

מאזן חומצה - בסיס

PH – מדד למאזן בין החומצה לבסיס בדם והוא נמדד לפי כמות יוני המימן החופשיים בתמיסה

רמת ה-PH בדם העורקי צריכה לנוע סביב 7.4
גבול החיים: $6.8 < \text{pH} < 7.8$ = מוות יקרה תוך שניות אם תהיה יציאה מטווח ערכים אלו.
ריכוז הפרוטונים בגוף נע בטווח של ננו מולרים - בין 38 ל- 42 ננו מולר, וכל שינוי קטן גורר שינויים דרסטיים, ואז התהליכים לא מתבצעים.
חשיבות השמירה על ה-PH נובעת מהעובדה שחלבוני הגוף משנים את המבנה והתפקוד שלהם כתוצאה משינוי ב-PH (בדומה לשינוי בטמפרטורה).
תהליכים שמוסיפים חומצה :

נשימה

1.
2.

המערכת המטבולית, מוסיפה כ- 50-90 mEq חומצה ליום.
בתהליכים מטבולים, מתחמצנים חומרים ונוצר CO₂ (משפיע מאוד על המאזן החומצי-בסיסי).
בנוסף, נוצרות חומצות לא נדיפות, כגון ח. לקטית וח. אצטית. כל הזמן נשפכים לנוזל החוץ תאי ולמחזור הדם חומצות ובסיסים.

דם חומצי מתחת ל 7.35

■ חומציות יתר בדם יכולה לנבוע מבעיות נשימה, ואז היא מכונה חמצת נשימתית, או מבעיות בכליות ובחילוף החומרים ואז מכונה חמצת מטבולית.
■ חמצת נשימתית יכולה להיגרם על-ידי מחלת ריאות כרונית חסימתית כמו דלקת הסימפונות או אסתמה קשה, דלקת ריאות, ומחלת עצבים המונעת נשימה יעילה.

דם בסיסי - pH גבוה מ- 7.45

■ בבסיסיות הדם יכולה לנבוע אף היא מסיבות הקשורות במערכת הנשימה או מסיבות הקשורות בחילוף החומרים בגוף.
■ בבסיסיות הנובעת מסיבות נשימתיות יכולה להיגרם מהרעלת סאליצילאטים, חרדה, חום גבוה, פעילות יתר של בלוטת התריס, תסחיף דם לריאות.
■ בבסיסיות הנובעת מסיבות הקשורות בחילוף חומרים יכולה להיגרם על ידי הקאה חמורה, שאיבת תוכן מהקיבה, חסימת מעי, איבוד אשלגן, מתן עודף נתרן ביקארבונאט, כשלון כבד.

לאחר קבלת תשובת החומציות בודקים גם את ריכוז הפחמן הדו-חמצני ואת ריכוז הביקארבונאט בדם (ראה בדיקת גזים בדם עורקי) ועל פי התוצאות ניתן להבדיל בין מצב הנובע משינויים בנשימה ומצב הנובע משינויים בחילוף החומרים.

שלוש המע' ששומרות באופן משולב על PH קבוע הן:

1. מע' הבופרים <= נכנסת ראשונה (תוך שניות) לפעולה.
 2. מע' רספירטורית <= נכנסת שנייה (תוך דקות) לפעולה.
 3. מע' כלייתית <= נכנסת שלישית (תוך שעות עד ימים) לפעולה.
- מערכת הבופרים אינה יכולה לסלק חומצה מהגוף, בניגוד למערכת הרספירטורית והכלייתית. כל המע' פועלות בו זמנית, משום שכל הזמן משתחררות חומצות ובסיסים שצריך לטפל בהם

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורים למתמטיקה, פיזיקה, כימיה וביולוגיה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת, ובכלל זה: שימוש מסחרי, פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה), העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או חלק ממנו.

המערכת הנשימתית – פולטת החוצה רק חומצות נדיפות
 המערכת הכלייתית – מפנה את החומצות הלא נדיפות

מע' הבופרים התוך תאיים והחוץ תאיים מונעת שינוים גדולים ב-PH ע"י הוצאה או הוספה של יוני מימן

בופרים עיקריים:

ביקרבונט HCO_3^- / H_2CO_3
 חלבונים Hb / HHb

לא מספיק לדעת מהי רמת ה-PH, יכול להיות מצב לא נורמאלי, בו ה-PH נראה תקין, אך מע' הבופרים לא קיימת – ברוויה מלאה. ה-PH אומנם נראה סביר, אך עוד שינוי קטן ותהיה קריסת מערכות כללית.

ביקרבונט- לא מייצג רק את כמות הביקרבונט בדם, אלא גם את כמות CO_2 שהפך לביקרבונט. התייחסות כמותית:



ראקציה בין מים לפחמן דו חמצני, תתן חומצה פחמתית.
 האנזים: Carbonic anhydrase

אותה חומצה פחמתית, תעבור דיסוציאציה, לתת פרוטון וביקרבונט

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

$$K_A = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}, \quad [H^+] = K_A \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$$

$$-\log [H^+] = -\log [K_A] - \log \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$$

$$pH = pK_A + \log \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

$SCO_2 = 0.03 \text{ mmoles } CO_2/L/mm \text{ Hg}$
 at body temp. conditions

$$pH = pK_A + \log \frac{[HCO_3^-]}{0.03 \cdot P_{CO_2}}$$

המשוואה נותנת לנו אינ' כיצד ביקרבונט תורם לשמירת ה-pH של הדם העורקי.

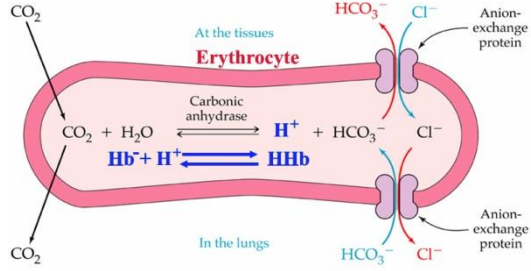
ניתן לרשום זאת כך מפני שיש יחס של 1:1 בין PCO_2 ל- H_2CO_3 . יחד עם זאת מסיסות גז תלויה בגז שמעליו ולכן יש להכניס פקטור תיקון – 0.03

מערכת הנשימה:

כשמסתכלים על כדורית דם אדומה-

עובר ביתר קלות דרך הממברנה

כאשר מדובר במע' רספירטורית פתוחה - הריאקציה מתבצעת ביעילות של 70%



קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורים למתמטיקה, פיזיקה, כימיה וביולוגיה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת, ובכלל זה: שימוש מסחרי, פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה), העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או חלק ממנו.

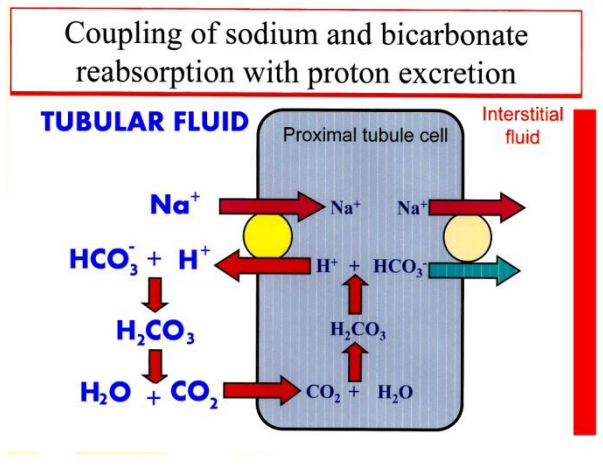
- ברקמות:** ככל שרמתו (פד"ח) גבוהה יותר נקבל יותר תוצרים - H^+ ו- HCO_3^- . הפרוטון נקשר באופן מיידי להמוגלובין - יש מע' שהתוצר כל הזמן נגנב ונקשר להמוגלובין, וזה דוחף את הריאקציה ימינה והרבה CO_2 נהפך לביקרבונט.
- בריאות:** יש הרבה חמצן, אפיניות לפרוטון יורדות \leftarrow הריאקציה הולכת שמאלה והביקרבונט מתפרק ל- CO_2 ומים.
- 70% מהביקרבונט מובל כך.
- תוך כדי עליה וירידה של CO_2 משתנה ה-PH, אך כל התהליך הרספירטורי, לא משנה את כמות הבופרים בגוף ($0=BE$).
 - יותר ריכוז של CO_2 \leftarrow יותר פרוטונים \leftarrow אצידוזיס.
 - פחות ריכוז של CO_2 \leftarrow פחות פרוטונים \leftarrow אלקלוזיס.
 - עצם ריכוז ה- CO_2 משנה בצורה משמעותית את ה-PH.

תפקידי הכלייה במאזן חומצה-בסיס:

1. הפרשת החומצות הבלתי נדיפות
 2. לספוג מחדש את הביקרבונט
 3. לסנטז מחדש ביקרבונט במקרה ויש צורך, שכן איבוד של ביקרבונט בשתן משמעותו הוספת פרוטון בדם, וההיפך.
- עליה בריכוז הביקרבונט מעלה את ה-pH. ירידה בריכוז הביקרבונט מורידה את ה-pH.
 - אדם שמשלשל למשל וע"י כך מאבד ביקרבונט הוא נמצא בסכנה לאצידוזיס מטבולי.

ספיגה חזרה של ביקרבונט

נשים לב שכל שיהיה לנו יותר נתון \leftarrow ספיגת הביקרבונט



- ביקרבונט עובר יחד עם נתון למחזור הדם הסיסטמי דרך הצד הבאזו-לטרלי. על כל התהליך אחד, הפרוטון נפלט חזרה לטובולוס וביקרבונט חוזר לדם.

סיכום – מאזן חומצה-בסיס סיסטמי

שרירים, כבד ומערכות נוספות יכולים להפריש חומצות נדיפות ולא נדיפות למערכת הדבר הראשון - שפוגש את הפרוטונים זה מערכת הבופרים, שקושרים אותו מיד ולכן ה-pH כמעט ולא משתנה. הבופרים יכולים רק לקשור את החומצות, אך לא לפנות אותם.

הדבר השני - שינוי קצב הנשימה, הדבר השלישי - הדבר המשמעותי ביותר מבחינת השמירה על המאזן- פעילות הכלייה - הפרשת החומצות הלא נדיפות והספיגה מחדש של הביקרבונט.

חומצות נדיפות – מסולקות ע"י המערכת הנשימתית.
חומצות לא נדיפות – מסולקות ע"י המערכת הכלייתית.

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורים למתמטיקה, פיזיקה, כימיה וביולוגיה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת, ובכלל זה: שימוש מסחרי, פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה), העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או חלק ממנו.