



שם הקורס

מבוא לנוירו פרוטזות

מרצה

ד"ר רונן שושניק

סמסטר

א'

דרישות הקורס

"מערכות פיזיולוגיות בגוף האדם" (05552250)

הרכב הציון הסופי

85% בחינה סופית, 15% פרזנטציה

מבנה הקורס

תאריך /
מס' שיעור

נושא השיעור ותכני השיעור
(מטלות, רשימת קריאה, משימות וכיו"ב)

1

תא העצב – מבנה, תפקוד ומאפייני הממברנה התאית. פוטנציאל מנוחה ופוטנציאל פעולה – מודל הודג'קין-הוקסלי לתיאור עוצמת הזרם החשמלי כפונקציה של פוטנציאל הממברנה והזמן. מודלים לתיאור שיווי משקל דינאמי של ריכוזי יונים בניירון – משוואת נרנסט, שיווי המשקל של דונאן ומשוואת גולדמן-הודג'קין-כץ. דינמיקה של תעלות נתון ואשלגן - אקטיבציה, אינאקטיבציה ודאינאקטיבציה. תקופות העמידות היחסית והמוחלטת של תעלות יונים

2

גירוי ורישום מתאי עצב – אלקטרופיזיולוגיה תאית. מודלים חשמליים של אקסון עם מיאלין וללא מיאלין. מודל לתיאור הנחתת סיגנל לאורך אקסון בלי מיאלין (משוואת הכבל הסטנדרטית) ועם מיאלין. תפקיד הצמתים של רנוויה כמקור מתח. גירוי חשמלי חיצוני של הנוירון - תלות עוצמת סף הזרם וסף המטען בגיאומטריית תא המטרה, מרחק האלקטרודה המגרה מהתא, משך הגירוי, קוטר הסיב ופרוטוקול הגירוי. חישוב המתח בצמתים בעקבות גירוי חשמלי חיצוני

3

מבנה העצב במערכת העצבים ההיקפית. השריר – אנטומיה, פיזיולוגיה וצימוד אלקטרו מכאני. סוגי שריר שונים (לבן, אדום) ומאפייניהם האנטומיים והפיזיולוגיים (כוח, עייפות, מטבוליזם חמצוני ועוד). מאפייני עצבוב של תאי שריר שלדי (תדר, אמפליטודה, משך גירוי) ושימושיהם השונים. אתגרים הנדסיים בגירוי אלקטרוני חיצוני של שריר שלדי. אדפטיביות וטרנספורמציה של סיבי שריר עבור חולים עם אוטם שריר הלב



<p>סוגי אלקטרודות רישום במערכת העצבים ההיקפית - על עורי, תת עורי, תוך שרירי ותוך עצבי. רישום פוטנציאל חוץ תאי במדיום הומוגני – התבדרות האות במוליך נפחי ותלות אמפליטודת ורוחב פס האות בקוטר הסיב ובמרחק תא המטרה. קונפיגורציות רישום במערכת העצבים ההיקפית: מונופולארית, ביפולארית וטריפולארית – חסרונות, יתרונות ושימושים. מדדים להשוואת אלקטרודות שונות ודרכים להגדלת יחס האות לרעש (SNR) ושינוי רוחב הפס. סוגי אלקטרודות היקפיות – אלקטרודת שרוול (cuff), אלקטרודה תוך פסיקולרית (LIFE) ואלקטרודת שיקום עצבי. שיקולים הנדסיים ופיזיולוגיים בייצור ובחירת אלקטרודת שרוול</p>	4
<p>רישום ממערכת העצבים ההיקפית – סוגי אלקטרודות ויישומים. השיקולים החשמליים והמכאניים בבחירת סוג אלקטרודה עבור יישום מסוים. אלקטרודות שיקום עצבי – אתגר הנדסי. שימוש באלקטרודות רושמות לסגירת משב בקרה בשתל עצבי לטיפול בזריקת רגל (foot drop), שתל אחיזה (grasping) ושתל לטיפול בשלפוחית רופסת (flaccid bladder) ושלפוחית רגיזה (detrusor hyperreflexia)</p>	5
<p>אלקטרודות רישום וגירוי – ריאקציות, מכניזם וחומרים. השכבה הכפולה של הלמהולץ – מכניזם קיבולי ופאראדיי. ריאקציות פאראדיי הפיכות ולא הפיכות. וולטמטריה ליניארית ומעגלית – הגדרות ושימושים. גבול הזרקה המטען ההפיך, קיבולת אכסון המטען וקיבולת הזרקה המטען – הגדרות ושימושים. אלקטרודות מתקטבות ולא מתקטבות, אידיאליות וריאליות – הגדרות ודוגמאות. חומרי אלקטרודות (סיליקון, מתכות אצילות, תחמוצת אירידיום, טונגסטן ועוד) – יתרונות, חסרונות ושימושים. מעגל הפוטנציאוסטט – ניתוח חשמלי ושימושים</p>	6
<p>תגובת הרקמה לגירוי אלקטרודי – אפקטיביות ובטיחות. החלון הטיפולי – סף נמוך, סף כרוני גבוה וסף עליון אקוטי. פגיעה אקוטית בתאי עצב ובאקסונים – סיבות ומנגנונים תאיים. פגיעה לא אקוטית (דסנסיטיזציה) בתאי עצב ובאקסונים – סיבות ומנגנונים תאיים. דרכים להקטנת סיכון פגיעה ברקמה</p>	7
<p>רישום וגירוי פולשני, פולשני חלקי ולא פולשני במערכת העצבים המרכזית. הבדלים בין גירוי ורישום במערכת העצבים ההיקפית והמרכזית. רשמת מוח חשמלית (EEG), אלקטרוקוריוטוקוגרם (ECoG) ורישום חוץ תאי (extracellular recording) – מקור האות, מאפיינים ספקטראליים וטמפורליים, יתרונות, חסרונות ומערכי רישום. שימוש ב Event related potential עבור ממשקי מוח מחשב (Brain Computer Interfaces)</p>	8



לא פולשניים לטיפול בחולי שבץ ומחלות ניווניות עצביות. מערכי מיקרו אלקטרודות ושימושם בשתלים עצביים	
מיון ספייקים – טכניקות ואלגוריתמים. מיון ספייקים ע"י שיטת רמת הסף וניתוח גורמים ראשיים (PCA). מיון על ידי שיטות אנאליזת מקבצים והסקה באסיאנית. מיון על פי צורת האות (מיון רב ממדי) ותיקון בזמן אמת של תבנית מיון. שימוש בשיטות (Blind Source Separation (BSS) ובשיטת Independent Component Analysis (ICA) למיון ספייקים. גורמים מגבילים ואתגרים במיון ספייקים	9
שתלים עצביים מוטוריים – אנטומיה, פיזיולוגיה ופסיכופיזיקה של המערכת המוטורית הרצונית. הכרת אספקטים שונים של פסיכופיזיקה מוטורית – תנועה רצונית, זמן תגובה, תנועה בליסטית, מסגרת ההתייחסות ואיזוכרוניות. האזורים המוטורים הקורטיקלים – נירואנטומיה, פונקציה וההומונקולוס המוטורי והסנסורי. מאפייני הפעילות העצבית באזור המוטורית הראשון (M1) – כיוון מועדף (PD) ואלגוריתם Local population. שתל עצבי לשליטה בזרוע רובוטית בעלת חמש דרגות חופש באמצעות דמיון תנועה – אימון, מערך רישום ואתגרים	10
שתל שבלול האוזן – אנטומיה, פיזיולוגיה ומסלים עצביים. מסלול השמיעה עצבי – מהאוזן לקורטקס השמיעתי. מבנה האוזן – אוזן חיצונית, תיכונה ופנימית. אנטומיה ופיזיולוגיה וטונוטופיה בשבלול האוזן. איבר קורטי ותאי השערה. מנגנון הגברה אקטיבי בשבלול ותגובת עצב השמיעה לגירוי אקוסטי - הסתגלות, סלקטיביות תדר וקידוד עוצמת הגירוי. הפרעת שמיעה הולכתית ועצבית – אטיולוגיה ומאפיינים. שתל שבלול האוזן – פיזיולוגיה ופונקציונליות. החלק החיצוני והפנימי של השתל, שימוש במעגל הגברה אוטומטי (Automatic Gain Control), מעבד אותות ספרתי (Digital Signal Processing), מיפוי אמפליטודה וקידוד אות המוצא. שידור האות וההספק דרך הרקמה ושימוש בטלמטריה הפוכה לניטור ההתקן. ניתוח פעולת המעגל האלקטרוני של השתל	11
נורופרוטזות ראייתיות – אנטומיה, פיזיולוגיה ומסלולים עצביים. פעילות השתל – אפיון חשמלי, שיקולי תכנון, סיכויים וסיכונים	12

קריאת חובה

1. Kenneth WH Gurpreet SD "Neuroprosthetics: Theory and Practice", 2015 (University



of Utah, USA)

2. Eric R. Kandel (Editor), James H. Schwartz (Editor), Thomas M. Jessell (Editor), Steven A. Siegelbaum (Editor), A. J. Hudspeth (Editor) "Principles of Neural Science, fifth edition", 2019

(<https://www.amazon.com/Principles-Neural-Science-Fifth-Kandel/dp/0071390111>)

קריאת רשות

Warren E Finn, Peter G LoPresti "Handbook of Neuroprosthetic Methods", 2002
(Oklahoma State University, Tulsa, Oklahoma, USA)

הערות