

מכשור רפואי  
הנדסאים – הנדסה רפואית – מכשור רפואי

פתרון שאלון 90733, 97108 – קיץ תשפ"ה - מועד א'

פרק א - שאלות רב ברירה

1	ג	24	ב
2	א	25	א
3	ד	26	ב
4	א	27	ג
5	ב	28	ד
6	ג	29	א
7	ב	30	ב
8	ד	31	ג
9	ב	32	א
10	א	33	ד
11	ב	34	ג
12	א	35	ד
13	ג	36	ד
14	ד	37	ג
15	ג	38	ב
16	ד	39	ב
17	א	40	ב
18	ג	41	א
19	ב	42	ב
20	ג	43	ב
21	ב	44	ב
22	ג	45	ד
23	א		

## פרק ב - שאלות פתוחות

### פתרון שאלה 36

א. **שיטת המיקום של האלקטרודות** בבדיקת EEG נקראת **מערכת 10-20**. מטרתה היא לספק מיקום סטנדרטי של האלקטרודות על הקרקפת כדי למדוד פעילות חשמלית מוחית בצורה עקבית ומדויקת. השיטה מבוססת על חלוקת הקרקפת לפי מרחקים יחסיים בין נקודות אנטומיות ידועות, והיא משמשת לזיהוי אזורים ספציפיים בפעילות מוחית, כולל זיהוי הפרעות נוירולוגיות.

ב. **המגברים במכשיר EEG חייבים להגביר את גלי המוח פי כ-10,000 עד 100,000 פעמים**. ההגברה הגדולה הזו נדרשת מכיוון שהפוטנציאלים החשמליים שמתקבלים מהקרקפת הם חלשים מאוד, בדרך כלל בטווח של מיקרו-וולט, והמכשיר עצמו והמערכות הסובבות אותו זקוקים לגלים בעוצמה של וולטים. ולכן יש צורך בהגברה הנ"ל.

ג. כדי לנתח את הצילום ולענות על השאלות, יש צורך לראות את הבדיקה שהמטופל הביא. באופן כללי, בבדיקת EEG ניתן לראות **גלים חשמליים של המוח**, המשקפים את הפעילות הנוירולוגית. השוואה לבדיקת EEG קודמת יכולה לעזור לרופא לזהות שינויים בדפוסי הפעילות החשמלית, כמו נוכחות פריקות חריגות, קצב פעילות מסוים או שינויים אחרים שעשויים להעיד על מצבים רפואיים כמו אפילפסיה, פגיעות מוחיות או הפרעות שינה.

ד. מה שהביא המטופל בטעות הוא תרשים של בדיקת אקג (עם הפרעת קצב LBBB)

### פתרון שאלה 47

א. הגבר אינסופי, התנגדות כניסה אינסופית, התנגדות יציאה אפסית

ב. **שיפור חיבור האלקטרודות** – לוודא שהן מוצמדות היטב לעור עם ג'ל מוליך מתאים, ולהימנע מאזורים רטובים או שומניים שמפריעים להולכה.

**הפחתת תנועות המטופל** – לבקש מהמטופל לשכב בצורה רגועה ולמזער תזוזות בזמן הבדיקה.

**הימנעות מהפרעות חשמליות חיצוניות** – לבדוק שאין מכשירים חשמליים קרובים המייצרים הפרעות אלקטרומגנטיות, כמו טלפונים סלולריים, מחשבים ניידים או מכשירים רפואיים אחרים.

**שימוש במסננים מתאימים – (Filters)** מכשירי אק"ג כוללים **מסנני תדרים (High-pass, Low-pass, Notch filters)** שמאפשרים לסנן רעשים בתדרים מסוימים. למשל **Notch filter**, בתדר של 50/60 Hz מסייע להפחית רעשים שמקורם ברשת החשמל.

**הגברה מבוקרת של האות החשמלי** – שימוש במגברי **Instrumentation Amplifiers** שמאפשרים הגברה מדויקת של האותות ולמזער רעשים חיצוניים.

**שימוש במערכת הארקה יעילה** – לוודא שהמערכת מחוברת היטב להארקה כדי להפחית הפרעות חשמליות מרשת החשמל.

ג. הגבר 1. המגבר לא נועד להגביר אלא לספק בידוד כך שאין נתיב לזרימה דרך המשתמש.

#### פתרון שאלה 48

א. **קרדיופלגיה** היא שיטה רפואית שבה מפסיקים באופן זמני את פעילות הלב במהלך ניתוחי לב פתוח. זה מתבצע על ידי הזרקת תמיסה מיוחדת המפסיקה את פעילות השריר באופן מבוקר, כדי לאפשר לרופאים לבצע תיקונים בלי תנועתיות הלב.

קיימים שני סוגים עיקריים של קרדיופלגיה :

- **קרדיופלגיה קרה** – שימוש בתמיסה מקוררת (בדרך כלל בין 4 ל-10 מעלות צלזיוס) כדי להאט את חילוף החומרים ולמנוע נזק לתאי הלב בזמן שהלב מושבת.
- **קרדיופלגיה חמה** – תמיסה חמה המשמשת במקרים שבהם רוצים לשמור על חילוף חומרים נמוך אך להפעיל את מנגנוני תיקון הטבעיים של הלב.

ב. כאשר לא מצליחים להפסיק את פעילות הלב בזמן ניתוח לב-ריאה, הדבר יכול לנבוע מכמה גורמים :

- **אי הזרקה נכונה של תמיסת הקרדיופלגיה** – כמות לא מספקת או אי הגעה יעילה לרקמות הלב.
- **אי פעילות מספקת של משאבת הלב-ריאה** – אם מכונת הלב-ריאה לא מספקת זרימה מספקת, הלב עשוי להמשיך לפעול.
- **אי תגובה של רקמת הלב לתמיסת הקרדיופלגיה** – במקרים מסוימים, הלב עשוי לא להגיב כצפוי לחומרים המיועדים לעצור אותו.
- **פעילות חשמלית חריגה או הפרעות נוירולוגיות** – הלב עלול להמשיך לפעום עקב גירויים חשמליים לא צפויים.

ג. יש צורך לעצור את הלב במהלך ניתוחי לב פתוח כדי לאפשר לרופאים לבצע תיקונים מדויקים של מסתמים, עורקים או חדרים בלי הפרעות בלי הפרעות מתנועות הלב. מצב זה מקטין את הסיכון לסיבוכים ומאפשר ביצוע ניתוחים בצורה בטוחה יותר.

#### פתרון שאלה 49

א. **תפקידו של קוצב לב מושתל** הוא לשמור על קצב לב תקין כאשר המערכת החשמלית של הלב אינה מתפקדת כראוי. הוא משגר פולסים חשמליים אל הלב כדי להסדיר את הפעימות ולמנוע מצבים של דופק איטי מדי (ברדיקרדיה) או בלתי סדיר.

ב. **שני מצבים רפואיים שבהם נעשה שימוש בקוצב לב :**

**ברדיקרדיה** – מצב שבו קצב הלב איטי מדי, דבר שעלול לגרום לעייפות, סחרחורת או אפילו אובדן הכרה. קוצב לב מסייע להגביר את קצב הפעימות.

**בלוקים לבניים** – (**Heart Blocks**) הפרעה בהולכה החשמלית בין העליות לחדרים, מה שגורם לאי-תיאום בין פעימות העליות והחדרים. במקרים אלו, קוצב הלב יכול לקצב את העליות, את החדרים, או את שניהם בהתאם לצורך.

ג. **אם מתח הסף גבוה מאוד בזמן השתלת קוצב הלב**, יש לבצע תיקונים כדי להבטיח פעילות יעילה וחסכונית באנרגיה :

**למקם מחדש את האלקטרודה** כדי למצוא אזור שבו יש הולכה חשמלית טובה יותר.

**לבחור אלקטרודה מתאימה** עם התנגדות אופטימלית כדי להבטיח גירוי יעיל של הלב.

**לשנות את פרמטרי הקוצב** כך שהמכשיר יפעל במתח נמוך יותר מבלי לאבד את יעילות הקיצוב.

**אם לא יסודר**, הדבר עלול לגרום לבזבוז אנרגיה, מה שיוביל להתרוקנות מוקדמת של הסוללה וידרוש החלפה מהירה של הקוצב. בנוסף, ייתכן שהלב לא יגיב לגירוי החשמלי בצורה תקינה, מה שעלול לגרום לחוסר אפקטיביות של הקיצוב ולסיכון בריאותי.

#### פתרון שאלה 50

א. משאבת הבלון התוך-ותנית (IABP) היא מכשיר מכני המגביר את זלוף החמצן בשריר הלב ובו בזמן מגדיל את תפוקת הלב.

ב. הבלון מוכנס לאבי העורקים.

ג. מצב **LOW GAS** במכשיר **בלון פמפ**, משאבת בלון תוך-ותנית (IABP - Intra-Aortic Balloon Pump) מצביע על ירידה בכמות הגז (בדרך כלל הליום) המשמש לניפוח ופריקת הבלון בתוך אבי העורקים. מצב זה יכול לגרום להפחתת תמיכה בלחץ הדם של החולה ולירידה בפרפוזיה הכללית. מספר סיבות אפשריות לכך :

❖ **דליפת גז** – ייתכן שיש קרע או חור בצינורית הבלון, מה שגורם לבריחת הגז ולחוסר יכולת לנפח את הבלון כראוי.

❖ **בעיית חיבור או תקלה במערכת הגז** – למשל, חיבור לא תקין של בלון ההליום למערכת או תקלה במשאבה שמזרימה את הגז.

❖ **צריכת גז מוגברת עקב פעילות חריגה של הבלון** – כאשר הבלון מתנפח ונפרק במהירות גבוהה מדי, ייתכן שהוא משתמש בכמות גז גדולה מהרגיל.

❖ **כשל מכני של המשאבה** – תקלות ברכיבים כמו שסתומים פנימיים או בעיה בסנסור המנטר את לחץ הגז יכולים להשפיע על ביצועי המכשיר.

❖ **היפותרמיה או מצב המודינמי לא יציב** – שינויי טמפרטורה בגוף החולה או מצב קרדיווסקולרי לא יציב עלולים לגרום לשינוי בצריכת הגז ולהשפיע על תפקוד הבלון.

### ✚מה כדאי לעשות?

- ← לבדוק אם יש **דליפה גלויה** בצינורית הבלון ולוודא שכל החיבורים תקינים.
- ← לבדוק את **לחץ הגז** ולראות אם יש ירידה חריגה במיכל ההליום.
- ← להפסיק זמנית את הפעולה ולבחון אם יש **התראה נוספת** מהמערכת או סימני תקלה.
- ← לוודא שאין **בעיית סנסורים או תקלה חשמלית** שגורמת לקריאה שגויה

### פתרון שאלה 51

- א. המעגל החשמלי באיור ב' הוא **גשר ויטסטון** (Wheatstone Bridge).
- ב. גשר ויטסטון הוא מעגל הבנוי מארבעה נגדים, שמטרתו למדוד התנגדות לא ידועה באמצעות התנגדויות ידועות, בצורה מדויקת ועל ידי איזון מתחים. היתרונות של המעגל:
- **דיוק גבוה** במדידת התנגדות, בניגוד לשיטות אחרות.
  - **רגישות גבוהה** לתנאים משתנים בסביבה.
  - **נפוץ בחיישנים מבוססי התנגדות**, כמו מדי לחץ ומדי חום רפואיים.
  - **יכולת למדוד שינויים קטנים בהתנגדות**, ולכן שימושי במכשור אנלוגי מתקדם.
- ג. המעגל משמש למדידת התנגדויות בצורה **מדויקת** במיוחד, והוא נפוץ במכשירים חשמליים שונים, כגון **מדחומים אלקטרוניים, חיישני לחץ ורכיבים רפואיים למדידות מדויקות**.
- ד. חישוב ערכו של  $R_x$  בגשר ויטסטון מתבסס על התנאי לאיזון הגשר:

$$R_1 / R_2 = R_x / R_3$$

$$4/6 = R_x / 3 = R_x$$

$$R_x = 2 \Omega$$