પ્રકરણ 17

શ્વાસોચ્છ્વાસ અને વાયુઓનું વિનિમય (Breathing and Exchange of Gases)

17.1 શ્વસનાંગો
17.2 શ્વાસોચ્છ્વાસની ક્રિયાવિધિ
17.3 વાયુઓની આપ-લે
17.4 વાયુઓનું વહન
17.5 શ્વસનનું નિયમન
17.6 શ્વસનતંત્રની અનિયમિતતાઓ

તમે આગળ અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો કે વિવિધ પ્રક્રિયાઓ કરવા માટે જરૂરી શક્તિ મેળવવા ગ્લુકોઝ જેવા પોષક ઘટકોના આડકતરા વિઘટનમાં ઑક્સિજન (O_2) સજીવો દ્વારા વપરાય છે. ઉપરની અપચયિક પ્રક્રિયા દરમિયાન નુકશાનકારક કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) મુક્ત થાય છે. તેથી તે સ્પષ્ટ છે કે કોષોને સતત O_2 મળતો રહેવો જોઈએ અને કોષો દ્વારા ઉત્પન્ન થતો CO_2 મુક્ત થવો જોઈએ. વાતાવરણીય O_2 અને કોષો દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં CO_2ના વિનિમયની આ પ્રક્રિયાને **શ્વાસોચ્છ્વાસ (Breathing)**, જેને સામાન્ય રીતે **શ્વસન (Repiration)** કહે છે. તમારો હાથ તમારી છાતી ઉપર મૂકો; તમે છાતીને ઉપર-નીચી થતી અનુભવશો. તમે જાણો છો કે તે શ્વાસોચ્છ્વાસને કારણે છે. આપણે શ્વાસોચ્છ્વાસ કેવી રીતે કરીએ છીએ ? શ્વસનાંગો અને શ્વાસોચ્છ્વાસની પ્રક્રિયા પ્રકરણના નીચેના વિભાગોમાં વર્ણવી છે.

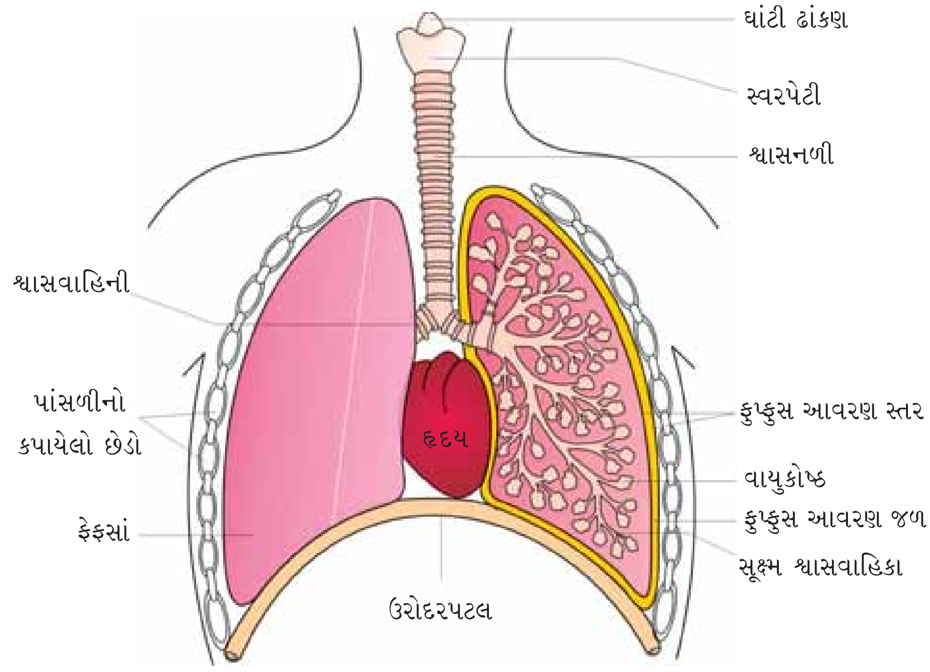
17.1 શ્વસનાંગો (Respiratory organs)

પ્રાણીઓના વિવિધ સમૂહોમાં શ્વાસોચ્છ્વાસની પ્રક્રિયા તેમના નિવાસ્થાનો અને સ્તરીય આયોજન પ્રમાણે બદલાય છે. નીચલી કક્ષાના અપૃષ્ઠવંશીઓ જેવા કે વાદળીઓ, કોષ્ઠાંત્રિઓ, ચપટા કૃમિઓ વગેરે O_2 અને CO_2નું વિનિમય તેમના શરીરની સમગ્ર સપાટીથી સરળ પ્રસરણ દ્વારા કરે છે. અળસિયાં તેમના ભીના ક્યુટિકલનો ઉપયોગ કરે છે. અને કીટકો નલિકાઓની ગોઠવણ (શ્વાસનલિકાઓ) દ્વારા વાતાવરણની હવાનું શરીરમાં વહન કરાવે છે. જલીય સંધિપાદો અને મૃદુકાયોમાં વિશિષ્ટ વાહિનીમય રચના ધરાવતી **ઝાલરો**નો ઉપયોગ કરે છે અને સ્થલીય સ્વરૂપો વાહિનીમય કોથળીઓ કે જેને **ફેફસાં** કહે છે, તેના દ્વારા વાયુની આપ-લે કરે છે. પૃષ્ઠવંશીઓમાં મત્સ્યો ઝાલરોનો ઉપયોગ કરે છે જ્યારે સરિસૃપો, પક્ષીઓ અને સસ્તનો ફેફસાં દ્વારા શ્વસન કરે છે. દેડકા જેવા ઉભયજીવીઓ તેમની ભીની ત્વચા દ્વારા

પણ શ્વસન કરે છે. સસ્તનોમાં વિકસિત શ્વસનતંત્ર હોય છે.

217.1.1 માનવ શ્વસનતંત્ર (Human Respiratory System)

આપણામાં એક જોડ બાહ્ય નાસિકા છિદ્રો હોય છે. જે ઉપરી હોઠની ઉપર ખૂલે છે. તે નાસિકા માર્ગ દ્વારા નાસિકા ગુહામાં ખૂલે છે. નાસિકા ગુહા, **નાસિકા-કંઠનળી**માં ખૂલે છે, કે જે કંઠનળીનો ભાગ છે, જે ખોરાક અને હવાનો સામાન્ય માર્ગ છે. નાસિકા-કંઠનળી સ્વરપેટી(સ્વરયંત્ર) પ્રદેશમાંના શ્વાસદ્વાર દ્વારા **શ્વાસનળી**માં ખૂલે છે. સ્વરયંત્ર કાસ્થિમય પેટી છે. જે અવાજ ઉત્પન્ન કરવામાં મદદ કરે છે અને તેથી તેને **સ્વરપેટી** કહે છે. ખોરાક ગળવાની ક્રિયા દરમિયાન શ્વાસદ્વાર (Glottis) પાતળા સ્થિતિસ્થાપક કાસ્થિમય પડદો કે જેને ઘાંટી ઢાંકણ (Epiglottis) કહે છે તેના દ્વારા ઢંકાય છે. જે ખોરાકનો સ્વરયંત્રમાં પ્રવેશ અટકાવે છે. શ્વાસનળી એ સીધી નળી છે જે મધ્ય-ઉરસીય ગુહા સુધી લંબાયેલી છે. જે 5મી ઉરસીય કશેરૂકાના સ્તરે (સ્થાને) જમણી અને ડાબી **પ્રાથમિક શ્વાસવાહિની**માં વિભાજીત થાય છે. દરેક શ્વાસવાહિની વારંવાર વિભાજન પામી દ્વિતીય અને તૃતીય શ્વાસવાહિનીમાં અને શ્વાસવાહિકા અંતે પાતળી અંત્ય શ્વાસવાહિકામાં અંત પામે છે. શ્વાસનળી, પ્રાથમિક, દ્વિતીય અને તૃતીય શ્વાસવાહિનીઓ અને શરૂઆતની શ્વાસવાહિકાઓ અપૂર્ણ કાસ્થિમય કડીઓ દ્વારા આધાર પામેલ છે. દરેક **અંત્ય શ્વાસવાહિકા**ઓ અંતે ઘણી બધી પાતળી, અનિયમિત દીવાલયુક્ત વાહિકાયુક્ત કોથળી જેવી રચનામાં ખૂલે છે. જેને **વાયુકોષ્ઠ** કહે છે. શ્વાસવાહિની, શ્વાસવાહિકાઓનું શાખિત જાળું અને વાયુકોષ્ઠો ભેગા મળી ફેફસાંની રચના કરે છે (આકૃતિ 17.1). આપણે બે ફેફસાં ધરાવીએ છીએ જે દ્વિસ્તરીય ફુપ્ફુસાવરણ (Pleura) દ્વારા આવૃત્ત હોય છે અને એમની વચ્ચે ફુપ્ફુસાવરણ



આકૃતિ 17.1 : માનવ શ્વસનતંત્રની રેખાકૃતિ (ડાબા ફેફસાંનો ઊભો છેદ પણ દર્શાવેલ છે)

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.

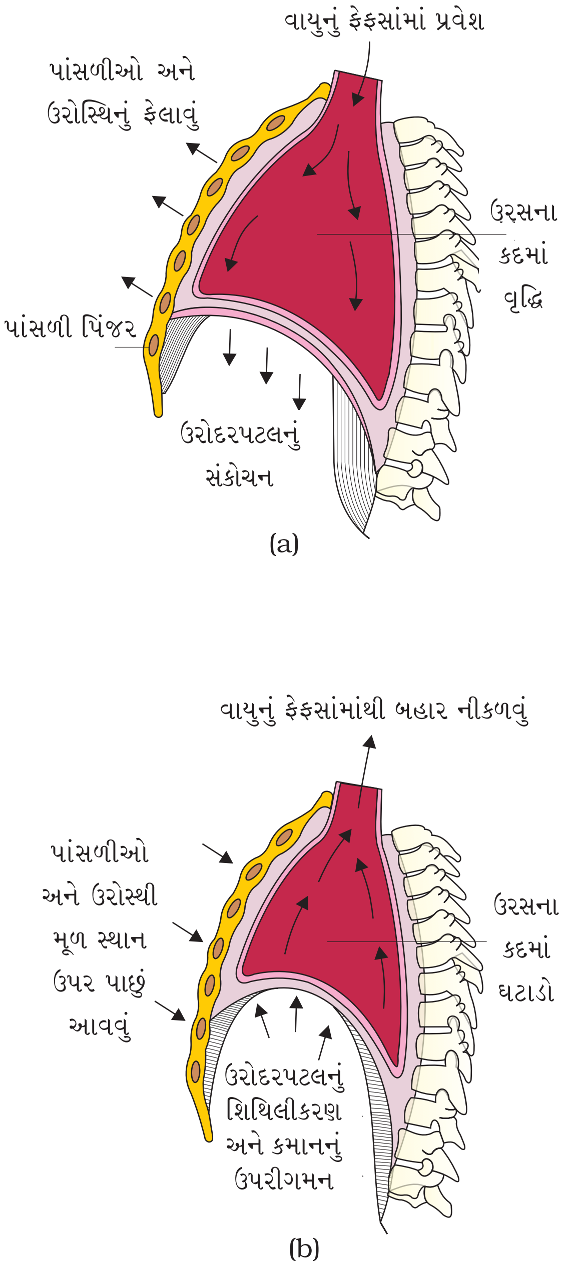
17.2.1 શ્વસનનું કદ અને ક્ષમતા (Respiratory Volumes and Capacities)

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



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.

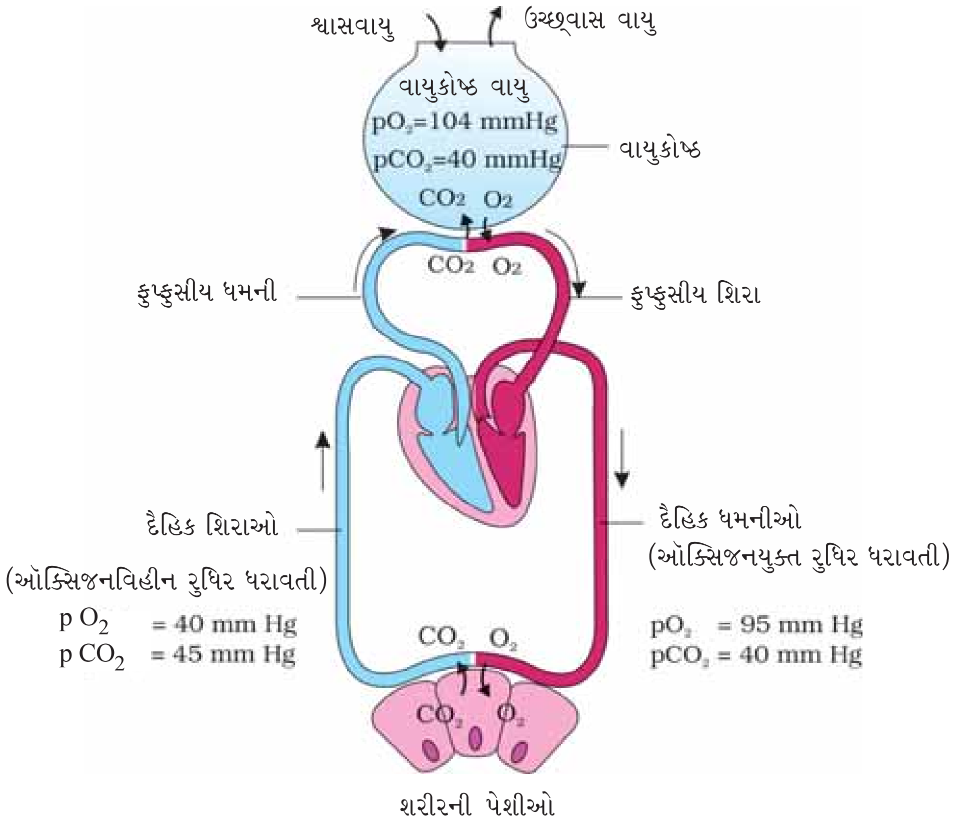
17.3 વાયુઓની આપ-લે (Exchange of Gases)

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

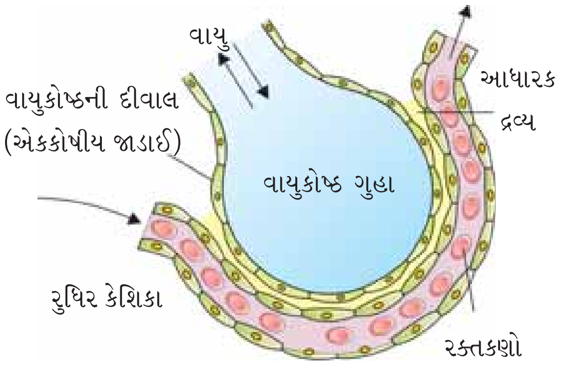
કોષ્ટક 17.1 : વાતાવરણની તુલનામાં પ્રસરણમાં સંકળાયેલા વિવિધ ભાગોમાં ઑક્સિજન અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું આંશિક દબાણ (mm Hgમાં)

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.



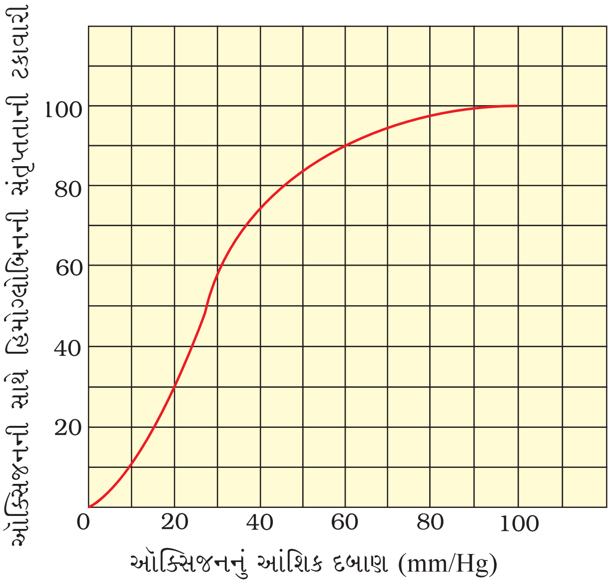
આકૃતિ 17.4 : ફુપ્ફુસવાહિકા સાથે વાયુકોષ્ઠના છેદની રેખાકૃતિ

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 ડાયૉક્સાઇડનું 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.

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

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 સ્પાઈરોમિટરની 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.