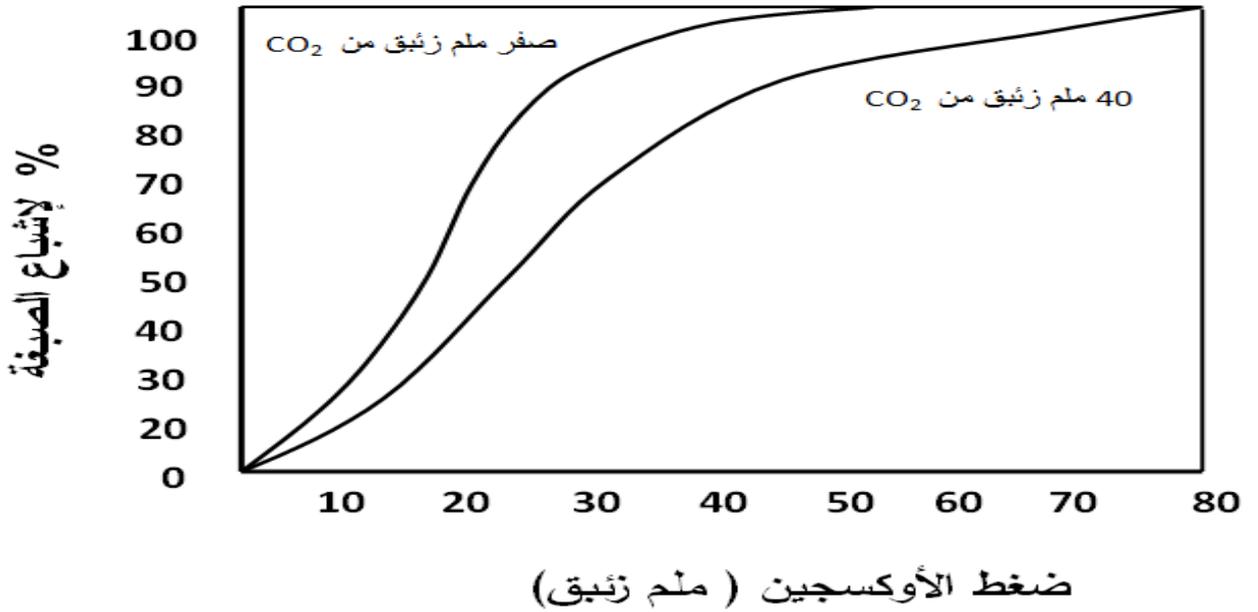


تأثير بوهر Bohr effect:

إن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون في بلازما الدم يسبب إزاحة منحنى التوازن للأوكسجين في معظم الصبغات التنفسية مثل الهيموغلوبين والهيموسيانين وكلما زاد ضغط ثاني أكسيد الكربون يزداد ميل المنحنى إلى الإزاحة من اليسار إلى اليمين وتسمى هذه بظاهرة بوهر. إن لهذه الظاهرة بصورة عامة محاسن لأنها تعني أن كمية اكبر من الأوكسجين سوف تعطي للنسيج المحتوي على كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون نتيجة لزيادة الأفعال الحيوية.



شكل (3) تأثير ثاني أكسيد الكربون (ملم ز) على منحنى توازن الأوكسجين لصبغة الهيموسيانين لدم الروبيان العنكبوتي *Maia*.

إن المنحنى الموجود في اليسار (صفر ملم ز CO₂) يعمل ضمن مدى ضيق من ضغط الأوكسجين تسبب إزاحته نحو اليمين (40 ملم ز CO₂) خطورة كبيرة على الصبغة التنفسية ومن المفيد أن تكون الحيوانات المائية التي تعيش في المياه الراكدة اقل حساسية إلى ثاني أكسيد الكربون من تلك الموجودة في المياه الجارية.

بصورة عامة نجد أن حساسية الصبغة التنفسية إلى ثاني أكسيد الكربون تعتمد على التالي:

- 1- الشكل الأولي لمنحنى التوازن الأوكسجيني.
- 2- الأوكسجين المتوفر في المحيط الذي يوجد فيها الحيوان.

تعمل صبغة الهيموغلوبين عند الحيوانات اللاقوية التي تعيش في منطقة المد والجزر للمياه البحرية مثل *Arenicola* والقوقع *Planorbis* الذي يعيش في بيئة المياه العذبة كمخزن للأوكسجين حيث تنطلق محتوياته في الحالات الطارئة من انخفاض تركيز الأوكسجين.

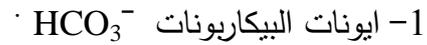
الصبغة التنفسية المايوكلوبين Myoglobin :

تختلف الصبغات التنفسية الموجودة في الأنسجة غالباً في تراكيزها وأوزانها الجزيئية عن الصبغات التنفسية المماثلة لها الموجودة في الدم لنفس الحيوان، والمايوكلوبين هو شكل من أشكال الهيموغلوبين يوجد في الأنسجة العضلية وتكون له إلفه كبيرة للأوكسجين أكثر من الهيموغلوبين. حيث يوجد في عضلات اللبائن، ويعتقد أن المايوكلوبين هو مخزن الأوكسجين، ويمكن أن يستنفذ هذا المخزون خلال ثانية واحدة تقريباً عند زيادة الأفعال الحيوية ومن المحتمل أن يساعد الحيوان في فترة قصيرة بين بداية الأفعال الحيوية الشديدة وفتح الشبكة الوعائية.

انتقال ثاني أوكسيد الكربون في دم Carbon dioxide transport in blood :

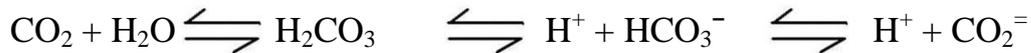
عند مرور الدم خلال أنسجة الجسم فإنه يعطي الأوكسجين ويأخذ ثاني أوكسيد الكربون في نفس الوقت، أما عند مرور الدم خلال الرئتين يحدث العكس حيث يعطي ثاني أوكسيد الكربون ويأخذ الأوكسجين. ولغرض فهم عملية انتقال ثاني أوكسيد الكربون علينا معرفة المزيد عنه وعن سلوكه داخل المحلول.

إن الكمية الكلية من ثاني أوكسيد الكربون التي ينقلها الدم تفوق كمية ثاني أوكسيد الكربون التي يجب أن تذوب داخل الماء (عند اشتداد ثاني أوكسيد الكربون في الدم) ويعزى السبب إلى أن الجزء الأكبر منه ينتقل على هيئة مركبات كيميائية أكثر من عملية نقله على شكل غاز، واهم مركبين كيميائيين هما:



2- ارتباط ثاني أوكسيد الكربون مع صبغة الهيموغلوبين.

يستطيع ثاني أوكسيد الكربون الارتباط بالمجاميع الأمينية للحوامض الأمينية لجزيئة البروتين ومنها الهيموغلوبين ليكون مركبات الكارب أمين Carbamine compounds. عند ذوبان ثاني أوكسيد الكربون في الماء فإنه يرتبط به ويكون حامض الكربونيك H_2CO_3 وحسب المعادلة التالية :



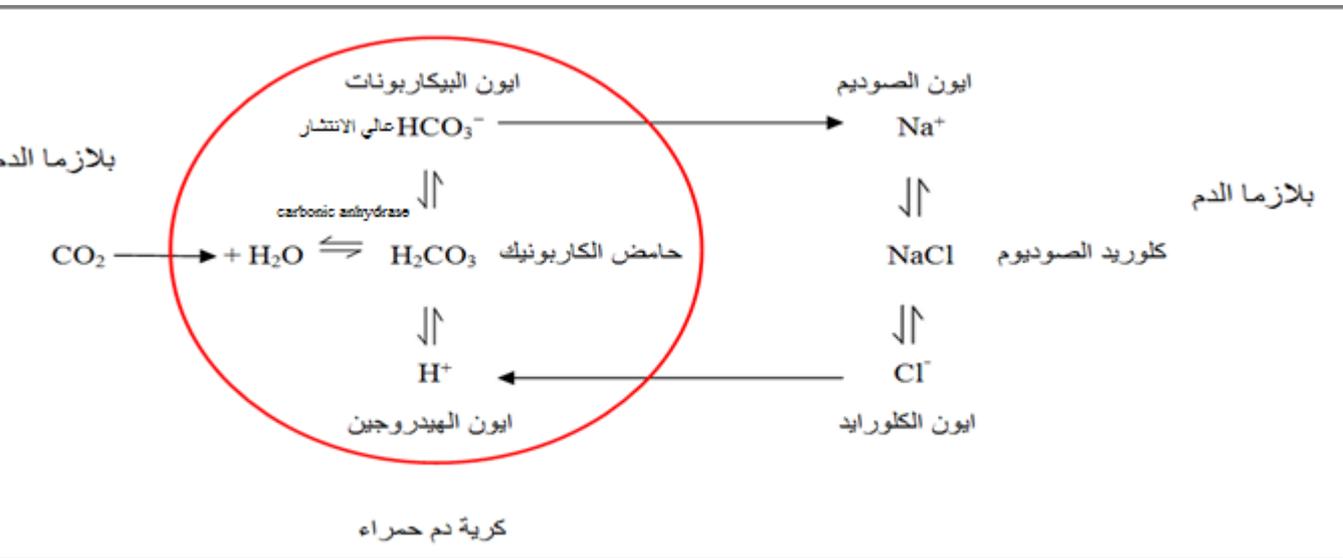
ايون الكاربونات ايون البيكاربونات حامض

الكاربونيك

(حامض ضعيف في 37°م)

نلاحظ من المعادلة ما يلي:

- 1- يتفكك H_2CO_3 كحامض إلى ايون الهيدروجين والى ايون البيكاربونات HCO_3^- ويعمل H_2CO_3 كحامض ضعيف جداً في درجة حرارة 37°م.
- 2- ينتقل CO_2 أولاً إلى المحلول الفيزياوي (الدم) ويصبح غازاً عالي الانتشار.
- 3- يمر CO_2 إلى داخل الكريات الدموية وفي بلازما الدم كما موضح في الشكل (4):-



شكل (4) مخطط يوضح إزاحة الكلوريد Chloride shift في كرية الدم الحمراء.

يوضح الشكل :

4- (A) تتحد كمية من غاز ثاني أوكسيد الكاربون مع الماء الموجود داخل كرية الدم الحمراء لتكوين حامض الكاربونيك H_2CO_3 ويكون هذا التفاعل بطئ جداً وقليل الحدوث.

5- (B) تحتوي كريات الدم الحمراء للفقريات على الإنزيم المسمى كاربونيك انهايديرز Carbonic anhydrase. يساعد هذا الإنزيم على تكوين حامض الكاربونيك H_2CO_3 الذي يتفكك بدوره ليكون ايون البيكاربونات HCO_3^- الذي يكون عالي الانتشار أيضاً.

6- (C) بما أن تركيز ايونات البيكاربونات داخل الكريات الدموية أعلى بكثير من الخارج فإنها تنفذ وبسرعة إلى بلازما الدم. وهذا يسبب ارتفاع تركيز ايون الهيدروجين في داخل

الكريه الدموية ولأجل المحافظة على التوازن اللازم تنفذ ايونات الكلورايد Cl^- من البلازما إلى داخل الكريه الدموية.

7- (D) إن الايونات الموجبة لبلازما الدم تتكون بصورة رئيسية من الصوديوم Na^+ الذي يوازن ايونات البيكاربونات HCO_3^- التي تنفذ من داخل الكريات إلى بلازما الدم والنتيجة النهائية تتضمن تحويل CO_2 إلى بيكاربونات محمولة في بلازما الدم بدلاً من ايونات الكلوريد الداخل إلى الكريه الدموية.