6. | ধমনি রক্তে অক্সিজেন পরিবহণ পদ্ধতি লেখো। [CU- '02, '95, '97, '11; BU- '02]

Ans. ধমনি রক্তে অক্সিজেন পরিবহণ পদ্ধতি তিনটি পর্যায়ে ঘটে থাকে, যথা— **(A)** ফুসফুস থেকে রক্তে অক্সিজেনের প্রবেশ। **(B)** ধমনি রক্তে অক্সিজেন পরিবহণ। **(C)** রক্ত থেকে কলা কোশে O_2-এর প্রবেশ।

(A) ফুসফুস থেকে রক্তে O_2-এর প্রবেশ ঃ অ্যালভিওলাসে O_2-এর পার্শ্বচাপ (Po_2) হল 100 mm Hg এবং শিরারক্তে O_2-এর পার্শ্বচাপ 40 mm Hg। অ্যালভিওলার ও শিরারক্তে O_2-এর পার্শ্বচাপের পার্থক্য 60 mm Hg। এই চাপের পার্থক্যের জন্য O_2 সহজেই অ্যালভিওলাই থেকে রক্তে ব্যাপন পদ্ধতিতে প্রবেশ করে।

(B) ধমনি রক্তে অক্সিজেন পরিবহণ ঃ রক্ত অক্সিজেন পরিবহণ করে ফুসফুস থেকে হৃৎপিণ্ডে এবং হৃদপিণ্ড থেকে দেহের বিভিন্ন অংশে। রক্তে অক্সিজেন পরিবহণ নিম্নলিখিতভাবে ঘটে—

(i) দ্রবীভূত গ্যাসরূপে **(As dissolved gas)** ঃ প্রায় 3% অক্সিজেন রক্তের প্লাজমায় দ্রবীভূত হয় এবং দেহকোশে পরিবাহিত হয়।

(ii) অক্সিহিমোগ্লোবিন রূপে **(As oxyhaemoglobin)** ঃ প্রায় 97% অক্সিজেন লোহিত কণিকামধ্যস্থ হিমোগ্লোবিনের সঙ্গে যৌগ গঠন করে বাহিত হয়।

হিমোগ্লোবিন (Hb), গ্লোবিন নামক প্রোটিন এবং হিম (haem) নামক রঞ্জক নিয়ে গঠিত। হিম অংশ 4টি আয়রন (Fe^{++}) অণু নিয়ে গঠিত। প্রতিটি আয়রন অণু এক অণু করে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়। অক্সিজেন হিমোগ্লোবিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অক্সিহিমোগ্লোবিন (oxyhaemoglobin) যৌগ গঠন করে, যা রিভারসিবল (reversible)।

$$Hb_4 + 4O_2 \rightarrow Hb_4O_8$$

হিমোগ্লোবিন অক্সিজেন অক্সিহিমোগ্লোবিন

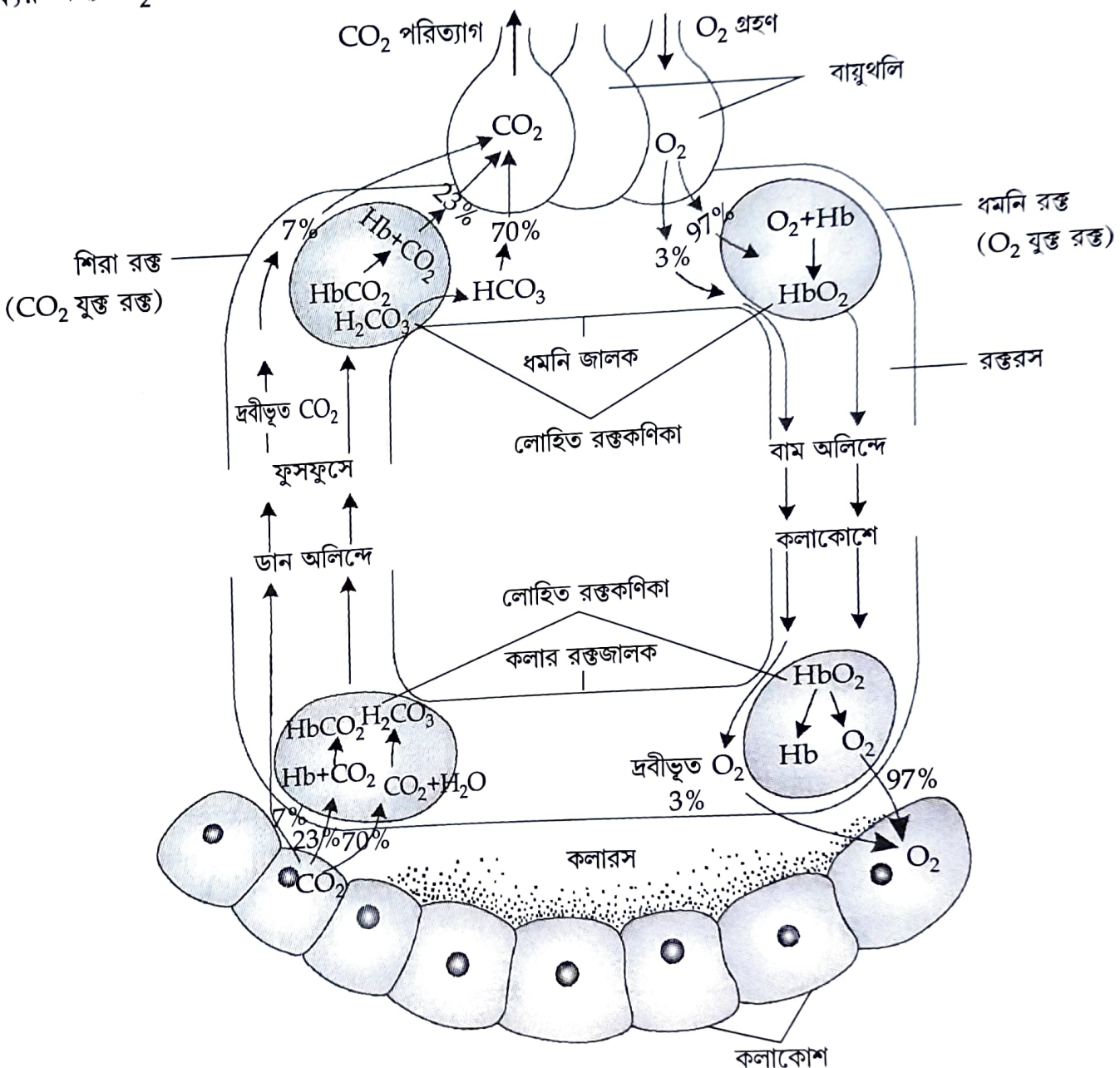
অক্সিহিমোগ্লোবিন যৌগ রক্ত দিয়ে বাহিত হয়ে দেহের বিভিন্ন অঙ্গ এবং কলায় পৌঁছোয়। অক্সিহিমোগ্লোবিন কলাকোশের জালকে পৌঁছোলে তবেই বিশ্লিষ্ট হয়। কলাকোশের গ্লুকোজের অবিরাম বিপাক ঘটতে থাকে। ফলে কোশে CO_2 উৎপাদন হতে থাকে এবং অক্সিজেনও সমানে ব্যবহৃত হয়। ফলে কলা রসে এবং কলাকোশে অক্সিজেনের চাপ সবসময় কম থাকে। (Po_2 = <35) এবং CO_2-এর চাপ জালক অপেক্ষা সর্বদা বেশি থাকে (Pco_2= >46)। সুতরাং কম অক্সিজেন চাপে অক্সিহিমোগ্লোবিন যৌগ বিশ্লিষ্ট হয়ে অক্সিজেনকে মুক্ত করে। এই অক্সিজেন ব্যাপন প্রক্রিয়ায় রক্তজালকের রক্ত থেকে প্রথমে কলা রসে এবং পরে কলাকোশে প্রবেশ করে।

$$Hb_4O_8 \rightarrow Hb_4 + 4O_2$$

অক্সিহিমোগ্লোবিন হিমোগ্লোবিন অক্সিজেন

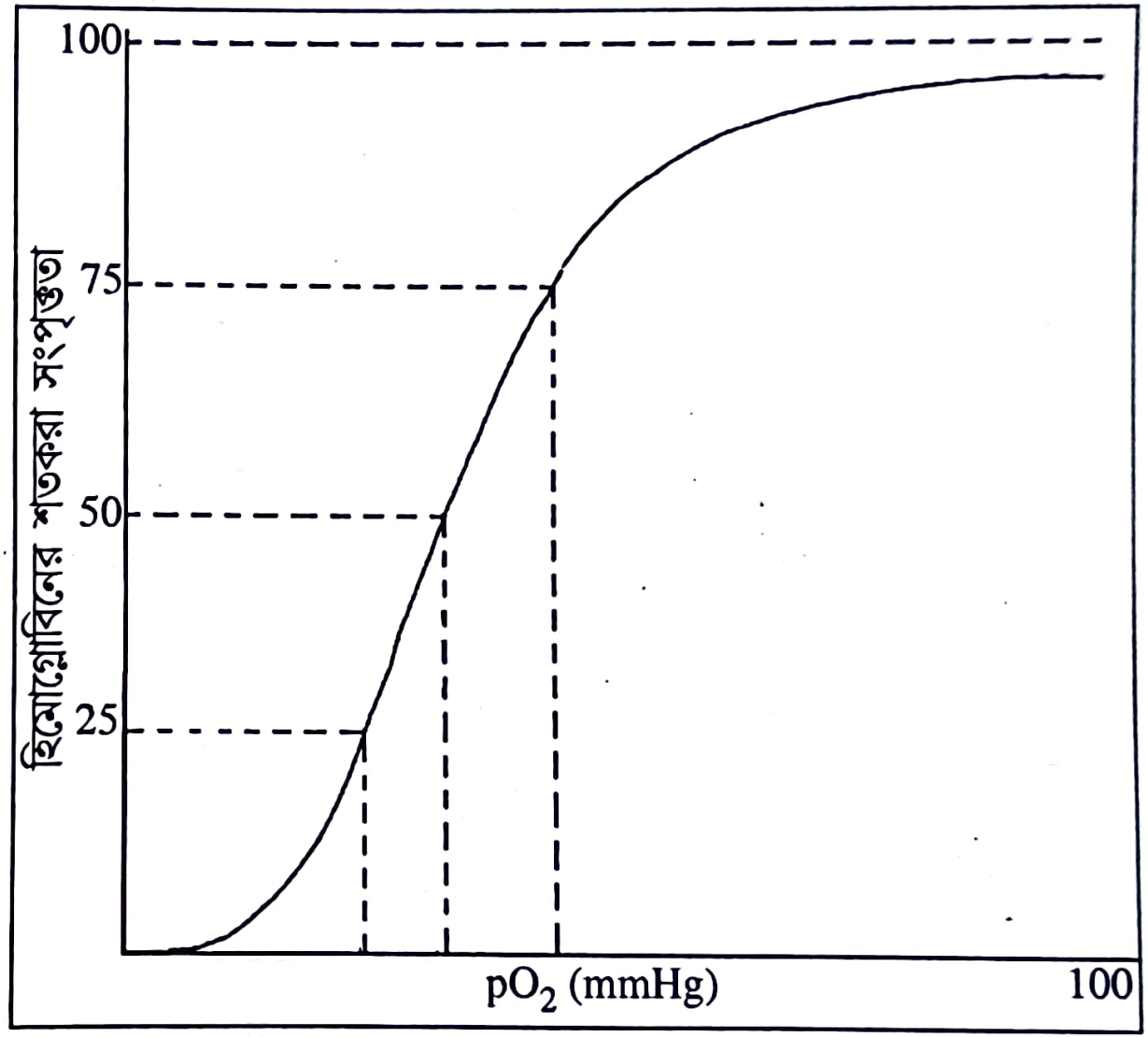
সাধারণ অবস্থায় কোনো ব্যক্তির 100 ml রক্তে 15 gm হিমোগ্লোবিন থাকে। 1 gm হিমোগ্লোবিন 1.34 ml অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়। সুতরাং গড়ে 100 ml রক্ত প্রায় 20 ml O_2 পরিবহণ করে। এই কারণে সাধারণ অবস্থায় 100 ml রক্ত প্রায় 5 ml অক্সিজেন কলাকোশে পরিবহণ করে।

(C) রক্ত থেকে কলাকোশে O_2-এর প্রবেশ ঃ কলারসে O_2-এর পার্শ্বচাপ 30-40 mm Hg এবং ধমনিরক্তে O_2-এর পার্শ্বচাপ প্রায় 95-100 mm Hg। পার্শ্বচাপের পার্থক্য প্রায় 60 mm Hg, পার্শ্বচাপের এই পার্থক্যের জন্য O_2 রক্ত থেকে ব্যাপন পদ্ধতিতে কলারস এবং অবশেষে কলাকোশে পৌঁছোয়।



3.7.1. অক্সিজেন ডিসোসিয়েশন কার্ভ (Oxygen Dissociation Curve)

রক্তের হিমোগ্লোবিনের সাথে অক্সিজেনের সংযুক্তি ও তার পরিবহণ লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়। অক্সিজেনের বিভিন্ন পার্শ্বচাপে হিমোগ্লোবিনের সাথে অক্সিজেনের সংযুক্তি যে লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয় তাকে **অক্সিজেন ডিসোসিয়েশন কার্ভ** (Oxygen dissociation curve) বলে। এই লেখচিত্রের X-অক্ষে অক্সিজেনের পার্শ্বচাপ ও Y-অক্ষে হিমোগ্লোবিনের সংপৃক্তিকরণের শতাংশকে লিপিবদ্ধ করা হয়। দেহতাপমাত্রা ও অন্যান্য শারীরবৃত্তীয় স্বাভাবিক অবস্থায় O_2-এর বিভিন্ন পার্শ্বচাপে হিমোগ্লোবিনের সাথে তার সংপৃক্তিকরণের লেখচিত্রটি সিগ্‌ময়েড (Sygmoid) আকৃতির অর্থাৎ অনেকটা ইংরাজি বর্ণ S-এর মতো হয়ে থাকে।

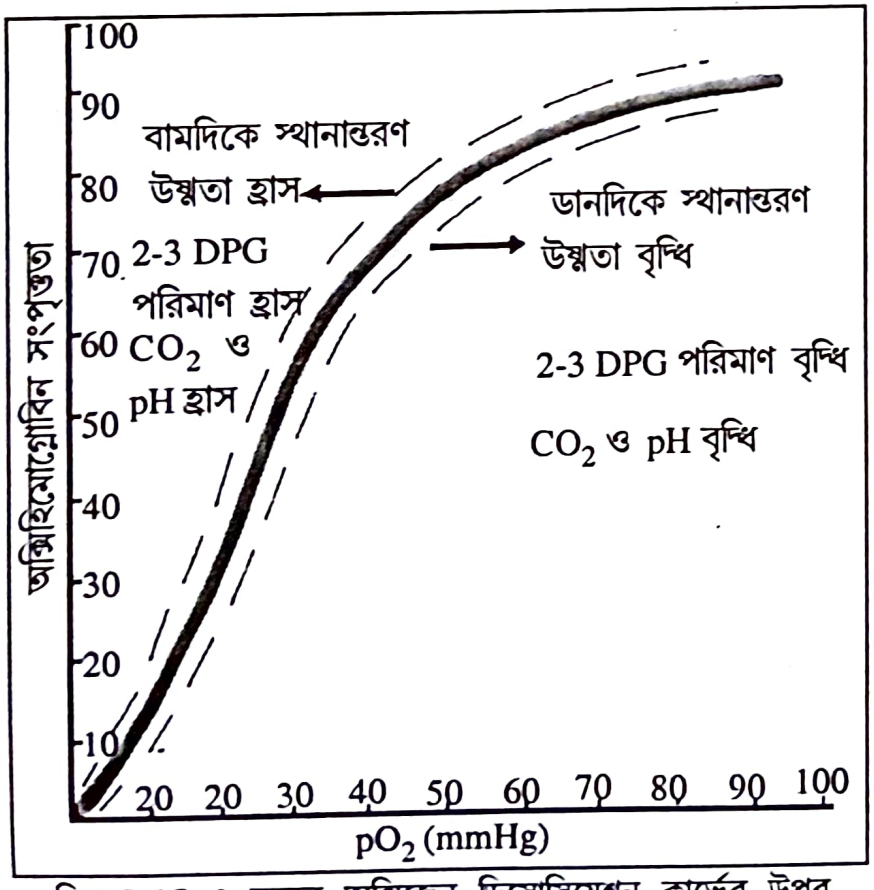


চিত্র 3.12. ঃ একটি আদর্শ অক্সিজেন ডিসোসিয়েশন কার্ভ।

লেখচিত্রটি বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় এটির তিনটি অংশ উপস্থিত। প্রথম অংশটির অত্যন্ত ধীর বৃদ্ধি মাঝের অংশটির অতি দ্রুত বৃদ্ধি এবং শেষের অংশটির কোনো বৃদ্ধি লক্ষ করা যায় না। প্রথম অংশটি হিম-হিম আন্তরক্রিয়ার (heme-heme interaction) ফলে অত্যন্ত ধীর হয় অর্থাৎ O_2-এর পার্শ্বচাপের পরিবর্তন ঘটলেও হিমোগ্লোবিনের সাথে অক্সিজেনের সংযুক্তি অতি অল্প পরিমাণে ঘটে থাকে। মাঝের দ্রুত বৃদ্ধির কারণ হল অক্সিহিমোগ্লোবিন উৎপাদনের হার বৃদ্ধি অর্থাৎ অল্প O_2-এর পার্শ্বচাপের বৃদ্ধিতে হিমোগ্লোবিনের সাথে অক্সিজেনের সংযুক্তিকরণ দ্রুত হয়। তবে এই সংযুক্তিকরণ সর্বাধিক 98% হয়। লেখচিত্রের শেষ সমতল অংশটি থেকে বোঝা যায় যে অক্সিজেনের পার্শ্বচাপ আরও বৃদ্ধি পেলেও হিমোগ্লোবিনের সাথে অক্সিজেনের সংপৃক্তিকরণ আর বৃদ্ধি পায় না অর্থাৎ অক্সিজেনের একটি নির্দিষ্ট পার্শ্বচাপের পর পার্শ্বচাপের আরও বৃদ্ধি ঘটলেও অক্সিহিমোগ্লোবিন উৎপাদন আর বৃদ্ধি পায় না।

অক্সিজেন ডিসোসিয়েশন কার্ভের বিভিন্ন প্রভাবক (Different factors of Oxygen dissociation curve) ঃ স্বাভাবিক অক্সিজেন ডিসোসিয়েশন কার্ভ বিভিন্ন প্রভাবকের দ্বারা প্রভাবিত হয়। এগুলি হল—

1. কার্বন ডাইঅক্সাইড (Carbon dioxide) ঃ রক্তে কার্বন ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ বৃদ্ধিতে লেখচিত্রটি স্বাভাবিকের তুলনায় আরও ডানদিকে এবং কার্বন ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ হ্রাসে লেখচিত্রটি আরও বামদিকে সরে যায়। লেখচিত্রটি ডানদিকে সরে গেলে মাঝের খাড়া অংশটি অপেক্ষাকৃত ভাবে সমতল এবং বামদিকে সরে গেলে অপেক্ষাকৃত ভাবে আরও খাড়া হয়। এর থেকে বোঝা যায় যে CO_2-এর অধিক উপস্থিতিতে O_2-এর পার্শ্বচাপের অধিক পরিবর্তনে সংপৃক্তিকরণের হ্রাস এবং CO_2-এর পরিমাণ হ্রাসে সংপৃক্তিকরণের বৃদ্ধি ঘটে। এরফলে রক্তে অধিক CO_2-এর উপস্থিতিতে কলাকোশে অক্সিজেনের বিযুক্তিকরণ সঠিক হয়।



চিত্র 3.13. ঃ রক্তের অক্সিজেন ডিসোসিয়েশন কার্ভের উপর CO_2, pH, 2-3 DPG উষ্ণতার প্রভাব।

2. রক্তের pH (pH of Blood) ঃ রক্তের pH হ্রাসে অর্থাৎ রক্তের আম্লিক মান বৃদ্ধি পেলে লেখচিত্রটি স্বাভাবিকের তুলনায় ডানদিকে এবং রক্তের pH বৃদ্ধিতে অর্থাৎ রক্তের ক্ষারীয় মান বৃদ্ধিতে স্বাভাবিকের তুলনায় লেখচিত্রটি বামদিকে সরে যায়। রক্তে CO_2-এর পরিমাণ বৃদ্ধি ও হ্রাসে রক্তের pH যথাক্রমে আম্লিক ও ক্ষারীয় হয়ে থাকে।

3. উষ্ণতা (Temperature) ঃ দেহ উষ্ণতা বৃদ্ধিতে লেখচিত্রটি ডান দিকে এবং দেহ উষ্ণতা হ্রাসে লেখচিত্রটি বাম দিকে সরে যায়। কলাকোশের অতিরিক্ত তাপ উৎপাদনে অক্সিহিমোগ্লোবিনের বিযুক্তিকরণ সঠিক হয়।

4. লোহিত রক্তকণিকার 2, 3-ডাইফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড (2, 3-Diphosphoglyceric acid of RBC) ঃ রক্তের লোহিত রক্তকণিকায় উপস্থিত 2, 3-ডাইফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিডের (2, 3-DPG) পরিমাণ বৃদ্ধিতে ও হ্রাসে অক্সিজেন ডিসোসিয়েশন কার্ভ স্বাভাবিকের তুলনায় যথাক্রমে ডানদিকে ও বামদিকে সরে যায়। সমুদ্রপৃষ্ট থেকে উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে সাথে লোহিত রক্তকণিকায় 2, 3-DPG-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে অধিক উচ্চতায় O_2-এর পার্শ্বচাপ কম হওয়া সত্ত্বেও কলাকোশে অক্সিজেনের সরবরাহ একটি নির্দিষ্ট মাত্রা পর্যন্ত সঠিক থাকে।

7. | শিরা রক্তে CO_2-এর পরিবহণ পদ্ধতি লেখো। [CU- '96, '98, '01, '11, '13; VU- '07, '13]

Ans. ▮ কলাকোশ থেকে ফুসফুসে CO_2-এর পরিবহণ তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত, যথা— **(A)** শিরারক্তে CO_2-এর প্রবেশ **(B)** শিরারক্তে CO_2 -এর পরিবহণ। **(C)** ফুসফুসে CO_2-এর প্রবেশ।

(A) শিরারক্তে CO_2-এর প্রবেশ ঃ কোশীয় বিপাকের ফলে উৎপন্ন CO_2 কলারস হয়ে রক্তে প্রবেশ করে, কলারসে Pco_2 প্রায় 46 mm Hg আবার কোশের ভিতরে Pco_2 অপেক্ষাকৃত বেশি। অপরপক্ষে, ধমনিরক্তে Pco_2 40 mm Hg। পার্শ্বচাপের এই পার্থক্যের জন্য ব্যাপন পদ্ধতিতে কলাকোশ থেকে রক্তে CO_2 প্রবেশ করে।

প্রক্রিয়াটি নিম্নরূপে ঘটে—

লোহিত রক্তকণিকায় উৎসেচক কার্বনিক অ্যানহাইড্রেজের উপস্থিতির জন্য রক্তে প্রবিষ্ট CO_2 লোহিতকণিকায় প্রবেশ করার পর দ্রুতগতিতে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$H_2O + CO_2 \underset{\text{অ্যানহাইড্রেজ}}{\overset{\text{কার্বনিক}}{\rightleftharpoons}} H_2CO_3$$

কার্বনিক অ্যাসিড

কার্বনিক অ্যাসিড KHb-র সঙ্গে বিক্রিয়া করে অধিক পরিমাণ পটাশিয়াম বাইকার্বনেট যৌগ উৎপন্ন করে।

$$H_2CO_3 + KHb \rightleftharpoons KHCO_3 + HHb$$

পটাশিয়াম বাইকার্বনেট

এর ফলে লোহিতকণিকায় pH প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। প্লাজমা থেকে ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) লোহিত কণিকায় প্রবেশ করে $KHCO_3$-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে pH প্রবণতা হ্রাস করে এবং বাইকার্বনেট আয়ন মুক্ত করে।

$$KHCO_3 + Cl^- \rightleftharpoons KCl + HCO_3^-$$

পটাশিয়াম বাইকার্বনেট — পটাশিয়াম ক্লোরাইড

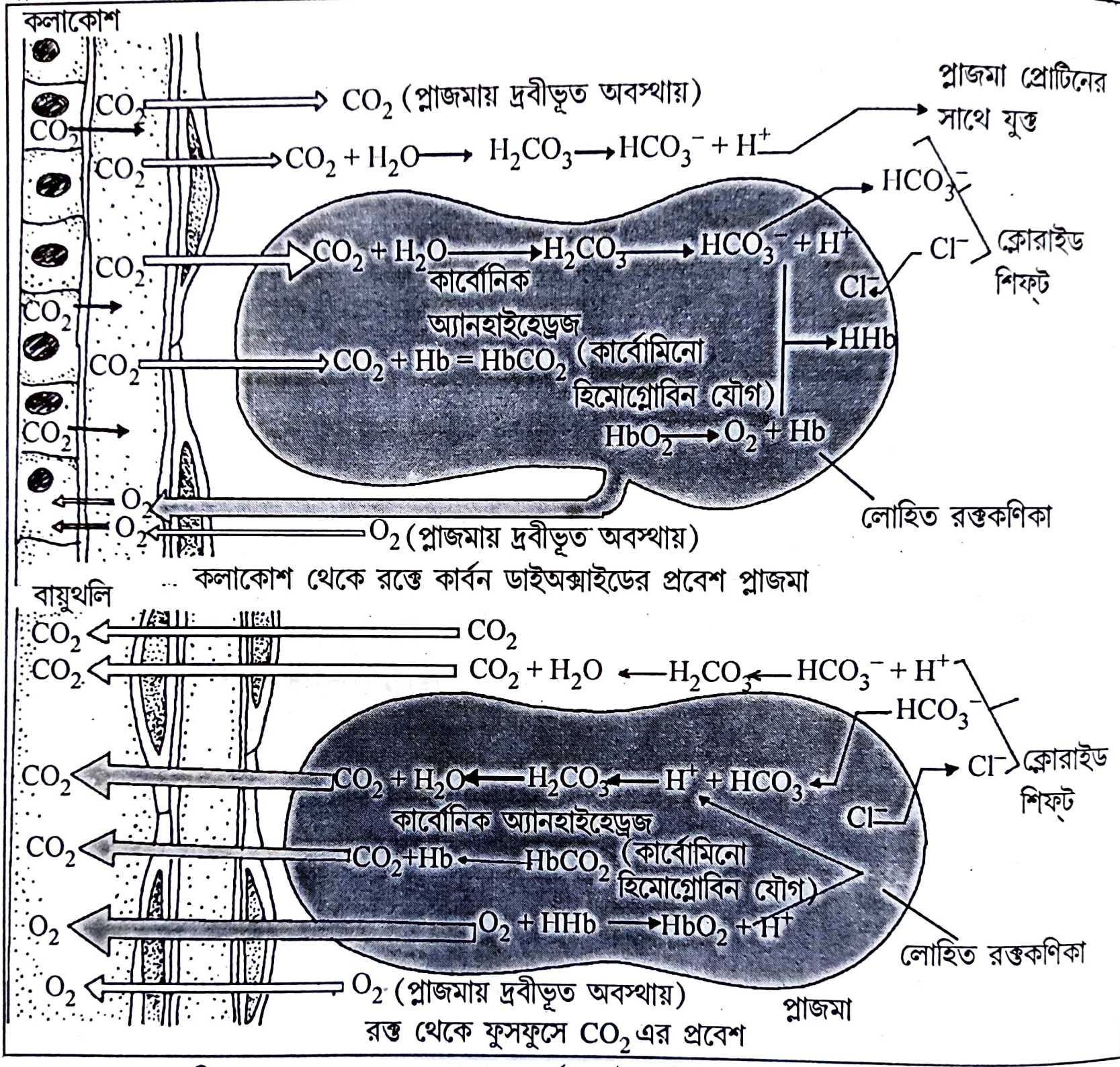
বিক্রিয়ালব্ধ HCO_3^- রক্তকোশে বৃদ্ধি পেলে প্লাজমা ও কোশের আয়ন সাম্য ব্যাহত হয়। ফলে প্রায় 70% HCO_3^- কোশ থেকে নির্গত হয় এবং প্লাজমার মুক্ত সোডিয়াম আয়নের (Na^+) সঙ্গে যুক্ত হয়ে সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$) গঠন করে।

$$HCO_3^- + Na^+ \rightleftharpoons NaHCO_3$$

সোডিয়াম বাইকার্বনেট

ফুসফুসে এই পরিবর্তন বিপরীতমুখী হয়, ফলে CO_2 রক্ত থেকে নির্গত হয় এবং Cl^- পুনরায় প্লাজমাতে প্রত্যাবর্তন করে।

C. ফুসফুসে CO_2-এর প্রবেশ ঃ 100 ml শিরারক্তে প্রায় 52 ml CO_2 থাকে। শিরারক্তে CO_2-এর পার্শ্বচাপ 46 mmHg এবং অ্যালভিওলাইতে CO_2-এর পার্শ্বচাপ 40 mm Hg। পার্শ্বচাপের এই পার্থক্যের জন্য শিরারক্ত থেকে CO_2 ব্যাপন পদ্ধতিতে অ্যালভিওলাইতে প্রবেশ করে।


কলাকোশ
CO_2
CO_2 (প্লাজমায় দ্রবীভূত অবস্থায়)
$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow HCO_3^- + H^+$
প্লাজমা প্রোটিনের সাথে যুক্ত
HCO_3^-
Cl^-
ক্লোরাইড শিফ্ট
$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow HCO_3^- + H^+$
কার্বোনিক অ্যানহাইড্রেজ
Cl^-
$CO_2 + Hb = HbCO_2$ (কার্বোমিনো হিমোগ্লোবিন যৌগ)
HHb
$HbO_2 \rightarrow O_2 + Hb$
O_2
O_2 (প্লাজমায় দ্রবীভূত অবস্থায়)
লোহিত রক্তকণিকা
কলাকোশ থেকে রক্তে কার্বন ডাইঅক্সাইডের প্রবেশ প্লাজমা
বায়ুথলি
CO_2
$CO_2 + H_2O \leftarrow H_2CO_3 \leftarrow HCO_3^- + H^+$
HCO_3^-
Cl^-
ক্লোরাইড শিফ্ট
$CO_2 + H_2O \leftarrow H_2CO_3 \leftarrow H^+ + HCO_3$
কার্বোনিক অ্যানহাইড্রেজ
$CO_2 + Hb \leftarrow HbCO_2$ (কার্বোমিনো হিমোগ্লোবিন যৌগ)
$O_2 + HHb \rightarrow HbO_2 + H^+$
লোহিত রক্তকণিকা
O_2 (প্লাজমায় দ্রবীভূত অবস্থায়)
প্লাজমা
রক্ত থেকে ফুসফুসে CO_2 এর প্রবেশ