نقل الاوكسجين

يستطيع الدم ان ينقل كمية كبيرة من الاوكسجين من الرئتين الى انسجة الجسم بالرغم من ان قابلية ذوبان هذا الغاز في الماء قليلة جدا والسبب يعود الى اتحاد هذا الغاز مع الهيموكلوبين. وحسب المعادلات:

$$Hb_4 + O_2 \rightleftarrows Hb_4O_2$$

$$Hb_4O_2 + O_2 \rightleftarrows Hb_4O_4$$

$$Hb_4O_4 + O_2 \rightleftarrows Hb_4O_6$$

$$Hb_4O_6 + O_2 \rightleftarrows Hb_4O_8$$

وان تفاعل الاوكسجين مع الهيموكلوبين هو اتحاد قلق وليس عملية اكسدة حيث يبقى الحديد الموجود في جزيئة الهيموكلوبين على هيئة حديدوز وليس حديديك. وHb هو الهيموكلوبين المختزل اما HbO_2 فيعرف بالهيموكلوبين المؤكسج ويمكن لـــ Hb ان يتحول بسهولة الى HBO_2 وبالعكس ونسبة هذين النوعين من الهيموكلوبين في الدم يعتمد على وفرة الاوكسجين اي على الضغط الجزيئي للأوكسجين.

ان لوجود CO_2 في الهيموكلوبين أثر على اتحاد هذه المادة مع الاوكسجين على الرغم من ان الاوكسجين في الدم يتحد مع الحديد الموجود في الجزء البروتيني من جزيئة الهيموكلوبين في حين CO_2 الموجود في الدم يتحد مع الجزء البروتيني لجزيئة الهيموكلوبين. ومن هذا يتضح ان O_2 و Co_2 يعملان على مواضع مختلفة لجزيئة الهيمو كلوبين وتدعى هذه الظاهرة بتأثير (بوهر) Boher effect فعند ارتفاع pCo_2 في الدم تنخفض قابلية اتحاد الاوكسجين بالهيموكلوبين عند اي ضغط جزيئي للأوكسجين وعلى العكس من ذلك فعندما تنخفض pCo_2 فان قدرة اتحاد الهيموكلوبين بالأوكسجين تزداد وهذا يوضح بان الفة الهيموكلوبين (HP) للاتحاد مع الاوكسجين اعلى من الفة الكاربوكيس هيموكلوبين $HbCo_2$ للاتحاد مع الاوكسجين ولهذه الظاهرة اهمية فسلجية حيث عندما يصل الدم الى الانسجة وهو محمل بالأوكسجين (اي ان معظم الهيموكلوبين علي هيئة HPO_2 ويتعرض الى CO_2 الناتج من التمثيل الحيوي في الانسجة، يتحد CO_2 مع الهيموكلوبين وهذا يؤدي الى التقليل من الفة اتحاد الهيموكلوبين مع الاوكسجين اي ان توفر CO_2 وبكميات كبيرة يؤدي الى تفكك الاواصر بين الاوكسجين والهيموكلوبين وهذا التفكك يساعد على بقاء الفرق في الضغط الجزيئي لهذا الغازيين

الدم والخلايا مما يؤدي الى انتشار الاوكسجين من الاوعية الدموية الى الانسجة . اما في الرئتين فان أثر بوهر يكون فعله معاكس لفعل الانسجة ولكن اهميته الفسلجية واضحة كذلك.

نقل ثاني اوكسيد الكاربون

ان ما يحوية الدم من CO_2 هو اعلى بكثير من الاوكسجين حيث ان كل ١٠٠سم^3 من الدم الشرياني يوجد فيه ٤٨ سم^3 من CO_2. ويوجد $CO2$ الدم على اشكال عدة وهذه الاشكال تمثل نسبة معينة وهي تكون في حالة توازن حركي مع بعضها البعض حيث إذا انخفضت نسبة أحد اشكالها فان نسب الاشكال الاخرى تسجل ارتفاعا والاشكال هي:

١. الشكل الذائب في الماء والمصل وكريات الدم الحمر وهو يمثل حوالي ٤٠٪ من الكمية الكلية ال CO_2 في الدم.
٢. الشكل المتحد مع الماء على هيئة حامض الكاربونيك H_2CO_2 وتمثل نسبتها حوالي ١٪ من الكمية الكلية لـ CO_2 في الدم وهي ضئيلة جدا.
٣. شكل ايونات البيكاربونات HCo_3 وهي تشكل النسبة الاكبر ٦٥٪.
٤. الشكل المتحد مع الهيموكلوبين وبروتينات الدم الاخرى ويمثل ٣٠٪ من الكمية الكلية لـCO_2 في الدم.

ان اتحاد CO_2 مع المواد البروتينية يولد مركبات كاربوامينية حيث يتحد CO_2 مع مجموعة امين لجزيئة الهيموكلوبين او البرتين في الدم.

وان من اهم المركبات الكاربوامينية هو كاربوامين الهيموكلوبين والذي له دور مهم في تنظيم حموضة الدم اذ يستطيع الهيموكلوبين عن طريق هذ المركب ازالة او اضافة كمية كبيرة من CO_2 في الدم دون احداث تغيير محسوس في درجة حموضة الدم. وكذلك فان هذا المركب له اهمية اخرى بتفاعله الرجعي مع الاوكسجين وحسب المعادلة:

$$O_2 + HbCoOH \underset{\text{في الانسجة}}{\overset{\text{في الرئتين}}{\rightleftharpoons}} HbO_2 + Co_2$$

ان تفاعل CO_2 مع الماء في المصل غير ذي اهمية في حين على العكس فان هذا التفاعل يحدث على نطاق واسع داخل الكريات الدموية الحمراء وذلك للأسباب التالية:

١. قدرة تفاعل $CO2$ مع الماء بتكوين حامض الكاربونيك الذي بتأينه يعطي ايونات البيكاربونات هو تفاعل ضعيف الا إذا توفر انزيم خاص هو كاربونيك انهيدريزcarbonic anhydrase وهذا الانزيم معدوم في مصل الدم في حين موجود في الكريات الحمر.

٢. لاستمرار عملية التفاعل $H_2CO_3 \rightleftharpoons H + HCO_3$ نحو التأين يجب ان تزال ايونات الهيدروجين الناتجة من ذلك وهذا يتم فعلا عن طريق اتحاد الهيدروجين مع الهيموكلوبين الموجود داخل الكريات الدموية الحمراء وكالاتي:

$$Hb- + H+ \rightleftharpoons HHb$$

السيطرة على عملية التنفس

تشترك ثلاثة عناصر رئيسية متداخلة مع بعضها البعض في السيطرة على عملية التنفس هي:

١. الحاسات sensors: وهي تجمع المعلومات وتغذيها الى
٢. الضابط المركزي Central controller: والموجود في الدماغ والذي ينسق المعلومات ويرجعها عن طريق الاشارة الى
٣. المستجيبات effecters: والتي هي العضلات التنفسية المتضمنة الحجاب الحاجز والعضلات بين الاضلاع والعضلات البطنية وبعض العضلات الملحقة.

وتحدث عملية التنفس اللاإرادية الطبيعية والمتضمنة عمليتي الشهيق والزفير بواسطة اشارات قادمة من الخلايا العصبية المنتشرة في مناطق مختلفة من الدماغ منها القشرة وساق الدماغ وبالتحديد من الخلايا العصبية الواقعة في النخاع المستطيل والجسر والتي تمثل المراكز التنفسية وقد وجد العديد من الخلايا العصبية فيها الا انه يمكن تمييز ثلاثة مجاميع رئيسية منها هي:

١. مركز التنفس النخاعي: ويقع في النخاع المستطيل ويتألف من منطقتين الاولى المنطقة الظهرية للنخاع والثانية واقعة في الجهة البطنية للنخاع وتكون الاولى مسؤولة عن احداث الشهيق والثانية عن احداث الزفير وتثبط هاتين المنطقتين احداهما الاخرى بالتناوب لحدوث التنفس الايقاعي المنتظم.
٢. مركز الابينوستيك Apneustic center: ويقع في أسفل الجسر وفعله يكون بإطالة فترة الشهيق مع قصر الزفير.
٣. مركز البينوموتاكسك Pneumotaxic: ويقع في اعلى الجسر وعمله هو تثبيط الشهيق اولا وثانيا سرعة التنفس.

الحاسات Sensors

وتشمل على العديد من المستقبلات منها الكيمياوية والتي تنقسم الى قسمين:

١. المستقبلات الكيمياوية المركزية: والتي توجد في النخاع والتي تتأثر مباشرة بتغييرات الضغط الجزيئي لغاز ثاني اوكسيد الكربون الموجود في السائل المخي الشوكي.
٢. المستقبلات الكيمياوية المحيطية: وتقع في الاجسام السباتية واجسام الابهر فوق وأسفل القوس الابهر وتكون حساسة للضغط الجزيئي الغاز الاوكسجين في الدم.