



רפואה מרחוק

בחזית המדע

העולם הרפואי עובר שינויים מהירים הודות להתקדמות הטכנולוגיה, ואחד התחומים הבולטים בכך הוא **רפואה מרחוק**. במקום ביקורים פיזיים אצל הרופא, ניתן כיום לבצע ייעוצים רפואיים, אבחונים ומעקב אחר מטופלים באמצעות שיחות וידאו, אפליקציות ייעודיות ואפילו מכשירים חכמים שמנטרים את מצב הבריאות בזמן אמת. במקרים רבים, רפואה מרחוק מאפשרת טיפול מהיר ונגיש יותר, במיוחד לאנשים המתגוררים באזורים מרוחקים או למי שמתקשה להגיע למרפאה.

בפרק זה נכיר את תחום הרפואה מרחוק ונבחן כיצד צרכים ואירועים מהשנים האחרונות האיצי את פיתוחו והפכו אותו להכרחי יותר מתמיד. נסקור את מגוון הפתרונות הקיימים כיום, לצד טכנולוגיות חדשניות המאפשרות מתן טיפול רפואי ללא צורך בנוכחות פיזית של המטופל והרופא. נתמקד במיוחד בניתוח מרחוק כדוגמה משמעותית לרפואה מרחוק, נבחן טכנולוגיות ההופכות אותו לאפשרי, ונעמוד על האתגרים והמגבלות הכרוכים בתהליך. לבסוף, נעסוק בתפקידה של הבינה המלאכותית בתחום זה, נבחן את תרומתה הנוכחית, ונשאל אילו אתגרים עדיין עומדים לפנינו ואילו כיוונים צפויים להוביל את התחום בעתיד.

מטרות

- התלמידים יכירו את הצרכים השונים שנענים על ידי רפואה מרחוק
- התלמידים ילמדו על דרכים שונות שבהן רפואה יכולה להתבצע מרחוק וכיצד הן נותנות מענה לצרכים השונים
- התלמידים יחשבו על אתגרים ומגבלות לרפואה מרחוק
- התלמידים ילמדו על האפשרויות לניתוח מרחוק ועל הטכנולוגיות הקיימות
- התלמידים יבינו אתגרים ובעיות המלווים ניתוחים מרחוק
- התלמידים יכירו את התרומה האפשרית של בינה מלאכותית וכיווני התפתחות של תחום הרפואה מרחוק בעתיד



מידע

משך השיעור	90 דק'	
גיל	ביתות ז' עד י'	
מושגים מרכזיים	רפואה מרחוק, ניתוחים לפרוסקופיים, ניתוח מרחוק, בינה מלאכותית	
מיומנויות	חשיבה ביקורתית, הבנה של גורמים וההשפעות שלהם, ניסוח טיעונים	
להכין מראש	להדפיס את הפאזלים (אחד לכל זוג), ולגזור אותם	

מבנה השיעור

חלק 1 - פתיחה במליאה - הצגת סיפור מקרה דיון במליאה	10 דק'
חלק 2 - טכנולוגיה בכלל ורפואה בפרט - מרחוק דיון במליאה השפעות הקורונה	10 דק'
חלק 3 - פעילות בזוגות - הבנת הצורך סיכום ביניים	20 דק'
חלק 4 - טלה-רפואה עבודה בזוגות - מציאת פתרונות טכנולוגיות רפואה מרחוק	15 דק'
חלק 5 - סיכום ביניים ניתוחים לפרוסקופיים ניתוח מרחוק פעילות בזוגות	20 דק'
חלק 6 - מגבלות רפואה מרחוק בינה מלאכותית פעילות במליאה סיכום	15 דק'
סך הכל:	90 דק'

חלק 1 – פתיחה – סיפור מקרה

המנתח של עצמו: סיפורו המדהים של אנטון רוגוזוב

נציג לתלמידים את סיפורו של אנטון רוגוזוב, רופא שהיה חלק מתחנת מחקר באנטרקטיקה בשנת 1961:

בשנת 1961, בין קרחוני אנטארקטיקה, במקום שבו שלג הוא אורח קבוע והרוחות סביב, עבד ד"ר אנטון רוגוזוב כרופא היחיד בצוות של 13 חוקרים בתחנת המחקר הסובייטית נובולזרבסקאיה. בתנאים הקיצוניים של אנטארקטיקה, הוא היה אחראי לטיפול רפואי בכל חברי הצוות. אבל באפריל של אותה שנה, קרה משהו שלא היה מוכן לו—הוא עצמו הפך לחולה, ולא היה מי שיציל אותו.

בבוקר אחד באפריל 1961, החל רוגוזוב להרגיש רע. חום, בחילות וכאבים חזקים בצד הימני התחתון של הבטן העידו על חשד ברור — דלקת התוספתן. מצב כזה דורש ניתוח מהיר, אחרת התוספתן עלול להתפוצץ ולגרום לזיהום מסוכן בגוף. אך הייתה בעיה: הקרובים ביותר שיכלו לעזור לו היו יותר מ-1,600 קילומטרים משם. לא היה מטוס פנוי שיוכל לחלץ אותו, וממילא, מזג האוויר הסוער הפך כל טיסה לבלתי אפשרית. רוגוזוב הבין שאין לו ברירה — הוא חייב לנתח את עצמו.

בסביבות השעה 02:00 בלילה, החל רוגוזוב לבצע את הניתוח המסוכן. הוא הכין את עצמו ככל האפשר: הרדים את אזור הבטן עם נובוקאין (חומר אלחוש), חיטא את כלי הניתוח, והעמיד שני עוזרים — נהג ומטאורולוג. הם לא היו רופאים, אבל תפקידם היה למסור לו את הכלים ולהחזיק מראה, כדי שיוכל לראות את האזור שאותו הוא מנתח.

רוגוזוב ביצע חתך של כ-12 ס"מ בבטנו, חדר פנימה, וגילה שהתוספתן כבר במצב מסוכן—הופיע בו כתם כהה, והיה ברור שהוא עומד להתפוצץ בתוך זמן קצר. הוא ידע שאין לו רגע לבדו. אבל גופו התחיל לבגוד בו — במהלך הניתוח הוא נחלש, הזיע והרגיש סחרחורת ובחילה. הוא נאלץ לעצור כמה פעמים כדי לנוח, ואז להמשיך בניתוח בעצמו.

לבסוף, לאחר כמעט שעתיים של עבודה בתנאים בלתי אפשריים, הניתוח הסתיים. רוגוזוב תפר את החתך וסיים את ההליך בהצלחה.

סיפורו של רוגוזוב הוא אחד המקרים המדהימים ביותר ברפואה, והוא נחשב לאחת ההוכחות לכוח הרצון, הנחישות והידע הרפואי שיכולים להציל חיים.

דיון עם התלמידים

הפנו לתלמידים את השאלות הבאות, בהדרגתיות:

- אילו מכשירים או רעיונות היו יכולים לעזור בסיטואציה הזאת?
 - תשובות אפשריות:
 - ערכת הכנה לניתוח מצוידת יותר
 - טלפון/שיחת רדיו עם רופא
 - המטרה היא לגרום להם לחשוב ולהסתקרן, ולהכין את הקרקע לפתרונות מודרניים וחדשניים של רפואה מרחוק.
- האם היום דברים היו מתנהלים אחרת? איך? איזו טכנולוגיה הייתה יכולה לעזור?
 - שיחת וידאו מרחוק
 - מכשיר שמודד דופק, רמת חמצן

חלק 2 – טכנולוגיה בכלל ורפואה בפרט – מרחוק

סיעור מוחות

אילו תחומים מאפשרים קבלת שירות מרחוק?
חשבו עם התלמידים, נסו לאסוף כמה שיותר דוגמאות מתחומים שונים.

תחומים רבים בחיינו השתנו באופן משמעותי, ושירותים רבים שבעבר דרשו מאיתנו הגעה פיזית, לרוב עם המתנה בתור, הפכו זמינים מכל מקום בעזרת מחשב ודפדפן או טלפון חכם: שירותים ממשלתיים ובירוקרטיה, חינוך והכשרה מקצועית (שיעורים בזום, השתלמויות וקורסים), קניות ומסחר כמו מסעדות ושירותי משלוחי אוכל, צפייה בתוכן (מעבר מקולנוע לשירותי סטרימינג ביתיים) ועוד.

תחום שאולי פחות היינו חושבים שאפשר להעביר אותו בצורה יעילה לביצוע מרחוק הוא תחום הרפואה. אבל גם בתחום הזה אנחנו רואים המון התפתחויות שקשורות לעבודה מרחוק, הכוללות בין השאר – התייעצות מרחוק עם רופא או אחות, תמיכה נפשית, אבחון מרחוק באמצעות מכשירים שונים, פנייה מרחוק לשירותי מרפאה, קביעת תורים ועוד.

דיון עם התלמידים

איזה אירוע מהשנים האחרונות השפיע במיוחד על התפתחויות הקשורות לרפואה מרחוק?
כיצד לדעתכם הוא השפיע?

כאן אנחנו מכוונים לתשובה - מגיפת הקורונה וההשפעה הרחבה שהייתה לה על חיינו.
בין ההשפעות העיקריות של הקורונה: מגבלות תנועה, עומסים על שירותים שונים, הימנעות מהדבקה והידבקות.

מגפת הקורונה מנעה למעשה במשך תקופות ארוכות, אפשרות להגיע ולצורך שירותים שונים. התקופה הזאת הביאה דחיפה משמעותית לשירותים מרחוק שכבר החלו להתפתח, אך בשלב זה נדרשו באופן דחוף. מערכות הרפואה נאלצו להתמודד עם עומסים ותנאים שלא הורגלו בהם ולא תוכננו לקראתם.
עומסים אלו, יחד עם הגבלות התנועה, והרצון של אנשים להימנע מלהגיע למקומות עם אנשים חולים, הביאו להאצת פיתוחים בתחום הרפואה מרחוק, המאפשרים הענקת טיפול ליותר חולים בצורה יעילה וללא צורך בהגעה פיזית למוסדות הרפואיים.

חלק 3 – פעילות – הבנת הצורך והתאמת הפתרון

למה יש צורך ברפואה מרחוק?

מעבר לצרכים שעלו בעקבות מגיפת הקורונה, יש צרכים חשובים נוספים, למשל:

- **חוסר נגישות בפריפריה ובמקרים נדירים שדורשים מומחה** – רפואה מרחוק מאפשרת לתושבים באזורים מרוחקים או חולים עם מחלות נדירות לקבל ייעוץ ממומחים ללא תלות במיקום גיאוגרפי.
אפשר לקרוא לדוגמה את [הכתבה הזאת](#).
- **אנשים עם קשיי ניידות** – רפואה מרחוק נותנת מענה לנכים, חולים שזקוקים לבידוד, והורים שמתקשים להגיע למרפאה.
אפשר לקרוא לדוגמה את [הכתבה הזאת](#).
- **צורך בתגובה מהירה במקרי חירום** – רפואה מרחוק מספקת ייעוץ מידי, מסייעת בקבלת החלטות דחופות, ויכולה להציל חיים.
אפשר לקרוא לדוגמה את [המאמר הזה](#).
- **פוטנציאל הדבקה וסיכון חולים כרוניים והצוותים הרפואיים** – רפואה מרחוק מפחיתה חשיפה למחלות מדבקות, כפי שנעשה בתקופת הקורונה.
לקריאה נוספת [קראו כאן](#).

פעילות

הנחו את התלמידים לבחור את אחד מהמקרים שראינו ברשימה, ולהפוך אותו לסיפור קצר של ממש, המתמקד באנשים שחווים את המקרה המתואר וצריכים פתרון של רפואה מרחוק.
מטרת הפעילות: חיבור והבנת הצורך ברפואה מרחוק.
הנחיות לתלמידים:

1. התחלקו לזוגות
2. כתבו סיפור מקרה קצר, עד 3 משפטים, המתאר את אחד מהמצבים שראינו בשקף הקודם.
 איפה הסיפור מתרחש? מי הדמות העיקרית? בת כמה היא? מה קרה לה? איך היא מרגישה?
 תארו את הקושי והבעייתיות העולים מהמקרה.

דוגמאות:

- ליה, ילדה בת 6 עם מערכת חיסון חלשה, מפתחת חום גבוה ושיעול. הוריה חוששים לקחת אותה למיון מחשש להדבקה במחלות נוספות, אך גם לא בטוחים אם מצבה מצריך טיפול דחוף.
- נעמה, אישה בת 70 מתל אביב, מתקשה ללכת בשל מחלת פרקים חריפה. כל ביקור במרפאה דורש ממנה להתאמץ רבות, להזמין מוניט ולחכות שעות בתור, מה שגורם לה לוותר לעיתים על טיפול רפואי הכרחי.
- יוסי, חייל המשרת בבסיס מבודד בדרום הארץ, מתחיל לחוש חולשה וסחרחורות. המרפאה הצבאית המקומית אינה מצוידת בבדיקות הנדרשות, והרופא היחיד במקום מתקשה לקבוע את האבחנה ללא ייעוץ נוסף.

בקשו ממספר תלמידים לשכתף תשובות במליאה.

סיכום ביניים

על מה דיברנו עד עכשיו:

- שימוש בטכנולוגיה לביצוע פעולות וקבלת שירותים שונים מרחוק מקל על חיינו בתחומים רבים.
- הקורונה האיצה שימוש בטכנולוגיות מרחוק בכלל, וברפואה מרחוק בפרט.
- רפואה מרחוק באה לענות על מספר צרכים חשובים הקיימים בחברה שלנו.

הסבירו את המושג:

טלה-רפואה – Telehealth

Tele – רחוק, ממרחק. כמו טלסקופ.

מתן שירותים רפואיים מרחוק באמצעות טכנולוגיות תקשורת דיגיטליות, כמו שיחות וידאו, טלפון, אפליקציות ייעודיות ומכשור רפואי חכם.

ניתן לבצע פעולות שונות: אבחון, ייעוץ, ניטור, מעקב רפואי ועוד, מבלי שהמטופל והמטפל יימצאו פיזית באותו מקום.
 למרות האתגרים הטכנולוגיים והכלכליים, טלה-רפואה מציעה פתרון חשוב במקומות שבהם אין גישה למומחים, ומאפשרת הכשרה והדרכה איכותית גם באזורים מרוחקים או מתפתחים.

הפנו שאלה לתלמידים - באילו שירותים רפואיים מרחוק יצא לכם להתנסות?

- כבר היום קופות החולים השונות כמו מאוחדת, מכבי וכללית, מציעות מספר שירותים שונים מרחוק, למשל:
 • תור טלפוני לרופאים שונים כמו רופא משפחה, רופא עור, רופא נשים ורפואת ילדים.

- בדיקה בעזרת מכשיר טייטו – מכשיר הבדק ושולח נתונים למרפאה בזמן אמת במהלך ביקור רופא דיגיטלי. למשל: בדיקות אוזניים, ריאות, עור ועוד.

פעילות

מטרת הפעילות: חשיפה וחשיבה ראשונית על האפשרויות שפותחת הרפואה מרחוק ועל סוגי מענים שונים.

הנחיות לתלמידים:

1. עבדו בזוגות
2. המשיכו את הסיפור שכתבתם תוך התייחסות **לפתרונות של רפואה מרחוק**, כך שהבעיה המתוארת תקבל מענה. מה היה יכול לעזור במקרה שתיארתם? כיצד כדאי לדמות לפעול?

למשל:

ליה – ילדה עם מערכת חיסון חלשה והורים החוששים להדבקה

הוריה של ליה יכולים להיעזר בשירותי רפואה מרחוק כדי להתייעץ עם רופא ילדים דרך שיחת וידאו, לתאר את הסימפטומים ולקבל הנחיות להמשך טיפול. אם יש צורך, הרופא יכול להפנות אותם לבדיקה או לרשום טיפול תרופתי, וכל זאת מבלי להוציא את ליה מהבית ולסכן אותה בהדבקה.

נעמה – קושי בהגעה למרפאה בשל מחלת פרקים

באמצעות רפואה מרחוק, נעמה יכולה לקיים שיחות וידאו עם הרופא שלה מהבית, לקבל ייעוץ רפואי מותאם למצבה, ולבצע מעקבים שגרתיים ללא צורך בנסיעות מתישות. בנוסף, היא יכולה לקבל מרשמים דיגיטליים ולשלוח בדיקות לבדיקת מעבדה באמצעות שירותי איסוף מבית המטופל.

יוסי – חייל בבסיס מבודד ללא גישה למומחה

באמצעות רפואה מרחוק, הרופא הצבאי בבסיס יכול להתייעץ בזמן אמת עם מומחה דרך שיחת וידאו, להעביר לו מידע רפואי רלוונטי (כגון תוצאות בדיקות ותמונות רפואיות), ולקבל הנחיות לטיפול ראשוני או צורך בהמשך בירור רפואי.

אספו מהתלמידים את התשובות שלהם, התייחסו לגרף בשקף לגבי כל פתרון – האם הפתרון מאפשר למטופל להישאר בבית? האם הפתרון כולל פגישה פנים מול פנים?

עברו על הדוגמאות הבאות לפי הצורך ולפי מידת שיתוף הפעולה של התלמידים. אם הם סיפקו מספיק דוגמאות מגוונות, אין צורך בדוגמאות נוספות.

דוגמאות:

הבעיה: חוסר נגישות בפריפריה

יעל, אם לילד עם צרכים מיוחדים, גרה ביישוב קטן בצפון. כדי לקבל טיפול מתאים לבנה, היא נאלצת לנסוע שעתיים לכל כיוון לעיר הגדולה, מה שמקשה על שגרת המשפחה.

הפתרון: במקום לנסוע שעתיים לכל כיוון, בנה עובר בדיקות במכון המקומי, והתוצאות נשלחות דיגיטלית למומחה בעיר הגדולה.

הבעיה: אנשים עם קשיי ניידות

דוד, גבר בן 75 עם מוגבלות בניידות, מתקשה לצאת מהבית כדי להגיע לרופא. בכל פעם שהוא נזקק לבדיקה רפואית, עליו להזמין מלווה ולהתארגן עם הסעה מסורבלת, מה שמוביל לדחיית בדיקות חשובות.

הפתרון: באמצעות מכשור לאבחון מרחוק, כמו Tyto דוד עובר בדיקות מדויקות בזמן אמת, והרופא מספק לו אבחנה והנחיות להמשך טיפול ללא צורך בהגעה פיזית למרפאה.

הבעיה: צורך בתגובה מהירה במקרי חירום

במהלך טיול שנתי, אחד התלמידים נופל וסובל מפציעה קשה ביד. החובש המלווה מעניק טיפול ראשוני, אך אינו בטוח אם מדובר בשבר חמור שמצריך פינוי דחוף לבית חולים או בטיפול מקומי שיאפשר לו להמשיך בטיול.

הפתרון: החובש מתקשר מיד למומחה בבית החולים באמצעות וידאו, מציג לו את הפציעה ומעביר מידע על מצבו של התלמיד. בעזרת ההכוונה המקצועית, הוא מקבל הנחיות מדויקות לטיפול ומחליט יחד עם הרופא האם יש צורך בפינוי מיידי או שניתן להמשיך בטיול בבטחה.

הבעיה: סכנת הדבקה לצוותים הרפואיים

מיכל, תלמידת חטיבת ביניים, פיתחה תסמינים הדומים לשפעת חריפה, אך חוששת שאולי מדובר במחלה מדבקת יותר. היא צריכה ייעוץ רפואי, אך הגעה למרפאה עלולה לסכן את הצוות הרפואי ואת שאר המטופלים.

הפתרון: מיכל מקבלת ייעוץ רפואי ישירות מהבית, בעוד הרופא נמצא במרפאה. באמצעות שיחת וידאו ואמצעים לאבחון מרחוק, הרופא מעריך את מצבה, מספק הנחיות לטיפול, ובמידת הצורך מפנה אותה להמשך.

סיכום

פתרונות של רפואה מרחוק נעים על פני רצף רחב – מחוויות רפואיות דיגיטליות מלאות מהבית, ועד שירותים שבהם המטופל יוצא מהבית אך מקבל טיפול קרוב יותר או מהיר יותר בעזרת טכנולוגיה.

לא קיים פתרון אחד שמספק מענה שלם לכל הצרכים שעלו – התמודדות עם מקרי חירום, שיפור הנגישות, מניעת הדבקה של צוותים רפואיים או מחסור במומחים בפריפריה – אך כל אחד מהפתרונות מציע יתרונות ייחודיים ועונה לפחות על חלק מהאתגרים הללו.

יחד, מגוון האפשרויות יוצר מארג של פתרונות משלימים שמשפרים משמעותית את מערכת הבריאות בעידן המודרני.

חלק 4 – טכנולוגיות רפואה מרחוק

כעת נדבר על שתי דוגמאות למוצרים ספציפיים ונחשוב ביחד על איזה מהמקרים ומהצרכים שהזכרנו הדורשים רפואה מרחוק הם עונים.

סכרת

כיום יש רק רופא מומחה אחד לכל 6,000 חולי סוכרת בארה"ב. פירושו של דבר המתנה של כ-9 חודשים לתור. **כלומר, מרבית החולים אינם מקבלים טיפול ברמה גבוהה.**

החברה DreaMed פיתחה פתרונות שמאפשרים לכלל אנשי הרפואה, לא רק למומחים, להעניק טיפול מתקדם לסוכרת, ובכך לגשר על המחסור במומחים בתחום.

איך הם עושים את זה?

אפשרות גישה מרחוק – לכל הנתונים והכלים השונים שהפלטפורמה מציעה.

ניתוח נתונים בקנה מידה רחב – עיבוד מידע מהיר והתאמת טיפול אישי.

שדרוג למומחה – בעזרת הדברים שהוזכרו, היא מספקת מידע מותאם ומאפשרת לרופאים כלליים, רוקחים, אחיות, עוזרי רופא להעניק טיפול ברמה של מומחה.

על איזה מהמקרים שדיברנו זה עונה?

מה יכולות להיות המגבלות של זה?

דיון

האם כל היבט ברפואה יכול להתבצע מרחוק?
מה יהיה לדעתכם יותר מאתגר לבצע מרחוק?

איזה דברים חשוב לעשות פנים מול פנים? לדבר בדיון על דברים שחשוב בהם נוכחות פיזית, אינטראקציה אנושית בזמן אמת.

מכאן לנסות לכונן את הדיון לכיוון של האפשרות לביצוע ניתוח מרחוק.

סיכום ביניים

על מה דיברנו עד עכשיו:

- **טלה-רפואה** – מתן שירותים מבלי שהמטופל והרופא יהיו באותו מקום.
- כבר היום קיימים **פתרונות** רבים למקרים הדורשים רפואה מרחוק. פתרונות אלה כוללים מקרים בהם **המטופל נשאר בבית** לצורך קבלת השירות הרפואי ומקרים בהם **לא מתרחשת פגישה פנים מול פנים** בין רופא למטופל/ רופא לרופא מומחה.
- הכרנו דוגמאות לטכנולוגיות חדשניות כמו: DreaMed Diabetes, Philips TeleICU.

חלק 5 – ניתוח מרחוק

בשנות ה-70, כשהאנושות החלה לחלום על מסעות ארוכים בחלל, התעוררה שאלה קריטית: כיצד נטפל באסטרונאוט שנפצע מיליוני קילומטרים מכדור הארץ, ללא מנתח בסביבה? במקביל, הצבא האמריקאי עמד בפני אתגר דומה—איך להעניק טיפול מציל חיים לחיילים פצועים מבלי לסכן צוותים רפואיים בשדה הקרב?

שני הארגונים, השקיעו משאבים אדירים בפיתוח טכנולוגיה לניתוחים מרחוק—מכונות שיחליפו ידיים אנושיות, רובוטים שיונחו ממרחק, ואפשרות לבצע כירורגיה מדויקת מכל מקום בעולם (ומעבר לו).

צפייה בסרטון המדגים ניתוח מרחוק- <https://www.youtube.com/watch?v=g1Isoh3-S-4>

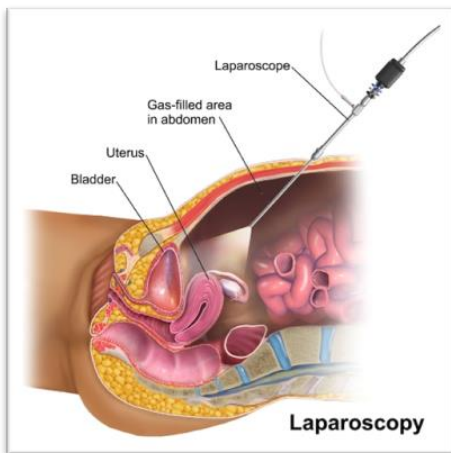
ניתוחים לפרוסקופיים

ניתוח לפרוסקופי הוא סוג של ניתוח זעיר-פולשני שבו הרופאים משתמשים במצלמה קטנה וכלים מיוחדים כדי לבצע את הניתוח דרך חתכים קטנים בגוף, במקום חתך גדול.

המצלמה משדרת תמונה למסך, וכך המנתחים יכולים לראות את האזור המנותח בבירור ולבצע את ההליך בדיוק רב.

ניתוחים אלה בעצם נערכים כשהמכשירים מוחזקים לא ישירות על ידי הרופא המנתח, אלא בקצה קנולות (מעין "צינורות" שדרכם עוברים המכשירים) שהמנתח מזיז, והמנתח רואה מה קורה בתוך החולה בעזרת מצלמה. הרופא לא נוגע בחולה בעצמו, ומשתמש במצלמה כדי לדעת מה קורה.

נשים לב שזה צעד קטנטן לכיוון ניתוח מרחוק.



Blausen.com staff (2014). "[Medical gallery of Blausen Medical 2014](#)". *WikiJournal of Medicine* 1 (2).

DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 2002-4436. - Own work

Laparoscopic Hand Instruments 001 JPN.jpg [CC BY-SA 3.0 ignis](#) - Own work

ניתוח מרחוק – Telesurgery

ניתוח מרחוק הוא הליך כירורגי שבו המנתח שולט בכלי ניתוח רובוטיים ממיקום מרחוק באמצעות טכנולוגיות מתקדמות כמו: רובוטים, חיישנים, רשתות תקשורת, תוכנות מחשב ועוד.

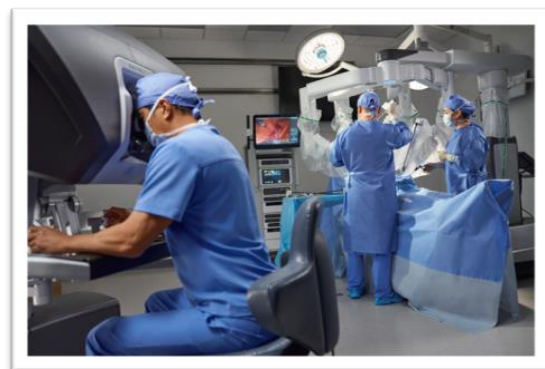
חידוד למורים: אין עדיין ניתוח מרחוק (מחוץ לחדר), אבל יש ניתוח עם מומחה מרחוק שרואה את מהלך הניתוח, יכול לדבר עם המנתח הצוות. ואף לסמן על המסך.

זה בעצם הצעד הבא. אם הרופא לא חייב לבצע את הניתוח בעצמו ישירות, למה שהוא לא יהיה בחדר אחר? בעיר אחרת? מדינה אחרת?

דוגמה למערכת ספציפית המאפשרת כבר היום ניתוחים מורכבים בשיתוף מומחה מרחוק היא: **רובוט דה וינצ'י** (פותח על ידי חברת Intuitive) – מערכת ניתוח רובוטית מתקדמת שבה הרופא לא מחזיק את מכשירי הניתוח ישירות, אלא משתמש בג'ויסטיקים ודוושות, המאפשרים לו להזיז את המכשירים באופן מדויק וטבעי יותר. הרופא נעזר במערכת ראייה מתקדמת אשר מציגה לו את פנים הגוף בהגדלה ובתלת מימד.



[A.BourgeoisP Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](#) 2023-09 - Robot chirurgien Da Vinci Xi - Centre hospitalier de Vesoul - 06.jpg
2023-09 - Robot chirurgien Da Vinci Xi - Centre hospitalier de Vesoul - 16.jpg



Source: Intuitive ©

מה לדעתכם הם שימושים אפשריים של מערכת כזאת?
טלה-חניכה: רופאים בעלי ניסיון במערכות דה-וינצ'י יכולים לצפות מרחוק בפרוצדורות חיות ולשתף פעולה עם המנתח המבצע. כך למשל באופן יומיומי מתרחשים ניתוחים שבהם המומחה נמצא 4 שעות מהמנתח שבשטח, ועוזר לו.
צפייה מרחוק במקרים: צוות רפואי מנוסה משדר פרוצדורה חיה למתלמידים מרחוק, כך שיוכלו ללמוד כיצד לבצע ניתוחים כאלה בעצמם.

ניתן לצפות ב**סרטון קצר על המערכת**.

פעילות

מטרת הפעילות: חשיבה ראשונית על המגבלות של רפואה מרחוק והיכרות עם המשמעות של Latency.
הנחיות לתלמידים:

1. התחלקו לזוגות
2. בצד אחד של הכיתה עומד משתתף אחד, ובצד השני – הזוג שלו
3. צד א' מקבל כל פעם חלק אחד מפאזל וצריך להעביר אותו לצד ב'
4. צד ב' צריך להרכיב את החלקים ולהבין איזה איבר צריך לנתח
5. הקבוצה המנצחת היא זאת שזיהתה ראשונה את האיבר הרלוונטי!

[קישור לפאזלים](#)

מגבלות רפואה מרחוק

מה היה מאתגר במהלך הפעילות? מה היה יכול לעזור לכם לבצע את המשימה מהר יותר? בעקבות הדוגמאות שראינו והפעילות שהתנסינו בה, מה לדעתכם יכולים להיות המגבלות והאתגרים של ניתוחים מרחוק?

המגבלה העיקרית שאנחנו מכוונים לדבר עליה כאן היא ה-latency, העיכוב בזמן התגובה עד שהמידע עובר. בפעילות ראינו שזה חשוב, אבל תחשבו כמה אפילו יותר חשוב זה כאשר אנחנו מדברים על ניתוח שיכול להגיע למצבים של חיים או מוות, שבהם כל מאית שנייה יכולה להיות חשובה.

מגבלה חשובה נוספת היא הצורך בתשתית אמינה ויציבה. מה קורה אם מישהו היה נחסם בדרך? אם הרשת נפלה ולא מגיעה תקשורת בכלל באמצע ניתוח?

מגבלות נוספות לדבר עליהן בדיון בכיתה:

- איכות השידור והתקשורת תמיד תהיה פחות טובה מנוכחות פיזית
- עיכובים אפשריים בתקשורת (latency)
- צורך במציאת פתרונות יעילים מבחינה כלכלית

חלק 6 – אתגרים לעתיד וסיכום

בינה מלאכותית

תחום הרפואה הוא עקרונית אחד התחומים שיכול להיתרם במיוחד מהתפתחות הבינה המלאכותית. החוסר המתמיד באנשי צוות מיומנים, העומס הרב על הצוותים הקיימים, המחיר של כל טעות אנוש, העלויות הגבוהות של השירותים ומחסור בשירותים באזורים מרוחקים. כל אלה הופכים את התחום הזה תיאורטית לכזה שאמור להתמלא בפתרונות ושירותים מבוססי בינה מלאכותית.

אז מדוע אנו לא רואים התקדמות כזו בתחום הרפואה יחסית לתחומים אחרים? מדוע יש מעט מוצרים מבוססי בינה מלאכותית בשימוש, וגם אלה מבצעים פעולות יחסית פשוטות עבור הרופאים ולא מצליחים עדיין להגיע להצלחה מסחרית? האמת היא שישנם חסמים רבים לשילוב בהצלחה של פתרונות מבוססי בינה מלאכותית ברפואה, חלקם קשורים לפיתוח המוצר, אחרים לרגולציה של המוצרים ועוד להיבטים משפטיים ופרטיות המידע.

חסמים עיקריים הם למשל ענייני רגולציה, בטיחות השימוש, פרטיות המידע וקבלת אחריות על הטיפול ותוצאותיו.

רגולציה – השימוש בבינה מלאכותית ברפואה חייב לעמוד בתקנות מחמירות שנקבעות בהתאם לרמת הסיכון למטופל. ככל שהמערכת פועלת באופן עצמאי יותר, כך נדרשות בדיקות קפדניות יותר, כולל ניסויים קליניים בבתי חולים. מערכות המסייעות לרופאים (ללא קבלת החלטות עצמאית) נחשבות לפחות מסוכנות, אך עדיין מחויבות להוכיח אמינות.

בטיחות – על מערכות רפואיות אוטומטיות להבטיח בטיחות גבוהה, כיוון שכשל בזמן אמת עלול לגרום לנזק למטופלים. גם מערכות בסיכון נמוך חייבות להוכיח שהן אמינות ונטולות תקלות לפני שהן מאושרות לשימוש.

פרטיות – בינה מלאכותית רפואית מבוססת על נתונים רפואיים פרטיים, המחייבים הגנה מחמירה בהתאם לתקנות. כדי להשתמש במידע כזה, יש צורך בהסכמים עם בתי חולים ועמידה בתקני פרטיות מחמירים.

אחריות – כאשר מערכת בינה מלאכותית מבצעת פעולה רפואית שגויה, עולה שאלה משפטית ומוסרית: מי אחראי לטעות – הרופא, בית החולים או החברה שפיתחה את המערכת? סוגיה זו טרם הוסדרה בחקיקה ובמערכת המשפט, מה שיוצר אי-ודאות משפטית שמקשה על אימוץ טכנולוגיות אלו.

למערכות בינה מלאכותית אוטונומיות יש פוטנציאל גדול לשיפור תוצאות הטיפול ויעילות העבודה, אך נדרשת עבודה רבה להתמודדות עם האתגרים הללו כדי להבטיח אימוץ בטוח ויעיל של הטכנולוגיה בתחום הרפואי.

סיכום ביניים

על מה דיברו עד עכשיו:

- דיברנו על ניתוחים לפרוסקופיים ועל אפשרויות לניתוח מרחוק.
- חשבנו על המגבלות של רפואה מרחוק, כולל פער הזמנים ה-latency שיכול להיות בעל השפעה קריטית.
- זיהינו את הפוטנציאל של בינה מלאכותית ואת האתגרים העומדים בדרכה.

פעילות

מטרת הפעילות: סיכום הנושא על ידי דיון אינטרקטיבי, הבחנה בין הרמות השונות של רפואה מרחוק וההבדל ביניהן ברמת הפתיחות של אנשים אליהן.

הנחיות: הכינו שני שלטים, על אחד כתוב "כן" ועל השני "לא". הציבו אותם בקצוות מנוגדים של הכיתה.

בהתבסס על הנלמד עד כה, הציגו לתלמידים את כל אחת מהשאלות ובקשו מהם לעמוד במקום המתאים לדעתם. תנו אפשרות לכל צד להסביר את עמדתו. אפשרו לתלמידים לעבור צד במידה ושינו את דעתם. הציגו כל שאלה בנפרד ואפשרו דיון עליה.

1. נניח שיש לכם בעיה שמצריכה מומחה, ואין מומחה בסביבה. האם הייתם מעוניינים להתייעץ עם רופא מומחה מרחוק?
2. נניח שיש לכם בעיה שמצריכה מומחה, ואין מומחה בסביבה. האם הייתם מעוניינים להתייעץ עם בינה מלאכותית?
3. נניח שיש לכם בעיה שמצריכה ניתוח על ידי מומחה, ואין מומחה בסביבה. האם הייתם מעוניינים שמומחה יבצע בכם ניתוח מרחוק? (יהיה נוכח רופא שמשגיח בחדר)

בשאלה השניה אפשר להרחיב – האפשרות השניה היא לטוס טיסה של שעות רבות בשביל לבצע את הניתוח. מדובר במקרה יחסית דחוף.

בסיכום הפעילות התייחסו להבדל בין המקרים, למה אנשים לא הצביעו אותו הדבר על השאלות. שאלו את התלמידים – איזה אמצעי ביטחון היה גורם לכם להרגיש יותר בטוחים?

סיכום

בחזרה לסיפור על הרופא מאנטרקטיקה, איך הייתם מציעים להתמודד עם הבעיה שלו כיום?

תשובות אפשריות:

- לדאוג להתקין בתחנת המחקר מערכת לניתוח מרחוק
- לקיים במקביל שיחת זום עם רופא מומחה שידריך את המלווים במהלך הניתוח וישגיח על הנעשה
- שימוש בחיישנים ומערכות שהיו יכולות לעקוב אחר מצבו הרפואי בזמן אמת ולשלוח את המידע לרופא מומחה

איך ייראה העתיד של התחום?

- שילוב הולך וגובר של בינה מלאכותית
- דגש על אבטחת מידע ופרטיות
- אינטגרציה עם מכשירים חכמים ביתיים
- שיפור מתמיד באיכות התקשורת והווידאו

בהמשך למה שדיברנו עליו היום, איזו שאלה נשארה לכם פתוחה?

על איזה נושא הכי מסקרן אתכם לשמוע עוד?

עוררו דיון עם התלמידים בכיתה, עודדו אותם לקרוא עוד על נושאים שעניינו אותם.

בהצלחה!