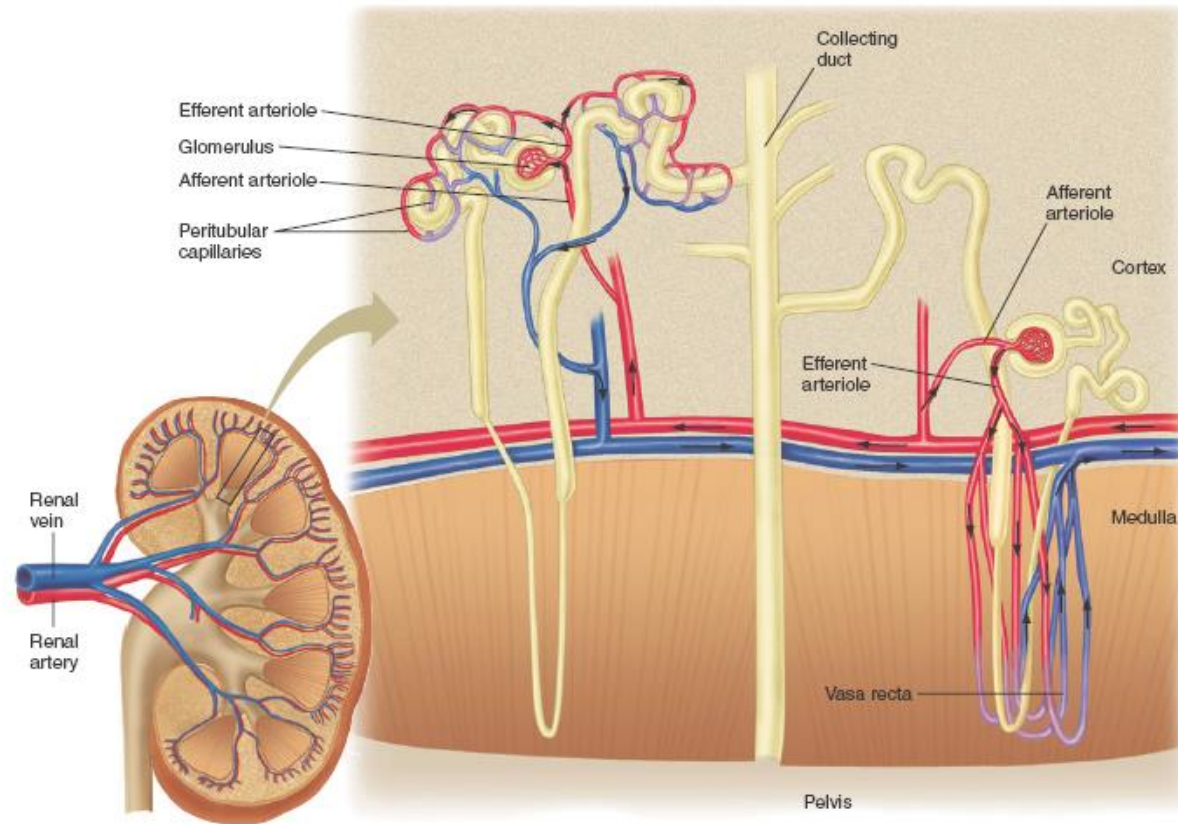


מערכת ההפרשה באדם



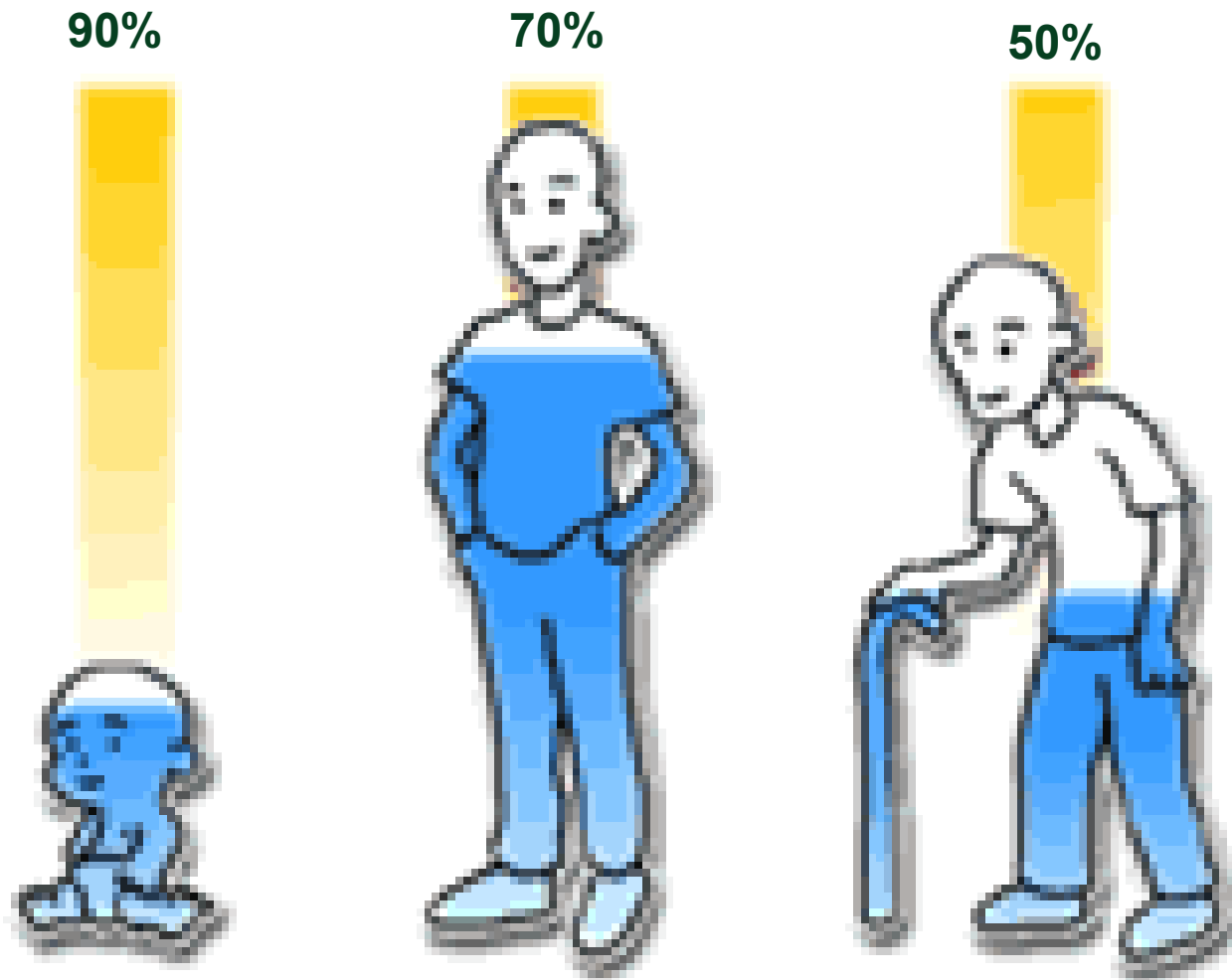
a) Main blood vessels in the kidney. The renal artery and renal vein branch many times to deliver blood to each glomerulus.

b) Post-glomerular blood vessels. The efferent arteriole of most nephrons, such as the one shown here on the left, divides to become the peritubular capillaries, which supply proximal and distal tubules in the cortex. In a few nephrons, such as the one on the right, the efferent arteriole descends into the medulla to become the vasa recta, which supply loops of Henle.

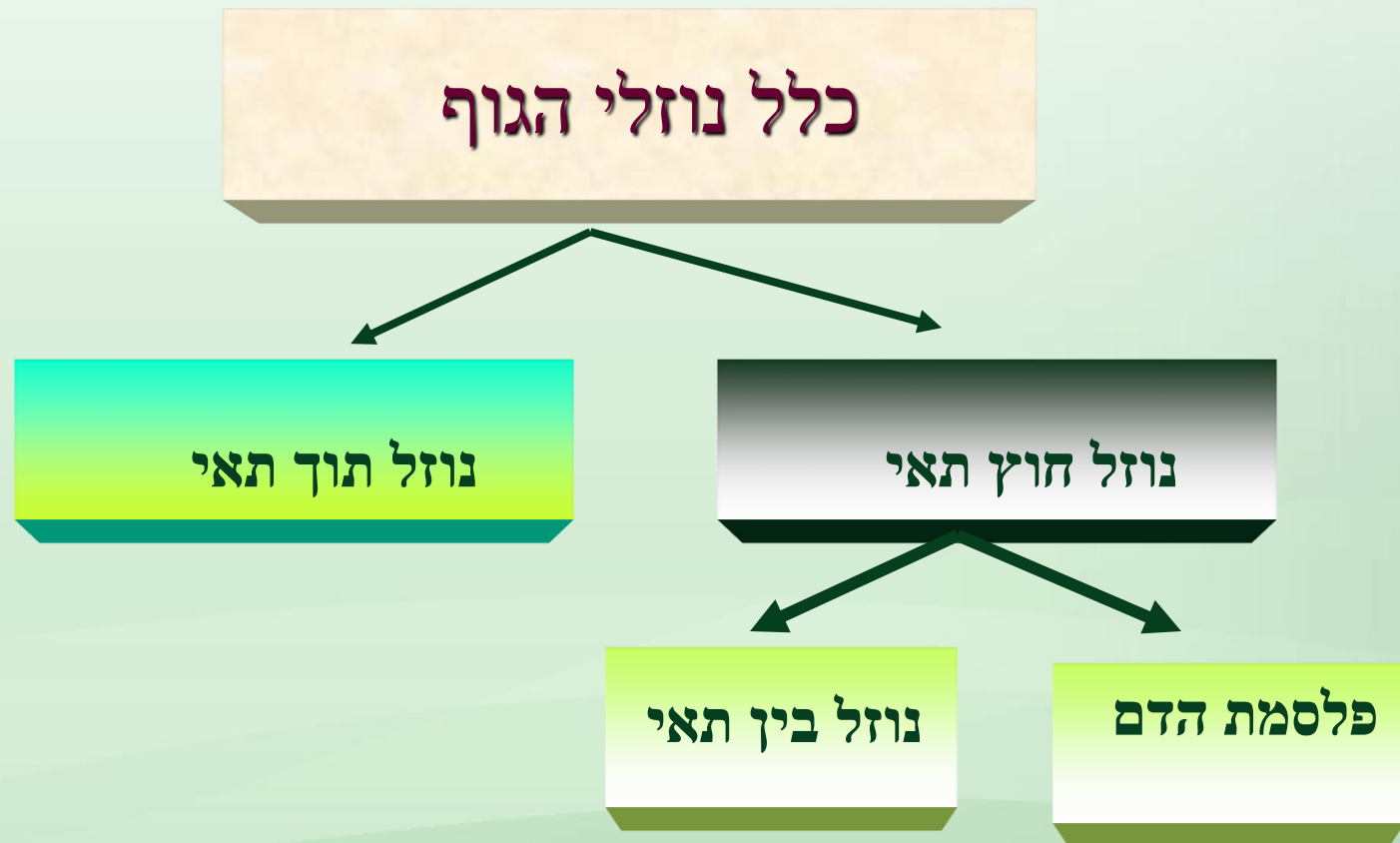
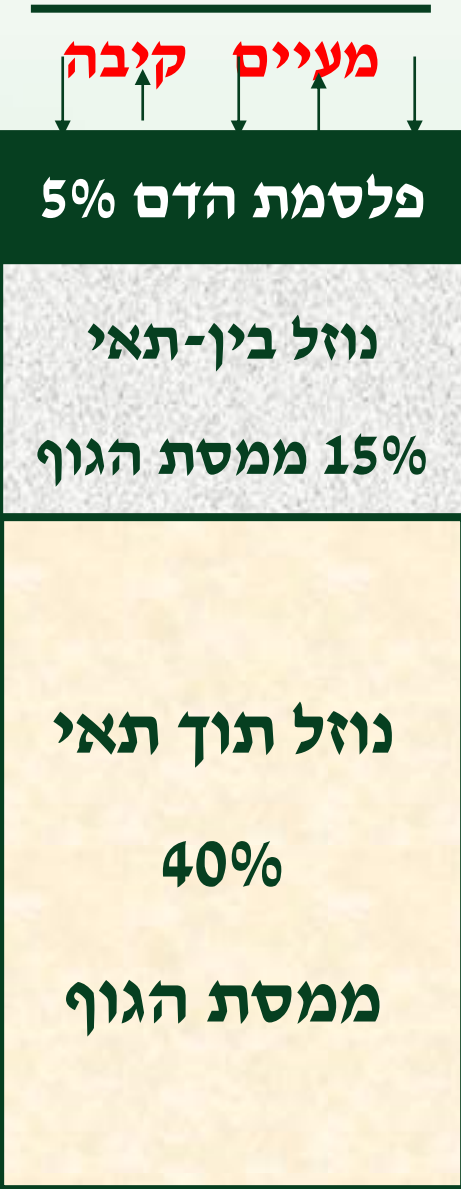
Figure 15.5 Relationships between the tubular and vascular components of nephrons.

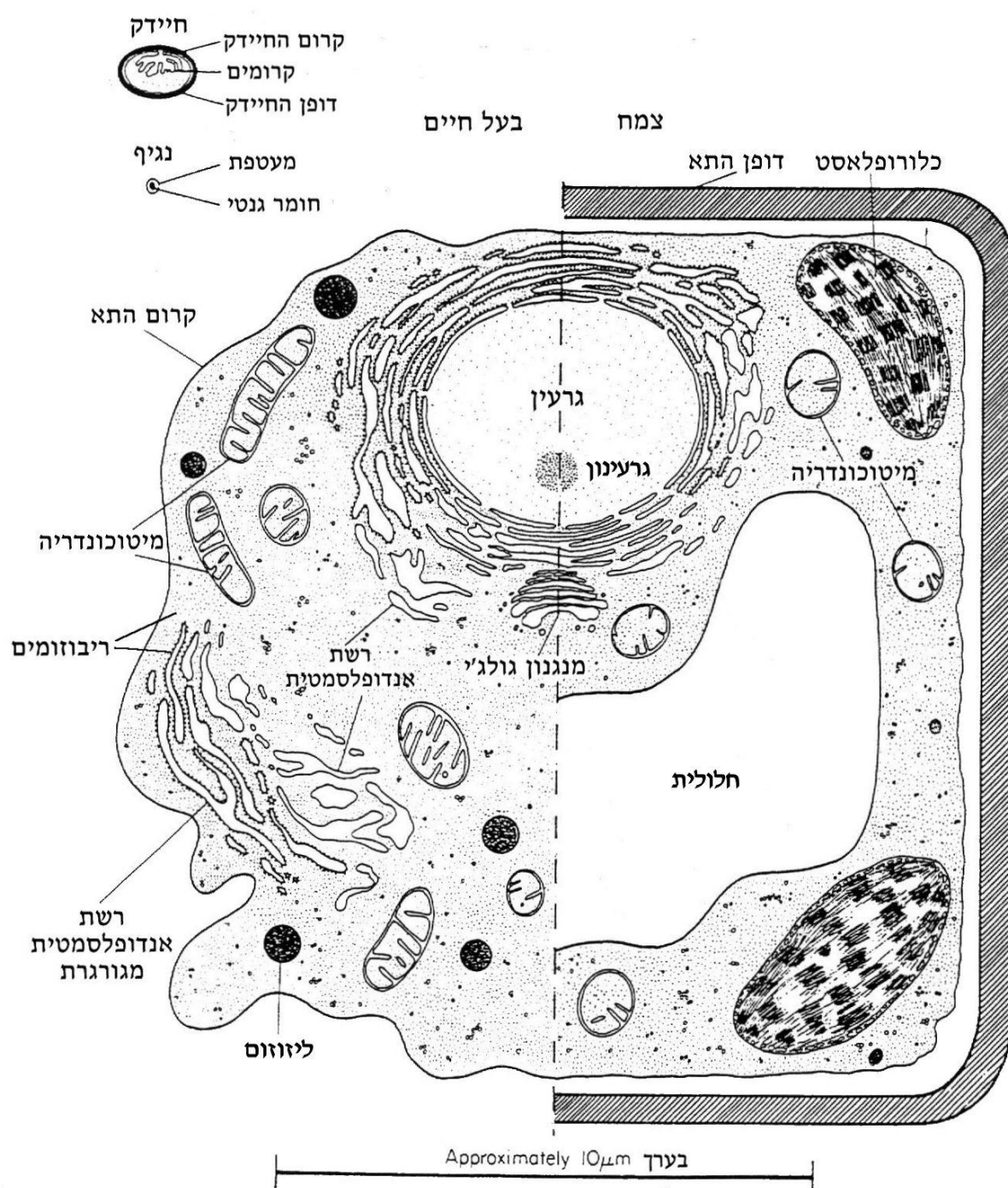
המים מהווים באדם בוגר כ-70% ממסת הגוף.

השמירה על מאזן מים הוא הבסיס לקיום תהליכי חיים תקנים בתאים וברקמות.



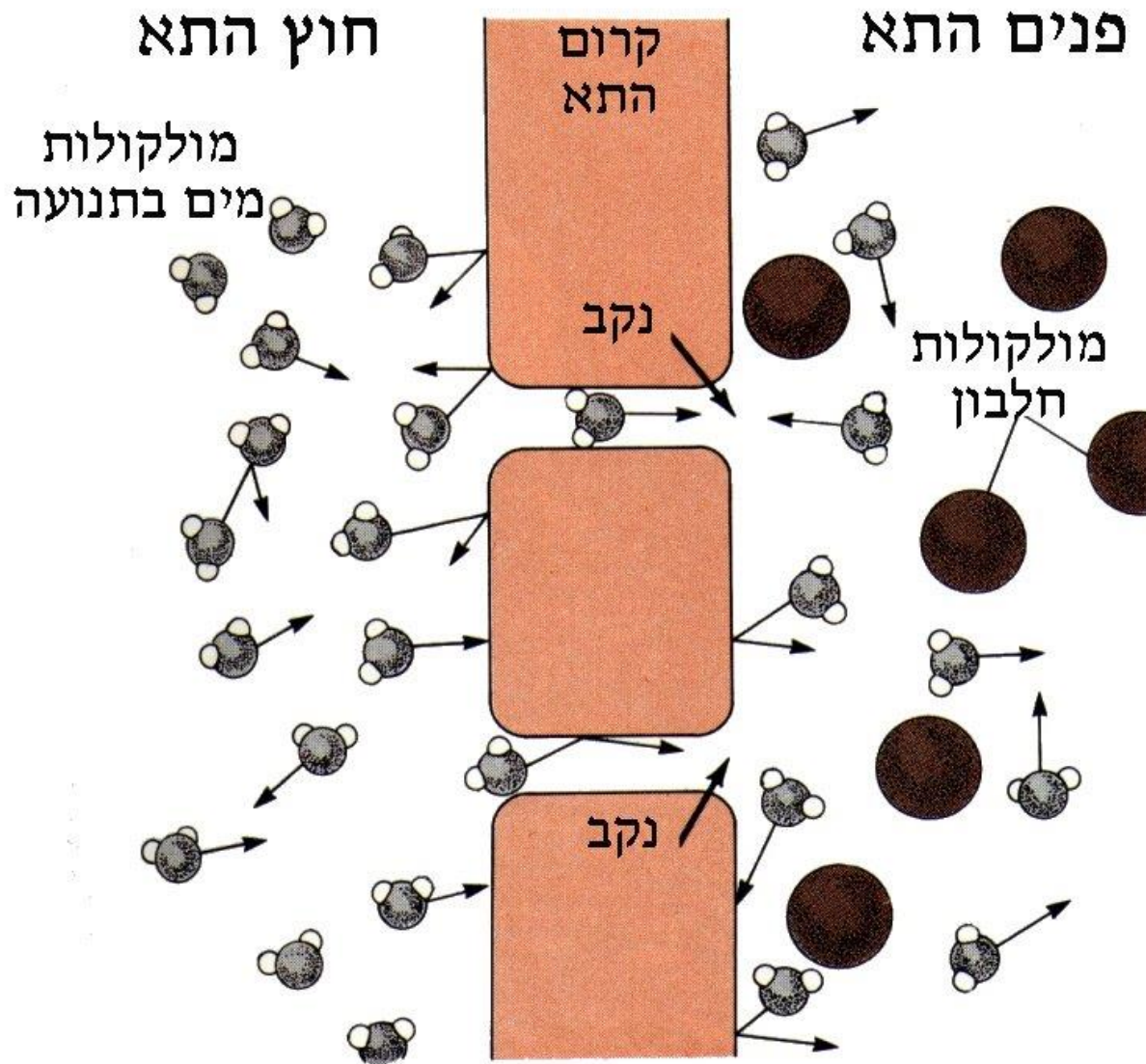
איך מתחלקים נזלי הגוף

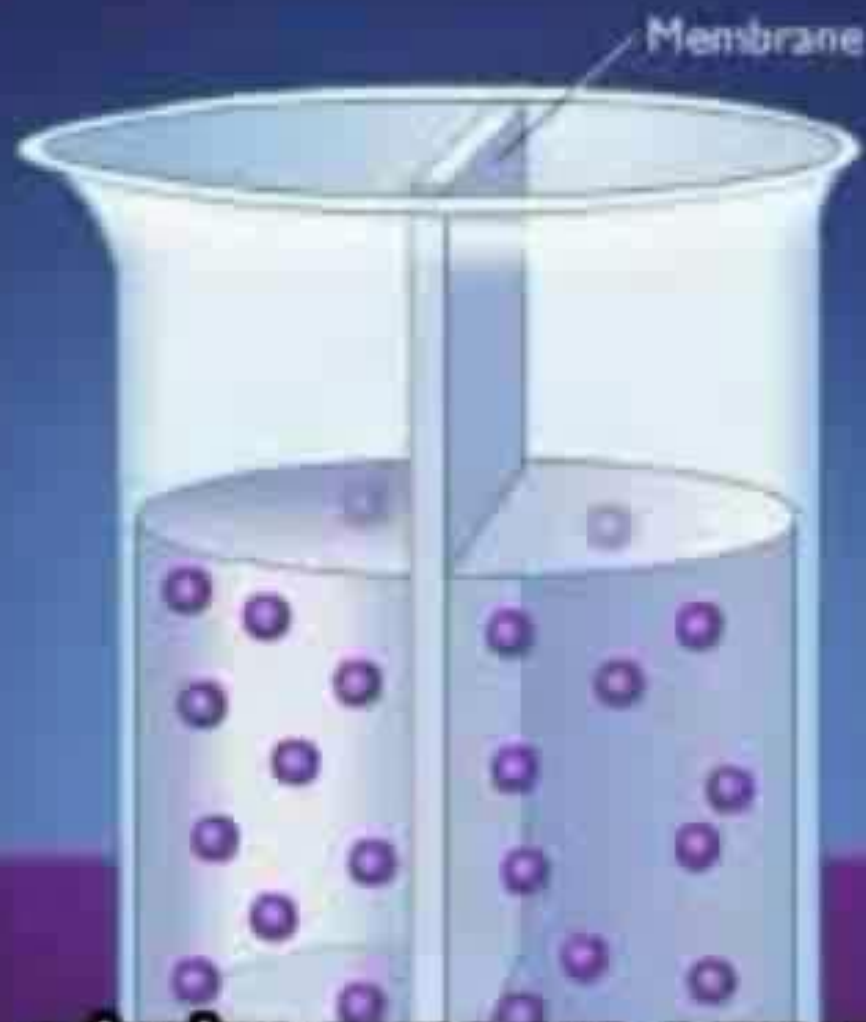




אוסמוזה

תנועה של מים מריכוז גבוה לריכוז נמוך של מים כאשר אחד המומסים אינו יכול לחצות את הממברנה



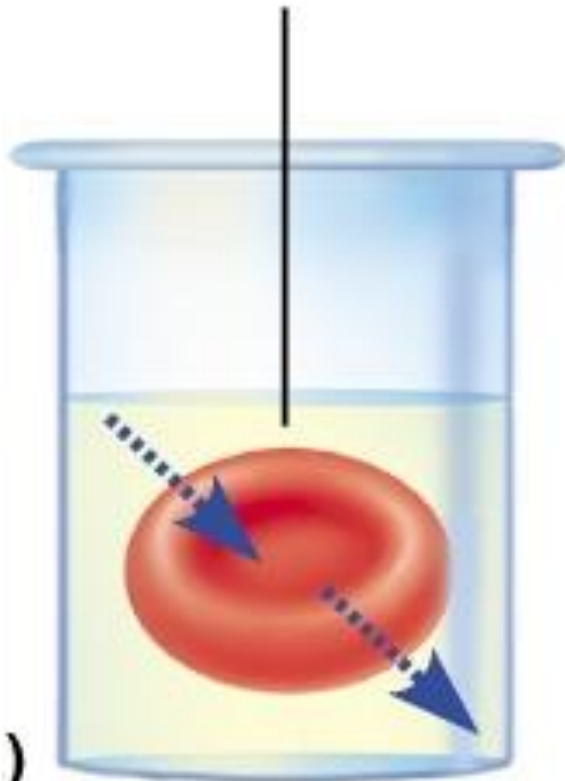


**דיפוזיה היא תנועת מולקולות
במורד שיפוע הריכוז שלהן**

תא דם אדום בתוך שלוש תאיות, כריכול שונה יחסית לריכול תוך התא

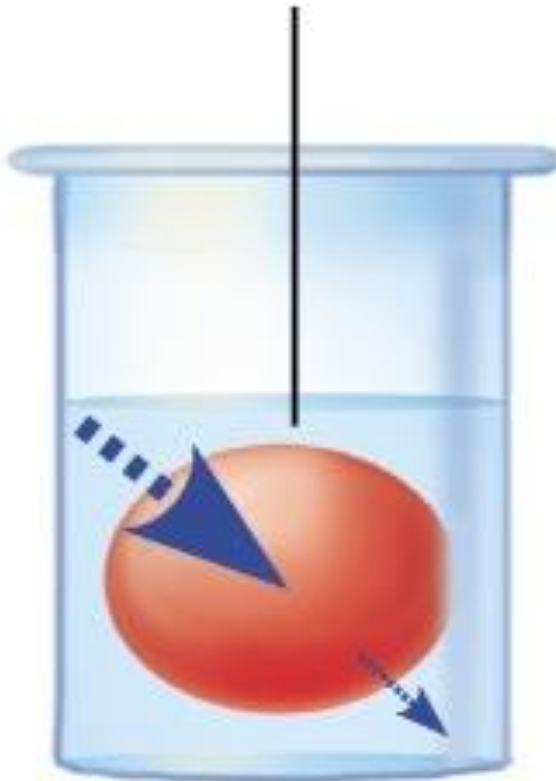
תמיסה איזוטונית

Isotonic



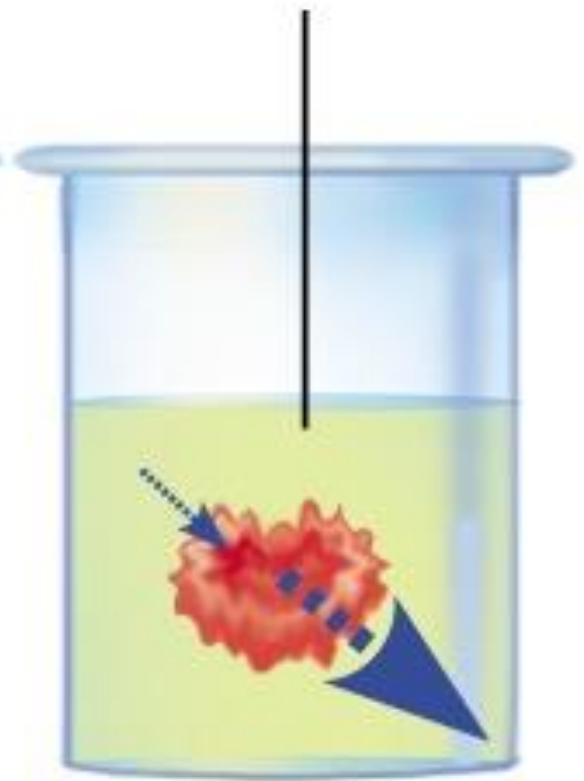
תמיסה היפוטונית

Hypotonic



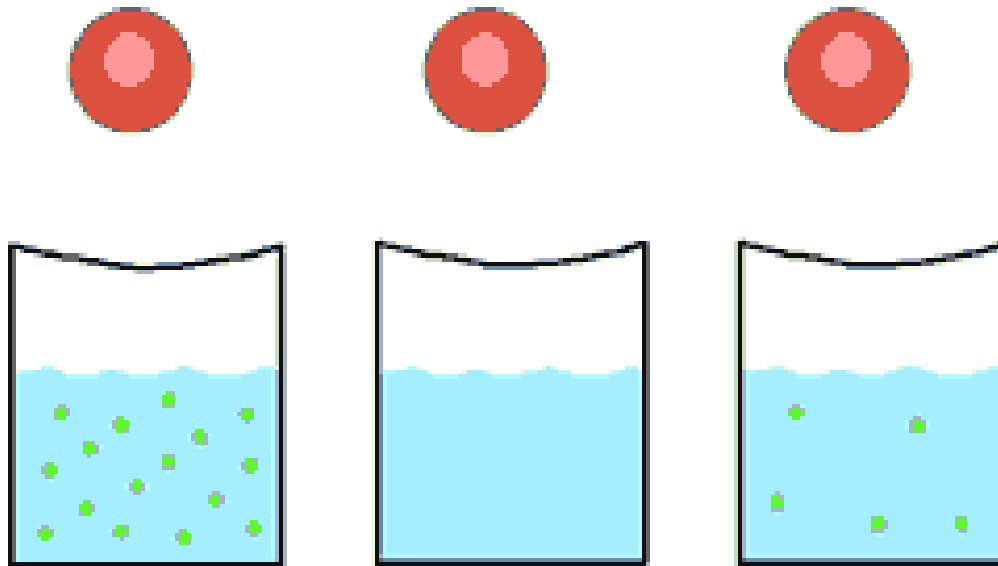
תמיסה היפרטונית

Hypertonic



)

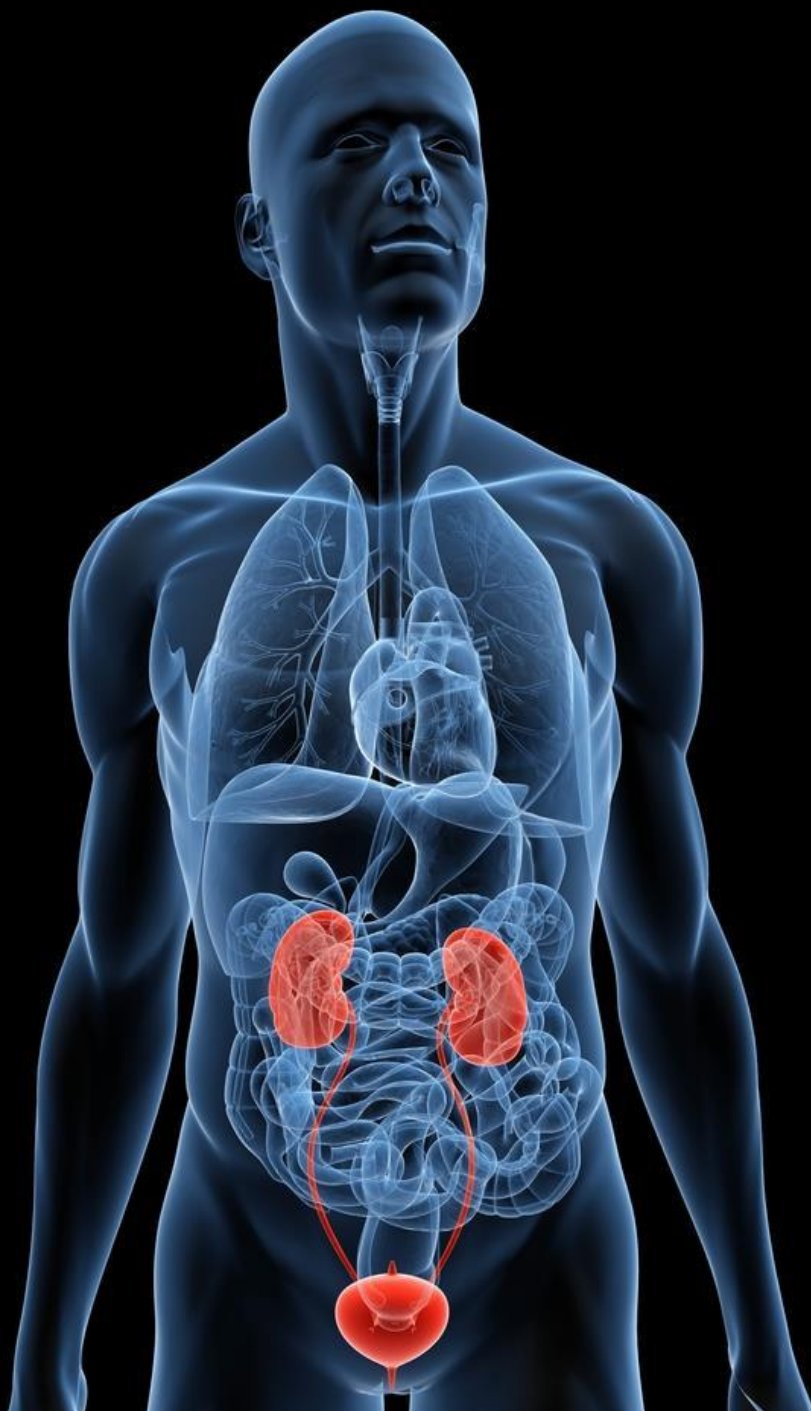
אנימציה של מצב תא דם אדום
בתמיסות בעלות ריכוזים שונים





תמיסה איזוטונית -
שוות ריכוזים
isotonic solution

00 min 00 sec



מערכת

ההפרשה -

מבנה ותפקוד

הנושאים

- תפקודי מערכת ההפרשה בדגש על חשיבותה



- לקיום ההומאוסטזיס

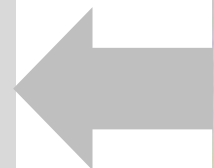
- מבנה מערכת ההפרשה

- תהליך יצירת השתן

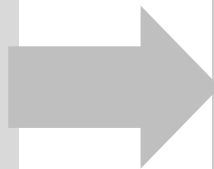
**הגוף קולט כמויות
משתנות של מזון ומשקה
בעלי הרכב חומרים שונה**



**הגוף מאבד מים ומלחים
(בזיעה, בדרכי הנשימה)**

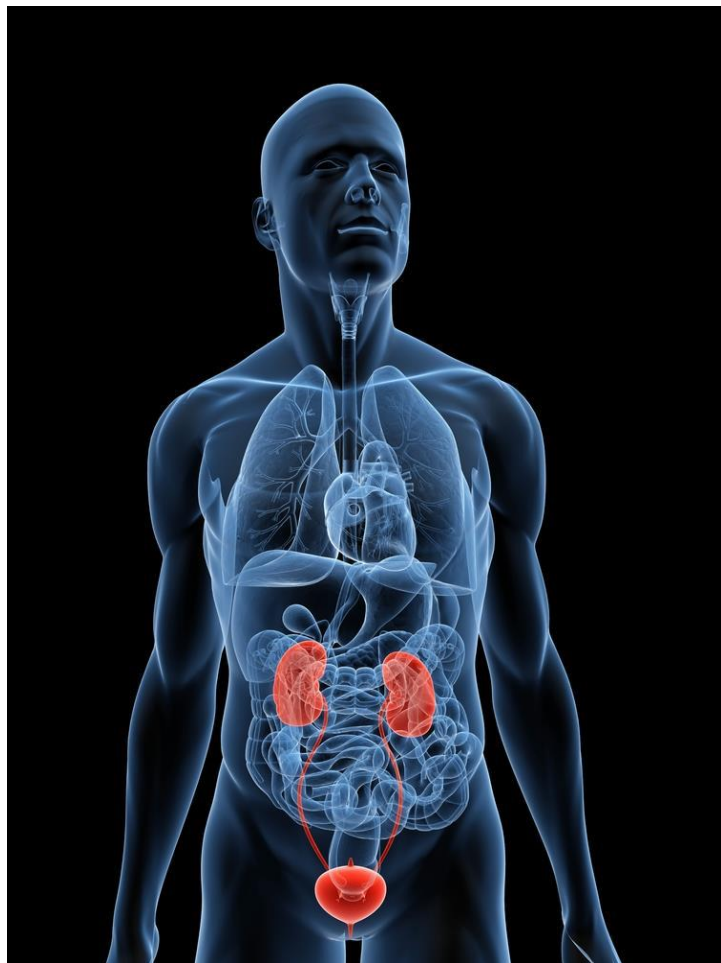


**בתאי גוף נוצרים
חומרי פסולת
(לדוגמה שתנן)**



**למרות התהליכים האלה, הנפח וההרכב של הדם נשארים
קבועים למדי, כלומר, ההומאוסטזיס נשמר,
בין היתר, הודות לפעולת מערכת ההפרשה.**

למערכת ההפרשה תפקיד חשוב ביותר בשמירת ההומאוסטזיס בגוף בשני היבטים חשובים:

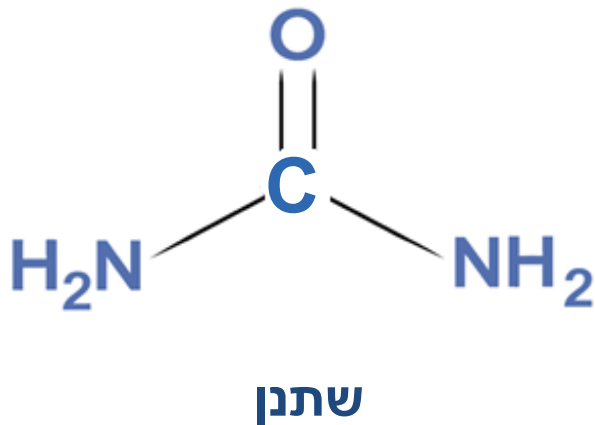


**סילוק חומרי פסולת הנוצרים
בתהליכי חילוף חומרים בתאים
והעיקרי שבהם הוא שתנן**

**וויסות מאזן המים
וחומרים המומסים בהם
(כגון מלחים ויוני מימן) בגוף**

סילוק חומרי פסולת הנוצרים בתהליכי חילוף חומרים בתאים והעיקרי שבהם הוא שתנן

בפירוק חומצות אמיניות בתאים נוצרת אמוניה (NH_3) שהיא חומר רעיל ביותר



האמוניה מועברת דרך הדם אל הכבד ושם היא הופכת לשתנן שהוא חומר פחות רעיל

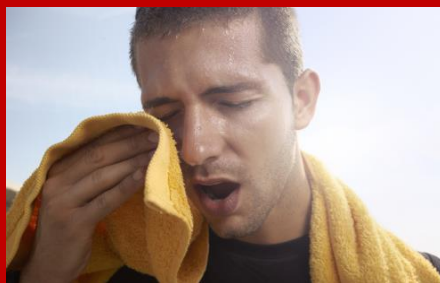
השתנן מועבר דרך הדם לכליות ומופרש בשתן החוצה

וויסות מאזן המים והמלחים בגוף

אם אכלתם כמות
גדולה של מלח



אם גופכם איבד מים
ולא שתיתם מספיק



אם שתיתם
הרבה מים



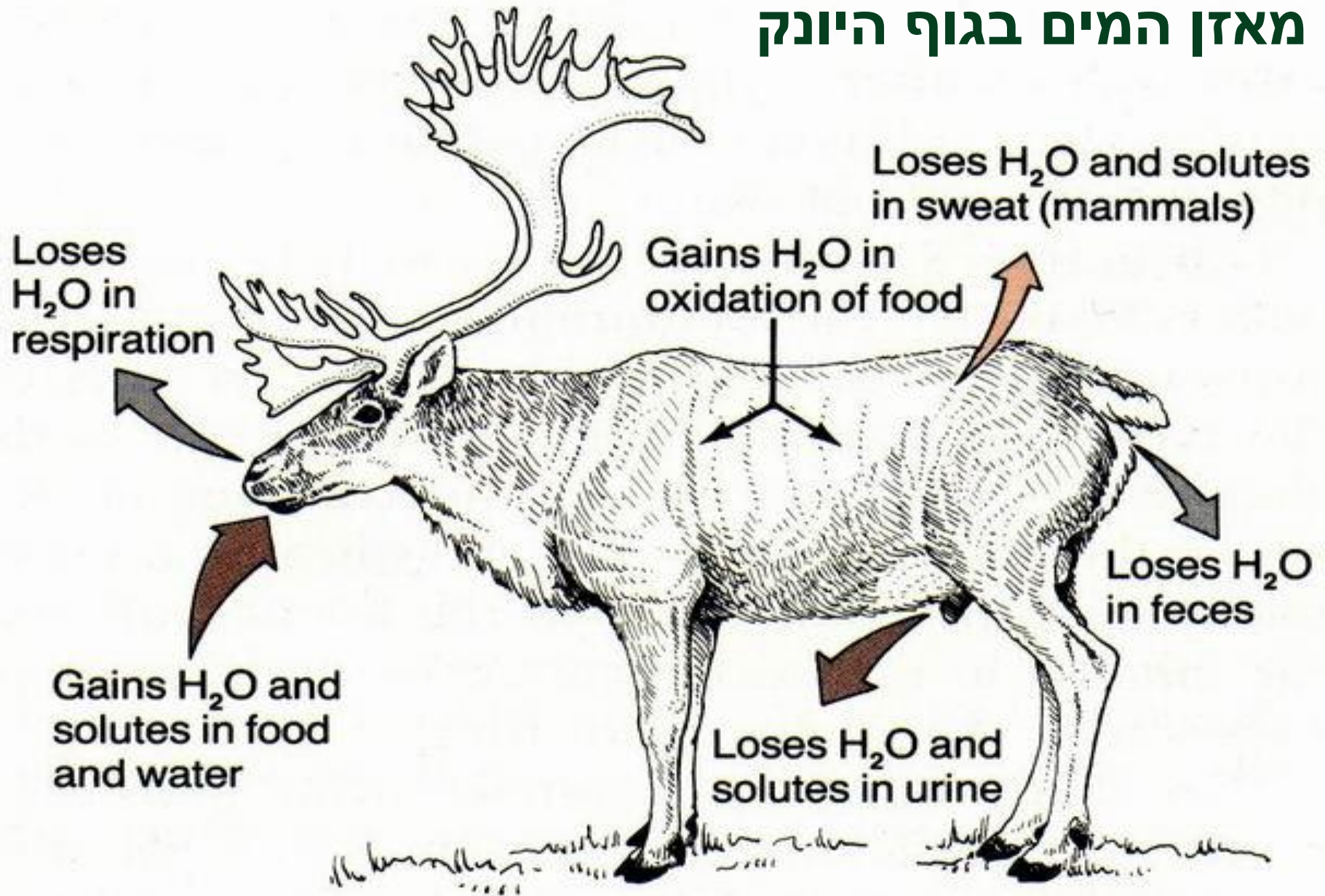
עודפי המלחים
יסולקו בשתן

ייווצר שתן
מרוכז וכך יצומצם
איבוד מים נוסף

ייווצר שתן מהול וכך
יסולקו עודפי המים

כך נפח הדם וריכוז המומסים בו נשמרים
קבועים פחות או יותר.

מאזן המים בגוף היונק



Losses = gains

מאזן המים העיקרי בגוף

איבוד מים (מל"/יום)		כניסת מים (מל"/יום)	
1500	שתן	1000	שתיית נוזלים
500	אידוי מהראות	1200	מים במזון
350	אידוי מהעור - הזעה	300	מים מטבוליים
150	צואה		
2500		2500	סה"כ

שימו לב! יש להבחין בין הפרשות מערכת ההפרשה (השתן) ובין הפרשות מערכת העיכול (הצואה)

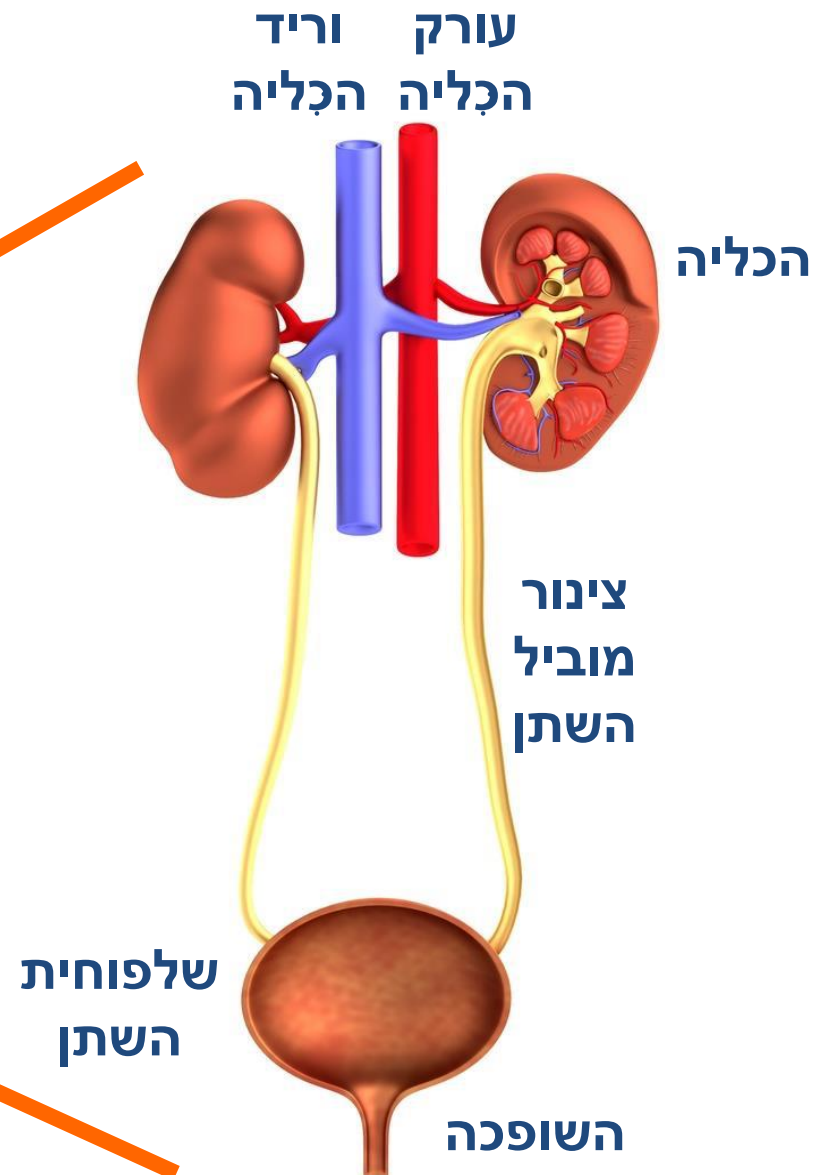
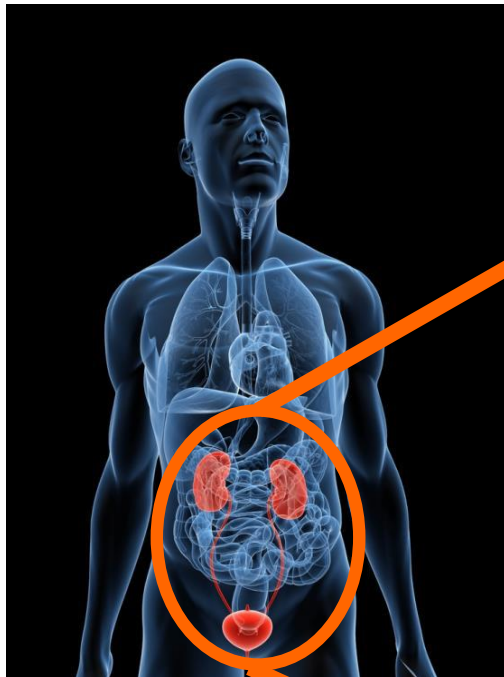


מה מופרש בצואה?
בעיקר חומרים שהיו
במזון ולא התעכלו
במערכת העיכול
(כגון תאית)

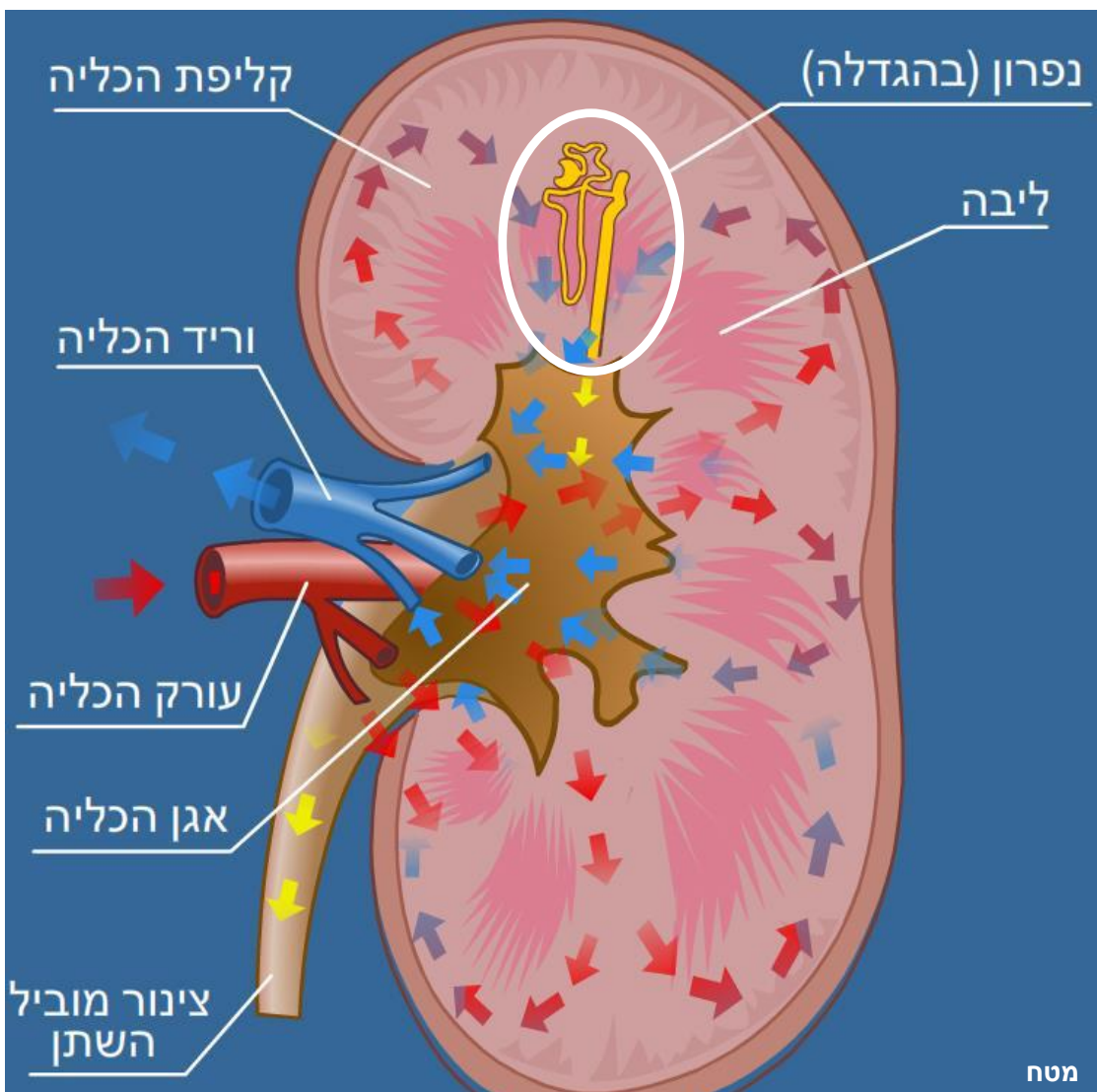


מה מופרש בשתן?
חומרי פסולת הנוצרים
בתהליכי חילוף חומרים
(בתאים) כגון שתנן),
עודפי מים,
עודפי מלחים.

מבנה מערכת ההפרשה



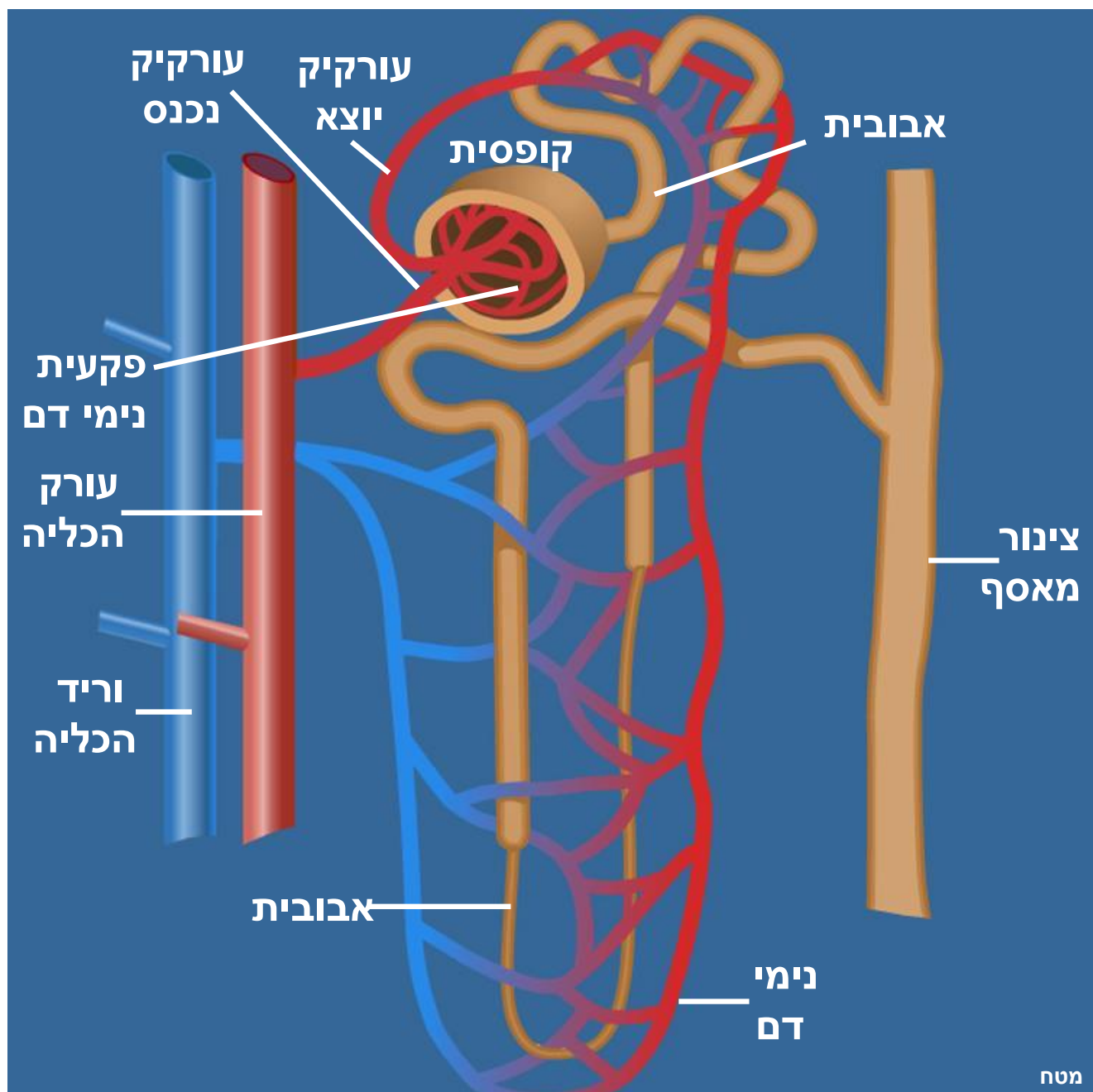
הנפרונים



בכל כליה יש
כ-1.2 מיליון נפרונים.

הנפרון הוא יחידת
התפקוד הבסיסית
של הכליה

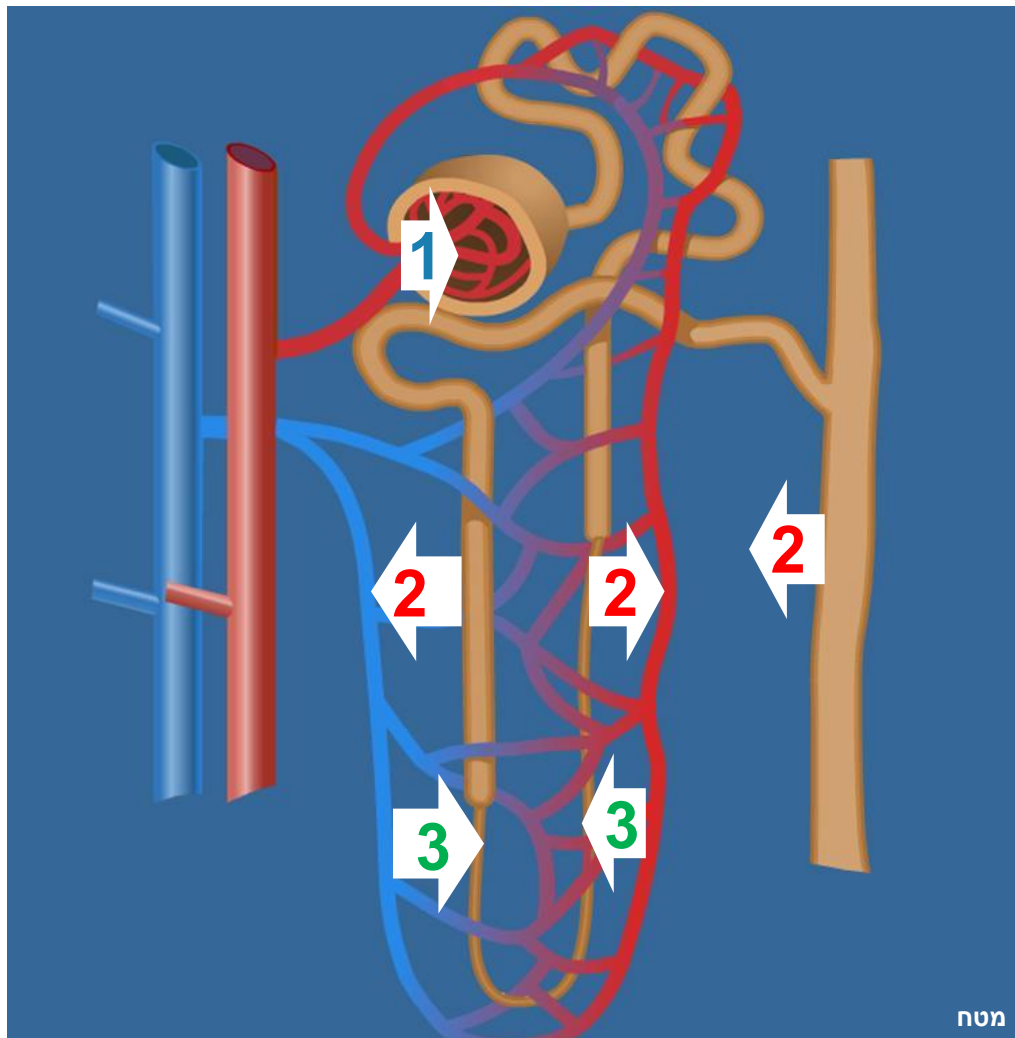
מבנה הנפרון





תהליך יצירת השתן

שלב יצירת השתן



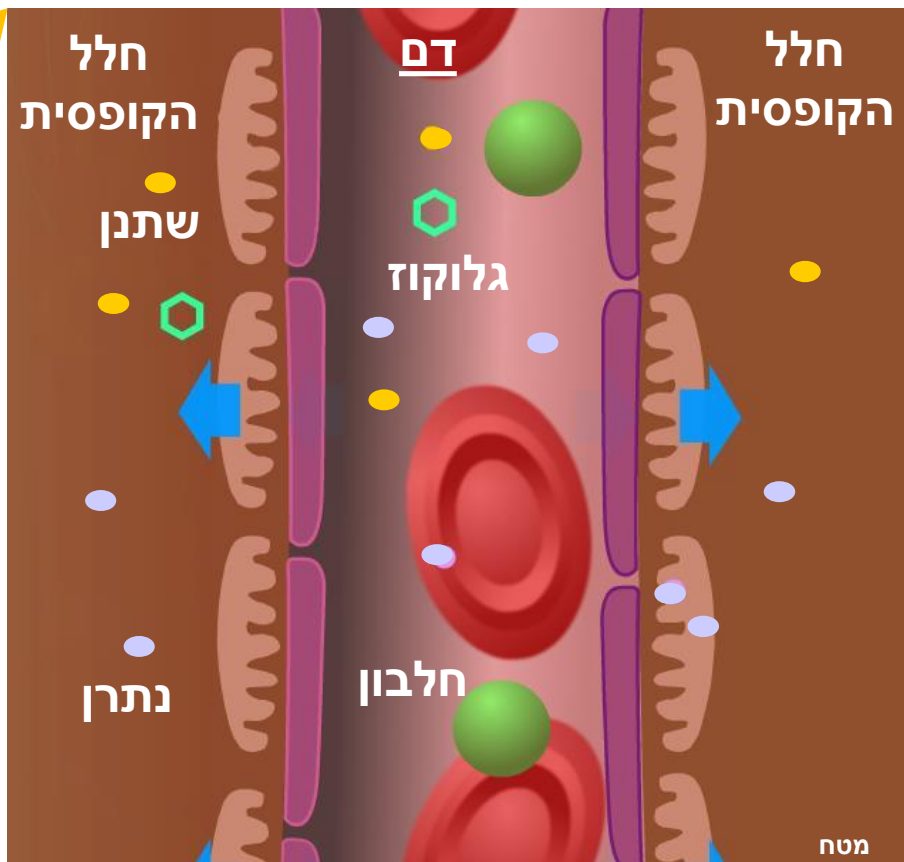
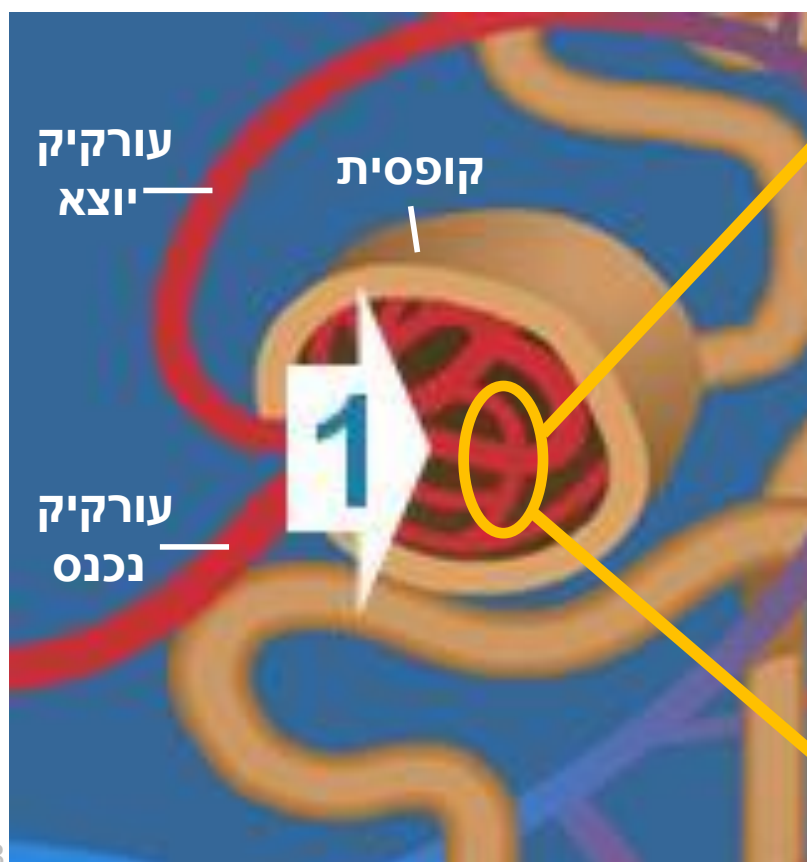
1. סינון מהדם
אל הנפרון

2. ספיגה חוזרת
מהנפרון לדם

3. הפרשה מהדם
אל הנפרון

סינון מהפקעית אל הקופסית

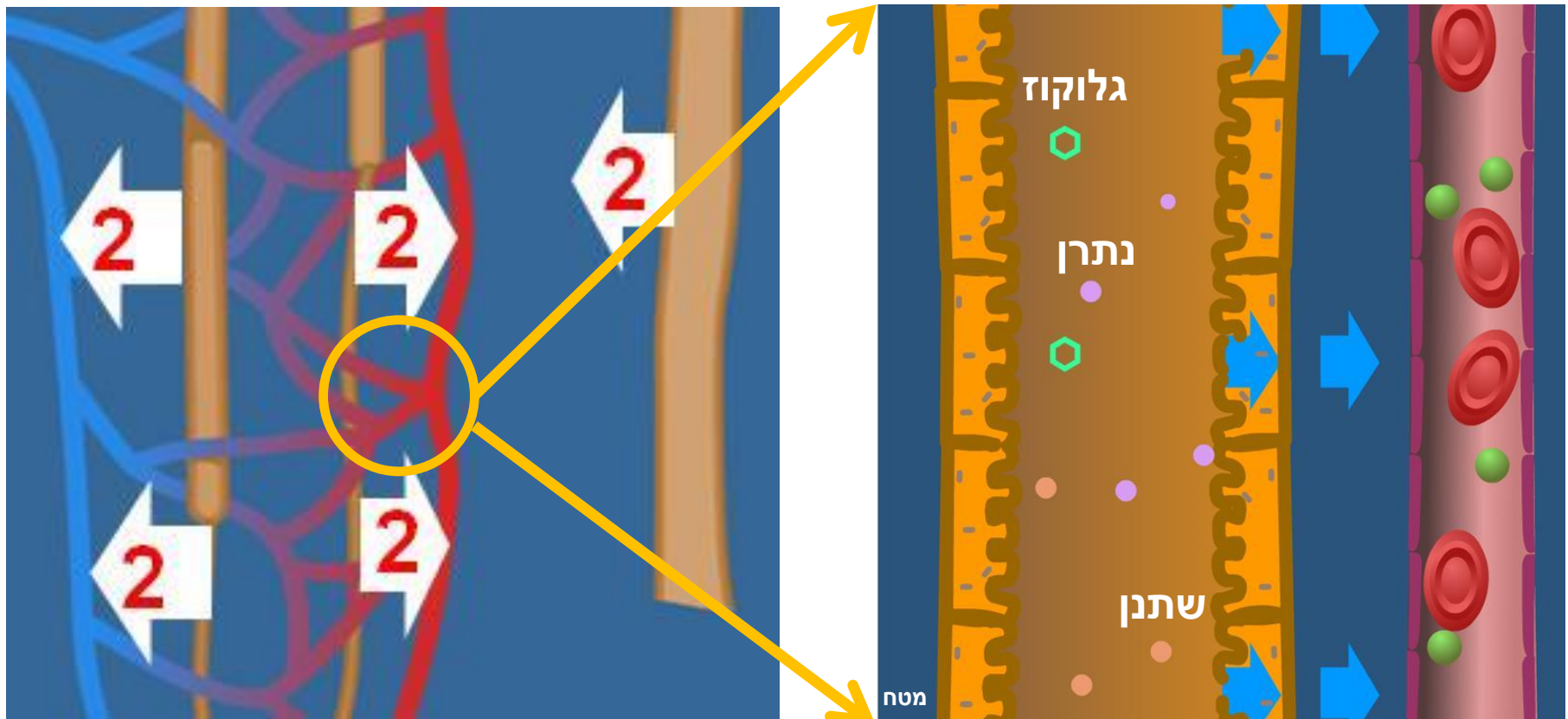
בפקעית שורר לחץ דם גבוה משום שקוטר העורקיק היוצא קטן מקוטר העורקיק הנכנס. הלחץ גורם למעבר תמיסה של מים ומולקולות קטנות (כגון גלוקוז, מלחים ושתנן) מפקעית הדם אל הקופסית. התמיסה שעברה נקראת **תסנין**. תאי הדם ומולקולות מומסים גדולות כמו חלבוני הדם, אינם יכולים לעבור ונשארים בדם.



ספיגה חוזרת מהאבובית אל הדם

מרבית המים והמומסים (כ-99%) מוחזרים מהאבובית והצינור המאסף אל הדם.

המים נספגים חזרה לדם בהעברה סבילה (אוסמוזה).
המומסים נספגים בהעברה סבילה (דיפוזיה) או בהעברה פעילה.



חשיבות הספיגה חוזרת של המים

ביממה עוברים כ-180) ליטרים של פלסמה ומומסים מן הדם אל הנפרונים.

כל הדם בגופו של אדם (כ-5 ליטרים) עובר בכליות כ-300 פעמים ביממה.

לאחר הספיגה החוזרת נשאר בנפרונים כלטר וחצי של נוזל מרוכז המהווה את השתן. **לולא תהליך הספיגה החוזרת, היה הגוף מאבד בתוך זמן קצר את כל נוזלי הדם!**



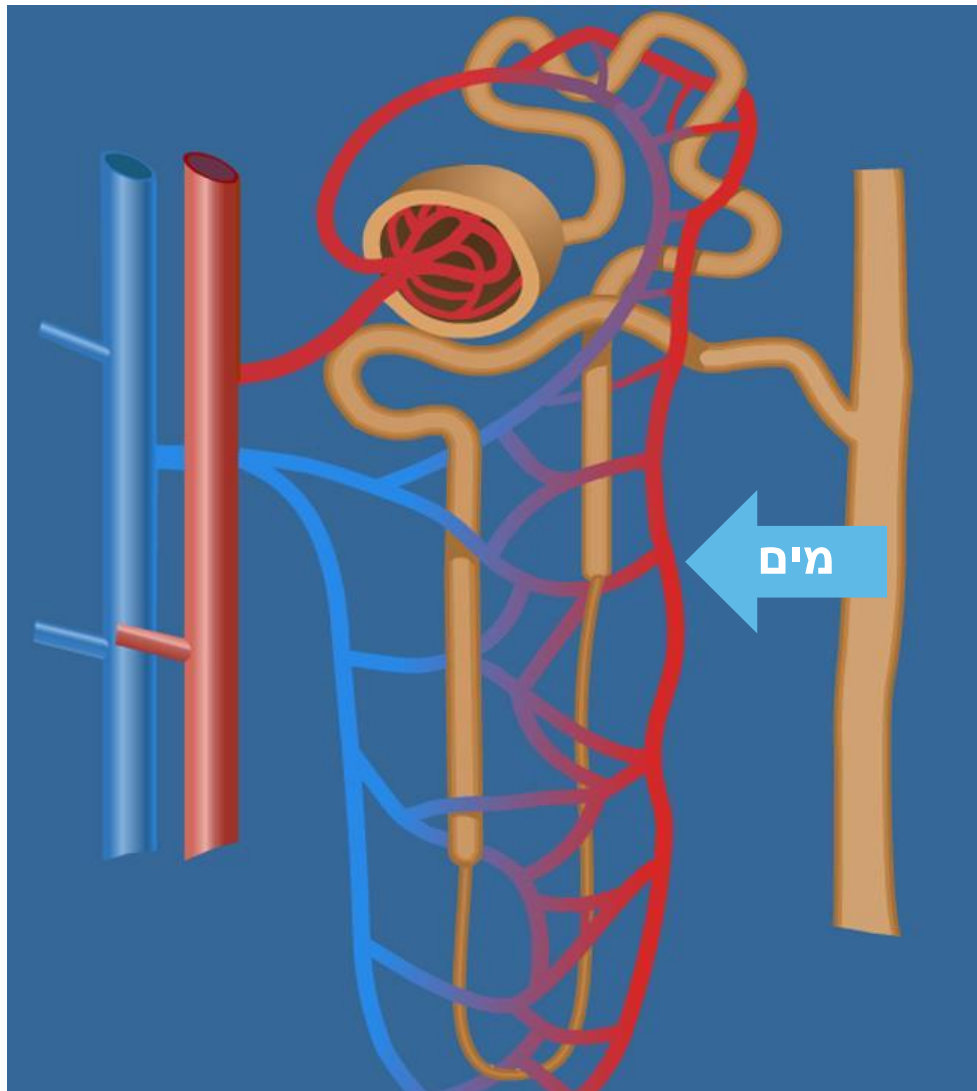
נפח השתן
כ-1.5 ליטר*

נפח השתן משתנה בהתאם לשינויים בנפח הדם וריכוזו



נפח התסנין כ-180 ליטר

הספיגה החוזרת של המים מווסתת על ידי ההורמון ADH



ההורמון מופרש מן המוח (מההיפופיזה), מגיע עם הדם לכליות וגורם להגדלת מספר תעלות המים בקרומי התאים המרכיבים את דופן הצינור המאסף.

כתוצאה מכך, גדל קצב הספיגה החוזרת של המים מהנפרונים לדם, ועקב כך נפח השתן יורד וריכוזו עולה. במצבים של חוסר מים בגוף, עולה הפרשת ה-ADH.

ראו פירוט ותרגול על ה-ADH במצגת: תפקיד מערכת ההפרשה בשמירה על ההומיאוסטזיס.

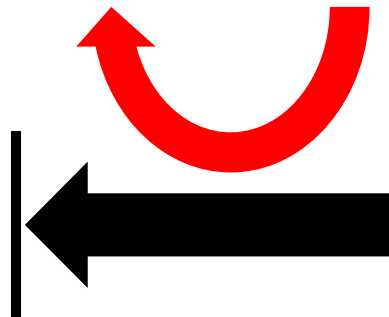
חשיבות הספיגה חוזרת של המומסים

גלוקוז וחומצות אמיניות וחומרים נוספים הם מרכיבים חשובים של המזון המנוצלים לבניית התאים ולהפקת אנרגיה בתהליך הנשימה התאית. לכן חשוב שהם יישארו בגוף.

לא "טרחנו ואכלנו" כדי שהם יצאו בשתן



ספיגה חוזרת





**מה מעיד על כך שבתהליך הספיגה החוזרת
מעורבים תהליכי העברה פעילה (אקטיבית)?**

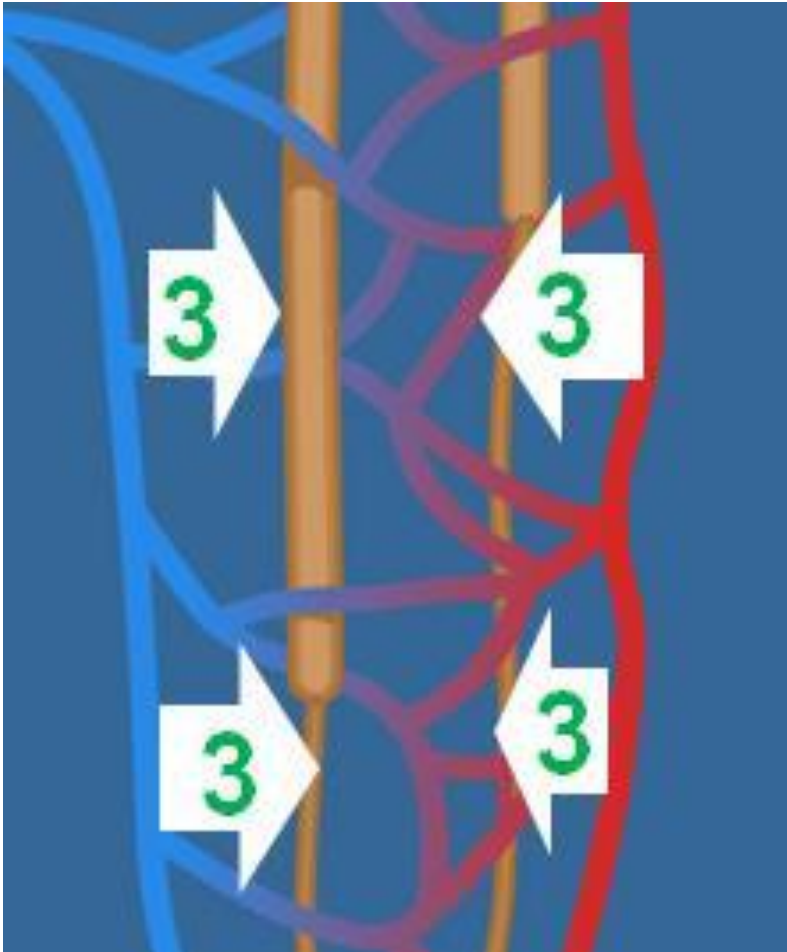
- א. בשתן יש שתנן**
- ב. בשתן יש מלחים**
- ג. בשתן אין גלוקוז**
- ד. בשתן אין חלבונים**



מה מעיד על כך שבתהליך הספיגה החוזרת
מעורבים תהליכי העברה פעילה (אקטיבית)?

- א. בשתן יש שתן
- ב. בשתן יש מלחים
- ג. בשתן אין גלוקוז
- ד. בשתן אין חלבונים

הפרשה



חומרי פסולת וחומרים
אחרים שאינם נחוצים לגוף
עוברים מכלי הדם אל
האבובית ומופרשים בשתן.

צפייה בהדמיה המתארת
מבנה מערכת ההפרשה ואת
תהליך יצירת השתן אתר מטח.
קישור





כמות המים המופרשת בשתן קטנה בהרבה
מכמות המים המגיעה עם הדם אל הכליות.
מהו הגורם לכך?

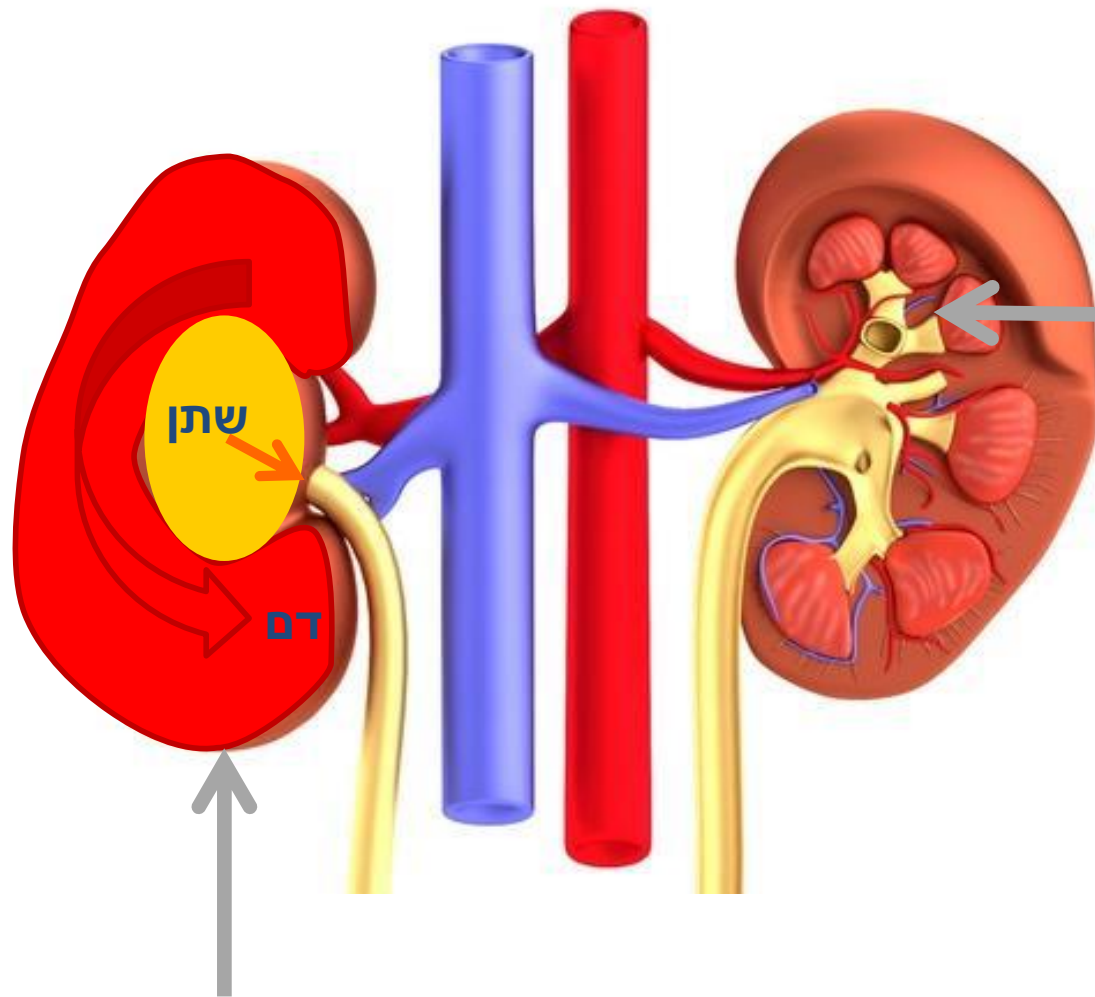
א. די לו לגוף בכמות קטנה של שתן

ב. מרבית המים חוזרים ללימפה

ג. הגוף זקוק למים ולכן הם אינם מופרשים

ד. מרבית המים נספגים חזרה לדם

חשוב להפריד יתרון (ג) מגורם (ד)



בכל כליה יש
כ-1.2 מיליון נפרונים.

האורך הכולל של כל
הנפרונים בכל כליה
הוא כשמונה ק"מ.

מהו היתרון במספר
כה רב של נפרונים?

השוו למצב היפותטי
שבו הכליה הייתה נראית כך

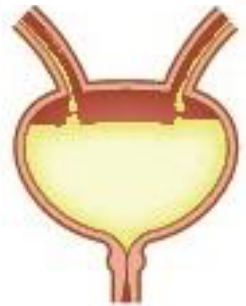
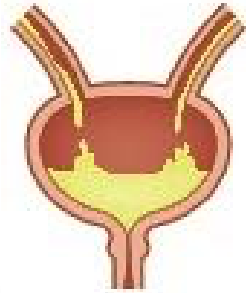
הגדלת היחס בין
שטח פנים לנפח



**אם משווים את ריכוז החומרים בעורק הכליה
ובוריד הכליה של יונק מוצאים ש:**

- א. בעורק יש יותר שתנן ופחמן דו-חמצני מאשר בוריד
- ב. בעורק יש פחות חמצן מאשר בוריד
- ג. בוריד יש פחות חמצן ושתנן מאשר בעורק
- ד. בוריד יש יותר חמצן ושתנן מאשר בעורק

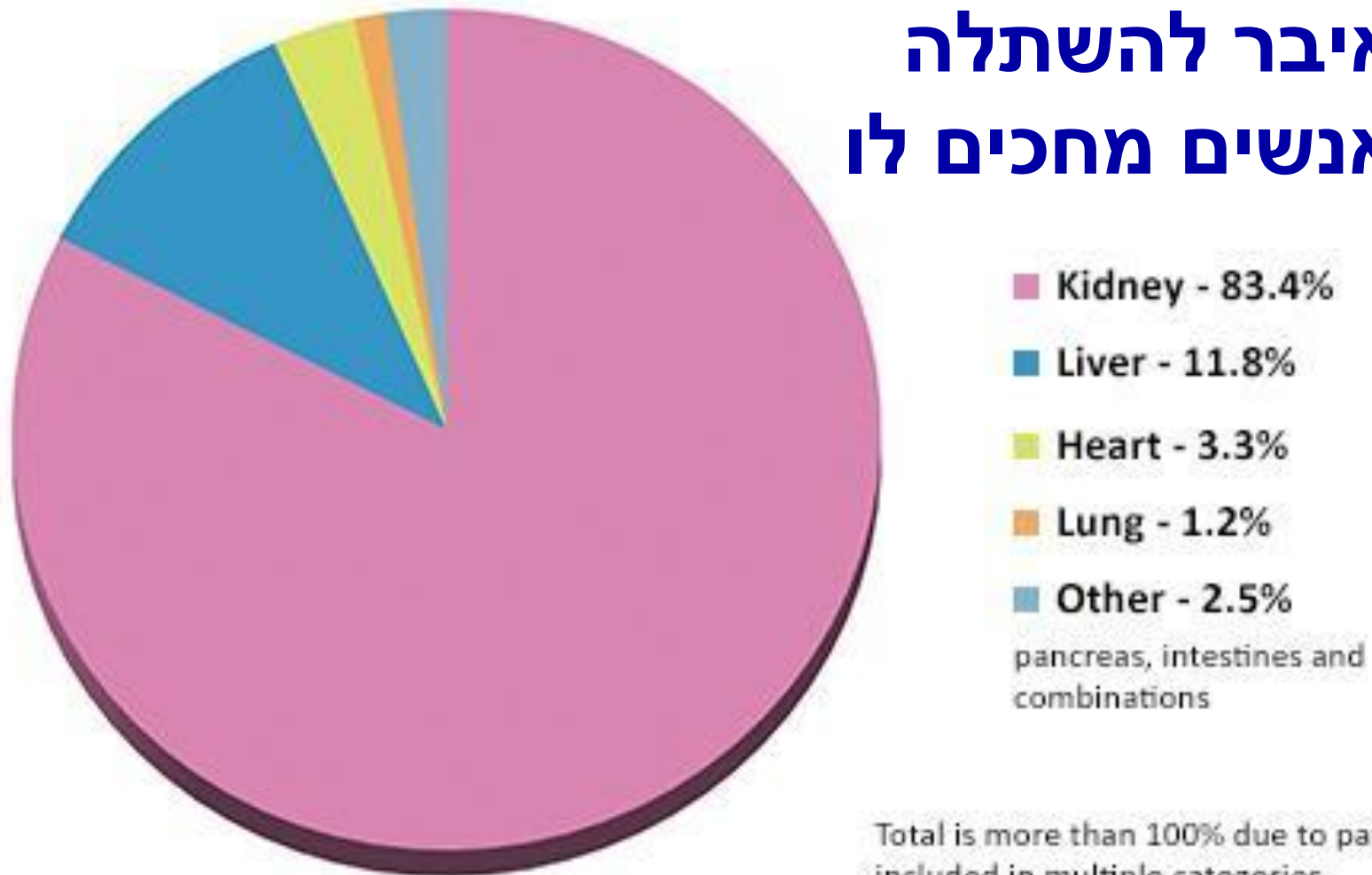
שלפוחית השתן



- שלפוחית השתן היא איבר שרירי דמוי שק.
- שחרור השתן נעשה בדרך של **משוב חיובי**, כלומר מהתכווצות אחת נגרמת התכווצות נוספת, וכך השרירים יתכווצו עוד ועוד עד לסיומה המוצלח של הפעולה עד תומה.
- אצל אדם בוגר יכולה השלפוחית להכיל עד חצי ליטר נוזלים, אך כבר ב-250 מ"ל מורגש הצורך להטיל שתן.

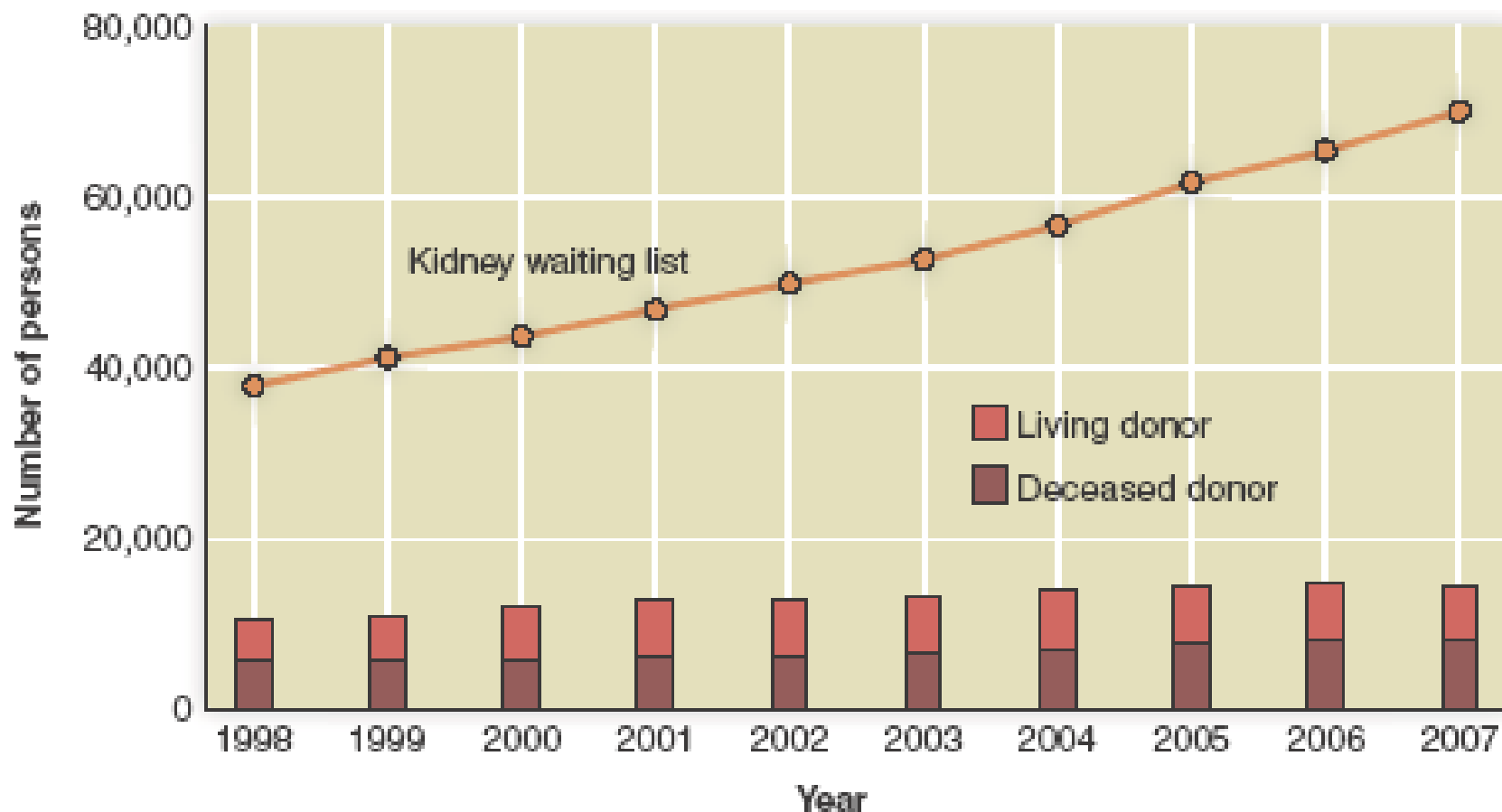
Organs People Are Waiting For (1/2019)

איבר להשתלה שאנשים מחכים לו

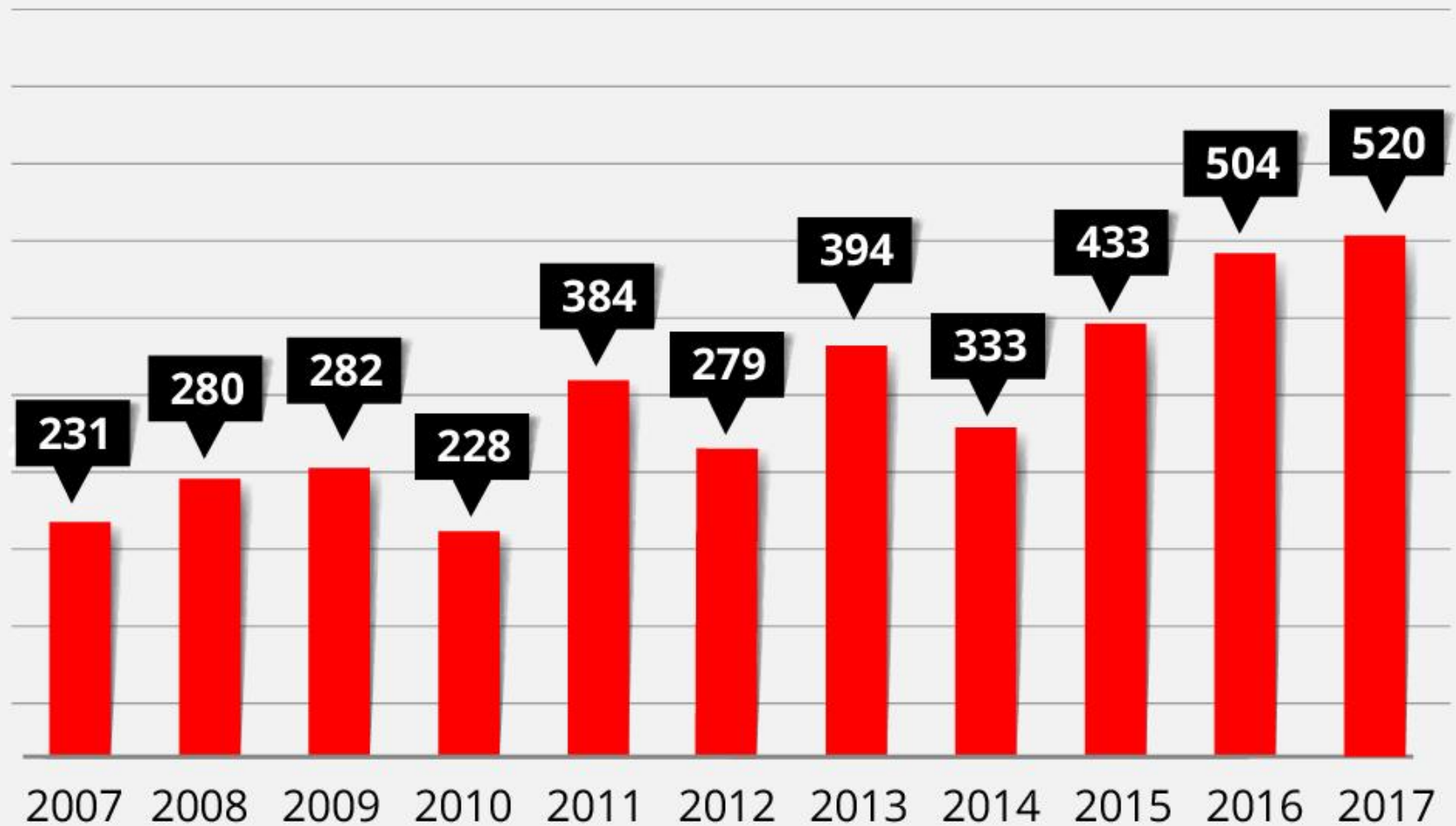


Total is more than 100% due to patients included in multiple categories

מספר האנשים בעולם הזקוקים להשתלת כליה

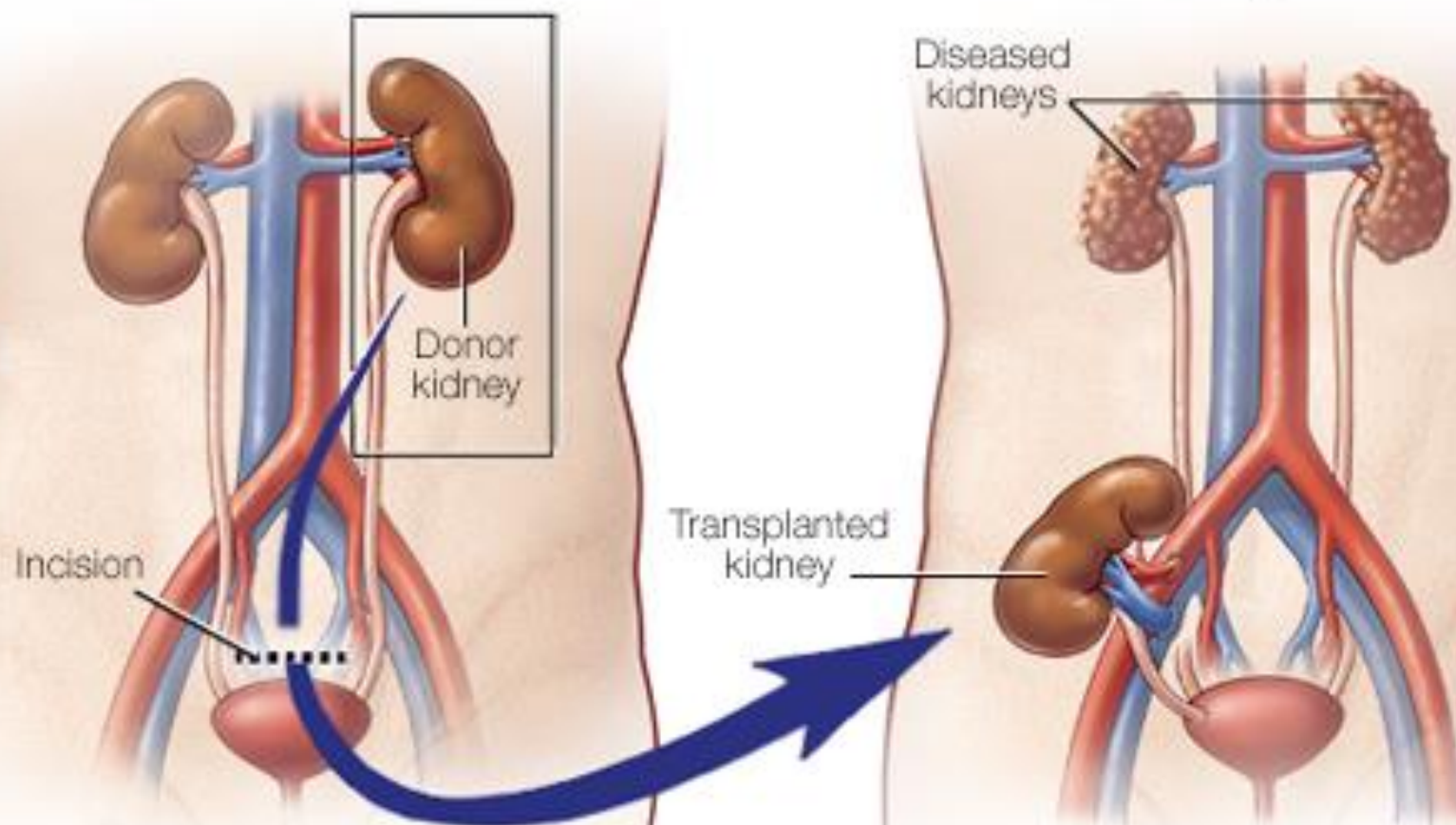


ניתוחי השתלות מתורמים נפטרים וחיים



Donor

Recipient





**בטבלה הבאה יש נתונים על הרכב
פלסמת הדם ועל הרכב השתן.
הסבירו מה גורם להבדלים
בהרכב החומרים השונים.**

חומר	פלסמה גרם/100 מ"ל	שתן גרם/100 מ"ל
חלבונים	8	0
גלוקוז	1.1	0
שתנן	0.03	2
מלחים	0.7	1.2



חומר	פלסמה גרם/100 מ"ל	שתן גרם/100 מ"ל
חלבונים	8	0
גלוקוז	1.1	0
שתנן	0.03	2
מלחים	0.7	1.2

תשובה

- **חלבוני הדם** מורכבים ממולקולות גדולות ולכן הם אינם עוברים בתהליך הסינון מן הדם אל הנפרונים.
- **גלוקוז** עובר בתהליך הסינון אך הוא נספג במלואו חזרה לדם בהעברה פעילה.
- **שתנן** עובר בתהליך הסינון מן הדם אל הנפרונים, (הרחבה: כמו כן הוא מועבר מן הדם אל הכליות בהעברה פעילה הכרוכה בהשקעת אנרגיה).
- **גם מלחים** עוברים בתהליך הסינון מן הדם אל הנפרונים. חלקם נספג חזרה לדם. עודפי מלחים נשארים ומופרשים בשתן.

ריכוז השתנן והמלחים בשתן עולה גם בגלל הספיגה החוזרת של המים מן הנפרונים אל הדם, דבר הגורם לעליית ריכוז החומרים בשתן.



לבית חולים הגיע אדם שנפגע בתאונת דרכים.
אילו ממצאים יכולים להעיד על פגיעה
בתפקוד הכליות? (כמה תשובות נכונות)

א. חוסר המוגלובין בדם

ב. עודף שתנן בגוף

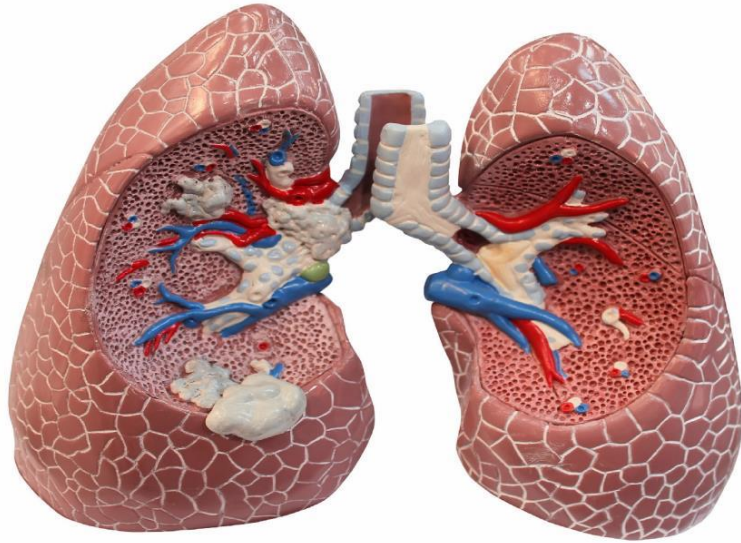
ג. לחץ דם גבוה

ד. אי-יצירת שתנן

ה. עלייה בריכוז המלחים בדם



מה משותף במבנה ובתפקוד בין כל האיברים?



ריאות



כליות



מעי

משותף במבנה – הגדלת היחס בין שטח הפנים לנפח.

משותף בתפקוד – מעבר חומרים מהאיבר אל הדם
או בכיוון ההפוך.



מהו המשפט המתאר באופן נכון את תהליך יצירת השתן?

א. הדם עובר בכליות וחומרי הפסולת ועודפי

חומרים שונים עוברים ממנו אל הנפרונים

ויוצאים בשתן.

ב. רוב נוזל הדם הזורם בכליות עובר אל

הנפרונים. כמעט כולו וכמעט כל החומרים

המומסים בו חוזרים אל הדם. נשארים בנפרונים

רק חומרי פסולת ועודפי חומרים המופרשים בשתן.

לאנשים המשותקים מהמותניים ומטה אין תחושה
ויכולת תנועה באיברים שבחלק הזה של הגוף, ולכן
ניקוז השתן אל מחוץ לגוף נעשה באמצעות החדרת
צינורית דקה (צנתר) לשלפוחית השתן והוצאת השתן
שהצטבר בשלפוחית באופן ידני אחת לכמה שעות.

א. מדוע יש צורך בפעולה זאת?





לאנשים אלו אין תחושה והם אינם
חשים מתי השלפוחית מתמלאת.
לכן יש צורך בריקון השלפוחית על
בסיס קבוע כדי למנוע את
התנפחות השלפוחית והחזרת
שתן אל הכליות.

?

ב. בצינורות מובילי השתן יש שסתומים המונעים את חזרת השתן הנאסף בשלפוחית אל הכליות. לעתים אנשים משותקים עוברים ניתוח להגדלת שלפוחית השתן (על ידי הוספה לשלפוחית השתן חלק של רקמת מעי מהחולה עצמו). איזה נזק ניתן למנוע בעזרת הניתוח הזה?





ב. בצינורות מובילי השתן יש שסתומים המונעים את חזרת השתן הנאסף בשלפוחית אל הכליות. לעתים אנשים משותקים עוברים ניתוח להגדלת שלפוחית השתן (על ידי הוספה לשלפוחית השתן חלק של רקמת מעי מהחולה עצמו). איזה נזק ניתן למנוע בעזרת הניתוח הזה?



סיכום: מערכת ההפרשה – תפקידים ומבנה

■ מערכת ההפרשה תורמת לשמירה על ההומאוסטזיס בגוף דרך:

- פינוי חומרים רעילים מן הגוף.

- ויסות כמויות המים המלחים ומומסים נוספים בדם בעזרת שינויים

- בריכוז השתן ובהרכבו.

■ מערכת ההפרשה כוללת את האיברים הבאים:

- שתי כליות הנמצאות בצד האחורי של הגוף משני צדי עמוד השדרה

- בגובה המותניים

- שני צינורות מובילי שתן

- שלפוחית השתן

- צינור שופכה

- שני עורקים המובילים דם אל הכליות, המסתעפים מאבי העורקים הבטני

- שני ורידים היוצאים מן הכיליה ומתחברים לווריד הנבוב התחתון

סיכום: שלבי יצירת השתן

■ תהליך הסינון בלחץ בפקעית

מעבר מים ומולקולות מומסים קטנות (כגון גלוקוז, מלחים ושתנן) מהפקעית אל קופסית הנפרון.

■ תהליך הספיגה החוזרת באבובית

ספיגה חוזרת של מרבית המים והמומסים מן האבובית אל הדם. נפח קטן של מים ומומסים (בעיקר שתנן ועודפי מלחים) נשאר בנפרון ויוצא בשתנן. בספיגה מעורבים תהליכים סבילים (לדוגמה: מעבר מים באוסמוזה ומעבר מומסים שונים בדיפוזיה) ותהליכים פעילים (לדוגמה: ספיגה חוזרת של גלוקוז).

■ הפרשה

מעבר חומרי פסולת חומרי פסולת וחומרים עודפים שאינם נחוצים לגוף מהדם אל האבובית.

סיכום: מונחים ורעיונות מרכזיים

■ מונחים תכנית הלימודים

כליה, נפרון, תסנין, ספיגה חוזרת, שלפוחית שתן, אמוניה, שתן, שתן.



■ רעיונות מרכזיים בביולוגיה בהם עסקנו

התאמה בין מבנה לתפקוד

יחס שטח פנים/נפח

הומיאוסטזיס

רמות ארגון