

---

## האוניברסיטה העברית בירושלים

סילבוס

### הכליה ומערכת השתן של האדם הבריא - 96204

תאריך עדכון אחרון 15-08-2019

נקודות זכות באוניברסיטה העברית: 3

תואר: בוגר

היחידה האקדמית שאחראית על הקורס: רפואה

השנה הראשונה בתואר בה ניתן ללמוד את הקורס: 2020

סמסטר: סמסטר א'

שפת ההוראה: עברית

קמפוס: עין כרם

מורה אחראי על הקורס (רכז): ד"ר יונתן קופצ'יק

דוא"ל של המורה האחראי על הקורס: [yonatank@ekmd.huji.ac.il](mailto:yonatank@ekmd.huji.ac.il)

שעות קבלה של רכז הקורס:

מורי הקורס:

---

ד"ר יונתן קופצ'אָס;יק  
פרופ עופר גופרית  
ד"ר נעמה לב כהן  
ד"ר מיכל שושקס-כרמל  
מר אור אלפי  
גב אלישבע מורודב  
גב יבגניה וולינסקי  
מר בן טייטל  
מר מוחמד ג'אָס;אבר  
מר אוריאל פרידליך

### תאור כללי של הקורס:

הקורס יעסוק בתפקוד ומבנה תקין של מערכת הכליה והשתן

### מטרות הקורס:

הכרת המבנה ועקרונות הפעילות של הכליה ומערכת השתן באדם הבריא.

### תוצרי למידה

#### בסיומו של קורס זה, סטודנטים יהיו מסוגלים:

יכירו את המבנה האנטומי המקרוסקופי של הכליה ומערכת השתן כולל העצבוב ואספקת הדם של המערכת

יתארו את המבנה האנטומי של הכליה ויסבירו את הפיזיולוגיה של זרימת הדם באיבר

יבינו את התפקוד הנורמאלי של אזורי הנפרון השונים תוך התמקדות בתהליכי הסינון, ההפרשה והקליטה מחדש של חומרים

יכירו את הבסיס והשיטות לקביעת תפקודי כליה

יכירו את מעורבות הכליה בקביעת מאזן המים במדור החוץ והתוך תאי

יסבירו את תהליכי הזרימה הנגדית המכפילה והזרימה הנגדית המשחלפת בכליה

יכירו את המנגנונים המולקולריים (תעלות, נשאים ומשאבות) המעורבים בבקרת פעילות הכליה

יתארו את הפעילות האנדוקרינית של הכליה

יתארו את טיפול הכליה בגלוקוז, תוצרים חנקתיים ותרופות

יכירו את תפקיד הכליה בבקרת מאזן הנוזלים והאלקטרוליטים

יכירו את תפקיד הכליה בבקרת המאזן החומצי-בסיסי

יסבירו את תפקיד הכליה בקביעת האוסמולריות של הנוזל החוץ תאי

יכירו את יחסי הגומלין של הכליה עם המערכת הקרדיו-וסקולרית והנשימתית ליצירת ההומאוסטזיס של הנוזל החוץ תאי ובקרת לחץ הדם

יכירו את מבנה ופעילות שלפוחית השתן וצינור השתן בזכר ובנקבה.

יתארו את המנגנונים והבקורות של תהליך הטלת השתן

### דרישות נוכחות (%) :

אין דרישת נוכחות בהרצאות הפרונטליות. יש דרישת נוכחות של 100% בתרגילים ובדיסקציות

שיטת ההוראה בקורס: הוראה פרונטלית ע"י הרצאות של מומחים לכל תחום, תרגולים ודיונים בקבוצות קטנות, דיסקציות של גוף אדם (אנטומיה), מעבדות של הסתכלות וניתוח תתקינים (היסטולוגיה).

### רשימת נושאים / תכנית הלימודים בקורס:

1. אנטומיה של הכליה ודרכי השתן- 3 שעות

א. אנטומיה כללית של הכליה (סקירה טופוגרפית של הכליות, כולל *fat perirenal & fascia renal*, סקירת מבנה הכליה).

ב. אנטומיה כללית של כיס ודרכי השתן (תיאור מבנה ומהלך ה- *ureter*. תיאור של כיס השתן, טופוגרפי, מבני ותפקודי, תיאור ה- *urethra* הזכרית והנקבית, עם תיאור ה- *prostate* מבחינה טופוגרפית ומבנית, ללא תיאור התפקוד הקשור למערכת המין).

ג. דימות הכליה באדם הבריא.

מעבדה באנטומיה: 3 שעות. דיסקציה אחת של המערכת האורוגניטלית. משך הדיסקציה 3 שעות (יש 12 שולחנות נתיחה וסביב כל אחד 10 תלמידים, 3 שעות \* 3 רוטציות)

2. היסטולוגיה - רוב החומר יועבר יחד עם הפיזיולוגיה ע"י ד"ר קופצ'יק, בנוסף תהיה שעת הכנה למעבדה ע"י ד"ר מיכל מויאל.

מבנה פונקציונלי של הכליה והנפרון - קופסית באומן, גלומרולוס, צינוריות הנפרון, לולאת הנלה, מבנה האזור הג'וקסטה גלומרולרי ותפקודו, קורטקס, מדולה, מדולה פנימית, המקולה דנסה, הצינורות המאספים, מבנה אספקת הדם לכליה, הוזה רקטה, מבנה תאי האפיתל באזורים שונים בנפרון. הציליה בתאי אפיתל בכליה, מבנה היסטולוגי של האורטר, שלפוחית השתן והאורטרה. מעבדה בהיסטולוגיה - 2 שעות - צפייה בתתקינים היסטולוגיים של כליות, שלפוחית השתן ואורטר. זיהוי והבחנה במבנים תאיים ורקמתיים (כולל כלי דם) באזורי הכליה השונים.

3. פיזיולוגיה (23 שעות הרצאה, 4 שעות לימוד עצמי, 5 שעות תרגול. מרצים ד"ר יוני קופצ'יק (21 שעות), ד"ר עפר גופרית (2 שעות)

1. מבוא לפיזיולוגיה של הכליה – תפקידי הכליה, הכרת הנפרון על חלקיו, אספקת הדם לכליה, התהליך הבסיסי בנפרון (סינון, ספיגה מחדש והפרשה), רגולציה של התהליכים בנפרון, סקירת תפקידיהם של חלקי הנפרון השונים.

2. זרימת הדם בכליה והסינון הגלומרולרי – זרימת הדם בכלי הדם השונים בכליה, הכרת הקשר בין קצב הזרימה, התנגדות הזרימה ולחץ הדם בכליה בכלל ובגלומרולוס בפרט, הסינון הגלומרולרי (האנטומיה והפיזיקה של הסינון, חישוב קצב הסינון הגלומרולרי בעזרת משוואת סטרלינג, תפקיד הלחצים האונקוטיים וההידרוסטטיים, שינוי קצב הסינון על-ידי הצרה/הרחבה של כלי דם בגלומרולוס, עומס הסינון), אוטו-רגולציה של הסינון הגלומרולרי.

3. הפינוי הכלייתי ומדידת תפקודי כליה – הבנת מושג הפינוי הכלייתי, חישוב הפינוי הכלייתי עבור חומרים שונים, חישוב קצב הסינון הגלומרולרי בעזרת הפינוי הכלייתי של אינולין, חישוב קצב זרימת הפלזמה בכליה בעזרת הפינוי הכלייתי של חומצה פארא-אמינו היפורית, חישוב פרקציית הסינון, מדידת קצב הסינון הגלומרולרי בפרקטיקה (ע"י קראטינין).

4. מנגנוני טרנספורט בסיסיים בנפרון – טרנספורט טראנס-אפיתליאלי בקורטקס ובמדולה של הכליה, העברה טראנס-סלולרית ופארא-סלולרית, מנגנוני דיפוזיה, העברה בתעלות, העברה בטרנספורטרים, העברה ע"י אנדוציטוזה, תפקיד ה-junctions tight, דוירה אוסמוטית, מערכות העברה תלויות מפל ריכוזים, מערכות העברה תלויות תפוסת נשא, העברת גלוקוז בכליה.

5. טיפול הכליה בחומרים אורגניים – ספיגת חומרים אורגניים בצינורית הפרוקסימלית, ספיגת חלבונים ופפטידים בצינורית הפרוקסימלית, הפרשת אניונים וקטיונים אורגניים בצינורית הפרוקסימלית, תלות הספיגה או ההפרשה הפסיבית בחומציות, טיפול הכליה בחומצה אורית, טיפול הכליה באוראה.

6. טיפול הכליה במלחים ומים – סקירת האלקטרוליטים, נוזלי הגוף ומדורי הנוזלים בגוף, טיפול חלקי הנפרון השונים במלחים ומים (צינורית פרוקסימלית, לולאת הנלה, צינורית דיסטלית מוקדמת, צינורית דיסטלית מאוחרת וצינורית מאספת), מנגנונים מולקולריים בכל חלק בנפרון, השפעת חומרים משתנים שונים על חלקי הנפרון השונים, רגולציה הורמונלית של ספיגת מלחים ומים.

7. תהליך ריכוז השתן – הכרת המנגנונים המאפשרים את הגרדיינט האוסמוטי בכליה, זרימה נגדית משחלפת, זרימה נגדית מכפילה, התפתחות המפל האוסמוטי בכליה, חשיבות הזרוע העולה העבה של לולאת הנלה בתהליך, מיחזור האוראה, בקרה הורמונלית של ספיגת מים, מלחים ואוראה, תפקיד הואזה רקטה בשימור המפל האוסמוטי, טיפול הואזה רקטה במלחים ומים.

8. בקרה על סילוק מלחים ומים בכליה – מטרות הבקרה על נפח והרכב הנוזלים ע"י הכליה, תפקיד הכליה בהקשר של המערכת הקרדיו-וסקולרית, חישת ריכוז יוני הנתרן ע"י המח, כלי הדם בגוף ובכליה והעברת הסיגנל לכליה, תפקיד מערכת העצבים האוטונומית, מערכת הרנין-אנג'יוטנסין-אלדוסטרון, חשיבות המקולה דנסה, פעילות ההורמון אנג'יוטנסין 2, תפקידי האלדוסטרון, ההורמון הנטרירטי הפלזמה אוסמולריות על בשמירה דוירטי-האנטי ההורמון תפקיד ANP,

9. בקרת הכליה על מאזן האשלגן – מעבר אשלגן בין המדור החוץ תאי למדור התוך תאי, חשיבות תאי השריר במאזן האשלגן, מנגנונים מולקולריים של ספיגה מחדש והפרשה של אשלגן בכליה, בקרה על סילוק אשלגן, התפקידים המנוגדים של אלדוסטרון ואנג'יוטנסין 2, בקרה משותפת על אשלגן ונתרן במצבים שונים, פתולוגיה הקשורה באשלגן (היפרקלמיה, היפוקלמיה).

10. בקרת הכליה על מאזן חומצה-בסיס בפלזמה - הגדרות בסיסיות, קביעת החומציות במערכת בופרים (משוואת הנדרסון-האסלבאלך), טיפול הצינורית הפרוקסימלית בביקרבונט, תפקיד האנזים קרבוניק אנהידראז, תפקיד התאים המשובצים בוויסות חומציות הדם, מנגנוני הגנה מפני שינוי בחומציות הפלזמה, יצירת ביקרבונט חדש, שימוש בבופרים הניתנים לטיטור ואמוניה לסילוק יוני מימן, בקרה על טיפול הכליה במאזן חומצה-בסיס, הפרעות במאזן חומצה-בסיס (חמצת, בססת) והפיצוי הכלייתי.

11. בקרת הכליה על מאזן הסידן, הפוספט והמגנזיום - הפיזיולוגיה הבסיסית של סידן, פוספט ומגנזיום והקשר ביניהם, טיפול הכליה בסידן באזורים השונים בנפרון, מנגנונים תאיים לספיגת סידן, הקשר בין סידן לויטמין D, תפקיד ההורמון קלציטריוול בבקרה על ספיגת הסידן, תפקיד ההורמון הפארא תירואידי בבקרה על ספיגת הסידן, מנגנונים של ספיגת פוספט בכליה, בקרת ספיגת פוספט ע"י קלציטריוול וההורמון הפארא-תירואידי, תפקיד ההורמון FGF23 בבקרה על ספיגת סידן ופוספט, פתולוגיה ברמות הפוספט (פאראתירואידיזם), מאזן המגנזיום, מנגנוני ספיגת מגנזיום בנפרון, בקרה על ספיגת מגנזיום, פתולוגיה הקשורה במגנזיום.

12. בקרת הכליה על יצור תאי דם אדומים (למידה עצמית) - תפקיד האריתרופויטין, תגובה למצב היפוקסיה, הכליה כאיבר האידאלי לסינתזה של אריתרופויטין.

13. הפיזיולוגיה של הכליה בהריון (למידה עצמית) - שינויים בקצב הסינון הגלומרולרי, בקצב זרימת הפלזמה בכליה ובטיפול הכליה במים ואלקטרוליטים.

14. פיזיולוגיה של מערכת מתן שתן  
א. השופכן כצינור פעיל להעברת השתן.  
ב. שלפוחית השתן במילוי ובהתרוקנות. במילוי היא משמשת כמאגר מתוחכם המגדיל את נפחו תוך כדי המילוי ללא עליות לחץ וללא ספיגת התוכן. בהתרוקנות-היא פולטת את כל נפחה ללא שארית. קיימת קואורדינציה עצבית עם הסוגרים.  
ג. השופכה הנשית הפשוטה והגברית המסובכת יותר וקולטת את מערכת המין.

15. מיפויים פונקציונליים (רפואה גרעינית) של הכליה ודרכי השתן  
יסקרו השיטות לדימות הכליות ודרכי השתן באמצעות מיפויים גרעיניים, בניהן שיטות המאפשרות להעריך את התפקוד הכלייתי.

#### חומר חובה לקריאה:

(1) הפיזיולוגיה של הכליה (של Vander), מהדורה תשיעית

(2) קטעי קריאה על אריתרופויטין שיועלו לאתר הקורס

(3) מאמר על השפעת אלכוהול על הפיזיולוגיה של הכליה שיועלה לאתר הקורס

#### חומר לקריאה נוספת:

הפיזיולוגיה של הכליה לקלינאים - אוסף מאמרי סקירה שיועלה לאתר הקורס

---

הערכת הקורס - הרכב הציון הסופי :  
מבחן מסכם בכתב/בחינה בעל פה 76 %  
הרצאה 0 %  
השתתפות 0 %  
הגשת עבודה 0 %  
הגשת תרגילים 0 %  
הגשת דו"חות 0 %  
פרויקט מחקר 0 %  
בחנים 20 %  
אחר 4 %  
מעבדה באנטו

מידע נוסף / הערות: