

פרק 1

איזון חומציות-בסיסיות לבריאות טובה

איזון חיוני לבריאות. כדי להיות בריא צריך הגוף לשמור על איזון בין שני סוגים עיקריים של תרכובות כימיות – חומצות ובסיסים. איזון חומציות-בסיסיות חייב להתקיים בכל נוזלי הגוף, שכוללים דם, רוק, שתן ונוזלים בין התאים ובתוכם.

אלברט ז'נט-גיאורגי, חתן פרס נובל והחוקר שגילה את ויטמין C, אמר פעם, "הגוף נועד להיות בסיסי אך תפקודו חומצי". הוא התייחס לעובדה, שבכל רגע נתון מייצרים התהליכים המטבוליים בגוף כמויות גדולות של חומצה, אף שכדי לפעול כראוי, זקוקים התאים והרקמות לסביבה בסיסית מעט. לפיכך, כדי לשמור על בריאותו, על הגוף לנטרל או להפריש את רוב החומצות שהוא מייצר. בגוף בריא נמצא תמיד האיזון חומציות-בסיסיות של הדם והרקמות בטווח צר של ערכים. מסיבה זו, איזון חומציות-בסיסיות תקין חשוב לבריאות מיטבית. חוסר איזון חומציות-בסיסיות הוא סימן ברור לכך שבריאותו של הגוף בסכנה והוא פגיע למחלות.

כימאים נוהגים לבטא את רמת החומציות-בסיסיות ביחידות שנקראות pH. בפרק זה תלמדו מהו pH, ולמה איזון ה-pH בגוף חיוני לבריאות מיטבית. בנוסף לכך תקראו על המנגנונים השונים, שבהם משתמש הגוף כדי לשמור על pH בריא. לבסוף, תלמדו על המושג המדעי החדש "חמצת מטבולית קלה כרונית", שגורמת לבעיות בריאות רבות.

מהו pH, ומה משמעותו לבריאותנו

את המונח pH טבע בשנת 1909 סורן פיטר לאוריץ סורנסן, ביוכימאי דני. פירושו המילולי הוא "פוטנציאל למימן", והוא מייצג את הריכוז של יוני מימן בתמיסה. חומצות שהומסו יוצרות יוני מימן, ולכן, ככל שתמיסה מכילה יותר יוני מימן, היא חומצית יותר. pH מראה אם תמיסה חומצית, בסיסית או ניטרלית. זו הסיבה לכך שמדידתו בנוזלים וברקמות שלנו מאפשרת לנו לקבוע אם האיזון חומציות-בסיסיות נשמר בגופנו (מידע נוסף על pH ויוני מימן ניתן בהרחבה במסגרת להלן).

pH נמדד בסולם של 0 עד 14. הערך 7 הוא ניטרלי; במילים אחרות, זה מצב שמייצג איזון בין חומציות ובסיסיות. ערך נמוך מ-7 נחשב חומצי, וגבוה מ-7 נחשב בסיסי. כאמור, ככל שריכוז יוני המימן בתמיסה גדל, כך גדלה רמת החומציות שלה וערך ה-pH שלה קטן.

הקשר בין pH ויוני מימן בגוף

כפי שהוסבר לעיל, ה-pH או איזון חומציות-בסיסיות של חומר נקבעים על-ידי ריכוז יוני המימן, שהם פרוטונים פשוטים (חלקיקים עם מטען חיובי). חומצה משחררת יוני מימן, ובסיס קולט אותם.

כל החומצות בגוף מכילות יוני מימן בריכוזים משתנים. בחומצות חזקות יש ריכוז גבוה יותר של יוני מימן מאשר בחומצות חלשות. יון מימן אינו יציב, והוא מגיב בקלות, במיוחד עם מולקולה שהמטען שלה שלילי. יוני המימן כאילו "מתחבאים" במולקולות המים בגוף, והם מוכנים להגיב עם מולקולות אחרות. הם נקשרים לחלבונים שונים ומשנים את המבנה שלהם, ועל ידי כך הם משנים את תכונותיהם המקוריות. בדיוק כך מסייעת חומצה הידרוכלורית בקיבה בעיכול חלבון.

כאמור, חומצה משחררת יוני מימן בעוד שבסיס קולט אותם, ולכן חומצה ובסיס יכולים להגיב זו עם זה ובכך לשנות את האיזון חומציות-בסיסיות של חומר. בגוף, ביקרבונט הוא בסיס חזק, שמשנה ומנטרל חומצות על-ידי קליטת יוני המימן שלהן. האיזון בין ביקרבונט ויוני מימן הוא הקובע העיקרי של האיזון חומציות-בסיסיות.

ראוי לציין שערכי ה-pH נקבעים על-ידי ריכוז יוני המימן, שנמדד במול לליטר (המונח מול הוא קיצור של **משקל מולקולרי**). במים טהורים, שהם אלמנט ניטרלי, ריכוז יוני המימן הוא 0.0000001, או 10^{-7} מול לליטר. בהשוואה, ריכוז יוני המימן בחומרים חומציים מאוד עשוי להגיע ל-0.01 או 10^{-2} מול לליטר. דוגמאות אלה מראות שריכוז יוני המימן בחומר נכתב כחזקה של 10. כדי לציין את ערך ה-pH של חומר, אנחנו מסלקים את מספר הבסיס 10, ואת סימן המינוס. כך, 7 הוא ערך ה-pH של מים טהורים (ניטרליים), בעוד ש-2 מייצג חומציות גבוהה מאוד, ו-12 מייצג בסיסיות גבוהה מאוד. עלייה של מספר אחד ב-pH שווה לירידה של פי 10 בריכוז של יוני המימן, וירידה של נקודה ב-pH שווה לעלייה של פי 10 בריכוז של יוני המימן.

מאז השימוש הראשון בערכי pH הראו חוקרים בתחום הרפואה, שכדי לשמור על בריאות הגוף, על ערך ה-pH של הדם בעורקים, שעשיר בחמצן, להיות בסיסי מעט, בין הערכים 7.34 ו-7.45. סטייה משמעותית מערכים אידיאליים אלה אינה מאפשרת חיים ותגורם למוות תוך זמן קצר. בספר זה אנחנו עוסקים בסטיות קטנות – ונפוצות הרבה יותר – מה-pH האידיאלי של הדם, שנגרמות על-ידי תזונה. אף ששינויים קלים, יחסית, אלה באיזון חומציות-בסיסיות אינם מסכני חיים, הם מזיקים לבריאותנו בדרכים סמויות, ועוזרים בהכנת הקרקע להתפתחותן של מחלות.

מאז תחילת המאה ה-20 מכירים רופאים בקשר בין איזון ה-pH, או איזון חומציות-בסיסיות, למחלה. כיום, כל ספר רפואה שעוסק בפיזיולוגיה דן בחוסר איזון חומציות-בסיסיות ובסכנה שבו לחיים.

לדוגמה, לפי *Textbook of Medical Physiology* של ארתור גייטון, ספר עיון נפוץ בבתי-ספר לרפואה, "ויסות של ריכוז יוני המימן הוא אחד ההיבטים החשובים ביותר להבטחת איזון פנימי". במילים אחרות, יש לווסת את האיזון חומציות-בסיסיות בגוף, כדי לשמור על היציבות של הסביבה הפנימית שלו, ולאפשר לתאים, לרקמות, לאיברים ולמערכות האיברים לתפקד היטב.

עד לאחרונה התעלם הממסד הרפואי ממקרים של חוסר איזון קל בחומציות-בסיסיות, למרות ההכרה בחשיבותו של איזון זה לקיומם של חיים. למרבה המזל, זה עשרות שנים מבינים רופאים הוליסטיים בארצות-הברית ובאירופה את הקשר בין חוסר איזון חומציות-בסיסיות קל כרוני, למחלות. למעשה, בשנת 2000 אירגן החוקר הגרמני ד"ר יורגן וורמן כנס מדעי שנושאו היה "מטבוליזם של חומציות-בסיסיות: תזונה-בריאות-מחלה". בכנס זה תיעדו חוקרים מרחבי העולם את ההשפעה של חמצת מטבולית קלה על הבריאות בתחומים כמו חוזק העצם וגדילה בילדות המוקדמת. ככל שמידע זה יופץ ויבוצעו מחקרים נוספים, כך יבינו אנשים רבים יותר את חשיבותו של הקשר בין איזון חומציות-בסיסיות ובריאות.

האם בעיות בריאות יכולות להיגרם גם על-ידי סביבת גוף בסיסית מדי? אף שלעיתים מתברר שסביבת הגוף של חולים בסיסית מדי, אצל רובם המוחלט היא חומצית מדי. כזכור, מדענים מגדירים נטייה נפוצה זו לחומציות קלה כחמצת מטבולית קלה כרונית. הגורם העיקרי לחמצת קלה זו הוא התזונה שלנו. התזונה המערבית הטיפוסית גורמת לחמצת, כי היא מורכבת בעיקר ממזונות שגורמים לסביבה חומצית בגוף. דבר זה נכון בעיקר לגבי התזונה האמריקאית הרגילה. לדברי מומחים לבריאות הגוף, התזונה הלקויה היא אחד מהגורמים המובילים לגידול בשיעור מחלות ניווניות כרוניות בארצות-הברית, והיא סיבה עיקרית למגפת ההשמנה בקרב הילדים במדינה זו.

מכיוון שהאיזון חומציות-בסיסיות נחוץ להשרדותכם, גופכם מעניק עדיפות עליונה לתחזוקתו. הסעיף הבא בוחן איך מנגנונים שונים שומרים על איזון חומציות-בסיסיות בריא בגוף.

איך שומר הגוף על איזון חומציות-בסיסיות

מנגנונים פיזיולוגיים רב-שכבתיים שונים שומרים על האיזון חומציות-בסיסיות של התאים, הנוזלים, הרקמות והאיברים. הם עושים זאת על-ידי נטרול וסילוק של עודפי חומצה. בהמשך הפרק יוסבר בקצרה אופן תפקודם של מנגנונים אלה.

בתוך התאים והדם קיימות כמה מערכות מגן (buffer) שמנטרלות חומצה. כך עוזרות מערכות אלה – שידועות גם כמערכות של ביקרבונט, פוספאט וחלבון – בשמירה על איזון חומציות-בסיסיות יציב בתאים ובדם.

האיברים שאחראים למניעת הצטברות חומצה בגוף הם הכליות והריאות, ואחריהם, במידה פחותה יותר, העור. אף שחלק מאיברים אלה ממלאים תפקיד משמעותי יותר מאחרים, כולם עוסקים בפעילות החשובה של שמירה על איזון חומציות-בסיסיות בגוף.

הכליות עוזרות בוויסות האיזון חומציות-בסיסיות במחזור הדם, על-ידי סילוקן של חומצות מוצקות, כמו חומצת שתן – דרך השתן. כשרמתן של חומצות אלה בדם גבוהה מדי, מפרישות הכליות כמויות גבוהות יותר של יוני מימן. תהליך זה פועל כמנגנון סינון, שמדלל את החומצות ומוציא אותן ממחזור הדם, כדי שתסולקנה בשתן. בעת הפרשתן של החומצות משתמשות הכליות בתרכובות בסיסיות שונות. אם הגוף אינו יכול לקבל תרכובות אלה מהתזונה, הוא לוקח אותן ממאגרי בסיס שנמצאים בשכבה המימית מסביב לעצם, ובעצם עצמה. לעיתים נדרש אף פירוק של שרירים – כשרקמות שריר מתפרקות, משתחררת חומצת אמינו בסיסית שנקראת גלוטמין, בה משתמש הגוף לשחזור האיזון חומציות-בסיסיות.

ספר זה קצר מלהכיל הסברים על התהליכים המסובכים, באמצעותם מסלקות הכליות חומצות מהגוף. אך חשוב לציין שהכליות יכולות לנטרל ולסלק חומצות באמצעות תרכובות ביקרבונט ואחרות שיוצרות סביבה בסיסית, כל עוד נשמר האיזון חומציות-בסיסיות. הכליות חייבות לנטרל חומצות חזקות ומרוכזות, שערך ה-pH שלהן

נמוך מ-4.5, לפני סילוקן, אחרת הן תצרבנה את רקמות הכליה העדינות.

גם אם הכליות עובדות קשה ויעילות בייצור ומחזור ביקרבונט, הן מסוגלות לסלק מהגוף רק כמות נתונה של חומצות מדי יום. אם מאגרי הבסיס, שנדרשים כדי לנטרל חומצות, אינם מספיקים, והגוף מייצר כמות גדולה של חומצות, מופיעה בו חמצת, שהיא הצטברות של חומצות. הצטברות זו, שעולה על יכולתן של הכליות לסלק אותה, עלולה לגרום לסוגים שונים של בעיות בריאותיות, כשהראשונה שבהן היא הפרעה לתפקוד יעיל של התאים. לאורך זמן נפגעות תגובות ביוכימיות רבות, והקרקע מוכנה לאי-תפקוד ומחלות.

הריאות גם הן פועלות לשמירת האיזון חומציות-בסיסיות בגוף, על-ידי סילוקן של חומצות נדיפות (שנוצרות כגזים). כשאתם נושמים, הפחמן הדו-חמצני, שנוצר בתהליכי מטבוליזם בגוף, מגיב עם מים בדם. שילוב זה יוצר גז פחמתי, שהריאות מסלקות כחלק מתהליך הנשימה, וכך הן עוזרות בהגבלת החומציות הכוללת. סימן אחד שמצביע על כך שהגוף נעשה חומצי מדי, הוא עלייה בקצב הנשימה. עלייה זו נגרמת כשהגוף מנסה לסלק רמות גבוהות של חומצה פחמתית. לחלופין, אם הגוף בסיסי מדי – מצב שנקרא בֶּסֶסֶת (אלקלוזיס) – קצב הנשימה פוחת. זאת מפני שהגוף מנסה לשמור על כמות מספקת של חומצות בגוף, כדי לנטרל את הבסיסיות העודפת ולחזור לאיזון חומציות-בסיסיות תקין. אצל אדם ממוצע הייצור, הנטרול וההפרשה של חומצות גזיות נדיפות אינם מושפעים מהרגלי תזונה, ואינם מגדילים בדרך כלל את העומס החומצי על הגוף.

העור הוא האיבר האחרון שאחראי לסילוקן של חומצות מהגוף, באמצעות הזעה. אך הכמות שהעור מסוגל לסלק אינה רבה כמו זו שמסלקות הכליות והריאות. הגוף מסוגל לסלק בממוצע רק ליטר של זיעה כל עשרים וארבע שעות, לעומת ליטר וחצי של שתן. זיעה גם אינה יכולה לסלק חומצות בריכוז זהה לזה שהשתן יכול. רמה גבוהה של חומצות בזיעה עלולה לגרום לריח חזק, ולכן ריח גוף שנוצר בגלל הזעה, עשוי להיות סימן לחומציות-יתר.

הבנת המשמעות של איזון החומציות-בסיסיות בגוף

אנשים רבים מתקשים להאמין שאפילו תנודות קטנות יחסית באיזון חומציות-בסיסיות בגוף משפיעות כל כך על בריאותם. דוגמה פשוטה תבהיר את משמעותן של אלה. טמפרטורת הגוף הנורמאלית היא 37 מעלות צלזיוס. אם הטמפרטורה שלכם תרד מתחת ל-37 מעלות צלזיוס או תעלה מעל ערך זה, תרגישו רע. למעשה, אפילו שינוי קל בטמפרטורת הגוף – מעלה אחת, למשל – גורם למצוקה ולחוסר מנוחה, ושינוי גדול יותר עלול לגרום לנזק קבוע או מוות. אף שאיננו מסוגלים להרגיש מייד בתוצאות של תנודות קלות באיזון חומציות-בסיסיות של הגוף, הן אמיתיות מאוד.

אנשים גם תוהים על ההשפעות ארוכות הטווח של חמצת על הגוף. כדי להבין השפעות אלה, חשבו על הבעיות הסביבתיות שנובעות מגשם חומצי. הוא מעלה את חומציות המים לרמה שבה לא ייתכנו בהם חיים והדגים אינם יכולים לשרוד בתוכם. והוא גם פוגע בקרקע ובסופו של דבר בבריאותם של צמחים. סיבה עיקרית לגשם חומצי היא ייצור עודף של פחמן דו-חמצני, שמשתחרר לאטמוספירה מבעירה של דלק מאובנים ותהליכים תעשייתיים. בשנים האחרונות גילו מדענים שהאוקיינוסים של העולם הם מעין "כירי חומצה" ענקיים. הם עוזרים בנטרול פחמן דו-חמצני אטמוספרי – שהוא חומצה – בעזרת הסידן הפחמתי שבהם, שהוא בסיס. למרבה הצער, תהליך זה גורם לאובדן מינרלים ולעלייה בחומציות האוקיינוסים. הוא גם תורם לבעיות סביבתיות, כמו התחממות גלובאלית, שינויים אקלימיים ובעיות אקולוגיות אחרות.

גשם חומצי מסלק סידן פחמתי מהאוקיינוסים. בדומה לכך, הצטברות של חומציות בגוף גורמת לאובדן תרכובות מינרלים, להן זקוק הגוף כדי לנגוד חומצות שהן תוצאה של חילוף חומרים. כדור הארץ עובר תהליך של אובדן מינרלים באדמה ובמים, בשל התוצרים החומציים של צריכת דלק מאובנים, ואנחנו סובלים מאובדן מינרלים בגלל הרגלי התזונה שלנו. וכפי שתראו בפרק הבא, כל תא בגוף עלול לחוש בהשפעות של אובדן זה של מינרלים.

סיכום

כעת אתם מבינים טוב יותר את המושג pH, ואיך הגוף פועל כדי לשמור על ערכי pH או על איזון חומציות-בסיסיות מיטבי. בהמשך נלמד על הנזקים השונים לבריאות שנובעים מרמות חריגות של חומציות-בסיסיות. בפרק הבא נבחן את הדרכים שבהן חמצת מטבולית קלה כרונית מפריעה למנגנוני ההחלמה של הגוף, ואת הבעיות הבריאותיות שנגרמות בשל כך.