

מערכת השתן

מערכת השתן מורכבת מכליות המייצרות שתן, משופכנים המעבירים שתן מהכליות לשלפוחית השתן ומשופכה המעבירה שתן מהשלפוחית אל מחוץ לגוף.

תפקידים:

1. הומאוסטזיס = שמירה על מאזן נוזלים - למרות שתנאי הסביבה משתנים, תכונות מסוימות של הגוף, כגון חום הגוף וריכוזי חומרים בדם, נשמרות בין תחום צר של ערכים. חשוב במיוחד שכמות המים בכלי הדם תישמר קבועה. הכליות יפרישו כמות מים גדולה אם מאזן המים חיובי, למשל לאחר שתייה מרובה וימעטו בהפרשה אם מאזן המים שלילי. הכליות מסייעות בשמירת מאזן זה על ידי איתור/ניקוז/ייצור מולקולות נוספות שמשמשות לאתור פסולת רעילה וניקוזן מן הגוף.
2. הפרשת חומרי פסולת- למשל אוראה, המכילה חנקן שנוצר מפירוק חלבונים. בנוסף תרופות רבות מסולקות מהגוף דרך השתן.
3. ייצור הורמונים- רנין ואריטרופואטין, הורמון האריטרופואטין – דרוש לשם ייצור תאי דם אדומים במח העצם. כך שומרות הכליות על רמת המוגלובין תקינה. תפקידו של הורמון הרנין לווסת את לחץ הדם. אם לחץ הדם יורד, גם לחץ הדם בעורקי הכליה יורד. בתגובה הכליה תפריש רנין שיגרום לייצור הורמונים המכווצים עורקים וכך גורמים לעלייה בלייד ולייצור אלדוסטרון. הורמון זה מקטין את איבוד המים והמלחים בשתן ותורם לעלייה בלחץ הדם.

אנטומיה ופיסיולוגיה

הכליות **KIDNEYS** ממוקמות מאחורי איברי הבטן בגובה חוליות T12 עד L3. הכליה הימנית נמוכה מהשמאלית הכבד. גודלן הפיזי הוא כגודל אגרוף, משקלן 200-300 גרם. מקבלות אספקת דם ישירות מהאאורטה הבטנית. שני עורקי הכליה יוצאים ישירות מהאאורטה. לחץ כניסת הדם לכליות 80-90 מ"מ כספית.

נפרון **NEPHRON** היא יחידה מיקרוסקופית שמורכבת מקופסית והמכילה נים שמתפתל בתוכה וצינור היוצא ממנה. לנים זה תכונות של חדירות חלקית ולכן חלק ממרכיבי הדם יעברו ממנו לקופסית.

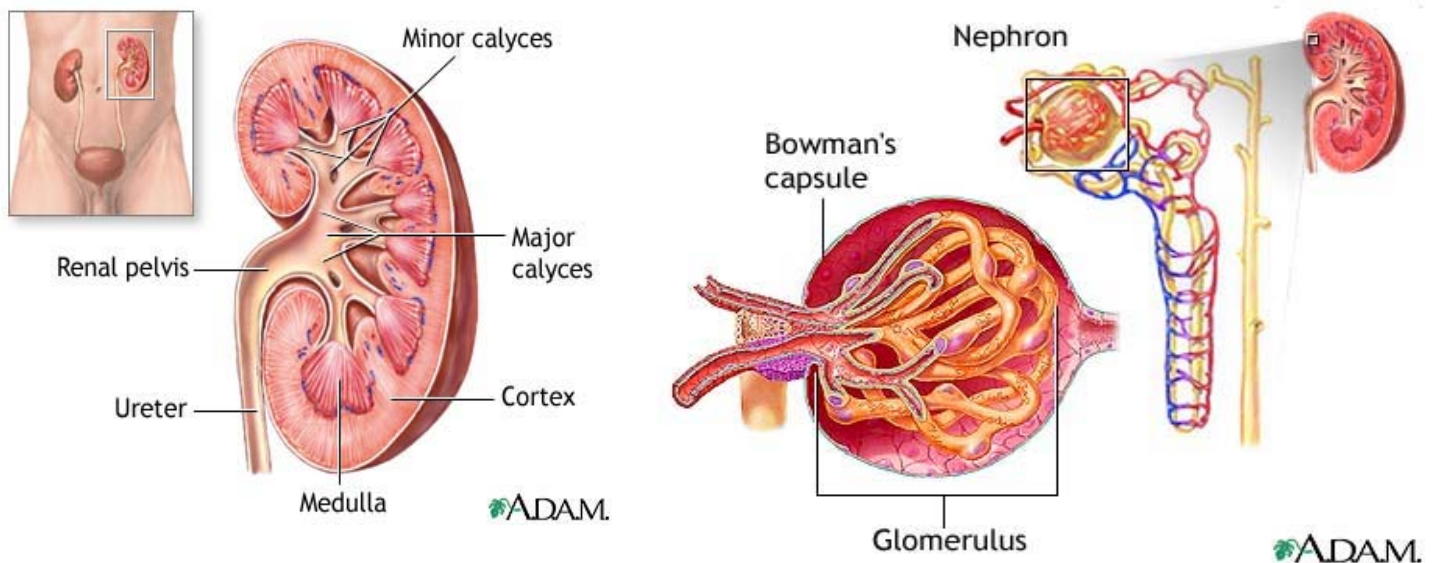
הפרשה: אדם מפריש בין 3 ל-5 ליטר זיעה ביממה. אנחנו מאבדים מים גם בתהליך הנשימה – מקור המים האלה בנאדיות – הם מסייעים בחילוף הגזים בריאות.

שני שופכנים **URETERS** שמוליכים את השתן מהכליות לשלפוחית באמצעות שריר חלק שבדופנס. באמצע האגן יושבת שלפוחית השתן **URINARY BLADDER**. השלפוחית היא שק שריר חלק שיש לו יכולת להתכווץ ותפקידו לאגור שתן ולפלוט אותו. השלפוחית יכולה להכיל במוצע 1000-2000CC. מהשלפוחית יוצאת השופכה **URETHRA** שהיא צינור המעביר שתן מהשלפוחית אל מחוץ לגוף (אורכה בגברים 15 ס"מ ובנשים כ-4 ס"מ).

20-25% מתפוקת הלב בכל דקה זה דם שהולך לכליות = 1700 ליטר דם שמסוננים דרך הכליות.

ישנם כמליון נפרונים בכל כליה – מסודרים ב- **CORTEX** של הכליה. גם אם נגיע להרס מוחלט של 85 מהם- עדיין הכליה תתפקד ברמה טובה.

הכליה מסננת מומסים- מלחים, מינרלים, סוכרים, אלקטרוליטים וכו', מבצעת ספיגה מחדש של חומרים ומים אל הדם. למשל: רמת סוכר נורמלית 90-120 בקופסית על שם באומן יוצאים נוזלים מהדם ואיתם מרבית הסוכר שחוזר לדם בהמשך התהליך. בחמצת – יש עודפי מימן שמהם הכליה צריכה להיפטר.



מבנה אנטומי של הכליה

קורטקס (קליפת) הכליה

ליבת הכליה

מורכבת פירמידות שהן חלק מהנפרון, כשבכל פירמידה, יציאה שמגיעה בסופו של דבר אל השופכן. בתחתית כל פירמידה - אגן ניקוז של השתן שמוביל החוצה. עורק הכליה נכנס ישר מהאאורטה הבטנית, מתפצל ומקיף את כל הפירמידות, מתפצל לנימים, הופך לוריד, הורידים מתאחדים ומתנקזים החוצה מהכליה לוריד הנבוב. כלי הדם המקיפים את הפירמידה הם המזינים את הנפרון.

נפרון

היחידה התפקודית של הכלייה. קיימים כמליון נפרונים בכל כליה. ישנם שני סוגי נפרונים בכליה. מרביתם מצויים בקורטקס (נפרון קורטיקלי) המסננים ומייצרים את השתן, וכ-10% בליבה - נפרון ג'וגסטה- גלומרולרי- העוסקים בבקרת לחץ הדם. הנפרון הקורטיקלי, יושב ברובו בקליפת הכליה (קורטקס) והג'וגסטה- גלומרולרי נמוך יותר ויושב בליבת הכליה.

מבנה הנפרון:

- סבך של נימי דם הנתונים בקופסית אטומה שנקראת קופסית באומן.
- קופסית באומן Bowman's Capsule צוברת את הנוזלים שמופרשים מסבך הנימים הנתונים בתוכה.
- צינורית מקורבת Proximal Tubule, שם מתחיל הסינון של המלחים והרעלים מהדם אל השתן ובתמורה חזרה של מים, גלוקוז ואלקטרוליטים חזרה אל הדם.
- לולאה ע"ש הנלה Henle's Loop הנחלקת ליורדת ולעולה. כ-80% מהנוזלים חוזרים למחזור הדם בצינורית היורדת, חלק מ-20% הנוזלים יוחזרו, במידה ויידרש, לדם ע"י משאבות מיוחדות בצינורית העולה.
- צינורית מרוחקת Distal Tubule, דרכה מנוקז הנוזל הסופי הוא השתן אל אגני הניקוז שבכליה משם לשופכנים, שלפוחית בשתן, השופכה ולאסלה או לעץ הקרוב.

1. **קופסית באומן**- בה מתקיים תהליך ייצור השתן. מורכבת מעורק קטן (שמתפצל מהאאורטה הבטנית) היוצר פקעת של כלי דם מיקרוסקופיים, העטופה בקופסית מעוגלת. בין פקעת כלי הדם לקופסית יש מרווח. העורק יוצא חזרה מאותו מקום. הפקעת יחד עם קופסית באומן נקראים גלומרולוס Glomerulus. הדם העורקי (עשיר בחמצן) נכנס בלחץ גבוה מאוד, הלחץ הגבוה מביא לבריחת נוזל מעורק זה למרווח שבין פקעת כלי הדם לקופסית. התהליך מתרחש ללא השקעת אנרגיה- בזכות לחץ הדם והדופן- החצי- חדירה של העורק. הנוזל מתנקז בקופסית ומועבר לצינור מיקרוסקופי שמנקז את הקופסית. הנוזל שנוצר הוא בעצם פלסמה ויש בו אלקטרוליטים חומצות אמינו וסוכר. זהו תסנין ראשוני שעדיין אינו נקרא שתן. התסנין מובל בצינור המנקז את הנוזל מהקופסית, כשכלי הדם שיוצא מהפקעת, יוצא מהקופסית ומתחיל מסלול של התפתלות סביב צינור הניקוז.

2. **הצינורית המקורבת** (המשך של צינור הניקוז) - בה כבר קיים תסנין ראשוני- היא הפלסמה שדיברנו עליה בסעיף הקודם. בשלב זה משאבות מעבירות מלחים מהדם ובתמורה חוזרים אל הדם מים ואיתם סוכר נימי הדם סופגים סוכר עד רמה של 150 בלבד. תהליך זה הנו תהליך צורך אנרגיה (ATP).

בחולי סוכרת- תהליך חזרת הנוזלים ואיתם הסוכר מהפלסמה אל הדם פגום ולכן נראה השתנה מוגברת. בממוצע 70-80% מהמים ו-100% מהסוכר נספגים חזרה לדם. הכי חשוב לספוג חזרה את הגלוקוז.

כאשר תהליך ייצור האנרגיה (ATP) נפגם, לדוגמה כאשר החולה היפוקסי (ללא חמצן נפגם ייצור ה-ATP מגלוקוז), יפגם גם תהליך ייצור השתן ולא יהיה מתן שתן.

3. **תעלה ע"ש הנלה**- בה כבר אין שינוי במומסים שבנוזל השתן. בשלב זה מתקיימת הבקרה על כמות השתן בהתאם ללחץ הדם ולגורמים נוספים שהגוף מרגיש, בעיקר ביותרת המוח. השתן מורכב ממים, חנקנים (Urea הנוצרת כתוצאה מפירוק חלבונים בכבד, והיא רעילה לגוף) וחומרי פסולת נוספים. ה-Urea ושאר חומרי הפסולת נספגים לשתן מכלי הדם, כפי שהסברנו קודם. התמיסה כעת מרוכזת מאד, ואם תישאר כזו היא תמשוך אליה מים חזרה (באוסמוזה) מהדם. לכן המבנה העולה של לולאת הנלה אינו מאפשר חדירת מים אל השתן. במידה והצינורית העולה היתה אטומה לחלוטין, היינו מפרישים בשתן יותר מדי נוזלים ומתייבשים למוות. לכן מפריש הגוף הורמונים שמאפשרים למים נוספים לעבור לכלי הדם.

4. **צינורית מרוחקת** - מנקזת את השתן אל אגני הניקוז בכליה משם לשופכנים, לשלפוחית השתן לשופכה והחוצה מהגוף (לוקחת זה רעלים שלך הולך מפה ולא בא בלובה יותר בחיים שלך).

לסיכום, דם נכנס בעורק קפילרי לגלומרולוס (פקעית) שם מתרחש סינון דיפוזי (חומרים יוצאים) ללא השקעת אנרגיה. מהקופסית יוצא צינור מקורב, בו מתרחשת ספיגה בעזרת נשאים, כלומר באמצעות אנרגיה, של מים וחומרים מהתסנין חזרה לדם. הנוזל ממשיך לרדת בלולאה ע"ש הנלה. בחלק היורד של הלולאה, מתקיימת עוד ספיגה של המים לכלי הדם והפרשת אוראה, אמוניה וחומרי פסולת נוספים מכלי הדם. הלחץ האוסמוטי (ריכוז המומסים) באזור זה גבוה מאוד עקב כניסת מומסים והמשך יציאת מים לכי הדם. בזרוע העולה של לולאת הנלה הגוף מווסת את הכמות הסופית של המים בייצאו בשתן, ע"י שחרור ההורמון ADH המאפשר חדירות של הלולאה, וחזרת מים נוספים לכלי הדם.

הקשר בין הכליות ללחץ הדם

כלי הדם היוצאים מהפקעית מלווים את צינור הנוזל עד סופו. כאשר אנו מאבדים נוזלים בהזעה, נשימה וכו', כמות המים והמלח בגוף יורדת, ועקב כך לחץ הדם יורד. לגוף מנגנונים רבים שמווסתים את רמת לחץ הדם ובולמים את ירידתו כדלקמן:

- לחץ הדם יורד
- תאי חישה שיושבים על העורק הנכנס לגלומרולוס מרגישים את ירידת הלחץ ומפרישים לדם הורמון הנקרא רנין.
- בזרם הדם, הרנין מתאחד עם אנגיוטנסיין (מולקולה הקיימת באופן קבוע בדם ואינה פעילה) והופך אותו לאנגיוטנסיין I.
- אנגיוטנסיין I מתאחד בריאות עם חומר הקרוי ACE (**Angiotensin Converter Enzyme**) ומתקבל חומר חדש הנקרא אנגיוטנסיין II הפועל כמו אדרנלין ומכווץ את כלי הדם הפריפרים וכך מעלה את לחץ הדם.

כשבלוטת ההיפופיזה- יותרת המוח- חשה בירידת לחץ דם או בנוכחות מוגברת של החומרים הנ"ל, היא מפרישה את ההורמון ADH (**Anti Diuretic Hormone**) הנכנס לזרם הדם ומגיע לאיבר המטרה שלו שהוא הזרוע העולה של לולאת הנלה. הורמון זה גורם לחדירות חלקית ומאפשר מעבר מים חזרה לכלי הדם בנפרון.

כשבלוטת יותרת הכליה (בלוטת האדרנל) חשה בעליית אנגיוטנסיין II, היא מביאה להפרשת ההורמון אלדוסטרון, הפועל על צינורית איסוף השתן. שם הוא גורם לשחרור מוגבר של אשלגן לשתן. בתמורה, נתרן חוזר לדם ומושך איתו מים. זהו מנגנון נוסף המביא לירידה בכמות השתן המופרש.

עקב ירידת לחץ הדם עשויות להיווצר בעיות רבות בדרך. ראשית, קופסית באומן עלולה להינזק. לחץ הדם נמוך ומתהווה סתימה של כלי הדם העדינים שבקופסית (נוק בלתי הפיך לנפרון - כל ירידה בל"ד הורסת נפרונים רבים, אך אנו יכולים גם לשרוד כאשר רק 15% מהנפרונים פעילים).

טיפול תרופתי מפצה :

- התרופה Convertin היא חוסמת ACE, כך לא נוצר אנגיוטנסין II, כלי הדם אינם מתכווצים ולחץ הדם אינו עולה (ניתן לסובלים מיתר לחץ דם).
- באי ספיקה כלייתית - הקליניקה שתיווצר היא יתר לחץ דם, והטיפול יהיה ע"י Fusid הפועל בלולאה וחוסם תעלות נתרן. כך מים רבים נשארים בנוזל השתן.
- תרופות ACE אינן ניתנות כשהבעיה הראשונית היא כלייתית, אלא לחולים שהבעיה שלהם קשורה לכלי דם, לדוגמה חולי טרשת אצלם כלי הדם אינם גמישים ויש בעיה של אלסטיות של כלי הדם שיכולת הכיווץ שלהם פחותה. תרופות אלו בעייתיות כי הן גורמות להתקפי שיעולים קשים. לכן פותחו תרופות חדשות, שפועלות מוקדם יותר בתהליך וחוסמות את הרצפטורים לאנגיוטנסין II בכלי הדם.