દ્રીય રચના છે. કારણ કે તે ઘણા કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે. સ્નાયુતંતુની અંતઃકોષરસજાળ એટલે કે સ્નાયુ- રસજાળ. કૅલ્શિયમ આયનનું સંગ્રહસ્થાન છે. સ્નાયુતંતુની લાક્ષણિકતા સ્નાયુરસમાં સમાંતર રીતે ગોઠવાયેલ મોટી સંખ્યામાં જોવા મળતા તંતુકોની(Filaments) હાજરીને કારણે હોય છે. જેને **સ્નાયુતંતુકો (Myofilaments or Myofibrils)** કહે છે. દરેક સ્નાયુતંતુકો એકાંતરે ઘેરા અને ઝાંખા બિંબ ધરાવે છે. સ્નાયુતંતુકનો ઊંડાણપૂર્વકનો અભ્યાસ તેનો રેખિત દેખાવ દર્શાવે છે. જે અગત્યના બે પ્રોટીન **ઍક્ટિન** અને **માયોસિન**ની વિતરણ પદ્ધતિને કારણે છે. ઝાંખા બિંબ ઍક્ટિન ધરાવે છે અને તેને I-બિંબ અથવા

આઈસોટ્રૉપિક બિંબ કહે છે. જ્યારે ઘેરા બિંબને A-બિંબ અથવા એનઆઈસોટ્રૉપિક બિંબ કહે છે. જે માયોસિન ધરાવે છે. બંને પ્રોટીન સ્નાયુતંતુકોમાં સળિયાની જેમ એકબીજાને સમાંતર અને સ્નાયુ તંતુકોના લંબઅક્ષે પણ ગોઠવાયેલ હોય છે. ઍક્ટિન તંતુકો માયોસિન તંતુકોની તુલનામાં પાતળા હોય છે. તેથી સામાન્ય રીતે તેમને અનુક્રમે પાતળા અને જાડા તંતુઓ કહે છે. દરેક I-બિંબની મધ્યમાં સ્થિતિસ્થાપક તંતુ જેને Z-રેખા કહે છે, જે તેને બે ભાગોમાં વિભાજિત કરે છે. પાતળા તંતુકો Z-રેખા સાથે જોડાયેલા હોય છે. A-બિંબમાંના જાડા તંતુકો આ બિંબના મધ્યમાં પાતળા તંતુમય પટલ વડે જોડાય છે જેને M-રેખા કહે છે. A અને I-બિંબ સ્નાયુતંતુકોની લંબાઈમાં એકાંતરે ગોઠવાયેલા હોય છે. સ્નાયુતંતુકની બે ક્રમિક Z-રેખા વચ્ચેનો ભાગ સંકોચનનો ક્રિયાત્મક એકમ છે. જેને સ્નાયુતંતુકખંડ (Sarcomere) કહે છે (આકૃતિ 20.2) વિશ્રામી અવસ્થામાં જાડા તંતુકોની બંને બાજુએ આવેલ પાતળા તંતુકોના છેડા વડે જાડા તંતુકોના મધ્ય ભાગને છોડી અંશતઃ આચ્છાદન પામે છે. જેથી જાડા તંતુનો મધ્યભાગ કે જે પાતળા તંતુઓ વડે આચ્છાદન પામતો નથી તેને H-વિસ્તાર કહે છે.

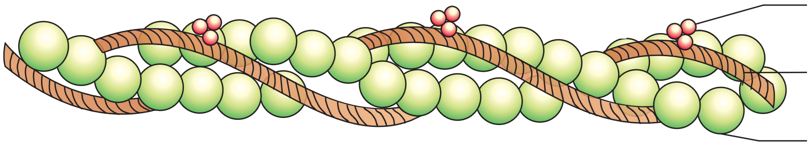


આકૃતિ 20.2 : રેખાકૃતિ રજૂઆત (a) સ્નાયુતંતુકખંડ દર્શાવતી સ્નાયુતંતુની અંતઃસ્થરચના (b) સ્નાયુતંતુકખંડ

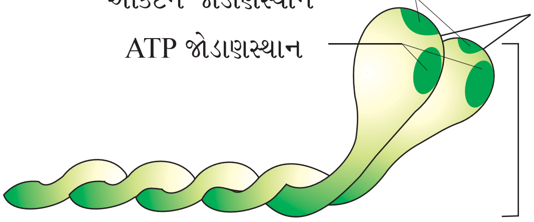
20.2.1 સંકોચનશીલ પ્રોટીનની રચના (Structure of Contractile Proteins)

દરેક ઍક્ટિન (પાતળા) તંતુકો બે 'F' (Filamentous) ઍક્ટિન એકબીજા સાથે કુંતલાકારે વીંટળાઈને બને છે. દરેક 'F' ઍક્ટિન, એકલઅણુ (Monomeric) 'G' (ગોળાકાર) ઍક્ટિનના બહુ અણુ (બહુલક) છે. બે અન્ય પ્રોટીનના તંતુકો, ટ્રોપોમાયોસિન પણ 'F' ઍક્ટિનની સમગ્ર લંબાઈની નજદીકથી પસાર થાય છે. જટિલ પ્રોટીન ટ્રોપોનીન, ટ્રોપોમાયોસિનના નિયત અંતરાલે વિતરણ પામેલા હોય છે. વિશ્રામી અવસ્થામાં ટ્રોપોનીનનો એક ઉપએકમ ઍક્ટિન તંતુકો ઉપરના સક્રિય માયોસિન જોડાણ સ્થાનને ઢાંકેલો રાખે છે (આકૃતિ 20.3 (a)).

દરેક માયોસિન (જાડો) તંતુક પણ બહુલીકૃત (બહુલક) પ્રોટીન છે. ઘણા એકલ પ્રોટીનો જેને મેરોમાયોસિન કહે છે. તેના દ્વારા એક જાડો તંતુક બને છે (આકૃતિ 20.3(b)). દરેક મેરોમાયોસિનને બે અગત્યના ભાગો હોય છે, ટૂંકા હસ્ત સાથેનું ગોળાકાર શીર્ષ અને પૂંછડી, અગ્રભાગને ભારે (Heavy) મેરોમાયોસિન (HMM) અને પાછળના ભાગને હલકું (Light) મેરોમાયોસિન (LMM) કહે છે. HMM ઘટક અર્થાત્ શીર્ષ અને ટૂંકી ભુજા (હસ્ત) જે એકબીજા સાથે એક નિયત અંતરે અને ખૂણે બહુલીકૃત માયોસિન તંતુ ઉપર બહારની તરફ ઉપસેલ હોય છે જે ભુજાની ચોકડી (Cross arm) તરીકે ઓળખાય છે. ગોળાકાર શીર્ષ એ સક્રિય ATPase ઉત્સેચક છે અને ATPનું જોડાણ સ્થાન ધરાવે છે અને ઍક્ટિન માટેનું સક્રિય સ્થાન છે.



(a)



(b)

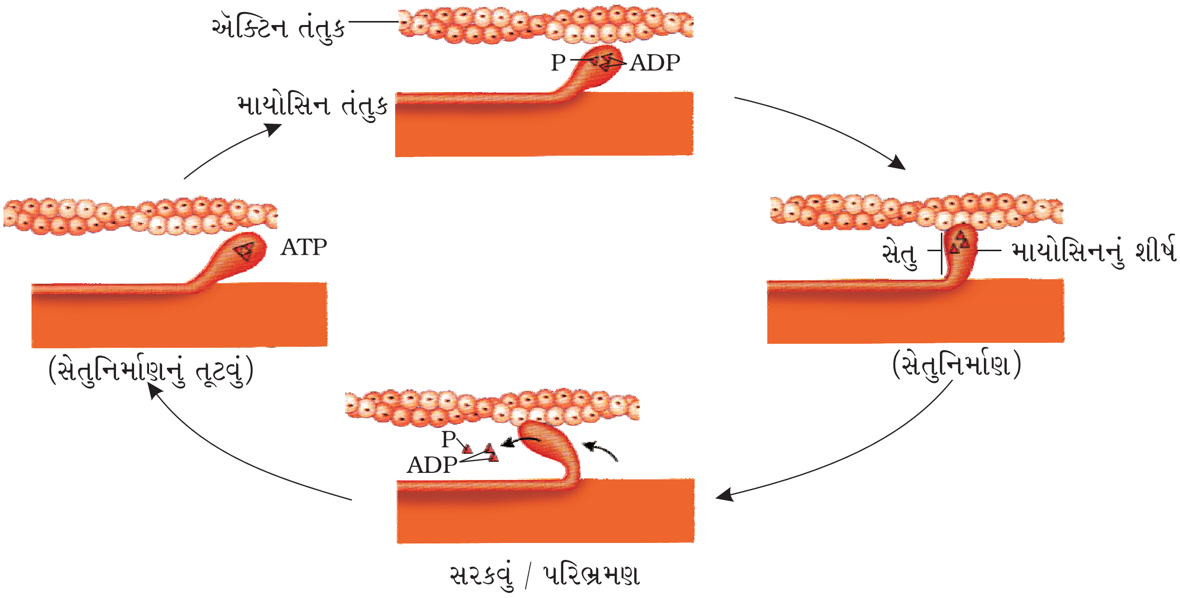
આકૃતિ 20.3 : (a) ઍક્ટિન (પાતળા) તંતુક (b) માયોસિન એકલઅણુ (મેરોમાયોસિન)

20.2.2 સ્નાયુસંકોચનની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Muscle Contraction)

સ્નાયુસંકોચનની ક્રિયાવિધિ સારી રીતે સરકતા તંતુકવાદ દ્વારા સમજાવી શકાય છે. જેના અનુસાર સ્નાયુતંતુનું સંકોચન પાતળા તંતુકોનું, જાડા તંતુકો ઉપર સરકવાને લીધે થાય છે.

સ્નાયુ સંકોચનની શરૂઆત મધ્યસ્થ ચેતાતંત્રના પ્રેરક ચેતાકોષ દ્વારા મોકલવામાં આવતા

સંદેશાઓ દ્વારા થાય છે. પ્રેરક ચેતાકોષ, સ્નાયુ તંતુઓ સાથે જોડાઈ પ્રેરક એકમ બનાવે છે. પ્રેરક ચેતાકોષ અને સ્નાયુતંતુના ચેતાતંતુ પડ વચ્ચેના જોડાણને ચેતાસ્નાયુ સંધાન કે પ્રેરક-અંત તકતી (Motor-end Plate) કહે છે. ચેતા- સંદેશાઓ જ્યારે આ જોડાણ સ્થાને પહોંચે છે ત્યારે ન્યુરોટ્રાન્સમીટર (એસિટાઇલ કોલાઇન) મુક્ત થાય છે. જે સ્નાયુતંતુપડમાં સક્રિય ક્લાવીજસ્થિતિમાનનું નિર્માણ કરે છે. જે સ્નાયુતંતુ દ્વારા ફેલાય છે અને તેને લીધે સ્નાયુરસમાં કૅલ્શિયમ આયનો મુક્ત થાય છે. Ca^{++}ના સ્તરમાં થતો વધારો, કૅલ્શિયમ એ ઍક્ટિન તંતુકો ઉપરના ટ્રોપોનીનના ઉપ-એકમ સાથે જોડાણ પામે છે અને તેને લીધે માયોસિનના સક્રિય સ્થાનેથી ઢાંકણ(Masking)ને દૂર કરે છે. જેથી તે ભાગ માયોસિનના જોડાણ માટે ખુલ્લો થાય છે. ATPના જળવિભાજન દ્વારા પ્રાપ્ત શક્તિનો ઉપયોગ કરી માયોસિન તંતુકના શીર્ષ ઍક્ટિનના ખુલ્લા સક્રિય સ્થાનો



આકૃતિ 20.4 : સેતુનિર્માણ, શીર્ષનું પરિભ્રમણ અને સેતુનિર્માણનું તૂટવાના તબક્કા

સાથે સેતુનિર્માણ માટે જોડાય છે (આકૃતિ 20.4). આ બંધથી જોડાયેલ ઍક્ટિન તંતુઓ 'A' બિંબના કેન્દ્ર તરફ ખસે છે. આ ઍક્ટિન સાથે જોડાયેલ 'Z'-રેખા પણ અંદરની તરફ ખેંચાય છે. જેનાથી સ્નાયુતંતુકખંડ ટૂંકો થાય છે, એટલે કે સંકોચન થાય છે. ઉપરોક્ત તબક્કાથી એ સ્પષ્ટ છે કે સ્નાયુના ટૂંકા થવાના સમયે એટલે કે સંકોચન થવાથી 'I'-બિંબ ટૂંકો થાય છે, જ્યારે 'A'-બિંબ તેની લંબાઈને જાળવી રાખે છે (આકૃતિ 20.5). માયોસિન, ADP અને P*i* મુક્ત કરે છે જે વિશ્રામી સ્થિતિમાં પરત જાય છે. નવો ATP જોડાય છે અને સેતુનિર્માણ તૂટે છે (આકૃતિ 20.4). ATP માયોસિનના શીર્ષ દ્વારા ફરી જળવિભાજન પામે છે અને સેતુનિર્માણ અને તૂટવાનું ચક્ર પુનરાવર્તિત થયા કરે છે. જેને પરિણામે સરકવાનું આગળ ચાલે છે. પ્રક્રિયા ત્યાં સુધી ચાલું રહે છે. જ્યાં સુધી Ca++ આયનો સ્નાયુરસની સિર્સ્ટની (અંતઃ સ્નાયુ રસજાળ)માં પાછા ન