

גינקולוגיה, מיילדות ופוריות - נולדים מחדש במהפכה הדיגיטלית

תקציר

בשנים האחרונות חלה התקדמות דרמטית ביישום בינה מלאכותית ברפואת נשים, מיילדות ופוריות. הבינה המלאכותית, הכוללת שיטות כמו למידת מכונה, למידה עמוקה ומודלי שפה גדולים, משנה את האופן שבו נאספים, מנותחים ומיושמים נתונים קליניים.

תחום עיבוד התמונה, ובעיקר יישומי למידה עמוקה, מאפשר שיפור בזיהוי מומים בעוברים בבדיקות אולטרסאונד (US), סיווג איכות עוברים בטיפולי פוריות, וזיהוי מוקדם של פתולוגיות גינקולוגיות. שילוב מערכות בינה מלאכותית במיומנות הקלינית מביא לשיפור הדיוק האבחנתי, במיוחד בתחומי הדימות והפתולוגיה, תוך הפחתת שיעור תשובות חיוביות כוזבות בממצאי דימות ובבדיקות פתולוגיות. עם זאת, הבינה המלאכותית מהווה כלי מסייע בלבד, ואינה מחליפה את שיקול הדעת הרפואי או את הסטנדרטים האבחנתיים המקובלים.

במקביל, פיתוח מודלים מבוססי למידת מכונה מאפשר חיזוי סיבוכי היריון, הצלחת טיפולים אונקולוגיים בגינקולוגיה ועוד. יתרונם של מודלים אלו מקורו ביכולת להסביר את תהליך קבלת ההחלטות, דבר המגביר את היתכנות הטמעתם הקלינית.

מודלי שפה גדולים תורמים לניתוח תיקים רפואיים, לסיכום מחקרים ולסיוע בהחלטות קליניות, אם כי קיימות מגבלות בשימוש בשפות שאינן אנגלית. טכנולוגיות מציאות רבודה מציעות אפשרויות חדשות לשיפור חוויית המטופלת, בהפחתת כאב וחרדה בפרוצדורות רפואיות.

למרות הפוטנציאל הרב בתחום זה, קיימים עדיין אתגרים משמעותיים בהטמעת בינה מלאכותית ברפואה, לרבות סוגיות של פרטיות ואבטחת מידע, בעיות דיוק ואמינות המודלים, והצורך בהסדרה רגולטורית מותאמת. מדינת ישראל, בזכות מערכת בריאות מתקדמת אך עמוסה ושיעורי ילודה גבוהים, ניצבת בעמדה ייחודית להובלת התחום ברמה העולמית. חקר היכולות והמגבלות של הכלים החדשים יאפשר יישום מושכל, בטוח ויעיל, תוך קידום רפואת נשים מותאמת אישית ושיפור ניצול משאבי הבריאות הציבוריים. מטרת סקירה זו היא לבחון את האופן שבו מוטמעים כלים מבוססי בינה מלאכותית ברפואת נשים, מיילדות ופוריות יחד עם האתגרים הצפויים כתוצאה משינויים אלו.

מילות מפתח: מיילדות; גינקולוגיה; בינה מלאכותית; נתוני עתק.

Keywords: Obstetrics; Gynecology; Artificial Intelligence (AI); Big data.

הקדמה

לזהות דפוסים מורכבים מתוך הדאטה. יכולת זו הופכת אותה לכלי מרכזי בעיבוד תמונה, זיהוי דיבור וניתוח נתונים רפואיים מורכבים [3].

רפואת נשים היא תחום ייחודי שבו משולבים פרוטוקולים קליניים סדורים עם ניהול מורכב של תהליכים דינמיים בזמן אמת, דוגמת מעקב היריון ולידה. התחום נשען רבות על עיבוד מידע חזותי, נתונים רציפים, אינטראקציה עם מערכות ניטור, ושימוש גובר בטכנולוגיות. השילוב בין נפח פעילות גבוה, עומס מערכת הבריאות, וריבוי נתונים רפואיים ממוחשבים הופך את רפואת הנשים לקרקע פורייה במיוחד ליישום בינה מלאכותית. בנוסף, התחום כולל גם מרכיבים כירורגיים,

בשנים האחרונות אנו עדים למהפכה טכנולוגית שמעצבת מחדש את הרפואה. כלי הבינה המלאכותית משתלבים בעבודה הקלינית, בעיקר בתחומי הדימות, הפתולוגיה והרפואה המותאמת אישית, וגם בישראל ניכרת פעילות מחקרית ענפה בתחום [1].

בינה מלאכותית היא מונח כולל לשיטות כמו למידת מכונה, למידה עמוקה ומודלי שפה - כולן מתבססות על נתונים לצורך חיזוי או סיווג ללא צורך בהוראות תכנות מפורטות [2]. למידה עמוקה עושה שימוש ברשתות נוירונים מלאכותיות בעלות שכבות רבות, שמסוגלות

למידת מכונה:

חיזוי סיבוכים והצלחת טיפולים

למידת מכונה היא שם כולל לאלגוריתמים המשתמשים בכמות נתונים גדולה לצורך חיזוי תוצאים. יתרונה המרכזי, לעומת שיטות מורכבות יותר כגון למידה עמוקה, הוא ביכולתה להסביר את תהליך קבלת ההחלטות – כלומר, להציג אילו משתנים תרמו לתחזית. תכונה זו תורמת רבות להגברת האמון במערכת ולפוטנציאל להשתלבות בפרקטיקה הקלינית. יישומים עדכניים כוללים חיזוי סיבוכי היריון ולידות קיסריות דחופות, חיזוי הצלחת טיפולים שמרניים בגינקולוגיה, ותמיכה בהחלטות ברפואת פוריות, תוך שימוש בעצי החלטה ובמודלים סטטיסטיים.

מיילדות: מחקרים עדכניים הדגימו שימוש בלמידת מכונה לאיתור סיכון לסיבוכי היריון (כגון לידה מוקדמת, רעלת היריון וסוכרת היריון). במחקר שכלל כ-100,000 לידות בהדסה, פיתחנו מודלים לחיזוי צורך בניתוח קיסרי דחוף,

- **הבינה המלאכותית משנה את רפואת הנשים: כלי בינה מלאכותית כמו למידת מכונה, עיבוד תמונה ומודלי שפה גדולים נכנסים בעוצמה לעולם הגינקולוגיה, המיילדות והפוריות – ומשפרים יכולת אבחנה, טיפול, ניבוי תוצאים וניהול מידע רפואי.**

- **שימוש מושכל וזהיר נדרש: לצד הפוטנציאל הגדול, קיימים אתגרים משמעותיים ביישום – כולל סוגיות של פרטיות, אמינות המודלים, סיכוני הטיה בהחלטות קליניות, והצורך להסביר החלטות שנעשות על ידי האלגוריתמים.**

- **מדינת ישראל נמצאת בעמדה ייחודית להובלה עולמית: בשל מערכת רפואית מתקדמת אך עמוסה ושיעורי ילודה גבוהים, לישראל יש פוטנציאל בולט להפוך למובילה עולמית במחקר ופיתוח של יישומי בינה מלאכותית ברפואת נשים, מיילדות ופוריות.**

תוך שימוש בנתונים שנאספו לפני הלידה ובמהלכה. דיוק המודל (AUC) השתפר מ-0.817 בתחילת הלידה ל-0.932 בסיומה [13]. מחקרים נוספים הראו תוצאות דומות [14]. בעבודות אחרות הראינו כיצד למידת מכונה מאפשרת חיזוי תוצאים עובריים חמורים [15], הצלחת לידה נרתיקית לאחר ניתוח קיסרי [16] ועוד.

גינקולוגיה: יורמן וחב' [17] פיתחו עץ החלטה לחיזוי הצלחת טיפול שמרני בהיריון חוץ רחמי, בהתבסס על סימפטומים, ממצאי אולטרסאונד (US/על-שמע) ו-bHCG עם דיוק של 92%. בגינקולוגיה אונקולוגית, מודל שנבנה מנתונים של 64 מטופלות (דמוגרפיה, על-קול ובדיקות גנטיות) חזה הישרדות ללא התקדמות ממאירות שחלתית עם AUC של 0.92 [18].

פוריות: בראודה וחב' [19] הראו כי למידת מכונה יכולה לנבא הצלחת שימור פוריות: המודל התבסס על נתונים

אבחוניים ומניעתיים – אשר מאפשרים בחינה רחבה של מגוון יישומים, החל מחיזוי תוצאים, דרך קבלת החלטות בזמן אמת, ועד לתמיכה בהתמחויות ובחינוך רפואי. מאמר סקירה זה יתמקד בחידושים בבינה מלאכותית ברפואת נשים יחד עם האתגרים שהם מציבים בפני הצוותים המטפלים.

יישומים קליניים של למידה עמוקה במיילדות, גינקולוגיה ופוריות

מיילדות: למידה עמוקה מהווה כלי חשוב בזיהוי מומים מבניים בעל-קול טרום-לידתי, בעיקר מומי לב עובריים. אתיילה וחב' [4] דיווחו, כי מודל שפיתחו זיהה מומים אלה ברגישות של 91% לעומת 55% בקרב רופאים, ובסגוליות של 78% לעומת 71%, אך עם שיעור תוצאות חיוביות שגויות (כוזבות) גבוה. המודל גם שיפר את ביצועי הרופאים כאשר היה מדויק, אך הפחית את דיוקם כאשר שגה, דבר המדגיש את הצורך בשילוב זהיר בין AI לשיקול דעת קליני. במחקר נוסף נמצא, כי גם כשדיוק הרופאים השתפר בעזרת המודל (מ-0.844 ל-0.865), טעויות של המודל הובילו לירידה בדיוק הרופאים (מ-0.761 ל-0.693) [5], דבר המדגיש את הצורך בשילוב זהיר בין אלגוריתמים לאנשי מקצוע. דרוקר [6] מדגיש כי אף בעידן טכנולוגי מתקדם, איתור מומי לב עובריים נותר אתגר. על כן יש להיזהר מפני תלותיתר במודלים לא-שקופים ולפתח אינטראקציה מושכלת בין רופאים לבינה מלאכותית.

גינקולוגיה: בינה מלאכותית יושמה בהצלחה בזיהוי ממצאים גינקולוגיים שונים. אחמד וחב' [7] פיתחו אלגוריתם לסיווג איכות תמונות צוואר הרחם שהדגים רגישות של 92% ודיוק של 94%. סקירה של מורו וחב' [8] כללה 59 מחקרים שהתמקדו באבחון מגוון מצבים באולטרסאונד, והראתה דיוק גבוה בזיהוי שרירים (AUC של 0.95–0.998) ובינוני לממצאים בשחלות (0.885–0.97), לעומת דיוק נמוך במיוחד באבחון אדנומיוזיס (0.51). שרסתה וחב' [9] סקרו מחקרים על שאתות גינקולוגיות, והראו כי המודלים הצליחו בזיהוי שאתות שחלתיות, אך הדיוק בשאתות רחמיות וצוואריות היה משתנה ותלוי בפרוטוקול הדימות. עם זאת, רוב המחקרים נערכו באוכלוסיות נבחרות, ללא קוד פתוח וללא אחידות בפרוטוקולים, דבר המקשה על תיקוף חיצוני והכללה. לזין וחב' [10], פיתחו מודל למידה עמוקה שזיהה בדיוק את שלבי ניתוח כריתת רחם – כלי שיכול לתרום לפיתוח תחום "בינה ניתוחית".

פוריות: ברפואת פוריות לעיבוד תמונה תפקיד חשוב. באמצעות אלגוריתמים של בינה מלאכותית ניתן לסווג זרע, ביציות ואף עוברים באופן מדויק יותר מהסיווג הנעשה על ידי עובדי המעבדה [11]. ז'יאנג וחב' [12] הראו כי שילוב מאפייני מטופלת, הורמונים ונתוני זרע איפשר חיזוי אנאפולואידיות (AUC של 0.71) בהשוואה ל-PGT-A ב-699 עוברים במחקרים אלו ואחרים, מצביעים על פוטנציאל מבטיח, אך גם על מגבלות בדיוק הקיים.

הטיפולית.

מחקרים ראשוניים מצביעים על פוטנציאל ליישום טכנולוגיה זו להקלת כאב וחרדה. במחקר אקראי בקרב 60 יולדות, השימוש במציאות רבודה הפחית משמעותית כאב (VAS ממוצע 2.97 לעומת 6.22) וחרדה [24]. במחקר אחר, בנשים שעברו היסטרוסקופיה, נצפתה ירידה משמעותית במדדי כאב במהלך הפרוצדורה ולאחריה, אך ללא שינוי במדדי עקה (סטרס) מדווחת [25]. במחקר פיילוט ישראלי בקרב חולות סרטן שד או שחלות, תוכנית מציאות רבודה בשילוב בינה מלאכותית הפחיתה גלי חום ושיפורה מדדי חרדה, דיכאון ואיכות שינה [26]. לעומת זאת, במחקר על 134 נשים שעברו הידרוסלפלינגוגרפיה, לא נצפה הבדל בעוצמת הכאב לעומת טיפול רגיל [27]. בשל המדגמים הקטנים, נדרשים מחקרים רחבים לאימות הממצאים.

אתגרים ביישום מודלי בינה מלאכותית

שיתוף מידע וניהול נתונים רבי-מרכזי: פיתוח מודלי בינה מלאכותית מחייב גישה למאגרי נתונים גדולים (Big Data), אך בנייתם ותחזוקתם דורשות תשתיות יקרות וייעודיות. במרכזים רפואיים קטנים, נפח המידע הקליני מוגבל, ולכן שיתופי פעולה בין מוסדות רפואיים חיוניים. במחקר שערכנו, הראינו כי ניתן לאמן מודל בבית חולים גדול ולהפעילו על מוסד קטן יותר, תוך ביצוע התאמות. כך, מודל לחיזוי ניתוח קיסרי חירום שאומן על 100,000 לידות בהדסה ($AUC = 0.86$) הועתק לסורוקה (60,000 לידות) עם ירידה קלה בדיוק ($AUC = 0.84$). עם זאת, הבדלים בתיעוד הקליני, כגון מידת גובה ראש העובר, הבהירו את חשיבות ההתאמה לסביבה המקומית ואת הצורך בתיקוף חיצוני [28].

אתיקה, אמן והסבר תחזיות

חלק מהמודלים שתוארו לעיל סובלים מבעיות דיוק ואמינות, ולכן השימוש בהם בקבלת החלטות קליניות מחייב פיקוח הדוק. מודלים מבוססי למידה עמוקה, כגון מודלי שפה, פועלים כ"קופסה שחורה" ואינם מאפשרים שחזור של תהליך קבלת ההחלטות. מודלים ניתנים להסבר (Explainable AI) מאפשרים לרופאים להבין את שיקולי המערכת ולבחור אם לאמץ את התחזית. גם כאשר האלגוריתם אינו שקוף לחלוטין, הבנת תוצאי המודל ובחינתם הקלינית עשויים לגשר על פערי האמון. **פרטיות, סודיות רפואית ואבטחת מידע:** שמירה על פרטיות המטופלים מהווה אתגר מרכזי בהטמעת מודלים של בינה מלאכותית, המחייבים גישה למידע רפואי אישי. סוגיות של אבטחת מידע, שימוש בלתי מורשה וניצול לרעה של מאגרי נתונים מעוררות חשש ממשי. לכן, מחקר רפואי בתחום זה חייב להתבצע בכפוף לסטנדרטים מחמירים ובפיקוח ועדות אתיקה מוסדיות, על מנת להבטיח הגנה על סודיות המידע הרפואי.

הסדרה ותקנון: הסדרת השימוש בבינה מלאכותית בישראל נמצאת בשלבי גיבוש. בדצמבר 2023 פרסמו

הזמינים בתחילת הטיפול ומנבא את מספר הביציות הבוגרות שנאספו במהלך הטיפול עם שטח מתחת לעקומה אופיינית למסווג שבין 0.65-0.79 של עץ החלטה מסוג Random Forest. שימוש בנתונים הנאספים במהלך הטיפול העלה משמעותית את שיעור הדיוק של המודל עם שטח מתחת לעקומה אופיינית למסווג של 0.78-0.92. במחקר אנגלי שכלל 113,873 נשים בטיפולי IVF, פותחו שני מודלים (טרנס-טיפול ובמהלך טיפול) לניבוי לידת חי לאחר שישה מחזורים, עם Concordance index של 0.73 ו-0.72 בהתאמה [20]. ממצאים אלו מדגימים את יכולת הבינה המלאכותית לתמוך ברפואה מותאמת אישית בתחום הפוריות.

מודלי שפה (LLMs - Large language models) - סיכום תיקים ותמיכה בהחלטות

ההתפתחות המשמעותית ביותר בבינה מלאכותית בשנים האחרונות מגיעה מתחום השפה. מודלים אלו מסוגלים לנתח טקסטים חופשיים מתוך רשומות רפואיות ולהמיר דאטה לא-מובנה לידע קליני שמיש. הם מבוססים על רשתות נוירונים עמוקות המאומנות על כמויות עצומות של טקסט, ומיועדים לזהות דפוסים, להבין הקשרים ולייצר טקסט דמוי-אדם.

מודלי שפה אלו (LLMs) משמשים כיום לניתוח תיקים רפואיים, סיכום מחקרים, סיוע באבחון, הפקת דוחות אוטומטיים, תקשורת עם מטופלים וצמצום עומס תיעוד קליני [21]. רמת הדיוק שלהם משתנה, אך ממצאים עדכניים מצביעים על פוטנציאל גבוה: במחקר על GPT-3.5, הרופאים העדיפו את סיכומיו לשיחות רופא-מטופל על פני קריאה אנושית מבחינת סגנון ובהירות, גם אם הציונים האוטומטיים לא שיקפו עליונות זו [22].

עם זאת, מרבית הפיתוחים בשפה האנגלית. סקירות בתחום בריאות הנפש מצביעות על מחסור במודלים ומאגרים בשפות אחרות, במיוחד בעברית [23]. בנוסף, קיימת תופעת "הזיות" (hallucinations) - הפקת מידע שגוי באופן שנשמע אמין - העלולה להוביל להסקת מסקנות שגויות או לתיעוד קליני לא מדויק. על מנת לבנות מודלי שפה בשפה העברית יש צורך בבניית מסדי נתונים גדולים המכילים טקסט חופשי יחד עם נתונים קליניים - אתגר המצריך תשתיות משמעותיות ויקרות. לכן, חשוב לשלב את מודלים אלו בזהירות, תוך פיתוח מנגנוני בקרה. נדרשת השקעה ייעודית בפיתוח מאגרי מידע רפואיים בעברית, ובשיתופי פעולה בין האקדמיה, מערכת הבריאות והתעשייה.

מציאות רבודה: חוויית טיפול משופרת באמצעות טכנולוגיה

מציאות רבודה עושה שימוש בחיישנים, מצלמות וחומרה ייחודית ליצירת מציאות חלופית, המאפשרת ניתוק המטופלת מגירויים שליליים ושיפור החוויה

אישית, לפי רמת המתמחה וקצב התקדמותו [30].

לסיכום

זרועות הבינה המלאכותית משתרעות כיום על פני כלל תחומי המחקר והקליניקה ברפואת נשים. העבודות שהוצגו לעיל מייצגות רק חלק קטן ממגמה מתפתחת, הצפויה להתרחב בשנים הקרובות לצד ההתקדמות הטכנולוגית המואצת בתחום. היכרות עם עקרונות הבינה המלאכותית חיונית לצוותים הרפואיים, לנוכח כניסת הכלים הללו למערך האבחון, ההחלטה והניתוח. מאפייניה הייחודיים של מערכת הבריאות בישראל – טכנולוגיה מפותחת, שיעורי ילודה גבוהים ועומס טיפולי – מציבים אותה בחזית המחקר והיישום.

למידה מעמיקה של יכולות הכלים ומגבלותיהם תאפשר הטמעה אחראית, שתשפר את בטיחות הטיפול, תאפשר רפואה מותאמת אישית, ותייעל את השימוש במשאבי המערכת הציבורית. עם זאת, יש להכיר גם באתגרים ובסכנות האפשריות, ולבחון באופן שוטף את השפעתם של כלים אלו על הפרקטיקה הקלינית והמחקרית. העתיד צפוי להביא עמו טכנולוגיות נוספות, שיחייבו את דור הרופאים הבא להסתגלות מקצועית חדשה ולכלים קוגניטיביים מתקדמים.

מחבר מכותב: ישי סומפולינסקי

דוא"ל: ysompo@hadassah.org.il

משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה ומשרד המשפטים מסמך מדיניות הכולל עקרונות רגולציה – בהם התאמה לרמת הסיכון, שקיפות, אחריותיות, והתאמה לתקנות בין-לאומיות [29]. המסמך מדגיש רגולציה ענפית וגמישה, המגיבה להתפתחויות טכנולוגיות. במקביל, משרד הבריאות הקים ועדת חדשנות לקידום הטמעה אחראית של טכנולוגיות רפואיות, במטרה למצב את ישראל כמובילה עולמית בתחום.

ניתוח מגמות במחקר ובספרות: בשנים האחרונות חלה עלייה ניכרת בפרסומים העוסקים ביישומי בינה מלאכותית במיילדות, גינקולוגיה ופוריות. מגמה זו מצביעה על פוטנציאל טכנולוגי משמעותי, אך גם על פערים בולטים בספרות. מודלים זהים מדווחים לעיתים על ביצועים סותרים, גם כאשר שאלות המחקר דומות – תוצאה של שונות גבוהה באוכלוסיות (מרכזים שלישוניים מול קהילה, סיכון גבוה מול רגיל), הבדלים בשיטות מחקר, תוצאים וקריטריונים להכללה. בנוסף, מחקרים רבים מבוססים על קבוצות קטנות או לא מייצגות, ללא תיקוף חיצוני או השוואה עקבית בין מודלים.

הספרות מתאפיינת גם במחסור במחקרים פרוספקטיביים ומעט מאוד עבודות עברו תיקוף באוכלוסיות או מדינות אחרות. מגבלות אלו פוגעות בהכללה הקלינית ומדגישות את הצורך במחקרים רב-מרכזיים, תשתיות נתונים תקינות ושיטות ניתוח אחידות. בתחום החינוך הרפואי יש גם מחקרים ראשוניים ביישומי בינה מלאכותית. במחקר שכלל 32 מתמחים ברפואת נשים, שימוש במערכת מבוססת בינה מלאכותית לשיפור מיומנות בסקירת אולטרסאונד (על-שמע) הפחית את מספר סבבי ההכשרה ושיפר את איכות התמונה. אף שמודלי שפה טרם מהימנים דיים להחלפת ידע קליני, הם עשויים לשמש בסיס לבניית תוכניות למידה מותאמות

ביבליוגרפיה

- Rosen-Zvi M, Friedman N, Ben Yehuda D. Ai-Based Health and Biological Sciences: An Opportunity For Israeli Leadership. Harefuah. 2024 Nov;163(10):663-667.
- Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the Future - Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. N Engl J Med. 2016 Sep 29;375(13):1216-9.
- Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, et al. A guide to deep learning in healthcare. Nat Med. 2019 Jan;25(1):24-29.
- Athalye C, van Nesselrooij A, Rizvi S, et al. Deep-learning model for prenatal congenital heart disease screening generalizes to community setting and outperforms clinical detection. Ultrasound Obstet Gynecol. 2024;63:44-52.
- Day TG, Matthew J, Budd SF, et al. Interaction between clinicians and artificial intelligence to detect fetal atrioventricular septal defects on ultrasound: how can we optimize collaborative performance? Ultrasound Obstet Gynecol. 2024 Jul;64(1):28-35.
- Drukker L. The Holy Grail of obstetric ultrasound: can artificial intelligence detect hard-to-identify fetal cardiac anomalies? Ultrasound Obstet Gynecol. 2024;64(1):5-9.
- Ahmed SR, Befano B, Egemen D,

- et al.* Generalizable deep neural networks for image quality classification of cervical images. *Sci Rep.* 2025;15(1):6312.
8. *Moro F, Giudice MT, Ciancia M, et al.* Application of artificial intelligence to ultrasound imaging for benign gynecological disorders: systematic review. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2025;65(3):295-302.
 9. *Shrestha P, Poudyal B, Yadollahi S, et al.* A systematic review on the use of artificial intelligence in gynecologic imaging - Background, state of the art, and future directions [Review]. *Gynecol Oncol.* 2022;166(3):596-605.
 10. *Levin I, Rapoport Ferman J, Bar O, et al.* Introducing surgical intelligence in gynecology: Automated identification of key steps in hysterectomy. *Int J Gynaecol Obstet.* 2024;166(3):1273-1278.
 11. *Jiang VS, Bormann CL.* Artificial intelligence in the in vitro fertilization laboratory: a review of advancements over the last decade [Review]. *Fertil Steril.* 2023;120(1):17-23.
 12. *Jiang VS, Kandula H, Thirumalaraju P, et al.* The use of voting ensembles to improve the accuracy of deep neural networks as a non-invasive method to predict embryo ploidy status. *J Assist Reprod Genet.* 2023;40(2):301-308.
 13. *Guedalia J, Lipschuetz M, Novoselsky-Persky M, et al.* Real-time data analysis using a machine learning model significantly improves prediction of successful vaginal deliveries. *Am J Obstet Gynecol.* 2020;223(3):437.e1-437.e15.
 14. *Wong MS, Wells M, Zamanzadeh D, et al.* Applying Automated Machine Learning to Predict Mode of Delivery Using Ongoing Intrapartum Data in Laboring Patients. *Am J Perinatol.* 2024 May;41(S 01):e412-e419.
 15. *Guedalia J, Sompolsky Y, Novoselsky Persky M, et al.* Prediction of severe adverse neonatal outcomes at the second stage of labor using machine learning: a retrospective cohort study. *BJOG.* 2021;128(11):1824-1832.
 16. *Lipschuetz M, Guedalia J, Rottenstreich A, et al.* Prediction of vaginal birth after cesarean deliveries using machine learning. *Am J Obstet Gynecol.* 2020;222(6):613.e1-613.e12
 17. *Jurman L, Brisker K, Ruach Hasdai R, et al.* Enhancing decision-making in tubal ectopic pregnancy using a machine learning approach to expectant management: a clinical article. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2024;24(1):825.
 18. *Arezzo F, Cormio G, La Forgia D, et al.* A machine learning approach applied to gynecological ultrasound to predict progression-free survival in ovarian cancer patients. *Arch Gynecol Obstet.* 2022;306(6):2143-2154.
 19. *Braude I, Haikin Herzberger E, Semo M, et al.* Machine learning for predicting elective fertility preservation outcomes. *Sci Rep.* 2024;14(1):10158.
 20. *McLernon DJ, Steyerberg EW, Te Velde ER, et al.* Predicting the chances of a live birth after one or more complete cycles of in vitro fertilization: population based study of linked cycle data from 113 873 women. *BMJ.* 2016;355:i5735.
 21. *Tessler I, Wolfovitz A, Livneh N, et al.* Advancing Medical Practice with Artificial Intelligence: ChatGPT in Healthcare. *Isr Med Assoc J.* 2024;26(2):80-85.
 22. *Liu Y, Ju S, Wang J.* Exploring the potential of ChatGPT in medical dialogue summarization: a study on consistency with human preferences. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2024 Mar 14;24(1):75.
 23. *Malgaroli M, Hull TD, Zech JM, et al.* Natural language processing for mental health interventions: a systematic review and research framework. *Transl Psychiatry.* 2023 Oct 6;13(1):309.
 24. *Boyuk M, Citak Bilgin N.* Childbirth Journey Through Virtual Reality: Pain, Anxiety and Birth Perception: A Randomized Controlled Trial. *Res Nurs Health.* 2025;48(2):179-189.
 25. *Estadella Tarriel J, Perelló Capó J, Simó González M, et al.* Effectiveness of Virtual Reality in Reducing Pain and Stress During Office Hysteroscopy: A Randomized Controlled Trial. *Healthcare (Basel).* 2025;13(2):131.
 26. *Horesh D, Kohavi S, Shilony-Nalaboff L, et al.* Virtual reality combined with artificial intelligence (VR-AI) reduces hot flashes and improves psychological well-being in women with breast and ovarian cancer: a pilot study. *Healthcare (Basel)* 2022;10:2261.
 27. *Rosielle K, van Haaps AP, Kuijper EAM, et al.* No pain relief by virtual reality during hysterosalpingography (HSG): results from a randomized controlled trial. *Hum Reprod.* 2024;39(9):1987-1995.
 28. *Guedalia J, Lipschuetz M, Cohen SM, et al.* Transporting an Artificial Intelligence Model to Predict Emergency Cesarean Delivery: Overcoming Challenges Posed by Interfacility Variation. *J Med Internet Res.* 2021;23(12):e28120.
 29. משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה; משרד המשפטים. מסמך מדיניות - עקרונות מנחים לרגולציה של בינה מלאכותית [אינטרנט]. דצמבר 2023 [נצפה בתאריך: 19 ביולי 2025]. זמין בכתובת: https://www.gov.il/he/pages/ai_23
 30. *Morosky CM, Baecher-Lind L, Chen KT, et al.* Practical applications of artificial intelligence chatbots in obstetrics and gynecology medical education. *Am J Obstet Gynecol.* 2025 Jul;233(1):4-11.