التوازن الحمضي – القاعدي معيار الحياة والبقاء (دراسة نظرية)

أ.د. هيثم ضياء عبد الأمير العبيدي
الجامعة المستنصرية، كلية الآداب، قسم علم النفس

الملخص

انصب اهتمام ميدان علم النفس الفسيولوجي في الاونة الاخيرة على ابحاث الرقم الهيدروجيني او ما يصطلح عليه بالتوازن الحمضي – القاعدي بوصفه اساس الحياة بالنسبة لجميع الكائنات الحية ومنها الانسان، لذا عندما يختل هذا التوازن سواء كان على مستوى جسم الكائن الحي او البيئة المحيطة به تبدأ عملية تهديد حياته بدءا" من الاعتلال الذي يبدو واضحا" عليه وإنتهاءا" بموته وربما تهديد بقاء نوعه على هذا الكوكب، مما يتطلب تحقيق الفهم الواضح والمستفيض لهذا التوازن بوصفه المعيار الحقيقي للحياة والموت والبقاء والفناء وذلك من خلال الطرح النظري والدراسة والتقصي للحقائق العلمية التي توصلت اليها الابحاث العلمية في مختلف الاختصاصات ومن ثم الخروج بالاستنتاجات العلمية التي تعزز هذا الافتراض وخصوصا" بعد ان بدت مؤشرات تهديد هذا التوازن واضحة سواء كان على مستوى جسم الكائن الحي او البيئة المحيطة به في ظل التطور التكنولوجي والصناعي المتسارع على هذا الكوكب والذي انعكس بشكل كبير على سلوكيات وحياة هذه الكائنات الحية ومنها الانسان، والخروج بالتوصيات والمقترحات العلمية المستندة الى هذه الاستنتاجات.

الكلمات المفتاحية: التوازن الحمضي، القاعدي، الحياة، البقاء

Acid-Base Balance: The Standard for Life and Survival

Prof. Dr. Haitham Diaa Abdul Amir Al-Obeidi
Mustansiriyah University, College of Arts, Department of Psychology

Abstract

Recently, the field of physiological psychology has focused on researching the pH or what is termed acid-base balance as the basis of life for all living things, including man. So when this balance is disturbed, whether it is at the level of the body of the living organism or the environment surrounding it, the process of threatening his life starts "from the illness that seems evident to him " ending with his death, and perhaps threatening his survival on this planet. Which requires achieving a clear and extensive understanding of this balance as the true criterion for life, death, survival through theoretical presentation , study, and investigation of scientific facts reached by scientific research in various disciplines, and then come up with scientific conclusions that reinforce this assumption especially "after the indicators of threat of this balance seemed clear whether at level of body of the living organism or the environment surrounding it due to accelerating technological and industrial development on this planet , which was greatly reflected on the behaviors and lives of these living beings, including humans,Then come up with scientific recommendations and suggestions based on these conclusions.

Keywords: acid-base balance, life, survival

مشكلة البحث

تعتمد الحياة على كوكب الارض على مستويات التوازن الحمضي– القاعديpH سواء كان داخل اجسام الكائنات الحية وخلاياها او في محيطها، لذا تتطلب حياة الانسان التنظيم الدقيق لمستوى الرقم الهيدروجيني pH او ما يصطلح عليه بالتوازن

الحمضي– القاعدي والسيطرة على مستواه في الدم بما يقارب 7.4 من اجل البقاء على قيد الحياة (علما" ان المدى الطبيعي يتراوح من 7.35 والى 7.45) (Waugh and Grant,2007).

وعليه فإن مستوى قلوية جسم الكائن يتأثر الى حد كبير بالبيئة المحيطة به، فعلى سبيل المثال على مدى قرن من الزمن الماضي ومع زيادة عمليات التصنيع والتلوث البيئي الذي رافقها انخفض الرقم الهيدروجيني في المحيطات من 8.2 والى 8.1 بسبب زيادة ترسب ثنائي اوكسيد الكربون فيها مما انعكس سلبا" على طبيعة الحياة في المحيطات (University and Birmingham oAa, 2010) مما قد يؤدي الى تهديد حياة الشعب المرجانية والكائنات المائية ويهدد بموتها وانقراضها (Hoegh-Guldberg et al,2007) وكذلك الحال بالنسبة للرقم الهيدروجيني والتوازن الحمضي – القاعدي للتربة الصالحة للزراعة واضطرابه والذي يؤثر الى حد كبير على المحتوى المعدني للمنتجات النباتية والزراعية وبالتالي على الطعام الذي نتناوله (والتي تستعمل بوصفها حواجز طبيعية للحفاظ على التوازن الحمضي– القاعدي pH في الجسم) علما" إن المستوى المثالي للتوازن الحمضي– القاعدي للتربة المنتجة لأفضل العناصر الغذائية الاساسية يتراوح بين 7–6 ذلك إن التربة الحمضية التي يكون رقمها الهيدروجيني ادنى من 6 ربما تعمل على تخفيض مستويات الكالسيوم والمغنيسيوم في حين إذ ما كان الرقم الهيدروجيني للتربة اعلى من 7 فإنه سوف يؤدي الى افتقار المنتجات الزراعية الى الحديد والمنغنيز والنحاس والزنك وهو ما يفسر سبب اضافة السماد الكيميائي والحيواني من اجل رفع مستوى حمضية بيئة التربة عندما يكون التوازن الحمضي– القاعدي ادنى من 6 (Dam–ampai SO and Nilnond 2005).

وفي الواقع تكيفت معظم الحيوانات والنباتات المائية للحياة في الماء وبمستوى معين من التوازن الحمضي– القاعدي إلا إنها ربما تعاني من بعض التغير حتى وإن كان طفيف إذ إنه وإن كانت المياه بمستوى من الحمضية المعتدلة (انخفاض الرقم الهيديورجيني pH) فإن ذلك من شأنه ان يؤدي الى تقليل فرص نجاح تفقيس بيوض الاسماك فضلا عن خلق حالة من تهيج واضطراب خياشيم هذه الاسماك والكائنات المائية وتدمير أغشيتها، اما إذا ما ارتفع او انخفض الرقم الهيدروجيني pH الى حد متطرف وكبير فإنه سوف يصبح مميت إذ إنه وإذا ما كان ادنى من 4 او اعلى من 10 فإنه سوف يؤدي الى قتل معظم الاسماك ولن تتمكن سوى القليل من الحيوانات من تحمل المياه إذا ما كان رقمها الهيدروجينيpH اقل من 3 او اعلى من 11، وعلى هذا الاساس ولأن الكائنات البرمائية تحديدا" اكثر تأثرا" بانخفاض الرقم الهيدروجيني ربما بسبب جلودها الحساسة جدا" للملوثات البيئية فإن بعض العلماء يعتقدون إن الانخفاض الاخير في اعداد هذه الكائنات الحية حول العالم ناجم عن انخفاض مستويات الرقم الهيدروجيني pH او التوازن الحمضي القاعدي بسبب الامطار الحمضية الامر الذي يهدد بقاء هذه الكائنات الحية (Mesner and Geiger,2005).

وتعد الامطار الحمضية واحدة من العوامل الاكثر خطورا" المسببة للتلوث البيئي إذ تمتلك هذه الامطار مستويات عالية من ايونات الهيدروجين (+H) بسبب تلوثها بأحماض الكبريتيك والنتريك وهو ما يعمل بدوره على الاخلال بالتوازن الحمضي– القاعدي في البيئة (Singh and Shishodia, 2007) فقد تم تحديد كلا" من شمال شرق أمريكا و أوروبا الوسطى والصين على انها المناطق الاكثر تأثرا" بالامطار الحمضية (Menz and Seip, 2004; Zhang et al., 2011).

لذا من الممكن ان يختل التوازن الحمضي– القاعدي من خلال اساءة تعامل الانسان مع بيئته وهو ما سوف يعود بأثره على الكائنات الحية مثل النباتات والحيوانات وخصوصا" تلك التي تشكل الطعام الذي يتغذى عليه وترديه وينعكس سلبا" على التوازن الحمضي– القاعدي للجسم والصحة الجسمية والنفسية وهو ما قد يهدد حياته وفي نهاية المطاف يهدد بقاءه شأنه شأن الكائنات الحية الاخرى، فقد اخذ انتشار الاضطرابات النفسية الشائعة بالتزايد في الاونة الاخيرة بين مجتمعات سكان البلدان الغربية الصناعية وهذا ما برهنته دراستي (Twenge et al., 2010; Hidaka, 2012) وقد يرجع السبب في ذلك الى ازدياد التلوث البيئي لهذه البلدان وهو ما يمكن ان ينعكس على الصحة الجسمية وبالتالي على الصحة الجسمية اذ اظهرت دراستي (Nabi et al., 2008; Surtees et al., 2008) وجود علاقة ارتباطية قوية بين الصحة الجسمية والنفسية للجسم، لذا فإن السؤال المهم هو.. هل يؤثر التوازن الحمضي – القاعدي للبيئة على التوازن الحمضي القاعدي للجسم وأجهزته وأعضاءه وعلى وجه التحديد

الجهاز العصبي والدماغ ؟ وهل سوف ينعكس ذلك على الصحة الجسمية والنفسية للفرد والسلوك بشكل عام ؟ وهذا ما سوف يحاول البحث الحالي الاجابة عليه.

اهمية البحث

في بيئة سريعة التغير يسعى علماء الفسلجة النشوئيين الى فهم كيف تعمل الكائنات الحية في البيئات المتغيرة وكيف تتكيف مجاميع هذه الكائنات وبشكل نشوئي لهذه التقلبات البيئية، وعلى الرغم من ان هناك تأييد تجريبي قوي للحجة التي تفيد ان انعدام التجانس البيئي هو الذي يمثل بالفعل التفسير العام للتنوع في انظمة الطبيعة إلا إن هناك عدد قليل نسبيا" من البيانات التي توضح عملية الانتقاء الطبيعي تجاه التغير البيئي (Kassen 2002).

وعلى هذا الاساس فإن أي تغير في الرقم الهيدروجيني في الماء او التربة من شإنه ان يغير من سلوك المواد الكيميائية الاخرى مما يؤثر على حياة النباتات او الحيوانات، فعلى سبيل المثال تعد الامونيا غير ضارة نسبيا" على الاسماك في الماء إذا ما كانت متعادلة او حمضية، ولكن عندما تصبح هذه المياه اكثر قاعدية (زيادة الرقم الهيدروجيني pH) تصبح الامونيا مادة سمية الى حد كبير وتهدد حياة هذه الكائنات، كما ان هناك معادن ثقيلة مثل الكادميوم والرصاص والكروم تذوب بسهولة اكثر في المياه الاكثر حمضية (انخفاض الرقم الهيدروجيني) وهذا مهم للغاية لأن العديد من المعادن الثقيلة هي الاخرى تصبح سامة للغاية عندما تذوب في الماء او التربة (Mesner and Geiger,2005).

ولابد من فهم السبب الذي يجعل بيئة الماء او التربة حمضية فعلى سبيل المثال من المتعارف عليه ان مناطق المستنقعات تكون حمضية للغاية وهذا يتطلب التعرف على مقياس الرقم الهيدروجيني pH Scale وما يحدث من عمليات في الماء او التربة تسهم في زيادة حمضيتها إذ إن مستوى الحمضية يزداد عندما تتراكم ايونات الهيدروجين الموجبة (+H) وتنخفض ايونات الهيدروكسيل السالبة في المحلول (−OH) ويعد الرقم الهيدروجيني ٧ متعادلا" من حيث التوازن الحمضي – القاعدي (أي لا حمضي ولا قاعدي) وعندما يكون الوسط حمضيا" ينبغي ان يكون رقمه الهيدروجيني ادنى من ٧ وعندما يكون قلويا" او قاعديا" (alkaline (basic ينبغي ان يكون الرقم الهيدروجيني اكثر من ٧ ويكون مقياس الرقم الهيدروجيني لوغارتمي أي أن كل قيمة في الرقم الهيدروجين الكلي اقل من ٧ تمثل حالة حمضية عشر اضعاف اكثر من القيمة الكلية الاحقة، مثلا" القيمة ٥ تكون اكثر حمضية بمقدار عشر اضعاف القيمة ٦ أما الرقم الهيدروجيني٧ المتعادل او المحايد فإنه يحدث عندما يكون تركيز ايونات الهيدروجين مساوية لتركيز ايونات الهيدروكسيل في المحلول، وعليه يكون الماء المقطر المعزول عن الهواء محلولا" محايدا" وبرقم هيدروجيني ٧ مما يجعل معظم انواع النباتات تنمو بشكل افضل في التربة التي تقترب من الرقم الهيدوجيني ٧ لأنها تمثل الظروف الافضل في الوصول الى العناصر المعدنية اللازمة لنموها وتدريجيا" تنخفض فاعليتها في النمو على وفق تغير هذا الرقم الهيدروجيني او التوازن الحمضي القاعدي للتربة (Crum,1988).

وقد نتوقع ان تكون مياه الامطار محايدة ولكنها في الواقع حمضية الى حد ما فعندما تسقط الامطار خلال الغلاف الجوي فإنها تذيب ثنائي اوكسيد الكربون الغازي مما يخلق مياها" حمضية ضعيفة يبلغ رقمها الهيدروجيني ما يقارب 5.6 .(Crum,1988)

وعندما تسقط هذه الامطار على المسطحات المائية او التربة يمكن ان تتحد معادن مذابة فيها مثل كربونات الكالسيوم مع ايونات الهيدروجين او الهيدروكسيل الزائدة مما يؤدي الى تغيير الرقم الهيدروجيني، وعندما تكون مثل هذه المعادن موجودة بالفعل فإن الرقم الهيدروجيني للتربة او المياه لا تتغير كثيرا" عند اضافة المواد الحمضية او القاعدية اليها، إلا إن المشكلة سوف تتفاقم عندما لا تكون مثل هذه المعادن موجودة مما يخلق بيئة غير صالحة للحياة (Mesner and Geiger,2005).

وعندما تقوم النباتات بتحويل ضوء الشمس الى طاقة فإنها تعمل على ازالة ثنائي اوكسيد الكربون من الماء وهذا بدوره يمكن ان يغير من الرقم الهيدروجيني للتربة، ولأن عملية التمثيل الضوئي تحدث فقط في وجود الضوء، لذا فإنه وفي الغالب أعلى ما يكون عليه مستوى الحموضة في جسمنا المائي بعد الظهيرة في حين ادنى مستويات الحموضة تكون قبل شروق الشمس بدقائق .(Mesner and Geiger,2005)

ويزداد هطول الامطار الملوثة والمعروفة باسم الامطار الحمضية "acid rain," وتعمل على زيادة حمضية المسطحات المائية والاراضي القريبة من المناطق الصناعية او المناطق الحضرية الكبيرة إذ إن المساهم الاكبر في انتاج الامطار الحمضية هما حمض الكبريتيك الذي تنتجه صناعات حرق الفحم وحمض النتريك الذي تنتجه محركات السيارات (Mesner and Geiger,2005).

وعندما يتعلق الامر بالرقم الهيدروجيني والتوازن الحمضي– القاعدي للنظام الغذائي الانساني نجد ان هناك تغير كبير جدا" ما بين حضارة صيد الانسان القديم والوقت الحاضر (Strohle et al,2010) إذ انه ومنذ الثورة الزراعية (قبل حوالي ١٠٠٠٠٠ سنة) وحتى زمن التصنيع في الاونة الاخيرة (٢٠٠ سنة الاخيرة) حدث انخفاض كبير في مستوى البوتاسيوم (K) بالمقارنة مع الصوديوم (Na) وزيادة في مستوى الكلوريد بالمقارنة مع البيكربونات الموجود في النظام الغذائي الانساني (Sebastian et al. , 2002) فقد انخفضت نسبة البوتاسيوم / الصوديوم إذ كانت في السابق ١٠ الى ١ في حين في الوقت الحاضر اصبحت ١ الى ٣ في النظام الغذائي الحديث (Frassetto et al,2001) وعليه من المتعارف عليه عموما" ان انسان اليوم لديه نظام غذائي يفتقر الى البوتاسيوم والمغنيسيوم فضلا عن الالياف في حين انه غني بالدهون المشبعة والسكريات البسيطة والصوديوم والكلوريد مقارنة" بفترة ما قبل الحضارة (Sebastian et al ,2002).

وهذا سوف يؤدي الى نظام غذائي يستميل الحالة الايضية الحمضية والتي لا تتوافق مع المتطلبات الغذائية المحددة وراثيا" (Konner and Boyd, 2010) وعند التقدم بالعمر يحدث فقدان تدريجي للوظيفة التنظيمية للتوازن الحمضي – القاعدي الكلوي وزيادة ناتجة عن الحماض الايضي نتيجة لاتباع النظام الغذائي مثل اتباع نظام غذائي جديد Lindeman and Goldman (1986,) فالنظام الغذائي منخفض الكربوهيدرات مرتفع البروتينات A low-carbohydrate high protein diet مع ارتفاع في عبئه الحمضي سوف يؤدي الى تغيرات طفيفة جدا" في كيميائية الدم والتوازن الحمضي– القاعدي او الرقم الهيدروجيني pH إلا أنه يؤدي الى تغيرات عديدة في كيميائية الادرار إذ تنخفض مستويات المغنيسيوم البوليUrinary magnesium والسترات البولي urinary citrate فضلا عن انخفاض الرقم الهيدروجينيpH في حين ترتفع مستويات الكالسيوم البولي urinary calcium وحمض اليوريك غير المنفصل undissociated uric acid وكذلك الفوسفاتphosphate والتي جميعها تزيد من خطر تكون الحصى في الكلى على سبيل المثال (Reddy et al,2002).

وعلى العكس من الجهاز الكلوي فإن اداء الجهاز التنفسي (من خلال التحكم بعملية التخلص من غاز ثنائي اوكسيد الكربونCO_2) يكون اسرع ولكنه اقل فاعلية، وعلى خلاف الجهاز الكلوي يمثل الجهاز التنفسي نوع من العلاقة المتبادلة مع المنظومة النفسية وخصوصا" الجزء الانفعالي منها إذ إن أي نوع من الاستثارة الانفعالية وكما يحدث في حالات الخوف والغضب والاثارة او حتى الحب من شأنها ان تحدث تغييرا" في نمط التنفس ويمكن ان تؤثر على الرقم الهيدروجيني pH لسوائل الجسم وبالتالي احداث تغييرا" في كل اعضاء الجسم.

وفي حالة الاستثارة والتحفيز يزداد طلب الجسم على غاز الاوكسجين بشكل كبير، إلا إن نفاذية غاز ثنائي اوكسيد الكربون من الرئة تزداد بما يقارب ٤٠ ضعف بالمقارنة مع دخول الاوكسجين ولذلك فمن الممكن ان يؤدي فرط التنفس الناتج الى انخفاض ثنائي اوكسيد الكربون في الدم (نقص التنفسhypocapnea) ومن الجدير بالذكر ان ثنائي اوكسيد الكربون لا يعد مجرد نفايات الجسم والدم فحسب وإنما يلعب دورا" مهما" في الحفاض على التوازن الحمضي القاعدي بشكل مباشر من خلال الجهاز العصبي المحيطي الذاتي والعمليات النفسية والمعرفية (مثل الانفعالات والتفكير والتصورات وغيرها من العمليات النفسية) ويمكن ان تؤثر به بسرعة من خلال الجهاز العصبي المحيطي الذاتي، وهنا لابد من الاشارة الى مفهوم الاستثارة لان جميع العمليات النفسية تحدث تغيرات في مستوى الاستثارة النفسية والتي تعبر عن نفسها من خلال التغيرات الحاصلة في اداء اعضاء واجهزة الجسم (Farnam,2014).

ويؤدي تنظيم التوازن الحمضي– القاعدي الى تحقيق الرقم الهيدروجيني الطبيعي للدم وهو موضوع خطير ومهم بالنسبة للاداء على مستوى الخلية والعضو وتنظيم عملهم إذ إن جميع العمليات الايضية التي تحدث ضمن نطاق الخلية والعضو الجسمي

تعتمد على الحفاظ على الرقم الهيدروجيني pH ضمن حدود ضيقة جدا" تتراوح بين ٧،٣٥-٧،٤٥ حتى ان أي ابتعاد طفيف نسبيا" خارج هذا المدى الطبيعي للتوازن من شأنه ان يؤدي الى نتائج مؤذية بما في ذلك تخفيض وصول الاوكسجين الى انسجة القلب واحداث تغيرات واضطرابات في الكهربائية عند انبساط وانقباض عضلة القلب وبالتالي فإن البقاء على قيد الحياة يكون نادرا" في ظل انخفاض التوازن الحمضي- القاعدي او الرقم الهيدروجيني عن ٦،٨ او ارتفاعه عن ٧،٨ (Higgins,2004).

مما تقدم من طرح يمكن للباحث تحديد بعض النقاط التي تجسد أهمية البحث الحالي وهي على ما يأتي:

١-يتطرق البحث الحالي الى موضوع التوازن الحمضي- القاعدي للجسم عموما" وموضوع البقاء على قيد الحياة والموت والفناء بشكل خاص بالنسبة لجميع الكائنات الحية والذي لم تتطرق له الابحاث النفسية الفسيولوجية العلمية من قبل.

٢-يعتمد تحقيق التوازن الحمضي- القاعدي ولو جزئيا" على الصحة الجسمية والنفسية للكائن الحي.

٣-ترتبط الصحة الجسمية والنفسية ارتباطا" وثيقا" بالحياة والموت واستمرار وبقاء النوع بالنسبة لجميع الكائنات الحية.

أهداف البحث

١-استعراض الادبيات السابقة التي تناولت موضوع التوازن الحمضي- القاعدي وأثره في البيئة عموما" والصحة العامة والصحة النفسية والسلوك على وجه الخصوص.

٢-مناقشة الادبيات والدراسات السابقة مناقشة علمية نظرية.

٣- الخروج بجملة استنتاجات علمية.

حدود البحث

يتحدد البحث الحالي بالادبيات والدراسات السابقة التي تناولت موضوع التوازن الحمضي – القاعدي في العديد من السياقات والميادين البيئية والبيولوجية.

تحديد المصطلحات

ورد في البحث الحالي مصطلحي التوازن الحمضي- القاعدي والحياة والبقاء وفيما يأتي التعريفات التي توضح هذه المفاهيم:

أولاً: التوازن الحمضي- القاعدي Acid-Base Balance pH

* عرفته Hietavala et al ,2012 على أنه "حالة التوازن ما بين الاحماض والقواعد في جسم الانسان" (Hietavala et al, 2012, p1)

* ويعرفه Raúl,2015 على انه " اللوغارتم السلبي (القاعدة ١٠) لتركيز ايون الهيدروجين في الدم " (Raúl et al ,2015,p.220)

* وعرفته Hietavala,2018 على انه " حالة التوازن ما بين ايون الهيدروجين الداخل الى الجسم او المتولد فيه و ايون الهيدروجين المزال من الجسم " (Hietavala,2018,p.15)

ويعرفه الباحث على أنه (حالة من توازن الشحنة الكهربائية السالبة والموجبة في الجسم الناجمة عن توازن المواد الحمضية والقاعدية فيه والتي تشكل اساس المجال الكهرومغناطيسي للجسم والحياة والصحة والموت).

ثانيا": الحياة life

*الحياة "هي السمة البارزة للمكونات الكلية لنظام معين يمثل الكائن الحي بإكمله" (Zavarsin, 2004, p. 814).

*الحياة " هي نظام من الاكتفاء الذاتي من خلال الاستفادة من الطاقة/ العناصر الغذائية الخارجية من اجل عملياته الداخلية لانتاج مكوناته ويقترن بوسيط والذي تواظب فيه تغيرات تكيفية خلال تأريخ زمني لذلك النظام (Luisi ,1998).

*والحياة " شبكة جمعية معقدة تنتج عناصر مستقلة تتكاثر ذاتيا" ولها تنظيم اساسي وتأخذ اوامرها من خلال تدوينات مادية تتولد من خلال عمليات نشوئية – تأريخية خاصة بالشبكة الجمعية "(Ruiz-Mirazo et al. 2004)

ويعرف الباحث الحياة على انها (النظام المسئول عن تكون ونشوء الكائن من المادة غير الحية (الجماد) وتطوره ونموه وتدهوره وموته وفناءه ليعود كيان الكائن الحي الى المادة غير الحية).

ثالثا": البقاء Survival

ويعرفه الباحث على انه (مجموعة من التكيفات التي يتبعها نظام حياة جسم الكائن الحي والتي تهدف الى الحفاظ على حياته وبقاء نوعه بعد ذلك من خلال التكاثر).

أدبيات البحث

الحامض هو عبارة عن مادة تعمل على اطلاق آيونات الهيدروجين الموجبة(H+) عند التفكك في المحلول، فعلى سبيل المثال حمض الهيدروكلوريك(HCl) Hydrochloric يتفكك الى ايونات الهيدروجين وآيونات الكلوريد وكما يأتي:

$$HCl \rightarrow H+ + Cl-$$

اما حمض الكربونيك (H_2CO_3) Carbonic فإنه يتفكك الى آيونات الهيدروجين وآيونات البيكربونات وكما يأتي:

$$H_2CO_3 \rightarrow H+ + HCO_3-$$

ويمكننا التمييز بين الاحماض القوية مثل حمض الهيدروكلوريك والاحماض الضعيفة مثل حمض الكربونيك من خلال الفرق الذي يكمن في ان الاحماض القوية تتفكك اكثر من الاحماض الضعيفة وبالتالي فإن تركيز آيون الهيدروجين في الحمض القوي يكون اعلى بكثير من تركيزه في الحمض الضعيف.

اما القاعدة فهي المادة التي تتقبل او تكسب ايونات الهيدروجين، فعلى سبيل المثال تعمل المادة القاعدية (البيكربونات–HCO_3 bicarbonate) على تقبل او اكتساب ايونات الهيدروجين من اجل تشكيل حمض الكربونيك وكما يأتي:

$$HCO_3 - + H+ \rightarrow H_2CO_3$$

ويعد الرقم الهيدروجيني pH مقياسا" للحالة الحمضية والقاعدية والذي يمتد من صفر والى ١٤ وبالتالي فإن للماء النقي رقم هيدروجيني ٧ وهو لا حمضي ولا قاعدي، اما إذا ما كان الرقم الهيدروجيني اعلى من ٧ انذاك يبدأ الميل الى الحالة القلوية او القاعدية في حين إذا ما كان اقل من ٧ فإنه سوف يميل الى الحالة الحمضية، وعلى ذلك فإن الرقم الهيدروجيني للدم يتراوح من ٧،٣٥ والى ٧،٤٥ وهو مائل الى الحالة القلوية نوعا" ما على الرغم من ان مصطلح قلوي في مجال الطب ربما يكون مربكا" وينبغي ان يتجاوز حاجز ٧،٤٥ لكي يوصف بالحالة القاعدية، في حين مصطلح الحمضي ينبغي ان يخصص للرقم الهيدروجين للدم إذا كان اقل من ٧،٣٥ ومن الجدير بالذكر ان الرقم الهيدروجيني pH هو مقياس تركيز ايون الهيدروجين (H+)، اما المخازن او المصدات Buffers فهي عبارة عن مواد كيميائية في المحلول والتي تعمل على التقليل من التغير الحاصل في الرقم الهيدروجيني والذي يحدث عندما تضاف أحماض (من خلال التطهر من ايونات الهيدروجين) وتعد هذه المصدات او المخازن الحل الامثل لضعف الحمض والميل القاعدي المرافق، ففي الدم يتمثل نظام الخزن الاساسي في الحمض الضعيف، حمض الكربونيك(H_2CO_3) وقاعديته المرافقة، البيكربونات(HCO_3–) ولأيضاح كيف يعمل هذا النظام على التقليل من التغيرات الحاصلة في الرقم الهيدروجيني pH لو افترضنا بإننا قمنا بإضافة حمض قوي مثل حمض الهيدروكلوريك الى المصد البيكربونات انذاك سوف يتفكك الحمض ويطلق آيونات الهيدروجين وكما يأتي:

$$HCl \rightarrow H+ + Cl -$$

بعد ذلك يقوم مخزن البيكربونات بإمتصاص آيونات الهيدروجين وتكوين حمض الكربونيك وكما يأتي:

$$HCO_3 - + H+ \rightarrow H2CO_3$$

والنقطة المهمة هنا هي نظرا" الى ان ايونات الهيدروجين القادمة من حمض الهيدروكلوريك تندمج في حمض الكربونيك الضعيف والذي لا يتفكك بسهولة فإن العدد الكلي لايونات الهيدروجين في المحلول وبالتالي الرقم الهيدروجيني سوف لن يتغير بالمقدار الذي يحدث فيه في حال غياب المصد او المخزن.

وعلى الرغم من ان هذا المخزن او المصد يقلل الى حد كبير من تغير الرقم الهيدروجيني، إلا إنه لا يلغيه لأن حتى الحمض الضعيف (مثل حمض الكربونيك) يتفكك الى حد ما وبالتالي فإن الرقم الهيدروجيني للمحلول المخزن هو نتاج للتركيزات النسبية للحمض الضعيف وقاعدته المرافقة.

https://www.utc.edu/faculty/tom-rybolt/pdfs/acidbase-equilibrium2014.pdf

تغطي المحيطات ثلثي سطح الكرة الارضية وتلعب دورا" حيويا" في الدوائر البايوكيميائية الشاملة وتوفر سبل الحياة للعديد من الكائنات الحية وملايين البشر وتسهم بشكل كبير في التنوع البيولوجي لكوكب الأرض، إلا ان هذه المحيطات تمتص ثنائي اوكسيد الكربون (CO_2) من الغلاف الجوي مما يتسبب في حدوث تغيرات كيميائية من خلال جعله أكثر حمضية (أي تخفيض الرقم الهيدروجيني pH للمحيطات) وفي القرنين الماضيين امتصت المحيطات ما يقارب نصف ثنائي اوكسيد الكربون الناتج عن احتراق الوقود الاحفوري وصناعات الاسمنت، وتشير الحسابات المستندة الى قياسات سطح المحيطات ومعرفة كيميائية المحيطات الى ان هذا الامتصاص لثنائي اوكسيد الكربون قد ادى الى تخفيض الرقم الهيدروجيني لمياه البحر السطحية بمقدار 0.1 وحدات وبما يعادل ٣٠% زيادة في تركيز ايونات الهيدروجين(The Royal Society,2005) .

وعندما تمتص المحيطات غاز ثنائي اوكسيد الكربون فإنه يمتزج مع الماء مما يؤدي الى تركيب حمض الكربونيك carbonic acid (H_2CO_3) والذي يتفكك فيما بعد لتشكيل ايون الهيدروجين (H^+) وايون بيكربونات (HCO_3^-) وبالتالي يمثل الرقم الهيدروجيني مقياسا" لتركيز ايونات الهيدروجين إذ كلما كانت ايونات الهيدروجين في الماء اكثر كلما انخفض الرقم الهيدروجيني وارتفع مستوى حمضيته مما يعني ان زيادة مستويات ايونات الهيدروجين من خلال امتصاص ثنائي اوكسيد الكربون يعمل على تخفيض الرقم الهيدروجيني للمحيطات وزيادة حمضيتها، وتكون ايونات الكربونات وايونات البيكربونات متوازنة مع بعضها البعض في المحيطات إلا ان كميات كبيرة من ثنائي اوكسيد الكربون تدخل الى المحيطات مما يؤدي الى انتاج ايونات البيكربونات وتغيير هذا التوازن وطرد ايونات الكربونات وبالتالي تبدأ عملية استنزاف كمية من ايونات الكربونات الضرورية للحياة البحرية والتي تعتمد على هذا العنصر الأساس لبناء الأغلفة الكربونية الكلسية لأجسامها فضلا عن هياكلها العظمية، ومثل هذه التغيرات الحاصلة في المحيطات تعمل على احتمالية تعطيل العلاقات الحمضية- القاعدية المهمة الى جانب العمليات البايوكيميائية الحيوية الاخرى، وتشير الدراسات العلمية الى ان لتحمض المحيطات اثارا" واسعة على حياة وبقاء الكائنات الحية مثل موت يرقات المحار oyster larvae (Hauri ,et al.2009) وانخفاض في نمو الهيكل العظمي المرجاني (De'ath et al.2009) ومن الجدير بالذكر ان للكائنات البحرية ستراتيجيات مختلفة تتعلق بالتكاثر ومراحل الحياة وانماط الحياة وربما تتأثر جميعها بدرجة تغير حمضية المحيطات إذ ان لدى بعض الانواع اضطربت بعض العمليات البيولوجية والفسيولوجية المهمة مثل التكاثر reproduction (Havenhand et al.2008) والنمو growth (Orr et al.2005) والتكلس (Gooding et al.2009) calcification والتنفس(Munday et al.2009) respiration وذلك لزيادة حمضية المحيط، كما اظهرت انواعا" مختلفة من الكائنات البحرية مثل الاسماك (Munday et al.2009) والنجوم الهشة brittle stars (Wood et al 2008) والحبار squid (Rosa et al.2008) تأثر حياتها وبقائها بزيادة حمضية المحيطات، ومن الجدير بالذكر ان الكائنات الكلسية البحرية مثل الشعاب المرجانية(Hoegh- Guldberg et al.2007) coral reefs والمحار oysters والقواقع البحرية pteropods (Fabry et al.2009) هي الكائنات الاكثر عرضة للتأثر بتحمض المحيطات ففي المستقبل القريب سوف تؤدي زيادة كميات ثنائي اوكسيد الكربون التي تمتصها البحار والمحيطات الى جعل بعض المياه السطحية اكثر حمضية مما يؤدي الى تأكل اغلفة اجسام هذه الكائنات فضلا عن هياكلها العظمية المتكونة من مواد اكثر قابلة للذوبان في كربونات الكالسيوم calcium carbonate (Steinacher et al.2009) وهذا يعني ان زيادة حمضية المحيطات لا تعمل على احتمالية تقليل قدرة بعض الكائنات البحرية الكلسية على بناء اغطيتها الواقية من خلال تخفيض وفرة ايونات الكربونات فحسب وإنما يمكن ان يؤدي الى تفكيك بعض تراكيب كربونات الكالسيوم الموجودة اصلا" وبالتالي فإن حياة الشعاب المرجانية اكثر عرضة وبشكل خاص لتهديد انخفاض الرقم الهيدروجيني وارتفاع درجة حرارة المحيطات إذ إن هذين التهديدن مجتمعين يمكن ان يؤديان الى تأكل هذه الشعاب المرجانية (Silverman et al.200) وبالتالي فإن العديد من هذه الكائنات البحرية توفر السكن والطعام للعديد من الكائنات الحية في المحيط.

اما بالنسبة للنباتات فإن قيمة الرقم الهيدروجيني pH المثالية لنمو النباتات تتراوح بين ٥ والى ٨ وخارج هذا المدى في التربة تواجه النباتات صعوبات في الانبات والنمو إذ انه لا يمكن لأي نوع من النباتات ان تنمو إذا ما كان الرقم الهيدروجيني اقل من ٣،٧ (Larssen et al., 2006) لذا فإنه وإذا سقطت الامطار الحمضية على التربة فإنها تقلل من نمو النبات وإنتاجيتها بسبب إصاباتها ومرضها وذلك لان زيادة حمضية التربة تعمل على تقليل المواد الغذائية الاساسية في التربة مثل النيتروجين والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم وغيرها من العناصر فضلا عن ان وجود ووفرة بعض العناصر مثل الالمنيوم والزئبق والمنغنيز والكاديوم والرصاص في التربة لا يعد ساما" للنباتات في حين انها تشكل سموما" مميتة تتسبب في موت وتدمير النباتات والاشجار في حال ارتفاع حمضية التربة وخصوصا" بسبب الامطار الحمضية (Curtis and Childs, 2010; Liu et al., 2011) فعلى سبيل المثال عندما ينخفض مستوى الكالسيوم في ابر شجرة التنوب الاحمر red spruce تصبح هذه الشجرة اقل قدرة على تحمل برد الشتاء وتتعرض لاصابات وامراض الشتاء وقد تموت (Lazarus et al., 2006) كما تعمل الامطار الحمضية على تغيير كيميائية أسطح اوراق النباتات وتقلل من أنبات حبوب اللقاح والاخصاب ونمو البذور وتكون الثمار إذ إنها تضيف أيونات الهيدروجين +H الى التربة والتي تتفاعل مع مركبات الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم القادمة من جزيئات التربة مما يؤدي الى قتل الكائنات الحية الدقيقة المفيدة التي تعمل على اطلاق المواد المغذية من المواد العضوية المتحللة، وبالتالي تفقد النباتات والاشجار المواد الغذائية مما يعني ان جذور النباتات والاشجار تتأثر بالأمطار الحمضية وبالتالي تموت (Ulrich et al., 1980) وعلى الرغم من إمكانية بقاء بعض النباتات في ظل تأثيرات ازدياد حمضية التربة بسبب الامطار الحمضية إلا إنها تصبح ضعيفة جدا" وغير قادرة على البقاء ومواجهة الكوارث الطبيعية مثل الأمطار الغزيرة والرياح الشديدة والجفاف.

وعلى هذا الاساس فإن جميع الكائنات الحية على الارض تعتمد بعضها على البعض الاخر وإذا ما قتل أي شكل من أشكال الحياة الدنيا في سلم النشوء فإن الانواع العليا في هذا السلم سوف تتأثر لأنها تعتمد عليه، فعلى سبيل المثال يمكن ان تؤثر زيادة حمضية التربة والبحار والمحيطات من خلال الامطار الحمضية على الانسان وتضر بصحته وإن كان بشكل غير مباشر لأن الانسان يعتمد على النباتات والاسماك والحيوانات في الحصول على طعامه وإذا ما انخفضت كمياتها او نوعياتها نتيجة لزيادة حمضية بيئاتها فإنها سوف تنعكس سلبا" على نوعية حياته وصحته العامة (Bennet, 1998; Liu et al., 2011) فعلى سبيل المثال يؤدي امتصاص المواد السمية من قبل الماء والمحاصيل الزراعية والحيوانات والمتدفقة من خلال الامطار الحمضية ومن ثم يستهلكها الانسان مما يتسبب في احداث تدمير شديد في جهازه العصبي فضلا عن مشكلات في الرئة والجهاز التنفسي (مثل الربو والتحسس والتهاب الشعب الهوائية) وتدمير كبير في الدماغ ومشكلات في الكليتين والسرطان ومرض الزهايمر والتي قد تتسبب في موته (Okita, 1983) وهذا ما يدعونا للخوض في بيئة جسم الانسان واختلال التوازن الحمضي – القاعدي او اختلال الرقم الهيدروجيني pH فيه إذ تعد آيونات الهيدروجين الموجبة+H وآيونات الهيدروكسيل السالبة –OH في سوائل الجسم الاكثر اهمية في تحديد التوازن الحمضي – القاعدي للجسم لأن تركيزات هذين الايونين تؤثر على اما حمضية او قاعدية سوائل الجسم والتي تقاس من خلال مقياس الرقم الهيدروجيني pH scale إذ تعادل الوحدة الواحدة في مقياس الرقم الهيدروجيني عشرة اضعاف التغير في ايونات الهيدروجين الموجبة، ويعد الرقم ٧ محايدا" او متعادل في حين إذا ما كان اقل من ٧ فإن ذلك يعني زيادة في أيونات الهيدروجين الموجبة وقلة في أيونات الهيدروكسيد السالبة وإذا ما كان أكثر من ٧ فإن ذلك يعني زيادة في أيونات الهيدروكسيد السالبة وقلة في أيونات الهيدروجين الموجبة، ومن الجدير بالذكر تكون الجزيئات العضوية الكبيرة وخصوصا" البروتينات حساسة للغاية للتغير في الرقم الهيدروجيني بسهولة وذلك لان هذه البروتينات تؤدي مدى واسع من الادوار المهمة في الجسم(الانزيمات والأنسجة، النواقل العصبية، الهرمونات، نقل الاوكسجين، المناعة، الخ..) وبالتالي فإن أي تغيرات تحدث في الرقم الهيدروجيني او التوازن الحمضي– القاعدي من شانها ان تؤثر تقريبا" على جميع الجوانب الفسيولوجية والعمليات الايضية لخلايا الجسم الى حد أن حتى التغيرات الطفيفة في الرقم الهيدروجيني pH من شانها ان تكون قاتلة، ومن الجدير بالذكر ان الرقم الهيدروجيني للدم يتراوح من ٧،٣٥ والى٧،٤٥ وإذ ما بلغ ٧ او اقل فإن يكون قاتل او إذا ما بلغ ٧،٨ او اكثر فإنه قاتل ايضا"، كما ان الاحماض والقواعد المختلفة تدخل وتغادر الجسم بإستمرار من خلال الطعام والشراب وأفرازات المعدة والبيكربونات القادمة من البنكرياس وما

الى ذلك لذا هناك حاجة مستمرة لآلية تعمل على تحييدها او معادلتهاneutralize them لذلك يعمل الجسم على الدفاع عن نفسه ضد التغيرات الكبيرة الحاصلة في الرقم الهيدروجيني من خلال العملية ذات الخطوتين وهي:

اولا": المخازن المؤقتة buffers:– وتعمل على امتصاص أيونات الهيدوجين الموجبة او الهيدروكسيد السالبة والزائدة من اجل منع حدوث تغيرات جذرية في الرقم الهيدروجيني.

ثانيا": الانهاء elimination:– ويتم فيها ازالة الاحماض والقواعد من الجسم من خلال اما الكليتين واللتان يعملان على طرح ايونات الهيدروجين الموجبة او الهيدروكسيد السالبة عن طريق الأدرار او من خلال الرئتين وذلك عندما ينهي ثنائي اوكسيد الكربون ايونات الهيدروجين الموجبة ويتحولان الى ماء او من خلال الجلد والذي يمكنه طرح بعض الاحماض من خلال العرق.

وبذلك فإن هذه المصطاد إنما هي عبارة عن مواد والتي تعمل على منع حدوث تغيرات بارزة في الرقم الهيدروجيني للمحلول عند زيادة الاحماض او القواعد إذ انه وعند اضافة قطرة واحدة من حمض الهيدروكلوريك الى الماء النقي تجعل الرقم الهيدروجيني يتغير من ٧ والى ٣،٥ في حين ان اضافة نقطة واحدة من حمض الهيدروكلوريك الى البلازما تجعل الرقم الهيدروجيني يتغير من ٧،٤١ والى ٧،٢٧ لان الدم يعمل بوصفه مصد، وتعمل المصدات على مواجهة أي تغير في الرقم الهيدروجيني من خلال الامتزاج مع الاحماض والقواعد القوية وطردها خارج المحلول إذ تعمل على امتصاص ايونات الهيدروجين الموجبة والهيدروكسيد السالبة ومكونة" حمض ضعيف وملحه، وتتمثل المصدات الاساسية في سوائل الجسم في البيكربونات والفوسفات والهيموغلوبين وبرتينات البلازما إلا إن جميع هذه المصدات لها قدرة محدودة ومؤقتة ولا يمكنها لوحدها الحفاظ على التوازن الى اجل غير مسمى وفي مرحلة معينة لابد من ازالة الاحماض والقواعد من الجسم وبشكل فعلي، وبالتالي هناك منظومتين رئيسيتين مسؤولة عن الازالة تتمثل في الآليات التنفسيةRespiratory Mechanisms وآليات الافراز Excretory Mechanisms إذ يلعب الجهاز التنفسي دورا" اساسيا" في ازالة الاحماض الزائدة من خلال كل زفير يقوم ثنائي اوكسيد الكربون بالخروج وبالتالي ايون الهيدروجين الموجب بإزالة الانهيدراز الكربونية (انزيم حمض الكربونيك) وكما في المعادلة الاتية:

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO \longrightarrow H+ + HCO3-$$

وبإمكان مستقبلات الرقم الهيدروجيني (التوازن الحمضي– القاعدي) الموجودة في الشرايين اما زيادة او خفض معدل التنفس بالاعتماد على تراكم الاحماض في الدم إذ إن حالة الحماض تعمل على تحفيز فرط التنفس hyperventilation.

اما بالنسبة لآلية الافراز فإن بإمكان خلايا DCT وخلايا CT افراز ايونات الهيدروجين الموجبة +H والبيكربونات -HCO_3 إذا ما انخفض الرقم الهيدرجيني للدم ادنى من المستويات الطبيعية فإن الانابيب الصغيرة سوف تزيد من افراز ايونات الهيدروجين الموجبة عن طريق الكليتين وعملية التدرر وبالتالي تعد هذه الالية اكثر فاعلية بالمقارنة مع الجهاز التنفسي في السيطرة على الرقم الهيدروجيني للجسم ففي العادة تكون الادرار حمضية الى حدٍ ما، ومن الجدير بالذكر أن النظام الغذائي الاعتيادي ينتج من الفضلات الحمضية اكثر من الفضلات القاعدية.

وينتج اختلال التوازن الحمضي– القاعدي عن ارتفاع حمضية الجسم وانخفاض قاعديته او العكس، فعندما يميل الجسم الى الحالة الحمضية قد يحدث ذلك بسبب عوامل الحماض التنفسي Respiratory Acidosis factors والتي تتسبب في تراكم ثنائي اوكسيد الكربون في الدم في العموم نتيجة للعوامل التي تعيق عملية التنفس الرئوي، ومن اعراضها صعوبة في التنفس والاكتئاب وانخفاض عمل الجهاز العصبي المركزي والنعاس وفقدان الوعي ومن ثم الموت إلا إن بالامكان تعويضه من خلال الكليتين، او قد يميل الجسم الى الحالة الحمضية بسبب الحماض الايضي Metabolic Acidosis الناجم عن تراكم الاحماض غير التنفسية non-respiratory acids او الفقدان المفرط للقواعد بسبب ضعف وظائف الكلى او الاسهال المطول او التقيؤ الشديد الذي يسبب فقدان سوائل الامعاء او في حالة مرض السكري والذي يؤدي الى جعل الاجسام الكيتونية حمضية.

وعندما يميل الجسم الى الحالة القاعدية فقد يحدث ذلك بسبب التراكم المفرط للقواعد او فقدان الاحماض، ففي حالة القاعدية التنفسيةRespiratory Alkalosis والتي تحدث بسبب فرط التنفس او القلق او الحمى او بعض التسممات فإن من اهم اعراضها الدوار الخفيف والتهيج والتنميل والدوار، اما في حالة القاعدية الايضية Metabolic Alkalosis او ما يسمى بالقلاء

الاستقلابي فإنه قد ينتج عن التفريغ المعدي gastric drainage او غسيلها والتقيؤ المطول لمحتويات المعدة او تناول المزيد من مضادات الحموضة (Higgins, 2004).

ويكون الرقم الهيدروجيني داخل الخلية(intracellular pH (pHi في الخلايا الحية منتظم تقريبا" ويقترب من القيم المحايدة من خلال الايون الذي يقوم بنقل البروتينات الموجودة في غشاء البلازما(Boron, 2004) وبذلك فإن تنظيم نشاط هذه الناقلات يتم من خلال التغيرات الحاصلة في الرقم الهيدروجيني داخل الخلية (pHi) مثل آلية التوازن a homeostatic mechanism والاشارات الخلوية الداخلية والخارجية مثل extra-cellular cues نقص الاكسجة(Reshkin et al.2014) hypoxia لذا يعد الحفاظ على تركيز ايون الهيدروجين في سوائل الجسم ضمن مدى ضيق ضروري لاغراض تنظيم العمليات الايضية الطبيعية والعمليات الانزيمية والوظائف الحيوية مثل الاخصاب والنمو وتنظيم حجم الخلية الحية وتكوين البروتينات، ولما كانت تركيزات ايونات الهيدروجين نانومولرية nanomolar بالمقارنة مع البيكربونات والتي تكون بكميات مللمولريةmillimolar لذا فإن من الواضح ان ايون الهيدروجيني الموجب+H هو المسؤول عن العديد من ردود الافعال ويكون الهيدروجين في حالة توازن مع الماء الموجود بتركيز 55.5 مولر مع ثنائي اوكسيد الكربون وهو الغاز الذي تخرجه الرئتين من خلال عملية الزفير(المصد الاول المفتوح) ومع البروتينات والاحماض الضعيفة مثل فوسفات الهيدروجين يكون ايون الهيدروجين مسؤول عن العديد من تفاعلات الحد من الاكسدة وتكوين ثلاثي فوسفات الادينوساين adenosine triphosphate (ATP) ومن الطبيعي التعبير عن مستوى الحموضة بشكل لوغارتمي على انه الرقم الهيدروجيني pH والمعروف ب log 1/[H+] ولأن معظم الخلايا في الجسم تكون ذات شحنة كهربائية سالبة بالمقارنة مع الفضاء الخارجي للخلية لذا فإن الرقم الهيدروجيني داخل الخلايا يكون اقل من المجال الخارجي، وعلى الرغم من ان الرقم الهيدروجيني داخل الخلية يكون اكثر حمضية من خارج الخلية إلا إن لدى معظم الخلايا آليات متوفرة تعمل على منع الرقم الهيدروجيني الارتفاع او الانخفاض المفرط، ومن المثير للاهتمام ان نفس الناقلات المتاحة لجميع الخلايا من اجل السيطرة على رقمها الهيدروجيني الخاص بها هي ذاتها المستعملة من قبل اوعية الكليتين من اجل التخلص من الحامض الموجود في الادرار وبذلك يكون الرقم الهيدروجيني خارج الخلية ضمن مدى ٧،٣٤ – ٧،٤٥(Seifter and Chang ,2017) وفي كل يوم يمضي ينتج الجسم الاحماض من خلال عملية تمثيل الغذاء الطبيعية إذ يتم تناول الحمض والقاعدة من خلال النظام الغذائي (Koeppen, 1998) وتقوم الرئتين بتحرير او تقوية الارتباط بالاحماض عند الضرورة كما تقوم الكليتين اما بالتخلص من الاحماض او اعادة امتصاصها بشكل فعال، لذا لا يوجد تأثير على الحالة الحمضية– القاعدية للجسم بإكمله إذ إنه وعندما تكون هناك زيادة في انتاج الاحماض فإن للجسم عددا" من المصدات التي تعيد توازنه الحمضي– القاعدي، وعلى الرغم من ما تم التعود عليه من قياس اضطرابات التوازن الحمضي– القاعدي من خلال انعكاسه على السائل الموجود خارج الخلية extracellular fluid بدلا" داخل الخلية intracellular إلا إن مثل هذه الممارسة تمثل تبسيطاً مفرطا" للمفهوم وهي كذلك مصدرا" محتملا" للخطأ نظرا" الى ان تغيرات الرقم الهيدروجيني تعتمد على العمليات والوظائف الايضية المرتبطة بكهربائية داخل الخلية وتوازنها الحمضي– القاعدي، وبذلك فإن مقاييس الرقم الهيدروجيني لداخل الخلية والتي ربما تختلف بين انواع الخلايا هي مهمة للغاية في تحديد حياة ونمو وسلامة كل خلية من خلايا الجسم عموما" وكل عضوا من اعضاء الجسم بشكل خاص على الرغم من اهمالها بإستمرار من قبل المختصين في هذا الميدان، فعلى سبيل المثال الميدان الذي غالبا" ما اهمل نقاشه هو اضطرابات الحمضية– القاعدية السريرية من حيث تنظيم تركيزات ايون الهيدروجين في خلايا الدماغ والسائل الذي يتخللها والمحيط بها، ويعد الرقم الهيدروجيني للدماغ والذي يعكسه سائل الحبل الشوكي– المخ cerebral spinal fluid ذا اهمية بالغة لاداء الجهاز العصبي المركزي (CNS) ويختلف عن تنظيم الرقم الهيدروجيني المحيطي peripheral pH والذي يسيطر عليه بدقة ضمن مدى ضيق من خلال آليات خلوية فريدة خاصة بالتكيف (Davison and Segal,1996) ومثل هذه الاليات تسمح للدماغ بالتعويض والعودة بالرقم الهيدروجيني الى المستوى الطبيعي عند حدوث كل اضطراب اساسي من اضطرابات الحماض او القلوية الايضية والحماض او القلوية التنفسية وبالتالي قد يظهر عدم الاتزان الحمضي – القاعدي في امراض الدماغ مثل السكتة

الدماغية على تحليل الدم المحيطي لذا فإن تصحيح الرقم الهيدروجيني للجهاز العصبي في تلك السياقات ربما يعمل على تعطيل التعويضات المهمة التي يقوم بها الدماغ (Christensen,1974).

كما يعد الدماغ العضو المهم والحيوي في تنظيم الرقم الهيدروجيني للدم في حال الاضطرابات الجهازية، ويعتمد اتصال المدخلات الحسية بالجهاز العصبي المركزي على المتحسسات الكيميائية chemosensors في منطقتي القوس الابهر aortic arch والجسم السباتي carotid body مع المدخلات العصبية للجهاز العصبي المركزي والاشارات العصبية المستمرة واللاحقة التي تشتمل عليها عملية تنظيم التهوية السنخية alveolar ventilation (وهي عملية تبادل الهواء بين الرئتين والهواء المحيط) وبذلك فإن تحمض السائل المتخلل للدماغ brain interstitial fluid سوف يؤدي الى تزايد عملية التهوية في حين ان قلوية السائل المتخلل للنخاع medullary interstitial fluid سوف تؤدي الى تخفيض هذه التهوية (Mitchell et al.1963) فضلا عن ذلك ونتيجة لاختلافات نفاذية حاجز الدم– الدماغ blood- brain barrier لكل من ثنائي اوكسد الكربون وايون الهيدروجين والبيكربونات وحركة هذه الانواع في الجهاز العصبي المركزي فإن لكل واحدا" منها دورة زمنية مختلفة مما يؤدي الى تغيرات انتقالية غير ثابتة في الرقم الهيدروجيني للجهاز العصبي المركزي، ومثل هذه التحولات تكون متناقضة احيانا" مع الرقم الهيدروجيني للدم المحيطي (Saunders et al.2014) وأحدى الامثلة على اضطراب التوازن بين الرقم الهيدروجيني المحيطي والدماغي عندما يتم اعطاء المريض بيكربونات الصوديوم من اجل تصحيح الحماض الايضي، كما قد يكون هناك تحمض متناقض للدماغ عندما يتكون ثنائي اوكسيد الكربون من البيكربونات المتسرب ويكون اكثر انتشارا" في مادة الدماغ مما هو عليه في ايونات البيكربونات السالبة (Yoon et al.2012) وسوف يؤدي تحمض السائل المتخلل للدماغ الى فرط التنفس hyperventilation مما سوف يتسبب في زيادة قلوية (قاعدية)الجهاز التنفسي على الرغم من منح قاعدية البيكربونات الى السائل خارج الخلية.

لذا تعد الاستثارة والتحفيز Arousal حالة فسيولوجية ونفسية تحدث في حالة اليقظة او الاستجابة للتنبيهات البيئية والتي تشتمل على تنشيط جهاز التفعيل الشبكي reticular activating system في الدماغ والجهاز العصبي الذاتي autonomic nervous system والجهاز الغدي endocrine system مما يؤدي الى استجابة القتال او الهرب وحالة من التيقظ الحسي والتحرك السريع والاستعداد للاستجابة، وفي الواقع ا ناي حالة نخبرها داخل انفسنا سواء كانت عمليات التفكير او التخيل او التذكر او الانفعال وما الى ذلك وإذا ما كانت كافية من حيث تحفيزها يمكن ان تعمل على رفع مستوى تحفيزنا، وفي المستوى الاعلى من التحفيز يحتاج الجسم الى المزيد من الاوكسجين ومن ثم طرح المزيد من ثنائي اوكسيد الكربون، كما انه وعندما يتجاوز مستوى التحفيز والايتثارة المستوى المثالي يظهر نقص السكر في الدم نتائج غير مرغوبة من خلال انتاج حالة قلوية الدمalkalosis والتي تمهد السبيل الى انتاج حدثين رئيسيين هما:

١- تقليل كمية الكالسيوم المؤين ionized calcium.

٢- انقباض الاوعية الدموية في الدماغ.

وعليه فإن نقص الكالسيوم المتأين يجعل الخلايا العصبية والعضلات في حالة من التهيج ومن ثم حالة من التنميل numbness وخاصة في اليدين وحول الفم والشفتين كما يحدث حالة من التشنج في العضلات، ومن ناحية اخرى فإن تضيق الاوعية الدموية في الدماغ Brain vasoconstriction يعمل على تقليل توافر الدم في الدماغ وبالتالي يؤدي الى ظهور بعض الاعراض مثل الدوخة والدوار، وكلا هاتين المجموعتين من الاعراض يمكن ان يعمل على تغيير احساسات الشخص بالبيئة الداخلية له (الجسم)، وكما نعلم ان الوعي الذاتي للانسان self-awareness لا يحقق ادراك البيئة الخارجية فحسب وإنما يحقق نوعا" ما من الوعي الحدسي بالاحداث الداخلية للجسم، وبمعنى اخر فإن الوعي الذاتي يقع ما بين العالم الداخلي والخارجي وقوى قوية من الداخل ولكنها تضغط على الوعي الذاتي وخصوصا" إذا ما دامت هذه القوى لفترة اطول كما يحدث في حالة اضطرابات القلق المزمن والتهيج او الانفعالات الشديدة والمستمرة مثل الحب والاعتمادية والاشمئزاز والحزن والذكريات او الافكار المزعجة (كما في حالة الوسواس) (Farnam,2014,p54).

وبإختصار يمكن القول ان اضطرابات التوازن الحمضي– القاعدي تشتمل على تفاعل متبادل معقد بين العديد من الاجهزة العضوية بما في ذلك الدماغ والرئتين والكليتين والكبد، وتعتمد الاليات التعويضية التي تقوم بها هذه الاجهزة والاعضاء على الاداء الوظيفي المناسب لهذه الاعضاء، وربما تكون الاليات التعويضية لاضطرابات الدماغ هي الاكثر تعقيدا" في حين هناك تقيدات لمعظم الاضطرابات الجهازية الاخرى، ومع ذلك فإن بعض القيود على هذه التعويضات تكون مفيدة للبقاء على قيد الحياة من خلال الحفاظ على الاوكسجين وتوازن الطاقة والعمليات العقلية والمعرفية والسيطرة على كهربائية الجسم وتوازن السوائل في الجسم وهي مترابطة مع بعضها البعض (Seifter and Chang ,2017).

مناقشة واستنتاج

على ما يبدو ان هناك علاقة متبادلة بين الكائنات الحية وبيئاتها التي تحيا بها يتوسطها التوازن الحمضي – القاعدي إذ ينبغي ان تكون البيئة على مستوى معتدل من التوازن الطبيعي لكي تكون صالحة للحياة، ولما كانت اصل الحياة على كوكب الارض قد نشأت من المملكة النباتية، لذا فإن من المنطقي الافتراض إن بداية الخلية الحية الاولى كانت قد انبثقت بعد ان حققت الارض هذا المستوى من التوازن الحمضي–القاعدي عندما وصلت الامطار الساقطة على الارض الى حالة من التوازن مناسبة لقاعدية الارض والتي كانت غير متوفرة من قبل او مرتفعة للغاية مما جعل الحياة عليها مستحيلة، ولما كان مستوى حمضية وقاعدية الكائن الحي ونموه وتطوره تعتمد على مستوى التوازن الحمضي– القاعدي للبيئة التي يحيا بها، لذا فإن تطور المملكة النباتية وظهور المملكة الحيوانية ربما تطلب مستوى عالي من الاتزان البيئي، فعلى سبيل المثال أي تغير في هذا الاتزان يؤدي الى تغيرات في صفات وخصائص الكائن الحي والتكيف لهذا التغير (تطور) في مقابل موت وهلاك الكائن الحي عند عدم تمكنه من التكيف لهذه التغيرات، ومن الجدير بالذكر ان منظومة تكيف وتطور الكائن الحي هي الاخرى تعمل على وفق النظام الحمضي– القاعدي إذ إن كل خلية من خلايا الكائن الحي تتمتع بمستوى من التوازن الحمضي– القاعدي الخاضع للنظام الكلي للجسم وهو المسؤل عن تحديد صفات الكائن الحي وخصائص نوعه من خلال النظام الوراثي، وربما يجيب هذا الافتراض عن السؤال المتعلق عن عمل الجين الوراثي وكيفية تغلبه او تنحيه عن التعبير عن نفسه وكذلك سبب حدوث الطفرة الوراثية الناجمة عن التغيرات الكيميائية او الفيزيائية الحاصلة على مستوى الخلية والمسئولة عن تغيير هذا التوازن الحمضي – القاعدي الذي يحاول الجسم المحافظة عليه حتى النهاية، وهذا ما قد يفسر لنا كيفية تطور الامراض في القرنين الأخيرة سواء كان على مستوى المملكة النباتية او الحيوانية وانقراض الكثير منها وتهديد بقاء العدد الاكبر منها او حتى الاعتلال الذي اصاب الانسان وذلك بسبب الاختلال الحاصل في التوازن الحمضي– القاعدي في البيئة الناجم عن التعامل السيء معها وهو ما يتجلى في الامطار الحمضية التي تهدد الحياة والبقاء على هذا الكوكب مما ينذر ببداية نهاية الارض او موتها، ولما كانت بداية الحياة على هذا الكوكب كانت قد انبثقت عن كائنات حية قادرة على تحمل المستوى العالي من حمضية البيئة التي تحيا بها والمتمثلة بالكائنات وحيدة الخلية، لذا فمن غير العجيب ان نفترض إن نهاية الحياة سوف تكون بنهاية حياة هذه الكائنات الحية بعد اختلال التوازن الحمضي– القاعدي للبيئة وميلها الحمضي العالي الذي يتسارع يوما" بعد اخر، لذا بالامكان الخروج ببعض الاستنتاجات وكما يأتي:–

١– اتجهت بيئة الارض وبجميع مفرداتها ومكوناتها في الاونة الاخيرة بأتجاه اختلال التوازن الحمضي – القاعدي بسبب اساءة تعامل الانسان مع البيئة وبالاخص فيما يتعلق بموضوع التلوث.

٢– انعكس اختلال التوازن الحمضي– القاعدي سلبا" على كل اشكال الحياة في المملكة النباتية والحيوانية والانسانية.

٣– تعرضت الكثير من الكائنات الحية الى الاعتلال الصحي والهلاك والانقراض بسبب اختلال توازنها الحمضي القاعدي.

٤– يعد التوازن الحمضي – القاعدي اساس للصحة والسلامة سواء كان على مستوى الخلية او العضو او الجهاز الذي يتكون منه جسم الكائن الحي.

٥– يميل الجسم الى تحقيق توازنه الحمضي – القاعدي بإستعمال العديد من الاليات من اجل الحفاض على الحياة.

٦- في حال فشل الجسم في تحقيق التوازن الحمضي- القاعدي على مستوى اجهزته واعضاءه انذاك تبدأ مرحلة الاعتلال والتي من الممكن ان تنتهي بالموت.

٧- يمكن ان تعزى معظم الاعتلالات الجسمية والنفسية التي بدت واضحة على انسان اليوم الى اختلال توازن الجسم الحمضي- القاعدي واعضاءه وعلى وجه الخصوص الدماغ.

التوصيات والمقترحات

في ضوء الاستنتاجات التي خرج بها البحث الحالي بالامكان وضع عدد من التوصيات والمقترحات وكما يأتي:

أ- التوصيات

١- العمل على المحافظة على التوازن الطبيعي للبيئة والذي من شأنه رفع مستوى التوازن الحمضي – القاعدي لها.

٢-العمل على تقليل اساءة الانسان الى بيئته من خلال وضع القوانين الصارمة وخصوصا" فيما يتعلق بموضوع التلوث.

٣-توعية وتثقيف ابناء البشر بخصوص ايضاح مخاطر ارتفاع معدل حموضة البيئة التي نحيا بها وانعكاس ذلك على الكائنات الحية ومن ثم على حياتهم.

٤-معالجة مشكلة ارتفاع مستوى حمضية المسطحات المائية والتربة من خلال ايجاد طرق التعامل الكيميائية مع هذه المشكلة ومحاولة اعادة التوازن الحمضي القاعدي إليها.

٥-العمل على تطوير مصدات اختلال التوازن الحمضي- القاعدي البيئي وربما يأتي في مقدمتها الغطاء النباتي والذي يعمل على التقليل من ثنائي اوكسيد الكربون الناجم عن الصناعة والاحتراق من اجل اطالة عمر الحياة على كوكب الارض

٦- استنفار كل الوسائل التي من شإنها المحافظة على التوازن الحمضي القاعدي للجسم عموما" واجهزته وخلاياها بشكل خاص والجهاز العصبي تحديدا" لما يشكل اساس الصحة الجسمية والنفسية، ويأتي في مقدمة هذه الوسائل المحافظة على التغذية المتوازنة وممارسة الرياضة واسلوب الحياة المنظم والمتفاعل مع الطبيعة.

ب- المقترحات

١- تكثيف الدراسات التي تتناول مشكلة مهددات التوازن الحمضي- القاعدي للتربة والمسطحات المائية.

٢- إجراء دراسات مقارنة لطبيعة التوازن الحمضي- القاعدي على الكواكب القريبة من الحياة والبعيدة عنها.

٣- لما كان التوازن الحمضي- القاعدي اساس ومعيار سلامة وصحة البيئة وكائناتها الحية، لابد لنا من اجراء الدراسات المقارنة للكائنات الحية السليمة والمعتلة في ظل اختلاف سلامة او اعتلال بيئاتها بالاستناد الى طبيعة توازنها الحمضي- القاعدي

٤- اجراء دراسة مسحية لتحليل مستوى التوازن الحمضي- القاعدي للكائنات المهدد بالانقراض سواء كان في المملكة النباتية او الحيوانية.

٥- اجراء دراسة مقارنة في مستوى التوازن الحمضي- القاعدي للسائل المحيط بالدماغ والحبل الشوكي بين الاشخاص الاسوياء والمضطربين.

المصادر

- Bennet, D. A., (1998), Mountain Lakes; Sensitivity to Acid Deposition and Global Climate Change, Research for Mountain Area Development: Europe, AMBIO, 27(4), 280–286.
- Boron,W. F. , (2004), Regulation of intracellular pH, Adv. Physiol. Educ., 28, 160-179.
- Christensen MS , (1974), Acid-base changes in cerebrospinal fluid and blood, and blood volume changes following prolonged hyperventilation in man. Br, J Anaesth ; 46: 348–357.
- Crum, H., (1988), A Focus on Peatlands and Peat Mosses, Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Curtis, N., and Childs, C., (2010), Chemicals and Soils, Plant Nutrition, II, 2–3.

- Dam-ampai SO J and Nilnond C, (2005), "Effect of cattle manure and dolomite on soil properties and plant growth in acid upland soils ", Songklanakarin Journal of Science and Technologh ,Vol. 27, supplement 3, pp. 727–737, 2005.
- Davison D, Segal MB, (1996), Acid-Base Relations in the Central Nervous System. Boca Raton, CRC Press.
- De'ath, G., J.M. Lough and K.E. Fabricius, (2009). Declining Coral Calcification on the Great Barrier Reef, Science, 323:116-119.
- Fabry, V.J., J.B. Mcclintock, J.T. Mathis and J.M. Grebmeier, (2009), Ocean Acidifciation at High Latitudes: The Bellweather, Oceanography, 22(4):160-171.
- Farnam, Alireza, (2014), pH of soul: how does acid-base balance affect our cognition ?,BioImpacts , 4(2), 53-54. http://bi.tbzmed.ac.ir
- Frassetto L, Morris Jr. R.C, Sellmeyer D. E,Todd K, and A. Sebastian A , (2001), "Diet, evolution and aging—the pathophysiologic effects of the post-agricultural inversion of the potassium-to-sodium and base-to-chloride ratios in the human diet," European Journal of Nutrition, vol. 40, no. 5, pp. 200–213.
- Gooding, R.A., C.D.G. Harley and E. Tang, (2009), Elevated water temperature and carbon dioxide concentrations increase the growth of a keystone echinoderm, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106:9316-9321
- Hidaka, B.H., 2012. Depression as a disease of modernity: explanations for increasing prevalence. J. Affect. Disord. 140 (3), 205–214.
- Hauri, C. et al. , (2009), Ocean Acidification in the California Current System. Oceanography, 22(4):60-71.
- Havenhand, J.N., F.R. Butler, M.C. Throndyke, and J.E. Williamson, (2008), Near-future levels of ocean acidification reduce fertilization success in a sea urchin, Current Biology, 18:651-652.
- Higgins, C., (2004), An introduction to acid -base balance in health and disease. www.acutecaretesting.org Jun 2004 Acutecaretesting Handbook 2013 – Radiometer Medical - in press.
- Hietavala, E.M., Puurtinen, R., Kainulainen, H., and Mero, A. A. , (2012), Low- protein vegetarian diet does not have a short-term effect on blood acid-base status but raises oxygen consumption during submaximal cycling. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 9(50).
- Hoegh-Guldberg O, Mumby P.J, Hooten A.J et al.,(2007), "Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification" ,Science, Vol. 318, No. 5857, pp. 1737–1742.
- Kassen R. (2002). The experimental evolution of specialists, generalists, and the maintenance of diversity, J. Evol Biol 15:173-190.
- Koeppen BM , (1998), Renal regulation of acid-base balance. Adv Physiol Educ ;20 (1):S132—41.
- Konner M and Boyd Eaton S , (2010), "Paleolithic nutrition: twenty five years later," Nutrition in Clinical Practice, Vol. 25, No. 6, pp. 594–602.
- Larssen, T., Lydersen, E., Tang, D., He, Y. et al., (2006), Acid Rain in China. Environmental Science and Technology. American Chemical Society, 40(2), 418–425.
- Lazarus, B. E., Schaberg, P. G., Hawley, G. J., and DeHayes, D. H., (2006), Landscape- Scale Spatial Patterns of Winter Injury to Red Spruce Foliage in a Year of Heavy Region- Wide Injury. Canadian Journal of Forest Research, 36(1), 142–152.
- Lindeman R.D and Goldman R , (1986), "Anatomic and physiologic age changes in the kidney," Experimental Gerontology, Vol. 21, No. 4-5, pp. 379–406.
- Liu, B., Li, J., Wang, J., and Tang, X., (1997), Meteorological Features of the Boundary Layer for the Weather of Acid Rain in Qingdao. China Environmental Science, 17(2), 103–107.
- Liu, X., Lei, D., Mo, J., Du, E., Shen, J., Lu, X., Zhang, Y., Zhou, X., He, C., and Zhang, F. , (2011),Nitrogen Deposition and its Ecological Impact in China: An Overview.Environment Pollution, 159(10), 2251–2264.

- Luisi, P. L., (1998), About various definitions of life, Origins Life Evol.Biosph., 28, 4–6, 613–622,
- Menz, F. C., and Seip, H. M., (2004), Acid Rain in Europe and the United States: An Update. Environmental Science and Policy, 7(4), 253–265.
- Mesner, N. and Geiger J, (2005), Understanding Your Watershed: Phosphorus. Water Quality, Utah State University Extension. NR/WQ/2005-18. June 2005.
- http://extension.usu.edu/files/publications/publication/NR_WQ_2005-18.pdf
- Mitchell RA, Loeschcke HH, Massion WH, Severinghaus JW, (1963), Respiratory responses mediated through superficial chemosensitive areas on the medulla. J Appl Physiol ; 18: 523–533.
- Munday, P.L., N.E. Crawley and G.E. Nilsson, (2009), Interacting effects of elevated temperature and ocean acidification on the aerobic performance of coral reef fishes, Marine Ecology Progress Series, 388:235-242.
- Munday, P.L.et al., (2009), Ocean acidification impairs olfactory discrimination and homing ability of a marine fish, Proceedings of the National Academy of Sciences, 105: 20776-20780.
- Nabi, H., Kivimaki, M., De Vogli, R., Marmot, M.G., Singh-Manoux, A., 2008, Positive and negative affect and risk of coronary heart disease: whitehall II prospective cohort study. BMJ 337 (7660), 32–36.
- Orr, J. et al. , (2005), Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impacts on calcifying organisms, Nature, 437:681-686.
- Raúl E, Aristizábal-Salazar L, Felipe Calvo-Torres F, et al (2015). Acid-base equilibrium: the best clinical approach. Rev Colomb Anestesiol 43:219–224.
- Reddy S.T, Wang C.Y, Sakhaee K, Brinkley L, and Pak, C.Y. , (2002), "Effect of low-carbohydrate high-protein diets on acid-base balance, stone-forming propensity, and calcium metabolism,"American Journal of Kidney Diseases, vol. 40, no. 2, pp. 265– 274.
- Reshkin, S. J., Greco, M. R. and Cardone, R. A., (2014), Role of pHi, and proton transporters in oncogene-driven neoplastic transformation. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 369, 20130100.
- Rosa, R. et al., (2008), Synergistic effects of climate-related variables suggest future physiological impairment in a top oceanic predator, Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(52):20776-20780.
- Ruiz-Mirazo, K., Peret´o, J., and Moreno, A., (2004), A universal definition of life: autonomy and open-ended evolution, Origins Life Evol. Biosph., 34, 323–346.
- Saunders NR, Dreifuss JJ, Dziegielewska KM, et al., (2014), The rights and wrongs of blood-brain barrier permeability studies: a walk through 100 years of history. Front Neurosci ; 8:404.
- Sebastian A, Frassetto L.A, Sellmeyer D.E, Merriam R.L and Morris Jr. R.C., (2002),"Estimation of the net acid load of the diet of ancestral preagricultural Homo sapiens and their hominid ancestors," American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 76, No. 6, pp. 1308–1316.
- Seifter JL, Chang HY , (2017), Disorders of acid-base balance: new perspectives. Kidney Dis (Basel). ;2:170-186
- Silverman, J. et al., (2009), Coral reefs may start dissolving when atmospheric CO2 doubles, Geophysical Research Letters, 36:L05606.
- Singh, K., and Shishodia, A., (2007), Environmental Economics: Theory and Applications. New Delhi: SAGE Publications.
- Steinacher, M.F., T.L. Joos, G.K. Plattner and S.C. Doney, (2009), Imminent ocean acidification in the Arctic projected with the NCAR global climate carbon cycle-climate model, Biogeosciences, 6:515-533.
- Strohle A, Hahn A and Sebastian A., (2010), "Estimation of the diet-dependent net acid load in 229 worldwide historically studied hunter-gatherer societies," American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 91, No. 2, pp. 406–412.

- Surtees, P., Wainwright, N.W., Luben, R.N., Wareham, N.J., Bingham, S.A., Khaw, K.T., (2008), Psychological distress, major depressive disorder, and risk of stroke. Neurology 70 (10), 788–794.
- The Royal Society, (2005), Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide, Clyvedon Press Ltd, Cardiff, UK. www.royalsoc.ac.uk
- Twenge, J., Gentile, B., DeWall, C., Ma, D., Lacefield, K., Schurtz, D., (2010), Birth cohort increases in psychopathology among young Americans, 1938–2007: a cross-temporal meta-analysis of the MMPI. Clin. Psychol. Rev. 30 (2), 145–154.
- Ulrich, B., Mayer, R., and Khanna, P. K., (1980), Chemical Changes Due to Acid Precipitation in Loess- Derived Soil in Central Europe. Soil Science, 130(4), 193–199.
- University, Birmingham oAa, (2010), "Oceans reveal further impacts of climate change," ScienceDaily.
- Waugh A and Grant A, (2007), Anatomy and Physiology in Health and Illness, Churchill Livingstone Elsevier, Philadelphia, Pa, USA,10 th edition.
- Wood H.L. et al., (2008), Ocean acidification my increase calcification, but at a cost, Proceedings of the Royal Society of London B, 275:1767-1773.
- Yoon SH, Zuccarello M, Rapoport RM, (2012), pCO(2) and pH regulation of cerebral blood flow. Front Physiol ; 3;365.
- Zavarzin, G. A., (2004), The future is selected by the past (in Russian), Vestnik RAN, 74, 813–822.
- Zhang, Y. L., Lee, X. Q., and Cao, F. ,(2011), Chemical Characteristics and Sources of Organic Acids in Precipitation at a Semi- Urban Site in Southwest China. Atmospheric Environment, 45(2), 413–419.
- Ziser, (2004), Human Anatomy and Physiology: Acid/Base Balance. https://www.austincc.edu/sziser/Bio1724/1724LecNotes/LNExamV/AcidBase.pdf