

מערכת ההפרשה

נתחיל בחזרה:

שאלות בנושא מערכת ההפרשה.

1. מה קורה לאדם בריא ששותה כמות גדולה של מים?
 - א. לא נגרם לו נזק, כי המים העודפים מופרשים בשתן.
 - ב. לא נגרם לו נזק, כי הגוף מסוגל לאגור את המים לשעת הצורך.
 - ג. נגרם לו נזק כי המים עלולים להצטבר בתאים ולפוצצם.
 - ד. האדם משמין, כי המים מצטברים בגוף והופכים לשומן.
2. ספיגה חוזרת של מים מתרחשת:
 - א. במעי הגס בלבד.
 - ב. במעי הגס ובכליה.
 - ג. בכליה בלבד.
 - ד. לא במעי הגס ולא בכליה.
3. ADH הוא הורמון המקטין את הפרשת השתן. הורמון זה משפיע על חדירות הדפנות של:
 - א. הנפרונים בכליה.
 - ב. צינור מוביל השתן.
 - ג. שלפוחית השתן.
 - ד. נימי הדם.
4. הפרשה מוגברת של שתן מהול היא תוצאה של:
 - א. ירידה ברמת ה ADH בדם.
 - ב. עלייה ברמת ה ADH בדם.
 - ג. הגברה מוגברת של אנזימים לדם.
 - ד. תגובה פיזית שאינה מבוקרת ע"י הורמון

שאלות פתוחות בנושא הפרשה

1. מהם שני התפקידים שממלאת מערכת ההפרשה בשמירה על הומאוסטזיס?
2. אדם שמאבד דם רב, למשל כתוצאה מפציעה, יפריש כמות קטנה מאוד של שתן, מהו ההסבר לכך ומהי הסכנה הנובעת ממצב זה?

חומרים מיותרים מסולקים מהגוף

בתהליכים השונים המתקיימים בתאי הגוף נוצרים גם חומרי פסולת. כשהחומרים אלה מצטברים בגוף, הם עלולים להיות רעילים: הצטברות כזו משנה את הסביבה הפנימית הקבועה שבגוף. גם שינויים בריכוז המים שבגוף יכולים לשנות את הסביבה הפנימית. מערכות שונות בגוף אחראיות לסילוק חומרי הפסולת ועודפי המים מהגוף, ביניהן: מערכת הנשימה, מערכת העיכול ומערכת ההפרשה.

למערכת ההפרשה תפקיד מרכזי בוויסות מאזן המים והמלחים בגוף. פעולת המערכת מכוונת גם למנוע מהגוף איבוד חומרי מזון כמו הגלוקוז וחומרי בניין אחרים.

1. אילו חומרים מצטברים בגופנו כתוצאה מחילוף חומרים? (פחמן דו-חמצני, שתנן, תוצרי פירוק של תרופות, ויטמינים, סמים, עודפי מים)
2. מהם החומרים שנוצרים מפירוק חלבונים בכבד? כיצד הכבד מתמודד עם חומר זה? אמוניה- חומר רעיל מאוד לגוף, האמוניה הופכת לחומר פחות רעיל שנקרא שתנן – urea העובר לדם.
2. תפקידי מערכת ההפרשה:

א. סילוק ופינוי של חומרים המזיקים לגוף כגון: שתנן, ויטמינים, סמים ותוצרי פירוק של תרופות.

ב. שמירה על מאזן מים וריכוז מלחים תקין בגוף.

3. כיצד מתבטא ההומיאוסטאזיס במערכת ההפרשה?

בדם יש כל הזמן חומרים שהגוף לא משתמש בהם וגם חומרים העלולים להזיק לגוף. ההומיאוסטאזיס אחראי לשמור על הרכב נוזלי הדם בצורה קבועה. כמובן שלעיתים השמירה משתבשת אם הצטברו רעלים רבים בגוף האדם.

מבנה מערכת ההפרשה של האדם.

מערכת ההפרשה בנויה מ: שתי כליות, שני צינורות מובילי שתנן, שלפוחית שתנן וצינור שופכה היוצא מהשלפוחית.

כליות:

בגוף האדם יש שתי כליות המצויות משני צדי עמוד השדרה, בגובה המותניים מצד הגב. לכליה צורת זרע שעועית. אצל אדם מבוגר משקלה כ – 150 גרם. לכל כליה מגיע דם ישירות מהצד השמאלי של הלב דרך עורק הכליה ולאחר שהדם עבר תהליך של סינון הוא יוצא מוריד הכליה לכיוון שלפוחית השתנן. חלק נכבד מהדם היוצא מהלב עובר לכליות לפני שעבר לשאר חלקי הגוף. לעובדה זו יתרון גדול היות והדם המגיע מהלב מכיל שתנן, חומרים מיותרים אחרים, עודפי מלחים, תוצרי פירוק של תרופות ותוצרים אחרים. דם זה שעבר דרך הכליות ויוצא דרך וריד הכליה אל הגוף הוא דם נקי מכל אותם חומרים מיותרים. השתנן שנוצר בכליות מכיל את כל החומרים המיותרים. למעשה כל הדם שנמצא בגופו של אדם בוגר עובר תהליך של סינון מידי 4-5 דקות. התבונן בטבלה 1 עמוד 101 והסבר את ההבדלים בין הדם לשתנן? מה עשוי להתרחש אם לא יהיה יצור של שתנן במשך 5 דקות?

מבנה הכליה. יש להיעזר באיורים בעמודים 102-103.

הכליה מורכבת משני אזורים בולטים:

- א. **קליפה**: זהו אזור ההיקף בכליה והוא מכונה קליפה. הקליפה מורכבת ממספר רב של מבנים זעירים הנקראים **נפרונים**. בכל נפרון חל סינון של הדם וייצור שתנן.
- ב. **ליבה**: זהו אזור פנים הכליה. מכל נפרון יוצאת צינורית קטנה המאספת שתנן, בליבה מתאספות כל הצינוריות המאספות שתנן והן מתלכדות באגן הכליה **לצינור מוביל שתנן** אחד היוצא מהכליה לעבר שלפוחית השתנן. האזור ממנו יוצא צינור זה נקרא **אגן הכליה**.

מבנה הנפרון:

בקליפה יש מבנים זעירים שכל אחד מהם מסנן דם ומייצר שתן מהמים העודפים ומהחומרים המיותרים שסולקו מהדם. מטהרים אלו נקראים נפרונים- יחידות הפעולה של הכליה, בכל כליה מצויות כמיליון יחידות כאלה.

כל נפרון מתחיל **מפקעית- גלומרולוס** שהיא פקעת של נימים שצורתה כדור זעיר. הפקעית נמצאת בתוך **קופסית על שם באומן** שצורתה כעין משפך. הדופן הפנימית של הקופסית עוטפת את הנימים ואילו הדופן החיצונית מתמשכת ויוצרת צינור חלול היוצא מתוך החלל שבין שתי דפנות הקופסית. הצינור נקרא **אבובית הכליה** והוא מחולק לארבעה חלקים. החלק השני שצורתו סיכת שיער מכונה **לולאה על שם הנלה**- זהו הקטע הצר ביותר. לולאה זו יורדת מקליפת הכליה אל הליבה ומשם היא עולה חזרה אל הקליפה.

מספר צינורות (אבוביות) מתאחדות לצינורית מאספת שתן, המגיע אל אגן הכליה. באיור 5.5 עמוד 103 ניתן לראות אנטומיה יוצאת דופן של מחזור הדם בכליות: עורק הריאה מתפצל לעורקיקים, העורקיק הנכנס לתוך הפקעית מתפצל בתוכה לנימים ויוצא לא כוריד אלא שוב כעורקיקים. הללו הופכים בסוף לורידים קטנים, המתנקזים אל וריד הריאה. מכאן שהדם העורקי העובר בפקעית אינו מאבד חמצן.

פעולת הכליה.

קיימים שלושה תהליכים ראשיים ביצירת השתן: סינון, ספיגה חזרה ריכוז ודילול השתן.

התוצר הסופי הוא נוזל שונה בהרכבו מכל נוזלי הגוף ומשתנה בהרכבו בהתאם לצרכי הויסות של הסביבה הפנימית. באדם בריא **אין** חלבון, תאים, גלוקוז אך יש מים, מלחים וחומרים חנקניים.

התהליך המתרחש בפקעית

אל הכליה מגיע דם בעורק הכליה המתפצל בתוך אבי העורקים. בעורק הכליה ובעורקיקים נוצר לחץ דם גבוה. לחץ זה שמקורו בהתכווצות הלב, גורם להסתננות המים וחומרים מומסים מפלסמת הדם אל תוך הקופסית. כיוון הסינון הוא מהנימים לחלל הקופסית והוא סלקטיבי בהתאם לקוטר המולקולות. הנוזל שמסתנן קרוי **תסנין**. התסנין עדיין אינו שתן, הוא מכיל את רוב המים שהיו בדם וכמעט את כל החומרים המומסים בדם, גם גלוקוז.

הקופסית ודופן כלי הדם של הפקעית משמשים כמחסום מסנן בלבד. לצורך העברת החומרים בשלב זה לא מושקעת כל אנרגיה. התסנין שבפקעית דומה בהרכבו לדם, אך אין בו כמעט מולקולות גדולות, כמו חלבונים ותאי דם.

כל הקטנה בלחץ הדם גורם לפגיעה משמעותית בכוח הסינון. זו הסיבה שירידת לחץ דם במצבי הלם פוגעת מיד בכליה ומלווה במעט שתן.

התהליכים המתרחשים באבובית

בשלב הקודם כמות המים וחומרים נוספים (גלוקוז, חומצות אמינו) המופרשת רבה מאוד. על מנת למנוע אובדן מים וחומרים נוספים מתקיים תהליך ספיגה מהתסנין אל הנוזל הבין תאי שמחוץ לאבובית ומשם לדם.

תהליך זה נקרא: קליטה חוזרת – ספיגה חוזרת.

המונח **ספיגה חוזרת או קליטה חוזרת** פירושו ספיגת חומרים מתוך חלל הנפרון חזרה אל הנוזל הבין תאי ואל נוזל הדם. החזרה נעשית באופן פסיבי או אקטיבי.

ספיגה פסיבית פירושה ספיגה ע"י מפל הריכוזים- דיפוזיה- אין צורך בהשקעת אנרגיה. ספיגה אקטיבית היא ספיגה נגד מפל הריכוזים- יש צורך להשקיע אנרגיה.

הכליה היא הצרכנית הגדולה ביותר של אנרגיה ליחידת משקל של רקמה. לאחר יצירת התסנין הוא זורם באבובית הנפרון ובקרבתו זורם דם בנימים. דפנות צינורות אלו דקים מאוד וקרובים זה לזה. במהלך הזרימה חל מעבר הדרגתי של מומסים מהתסנין לדם, כמעט כל המים חוזרים אל נימי הדם וגם כל הגלוקוז חוזר מהתסנין לדם. רוב המינרלים חוזרים לדם. מעבר החומרים מהתסנין בחזרה לדם נקרא קליטה חוזרת או ספיגה חוזרת. גלוקוז נקלט באופן מלא ואילו חומרים כמו מלחים נקלטים באופן חלקי.

השתנן אינו חוזר כלל ונשאר באבובית. השתן הוא הנוזל שנוצר באבובית לאחר שהסתיימה הספיגה החוזרת.

תהליכי הקליטה החוזרת מתבצעים בנפח קטן אך על פני שטח מגע ענק. הסיבה- האבובית ונימי הדם המלפפות אותה מפותלים מאוד וכך נוצר שטח מגע גדול, המאפשר מעבר חומרים יעיל ביניהם. האבוביות שבכל כליה מתלכדות לצינור מוביל שתן. שני הצינורות המובילים היוצאים מהכליה מובילים את השתן מהכליות אל שלפוחית השתן. יש חומרים הנקלטים באופן מלא כמו גלוקוז וישנם חומרים הנקלטים באופן חלקי כמו היונים. מנגנוני הספיגה החוזרת וההפרשה האקטיבית, הם המווסתים למעשה את נפח נוזלי הגוף והמומסים בה.

- חשוב לציין-באדם בריא אין בשתן גלוקוז. במחלת הסוכרת מופיע גלוקוז בשתן. כמות השתן תלויה בכמות המים בדם- כאשר אדם שותה כמויות נוזלים גדולות במיוחד, כמות השתן עשויה להגיע ל 3 ליטרים ואילו אם הוא מצוי בתנאי יובש או במאמץ גופני קשה כמות השתן שלו מצטמצמת מאוד ועשויה לרדת עד לחצי ליטר ביום. הקביעה של כמות המים בשתן והאיזון של ריכוז המלחים בו נעשים בנפרונים. ככל שהם יקלטו יותר מים מהתסנין לדם כך יהיו פחות מים בשתן.

הקליטה החוזרת של המומסים מהתסנין לדם כפופה לבקרת הורמונים- אחד מהם הוא **ADH** **anti diuretic hormone**. כאשר רמתו עולה, חדירות הצינורות למים עולה ובהעדרו הצינורות אינם חדירים למים. כלומר כאשר יש עודף מים בגוף ההורמון אינו מופרש או מופרש בכמות קטנה ולכן השתן דליל וכמותו גדולה וכך הגוף משתחרר מנוזלים. כאשר יש מעט מים בגוף ההורמון מופרש ואז תתרחש ספיגה חוזרת של מים לגוף. הורמון זה מופרש מיותרת המוח והגירוי להפרשתו הוא מחסור בנוזלי הגוף או עלייה בריכוז המלחים בדם.

שאלה: תאר מה יקרה לאדם המבצע פעילות גופנית ואינו מקפיד לשתות מים? לדוגמא: אדם שמזיע בגלל פעילות גופנית ולא שותה, מאבד מים וריכוז המלחים בדמו עולה. דבר זה נקלט ביותרת המוח ולכן יופרש ההורמון ADH שיגרום לקליטה חוזרת של מים, כתוצאה מכך השתן יהיה מרוכז וכמותו קטנה יותר ומכאן ריכוז המלחים בדם יורד. הורמון נוסף שפועל באזור לולאת הנלה הוא **אלדוסטרון**, הגורם לספיגה חוזרת פעילה של נתרן. יותר הורמון----- יותר נתרן בדם-----ירידת כמות הנתרן בשתן. פחות הורמון----- פחות נתרן בדם----- יותר נתרן בשתן. הורמון זה מופרש מיותרת הכליה והוא מושפע משתי מקורות:

1. ירידת ריכוז המלחים בגוף.

2. ירידת לחץ הדם בכליה. במצב זה יופרש אלדוסטרון שיגרום לכמות גדולה יותר של נתרן בדם, דבר המוביל לצבירת מים ומכאן לעלייה בלחץ הדם.

השתתפות הכליה בייצוב לחץ הדם

ירידת לחץ הדם בכליה או אספקת דם פחותה לכליה מסיבות כלשהן כדוגמת: היצרות עורק הכליה, חסימה בעורק הכליה, דלקת בכליה או ירידה כללית בלחץ הדם בגוף יגרמו לכך שיופרש חומר שיעלה את לחץ הדם ובנוסף יופרש אלדוסטרון.

לסיכום:

כל החומרים הנמצאים בשתן מקורם מהדם. השתן הוא למעשה נוזל המכיל מים, שתנן וחומרי פסולת אחרים. השתן נוצר בכליות ומופרש משלפוחית השתן. השתנן היא תרכובת אורגנית שנוצרת מאמוניה – תוצר פירוק של חלבונים, היות ואמוניה הוא חומר רעיל, אנזימי הכבד הופכים אותו מיד לשתנן. בשתן אין גלוקוז, חלבונים או תאים. לאחר שהשתן נוצר הוא עובר דרך צינורות מובילי שתן אל שלפוחית השתן. למעשה השתן מטפף לשלפוחית והיא מתמלאת בהדרגה.

שלפוחית השתן:

בחלקה התחתון של שלפוחית השתן נמצא שריר סוגר טבעתי. רוב הזמן השריר מכווץ וסגור, כאשר כמות השתן מגיעה ל 350 מ"ל נוצר לחץ על השריר ויש גירוי הדוחף את האדם לשחרר את תוכן השלפוחית. הרפיית השריר היא פעולה רצונית ולכן האדם מסוגל לשלוט על מתן שתן. באמצעות בדיקת שתן ניתן לאבחן את הבעיות הבאות:

- זיהום בשלפוחית השתן: שתן של אדם בריא הוא סטרילי- אין בו חיידקים. אם יגלו בשתן תאי דם לבנים זוהי עדות לנוכחות גורם מזהם.
- זיהום בכליות: זהו מצב נדיר ביותר. חיידקים בכליה עשויים לפגוע בתפקוד הנפרונים. בבדיקת שתן של אדם שסובל מזיהום בכליות ימצאו חלבונים, תאי דם לבנים ואדומים.
- סכרת: המצאות גלוקוז בשתן היא עדות למחלת הסכרת.

אי ספיקת כליות

זהו מצב שבו הכליות לא מספיקות לסנן את הדם ולייצר שתן בקצב תקין- זהו מצב שעלול לגרום לסכנת חיים.

מצב זה יכול להתרחש בגלל זיהום, פגיעה בכליות בעקבות תאונה או בגלל מחלות תורשתיות מסוימות.

אם הפגיעה היא בכליה אחת אין בעיה, אם שתי הכליות אינן מתפקדות יש לסייע לאדם לסלק חומרים מזיקים מהדם. לשם כך יש שתי דרכים:

א. דיאליזה.

ב. השתלת כליה.

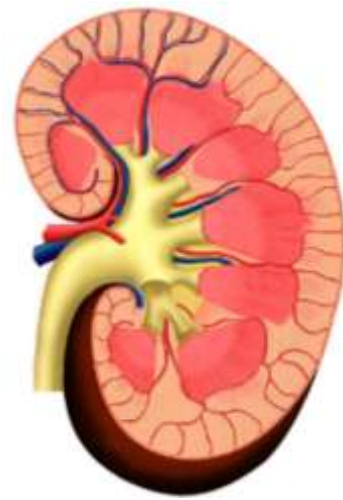
דיאליזה

מכשיר זה דומה בפעילותו לנפרון, מסנן ומוציא את החומרים המיותרים מהדם שזורם דרכו. דם החולה עובר דרך צינור עשוי קרום חצי חדיר – קרום דיאליזה- המונע מעבר של מולקולות גדולות כגון חלבונים. קרום זה מצוי בתוך נוזל המקיף את הצינור מכל צדדיו ונקרא נוזל דיאליזה. כל חומר הנמצא בדם בריכוז גבוה יותר מאשר בנוזל הדיאליזה יפעפע אל נוזל הדיאליזה, אותו מחדשים בהתאם לצורך. כך מוציאים מהדם חומרים שהצטברו בו כמו שתנן, מלחים מים ועוד.

סיכום

במהלך חילוף החומרים בגוף נוצרים חומרים רעילים המזיקים לגוף. חומרים אלו מסולקים ומופרשים מהגוף ע"י מערכת ההפרשה. תפקיד נוסף של המערכת הוא שמירה על מאזן מים ומלחים תקין בסביבה הפנימית. סינון הדם נעשה בכליות בתוך איברים קטנים הנקראים נפרונים, מהכליות מתנקז השתן ומובל אל שלפוחית השתן. כמות המים והמלחים בדם ובשתן מבוקרים ע"י הורמונים.

מבנה הכליה:



מבנה הנפרון:

