جامعة حماه

كلية التمريض

السنة الثانية

مقرر تمريض البالغين 1

اضطرابات التوازن الحمضي القاعدي

Acid-base balance disturbances

د. عماد غسان اسحق

2024-2023

لمحة فيزيولوجية:

يعتبر تنظيم تركيز شاردة الهيدروجين في الجسم ضروري جدا لان عمل معظم اجهزة الجسم يتأثر بتركيز هذه الشاردة, لذلك ان اي تغيير في تركيز شاردة الهيدروجين يغير من وظيفة جميع خلايا الجسم.

بالمقارنة مع الشوارد الاخرى, يتم الحفاظ على تركيز شاردة الهيدروجين بمعدلات منخفضة جدا. فمثلا تركيز شاردة الصوديوم في الدم او السائل خارج الخلوي (142 مل مكافئ/ل وسطيا) هو اكبر ب 3.5 مليون مرة من تركيز شاردة الهيدروجين الذي يتم الحفاظ عليه بتركيز حوالي 0.00004 مل مكافئ/ل او 40 نانو مكافئ/ل.

الحموض و الاسس acids and bases:

يعرف الحمض بانه اي مركب يحوي ذرات هيدروجين و يمكنه اطلاق او تحرير شاردة الهيدروجين عند تأينه في محلول مائي, كحمض الكربونيك H2CO3 الذي يتأين في الماء ليعطي شاردة الهيدروجين H^+ و شاردة البيكربونات $HCO3^-$, و حمض الكلور HCl الذي يتأين في الماء و يعطي شاردتي الهيدروجين H^+ و الكلور Cl^-.

الحمض القوي هو الذي يتحلل بسرعة و يحرر كميات كبيرة من الهيدروجين في اي سائل كحمض الكلور, و الحمض الضعيف يتحلل بشكل اضعف و يحرر شاردة الهيدروجين بشكل اقل كحمض الكربونيك.

يعرف الاساس بانه اي مركب يقبل شاردة الهيدروجين, كشاردة البيكربونات $HCO3^-$ التي ترتبط مع شاردة الهيدروجين لتشكل حمض الكبرونيك. تعمل بروتينات الجسم عمل الاساس, لان بعض الحموض الامينية التي تشكل البروتينات تملك شحنة سالبة و التي تقبل شاردة الهيدروجين الموجبة.

الاساس القوي هوي الذي يرتبط بسرعة و بقوة بشاردة الهيدروجين و بالتالي سرعة ازالتها من المحلول كشاردة الهيدروكسيل OH^- التي ترتبط بالهيدروجين مشكلة الماء. يتناسب تركيز شاردة الهيدروكسيل عكسا مع تركيز شاردة الهيدروجين. الاساس الضعيف كشاردة البيكربونات و التي ترتبط بشاردة الهيدروجين بشكل اضعف من شاردة الهيدروكسيل.

ان معظم الحموض و الاسس الموجودة في السائل خارج الخلوي و التي تلعب دورا في التوزان الحمضي القاعدي هي حموض و اسس ضعيفة و اهمها حمض الكربونيك و شاردة البيكربونات.

باهاء الدم PH:

كما ذكر سابقا, فان تركيز شاردة الهيدروجين يتم الحفاظ عليه ضمن حدود ضيقة جدا حول تركيز منخفض يبلغ 40 نانو مكافئ/ل. التغيرات الطبيعية لهذا التركيز لا تتجاوز 3-5 نانومكافئ/ل.

بسبب انخفاض تركيز الهيدروجين و ضيق مجالات انحرافه, فأن تركيز هذه الشاردة يعبر عنه على مقياس اللوغاريتم بالمعادلة التالية:

$$\mathbf{PH = \log 1/[H^+] = -\log[H^+]}$$

من هذه المعادلة يمكن الاستنتاج ان قيمة PH الدم تتناسب عكسا مع قيمة تركيز شاردة الهيدروجين, اي ان ارتفاع تركيز شاردة الهيدروجين يعطي PH منخفض و في هذه الحالة يكون الوسط حمضيا, و العكس صحيح, اي انخفاض شاردة الهيدروجين يعطي PH مرتفع و بالتالي وسط قلوي.

تتروح القيمة الطبيعية ل PH الدم من 7.35-7.45.

تنظيم تركيز شاردة الهيدروجين:

ان الاستقلاب الطبيعي في الجسم يميل دائما الى جعل الدم حمضيا عن طريق:

1. الانتاج المستمر لثاني اوكسيد الكربون (الحمضي) و بالتالي تشكيل حمض الكربونيك بشكل مستمر.
2. الانتاج المستمر لشاردة الهيدروجين كناتج استقلابي لاكسدة الحموض الامينية ضمن البروتين المتناول مع الطعام. يتم انتاج حوالي 60-80 مل مكافئ من شاردة الهيدروجين, اذا مددت كل هذه الكمية في السائل خارج الخلوي, فان تركيز شاردة الهيدروجين سيتجاوز ال 4 مل مكافئ/ل اي زيادة حموض الدم بحوالي 100000 عن الطبيعي.
3. حمض اللاكتيك او حمض اللبن الناجم عن اكسدة الجلوكوز اللاهوائي.
4. حموض الكبريت و الفوسفور و اليوريك الناجمة عن اكسدة البروتينات ايضا و التي تعتبر مصدرا كبيرا لشاردة الهيدروجين.

هناك ثلاث انظمة اساسية و التي تنظم تركيز شاردة الهيدروجين في الجسم لمنع حالات الحماض او القلاء, وهي: (1) نظام الدوارئ في سوائل الجسم و التي ترتبط بشكل مباشر مع الحمض او الاساس لمنع تراكم شاردة الهيدروجين في الجسم, (2) مركز التنفس و الذي ينظم التخلص من ثاني اوكسيد الكربون و بالتالي من حمض الكربونيك, و (3) الكليتين, و التي تعملان على افراز او اعادة امتصاص شاردتي الهيدروجين و البيكربونات.

- يعتبر نظام الدوارئ هو خط الدفاع الاول في المحافظة على التوازن الحمضي القاعدي, فهو الاسرع في الاستجابة لاي تغير في تركيز شاردة الهيدروجين في الجسم و الذي يتسجيب خلال ثواني, الا ان هذه الدوارئ لا تتخلص من او تضيف شاردة الهيدروجين الى الجسم, و لكنها تقوم بربطها حتى يتم اعاد التوازن من خلال الجهاز البولي.
- مركز التنفس هو خط الدفاع الثاني و الذي يستجيب خلال دقائق او ساعات لاي تغيير في تركيز شاردة الهيدروجين, فهو يعمل على التحكم بمعدل و عمق التنفس لتنظيم ثاني اوكسيد الكربون في الجسم.
- يحافظ هذين النظامين على تركيز شاردة الهيدروجين من التغير بشكل كبير لحين تفعيل خط الدفاع الثالث, الكليتين, و الذي, بالرغم من بطء استجابته و التي قد تمتد لايام, يعتبر الاكثر فعالية في تنظيم تركيز شاردة الهيدروجين. تقوم الكليتين بالتخلص من الزائد من الحموض او الاسس من الجسم.

نظام الدوارئ buffering system:

الدوارئ buffers هي مواد يمكنها ربط شاردة الهيدروجين مشكلة حمضا ضعيفا, و الذي يمكن ان يبقى جزيئا كما هو او يعود و يتحلل الى هيدروجين و مادة دارئة بالمعادلة التالية:

$$Buffer + H \rightleftharpoons H\ Buffer$$

عندما يزداد تركيز شاردة الهيدروجين, تميل المعادلة الى اليمين, حيث يزداد ارتباط شاردة الهيدروجين بالمادة الدارئة طالما هذه المادة متوفرة. و بالعكس, عندما ينخفض تركيز شاردة الهيدروجين, تميل المعادلة الى اليسار و يتم تحرير الهيدروجين من المادة الدارئة. يعتبر نظام دارئة البيكربونات من اهم انظمة الدوارئ في الجسم.

يتألف نظام دارئة البيكربونات من محلول مائي يحتوي على مادتين: (1) حمض ضعيف و هو حمض الكربونيك H2CO3, و(2) ملح بيكربوني هو ملح بيكربونات الصوديوم NaHCO3.

(1) يتشكل حمض الكربونيك في الجسم عن طريق اتحاد ثاني اوكسيد الكربون بالماء من خلال المعادلة التالية:

$$CO2 + H2O \xrightleftharpoons{\text{carbonic anhydrase}} H2CO3$$

يتأين حمض الكربونيك بشكل ضعيف ليشكل كميات قليلة من الهيدروجين و البيكربونات وفق المعادلة التالية:

$$H2CO3 \rightleftharpoons H^+ + HCO3^-$$

ان شاردة الهيدروجين هي حمض قوي, و شاردة البيكربونات هي اساس ضعيف, لذلك نلاحظ من توازن المعادلة السابقة, انها تميل بشكل اكبر الى تشكيل حمض الكربونيك اكثر من تأينه. بمعنى اخر, لا يعطي تراكيز عالية من الشاردتين.

(2) المكون الثاني من هذه النظام هو ملح بيكربونات الصوديوم NaHCO3 المتواجد في السائل خارج الخلايا. تتأين بيكربونات الصوديوم بشكل كلي تقريبا الى شاردتي الصوديوم و البيكربونات وفق المعادلة التالية:

$$NaHCO3 \rightleftharpoons Na^{+} + HCO3^{-}$$

حيث نلاحظ من توازن المعادلة السابقة انها تميل اكثر لتأين بيكربونات الصوديوم اكثر من تشكله. و بجمع المعادلات السابقة, ينتج لدينا النظام التالي:

$$CO2 + H2O \rightleftharpoons H2CO3 \rightleftharpoons H^{+} + HCO3^{-} \} + Na^{+}$$

و بسبب التأين الضعيف لحمض الكربونيك و انتاجه لكميات قليلة من الهيدروجين و التأين القوي لبيكربونات الصوديوم و انتاجه الكبيرة لشاردة البيكربونات, فان نظام الدوارئ يحافظ على تراكيز منخفضة من شاردة الهيدروجين و تراكيز اعلى من شاردة البيكربونات, و من هنا تأتي قلوية الدم الخفيفة.

مركز التنفس respiratory center:

ان خط الدفاع الثاني ضد اضطرابات التوازن الحمضي القاعدي هو التحكم بتراكيز ثاني اوكسيد الكربون في السائل خارج الخلوي. يعمل الجهاز التنفسي بشكل طبيعي على التخلص من ثاني اوكسيد الكربون المنتج من استقلاب خلايا الجسم, و بالتالي تشكيل اقل لحمض الكربونيك و بالتالي تشكيل اقل لشاردة الهيدروجين.

ان تركيز ثاني اوكسيد الكربون في الجسم يتأثر بعاملين اثنين: (1) الانتاج الاستقلابي ل CO2, و (2) الاطراح الرئوي ل CO2. ان هذين العاملين في الحالات الطبيعية يحافظان على ضغط جزيئي ل CO2 يتراوح بين 35-45 ملم زئبقي.

عند ارتفاع تركيز شاردة الهيدروجين, سيتم تشكيل كميات كبيرة من حمض الكربونيك, و بالتالي زيادة في نسبة CO2. هذه الزيادة ستحفز مركز التنفس لزيادة معدل التنفس للتخلص من CO2 الزائد. و العكس صحيح, عند انخفاض تركيز شاردة الهيدروجين, سيحتاج الجسم كميات اكبر من حمض الكربونيك, و بالتالي استهلاك اكثر ل CO2, مما يخفض معدله في الدم و بالتالي انخفاض معدل التنفس.

الكليتين kidneys:

تقوم الكليتين بالتحكم بالتوازن الحمضي القاعدي عن طريق طرح بول حمضي او بول قلوي. يقلل طرح بول حمضي من كمية الحمض في السائل خارج الخلوي, و يقلل طرح بول قلوي من كمية الاساس في السائل خارج الخلوي. تقوم الكلية بهذه الالية كالاتي:

- يتم تصفية كميات كبيرة من شاردة البيكربونات الى الانابيب الكلوية. في الظروف الطبيعية, تقوم الكلية بتصفية حوالي 4320 مل مكافئ من البيكربونات في اليوم, و التي يتم تقريبا اعادة امتصاصها كليا, و بالتالي الحفاظ على نظام الدوارئ الاساسي للسائل خارج الخلوي. تحافظ الكلية على تركيز شاردة البيكربونات بقيمة تتراوح 22-26 مل مكافئ/ل.
- طرح كميات كبيرة من الهيدروجين الى لمعة الانابيب الكلوية من قبل خلايا الظهارية في الانابيب, و بالتالي تقليل كمية الحمض في الدم. بالاضافة الى ذلك, فان الجسم ينتج حوالي 60-80 مل مكافئ من الحموض غير المتطايرة. تدعى هذه الحموض بهذا الاسم لانها, بعكس حمض الكربونيك, لا يمكن طرحها عن طريق الرئتين, و بالتالي تبقى الالية الكلوية هي الطريقة الوحيدة لطرحها.
- اذا كان معدل طرح الهيدروجين اكبر من معدل تصفية البيكربونات, سيكون هناك خسارة اكبر في الحمض. و العكس صحيح, اذا كان معدل تصفيه البيكربونات اكبر من طرح الهيدروجين, سيكون هناك خسارة اكبر في الاساس.
- يحدث طرح الهيدروجين و اعادة امتصاص البيكربونات تقريبا في جميع اجزاء الانابيب الكلوية ما عدا الجزء النازل و الصاعد من عروة هنلي, الا ان 80-90% من امتصاص البيكربونات يحدث في الانابيب القريبة.

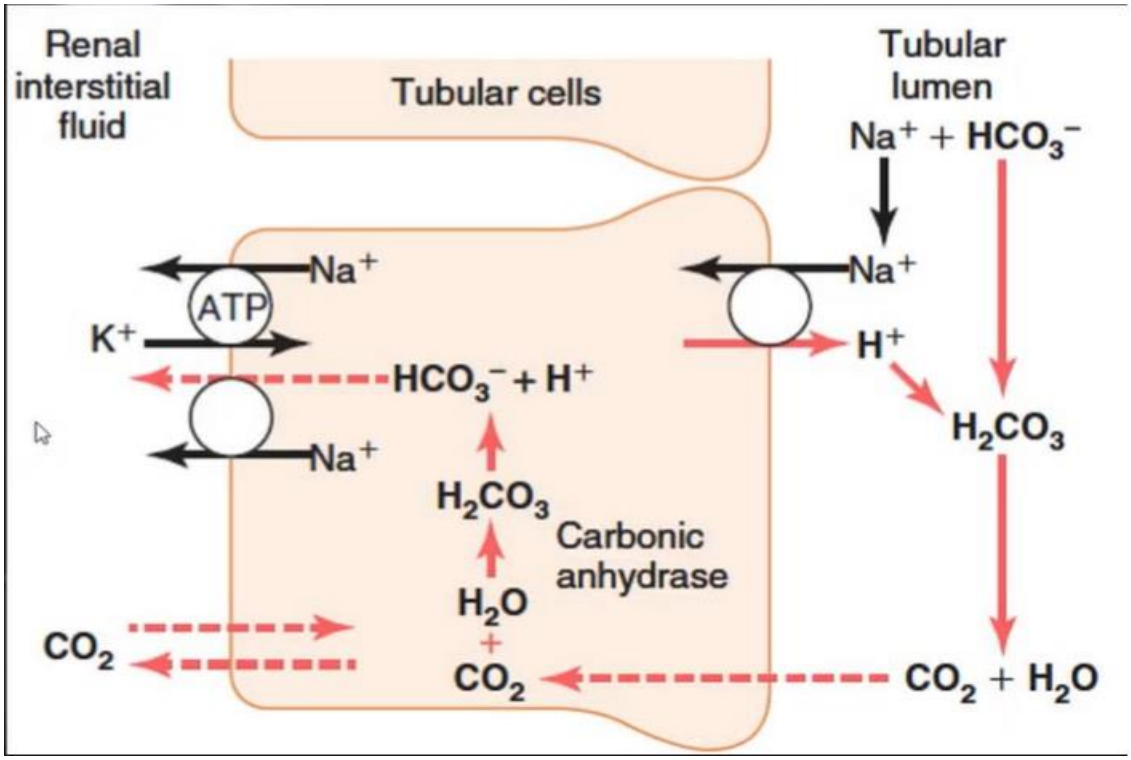
و بذلك, تقوم الكلية بتنظيم تركيز شاردة الهيدروجين في السائل خارج الخلوي من خلال ثلاث آليات رئيسية هي:

1. طرح الهيدروجين

2. اعادة امتصاص البيكربونات المصفاة
3. انتاج بيكربونات جديدة

جميع هذه الاليات يتم انجازها من خلال عملية اساسية وحيدة, و التي تتم على الشكل التالي:

1. تقوم الخلايا الظهارية من استقلابها بتشكيل ثاني اوكسيد الكربون الذي يتحد مع الماء داخل الخلية تحت تأثير انزيم الكربونيك انهيدراز لتشكيل حمض الكربونيك, و التي يتأين بدوره الى شاردة الهيدروجين و شاردة البيكربونات.
2. يتم طرح شاردة الهيدروجين من داخل الخلايا الى لمعة الانابيب الكلوية عن طريق عملية النقل الفاعل الثانوي العكسي للصوديوم و الهيدروجين. تعمل هذه العملية على استبدال شاردة هيدروجين من داخل الخلية الى خارجها بشاردة صوديوم من خارج الخلية (لمعة الانابيب) الى داخلها.
3. داخل لمعة الانابيب, تقوم شوارد الهيدروجين المطروحة من قبل الخلايا الانبوبية بالاتحاد مع شاردة البيكربونات المصفاة من قبل الكلية بتشكيل حمض الكربونيك و الذي يتأين الى ماء و ثاني اوكسيد الكربون, و الذي يعاد امتصاصهما الى داخل الخلية ليتم اضافتهما الى الماء و ثاني اوكسيد الكربون الناتجين عن استقلاب الخلية. و بهذا تتكرر العملية الاولى باستمرار.
4. تتحرك شاردة البيكربونات المنتجة داخل الخلية (من تأين حمض الكربون الى هيدروجين و بيكربونات في العملية الاولى) الى السائل خارج الخلوي و منه الى الدم.
5. النتيجة النهائية هي لكل شاردة هيدروجين يتم طرحها الى لمعة الانابيب الكلوية, يتم ادخال شاردة بيكربونات الى الدم.



اضطرابات التوازن الحمضي القاعدي:

ان اي تغير في تركيز شاردة الهيدروجين في السائل خارج الخلوي يغير من قيمة ال PH. فارتفاع تركيز شاردة الهيدروجين يسبب انخفاض في ال PH و يعتبر المحلول حمضيا, و اي انخفاض في تركيز الهيدروجين يسبب ارتفاع ال PH و يعتبر المحلول قلويا

و كما ذكرنا سابقا, فان قيمة PH الدم هي 7.35-7.45, انخفاض هذه القيمة تحت ال 7.35 تعتبر حماضا و ارتفاعها فوق 7.45 تعتبر قلاءا.

كما اتضح معنا منذ قليل, ان الضغط الجزيئي ل CO2 و تركيز شاردة $HCO3^-$ هما المسؤولان الاساسيان عن توازن تركيز شاردة الهيدروجين في الجسم, و التي يمكن تلخيص العلاقة بينها بالمعادلة التالية:

$$H^+ = PCO2/HCO3^-$$

من المعادلة السابقة نستنتج ان تركيز شوارد الهيدروجين يتناسب طردا مع الضغط الجزيئي لثاني اوكسيد الكربون, اي انه يرتفع بارتفاعها و ينخفض بانخفاضها, و يتناسب عكسا مع تركيز شاردة البيكربونات, اي انه يرتفع بانخفاضها و ينخفض بارتفاعها.

ان ارتفاع الضغط الجزيئي لثاني اوكسيد الكربون و الذي يكون سببه خللا في الجهاز التنفسي يمنعه من طرح CO2, سيسبب ارتفاعا في تركيز شوارد الهيدروجين, و بالتالي حالة حماض تنفسي respiratory acidosis.

و العكس صحيح, ان انخفاض الضغط الجزيئي لثاني اوكسيد الكربون و الذي يكون سببه الطرح الزائد ل CO2 من الجهاز التنفسي, سيسبب انخفاضا في تركيز شوارد الهيدروجين, و بالتالي حالة قلاء تنفسي respiratory alkalosis.

في كلا الحالتين يبقى تركيز شاردة البيكربونات طبيعيا.

ان ارتفاع تركيز شاردة البيكربونات و الذي يكون سببه خللا في الكلية, سيسبب انخفاضا في شاردة الهيدروجين و بالتالي حالة قلاء استقلابي metabolic alkalosis.

و العكس صحيح, ان انخفاض تركيز شاردة البيكربونات و الذي سببه خللا في الكلية ايضا سيسبب ارتفاعا في تركيز شاردة الهيدروجين, و بالتالي حالة حماض استقلابي metabolic acidosis.

في كلا الحالتين يبقى الضغط الجزيئي لثاني اوكسيد الكربون طبيعيا.

يوضح الجدول التالي الاسباب الرئيسية و الاعراض و العلامات لكل نوع من انواع اضطرابات التوازن الحمضي القاعدي.

الحماض الاستقلابي (نقص البيكربونات)	**الحماض التنفسي (فرط CO2)**	**القلاء الاستقلابي (فرط البيكربونات)**	**القلاء التنفسي (نقص CO2)**
الحماض السكري الكيتوني. خسارة البيكربونات كما في حالات الاسهال الشديد و استخدام المدرات القصور الكلوي الحاد (فشل في طرح الهيدروجين).	الوذمة الرئوية امراض الرئة الانسدادية المزمنة شلل العضلات التنفسية و شلل الحجاب الحاجز كسور الاضلاع التثبيط العصبي لمركز التنفس من خلال استخدام المسكنات المركزية مثل المورفين	الاقياءات الشديدة (خسارة في حمض المعدة HCl) التناول المفرط لمضادات الحموضة التجفاف الشديد نقص البوتاسيوم (يسبب خروج البوتاسيوم من الخلايا و دخول شوارد الهيدروجين مكانها)	الربو فرط التهوية الاماكن المرتفعة حالات التوتر و القلق الشديدين
الاعراض: نعاس و ارتباك ذهني نعاس تنفس سريع و عميق غثيان و اقياء توسع وعائي محيطي مع انخفاض في النتاج القلبي انخفاض التوتر الشرياني بشرة باردة و متعرقة	الاعراض: زيادة في معدل التنفس و النبض صداع و حس امتلاء بالراس (زيادة CO2 تسبب توسع وعائي في الدماغ) اعراض فرط البوتاسيوم (مع دخول الهيدروجين الى الخلايا و خروج البوتاسيوم من الخلايا عوضا عنها) اعراض ارتفاع التوتر داخل القحف	الاعراض: تنتج اعراض القلاء الاستقلابي عن انخفاض نسبة الكالسيوم في البلازما (بسبب زيادرة ارتباطها بالبروتينات) مثل تنميل الاصابع و تكزز عضلي. تنفس بطيء و عميق اضطرابان نظم القلب بسبب نقص البوتاسيوم	الاعراض: تسرع نبض انخفاض القدرة على التركيز مع دوخة مع انخفاض المجرى الدموي للدماغ (تقبض وعائي دماغي) اضطرابات نظم

و يمكننا تمييز اذا ما كان نوع الحماض او القلاء استقلابي او تنفسي عن طريق القراءة الجيدة لغازات الدم الشريانية arterial blood gases ABG. عند قراءة غازات الدم الشريانية, يجب النظر الى قيم اربع عناصر اساسية هي: PH, PO2, PCO2, و $HCO3^-$. سبق و ذكرنا القيم الطبيعية لهذه العناصر:

PH = 7.45-7.35

PO2 = 100-80 ملم زئبقي

PCO2 = 45-35 ملم زئبقي

$HCO3^-$ = 26-22 مل مكافئ/ل

اولا: لمعرفة الحالة حماض او قلاء, ننظر الى قيمة PH: اذا كانت اقل من 7.35, فهي حماض, و اذا كانت اكبر من 7.45 فهي قلاء.

ثانيا: لمعرفة اذا كانت الحالة تنفسية ننظر الى PCO2: اذا كانت مرتفعة مع انخفاض ال PH, فالحالة حماض تنفسي, و اذا كانت منخفضة مع ارتفاع ال PH, فالحالة قلاء تنفسي.

PCO2 مضطرب تعني الحالة تنفسية

ثالثا: لمعرفة اذا كانت الحالة استقلابية ننظر الى $HCO3^-$: اذا كانت مرتفعة مع ارتفاع ال PH فالحالة قلاء استقلابي, و اذا كانت منخفضة مع انخفاض ال PH فالحالة حماض استقلابي

$HCO3^-$ مضطرب تعني الحالة استقلابية

رابعا: لتقييم حالة الاكسجة ننظر الى PO2, و الذي تتراوح قيمته الطبيعية 80-100 ملم زئبقي. في حالة انخفاضه هذا دليل على نقص اكسجة الدم و التي تصنف الى ثلاث مستويات: نقص اكسجة خفيف 70-79ملم زئبقي, متوسط 60-69 ملم زئبقي, و شديد < 60 ملم زئبقي.

يلخص الجدول التالي قراءة حالات اضطرابات التوازن الحمضي القاعدي في غازات الدم الشريانية:

نوع الاضطراب	PH	PCO2	$HCO3^-$
حماض استقلابي غير معاوض	منخفض	طبيعي	منخفض
حماض تنفسي غير معاوض	منخفض	مرتفع	طبيعي
قلاء استقلابي غير معاوض	مرتفع	طبيعي	مرتفع
قلاء تنفسي غير معاوض	مرتفع	منخفض	طبيعي

عند حدوث حماض او قلاء استقلابي او تنفسي, الجسم يبدأ بالمعاوضة لمحاولة اعادة قيمة ال PH الى الطبيعي, و ذلك عن طريق تعديل قيم الحمض او الاساس المعاكس للحالة المرضية. فاذا كانت الحالة هي حماض, فالجسم يحاول رفع تركيزالاساس او خفض تركيز الحمض, و اذا كانت الحالة قلاء, فالجسم يحاول رفع تركيز الحمض او تخفيض تركيز الاساس.

- ففي حالة الحماض الاستقلابي, يبدا الجسم بخفض تركيز CO2عن طريق زيادة معدل التنفس, و تسمى هذه الحالة حماض استقلابي معاوض, اي ان الخلل كلوي و المعاوضة تنفسية.
- في حالة القلاء الاستقلابي, يبدا الجسم برفع تركيز ثاني اوكسيد الكربون عن طريق تخفيض معدل التنفس, و تسمى هذه الحالة قلاء استقلابي معاوض, اي ان الخلل كلوي و المعاوضة تنفسية.
- و في حالة الحماض التنفسي, يبدا الجسم برفع تركيز البيكربونات عن طريق زيادة انتاجها و امتصاصها من الكلية, و تسمى هذه الحالة حماض تنفسي معاوض, اي ان الخلل تنفسي و المعاوضة كلوية.
- و في حالة القلاء التنفسي, يبدا الجسم بخفض تركيز البيكربونات عن طريقة تقليل انتاجها او اعادة امتصاصها من الكلية, و تسمى هذه الحالة بقلاء تنفسي معاوض, اي ان الخلل تنفسي و المعاوضة كلوية.

نوع الاضطراب	PH	PCO2	$HCO3^-$
حماض استقلابي معاوض	منخفض	منخفض	منخفض
حماض تنفسي معاوض	منخفض	مرتفع	مرتفع
قلاء استقلابي معاوض	مرتفع	مرتفع	مرتفع
قلاء تنفسي معاوض	مرتفع	منخفض	منخفض

مثال1: PH = 7.25 HCO3− = 29 PaCO2 = 50	PH منخفض (حماض) بيكربونات مرتفعة PCO2 مرتفعة (حمضي)	حماض تنفسي معاوض
مثال 2: PH = 7.25 HCO3− = 18 PaCO2 = 29	PH منخفض (حماض) بيكربونات منخفضة (حماض) PCO2 منخفض	حماض استقلابي معاوض
مثال3: PH = 7.52 HCO3− = 30 PaCO2 = 48	PH مرتفع (قلاء) بيكربونات مرتفعة (قلاء) PCO2 مرتفعة	قلاء استقلابي معاوض
مثال 4: PH = 7.48 HCO3− = 20 PaCO2 = 29	PH مرتفع (قلاء) بيكربونات منخفضة PCO2 منخفضة (قلاء)	قلاء تنفسي معاوض