

השפעת חשיפה להארה ממסך מחשב על
מבנה ואיכות השינה, מדדים פיזיולוגיים,
התנהגותיים, רגשיים וקוגניטיביים

עמית גרין

המכון לרפואת שינה אסותא

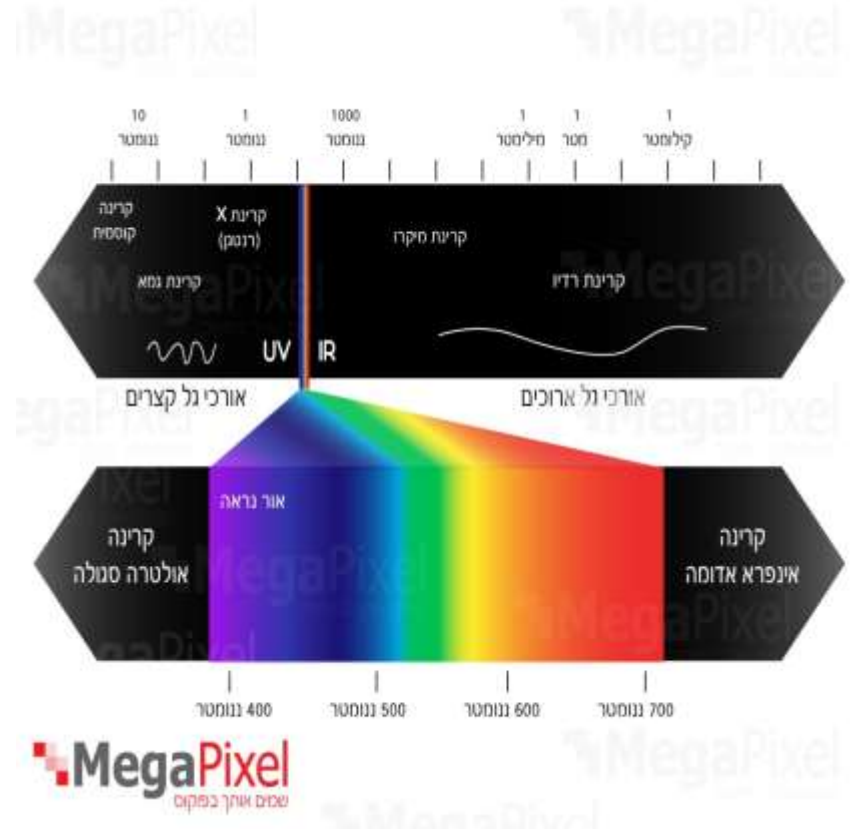
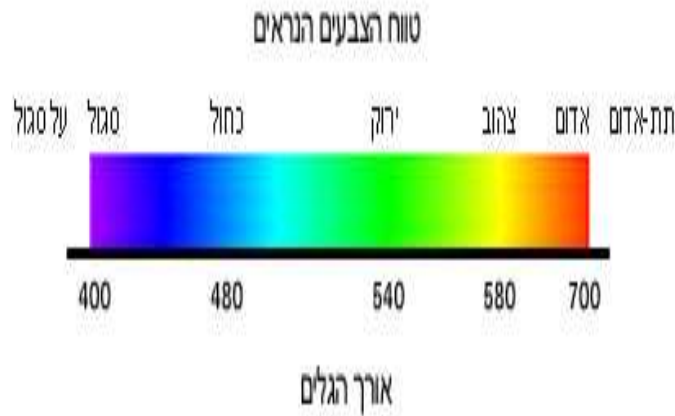
אוניברסיטת חיפה

איך הכל התחיל?

א בְּרֵאשִׁית, בָּרָא אֱלֹהִים, אֶת הַשָּׁמַיִם, וְאֶת הָאָרֶץ. ב וְהָאָרֶץ,
הִיְתָה תְהוֹ וְבָהוּ, וְחֹשֶׁךְ, עַל-פְּנֵי תְהוֹם; וְרוּחַ אֱלֹהִים,
מְרַחֶפֶת עַל-פְּנֵי הַמַּיִם. ג וַיֹּאמֶר אֱלֹהִים, יְהִי אֹר; וַיְהִי-
אֹר. ד וַיֵּרָא אֱלֹהִים אֶת-הָאֹר, כִּי-טוֹב; וַיַּבְדֵּל אֱלֹהִים, בֵּין
הָאֹר וּבֵין הַחֹשֶׁךְ. ה וַיִּקְרָא אֱלֹהִים לְאֹר יוֹם, וְלַחֹשֶׁךְ קִרָּא
לַיְלָה; וַיְהִי-עֶרֶב וַיְהִי-בֹקֶר, יוֹם אֶחָד.

מה אנחנו רואים?

צבע	תחום תדר (Hz)	תחום אורך גל (nm)
סגול	$7.5 \cdot 10^{14}$ - $6.7 \cdot 10^{14}$	400 - 450
כחול	$6.7 \cdot 10^{14}$ - $6 \cdot 10^{14}$	450 - 500
ירוק	$6 \cdot 10^{14}$ - $5.3 \cdot 10^{14}$	500 - 570
צהוב	$5.3 \cdot 10^{14}$ - $5.1 \cdot 10^{14}$	570 - 590
כתום	$5.1 \cdot 10^{14}$ - $4.9 \cdot 10^{14}$	590 - 610
אדום	$4.9 \cdot 10^{14}$ - $4 \cdot 10^{14}$	610 - 750



אור

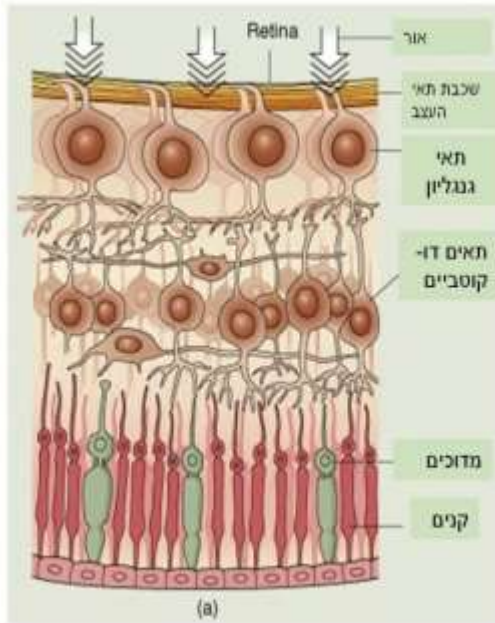


- אור השמש הוא סיגנל מאד יציב הניתן לניבוי בצורה מאד מדויקת וקבועה.
- אור השמש הוא צורך בסיסי לקיום ע"פ כדור הארץ.
- אור השמש משתנה במהלך היום
- אור בלילה הוא תופעה חריגה וחדשה בטבע.

כיצד משתנה אורך הגל במהלך היום?

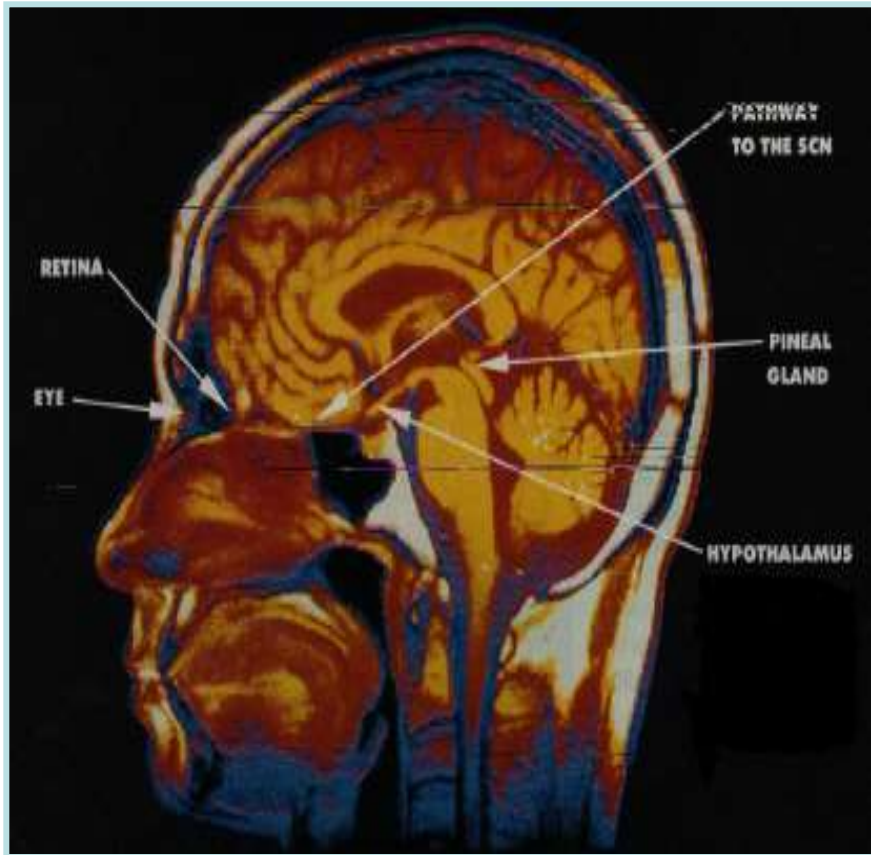


קליטת האור בעין



- בדומה לאוזן שהיא בעלת תפקיד כפול, לשמיעה ולשיווי משקל, גם לעין תפקיד כפול, הבא לידי ביטוי בפוטורצפטורים השונים, כאלה לראייה של צורות וצבעים וכאלה למדידת עוצמת האור וטיבו בסביבה. תפקיד זה שאיננו ראייתי אלא הוא במדידה של עוצמת האור קצר הגל בסביבה. כבר בשנות ה 90 של המאה הקודמת התגלה ברישתית סוג חדש של פוטו-רצפטור בעל תפקיד בהעברת המידע על כמות האור קצר הגל בסביבה ללא קשר למידע הויזואלי.

תפקיד האור בכיוון השעון הביולוגי



- למדידת מחזורי האור והחושך תפקיד חשוב בהתאמה ובכוון של השעון הביולוגי שבאדם הוא הצירקאדיאני יממתי לקוצב הזמן החיצוני (Zeitgeber) של מחזורי אור/חושך יומיים (24 שעות) המבטאים את סיבוב כדור הארץ סביב צירו.

- ביונקים המנגנון הפיזיולוגי המווסת ואחראי על מדידת כמות האור בסביבה מצוי בהיפותלמוס ובגרעינים הנמצאים מעל לתצלובת האופטית (suprachiasmatic nucleus) ה-SCN. מקצבים צירקאדיאנים. האות של מחזור אור/חושך מועבר מהרשתית ל-SCN דרך המסלול העצבי של Reretino-Hypothalamic Tract (RHT)

שאלת המחקר:

"האם חשיפה להארה מלאכותית בשעות החשכה מפריעה למחזורי היומיים לרבות מחזורי השינה והיקיצה ומשבשת תהליכים פיזיולוגיים וריגשיים אזי, חשיפה למסכי מחשב כתלות ב: עוצמה, אורך גל ומשך החשיפה יכולה לגרום לפגיעה באיכות ויעילות השינה, להפרעה במדדים פיזיולוגיים הקשורים למחזוריות של שינה וערות ולפגיעה תפקודית, רגשית ובריאותית בקרב בני-אדם".

מהו זיהום אור?

- ויקפדיה: זיהום האור הוא מונח כללי המתאר מספר מצבים, משמעותיים יותר ופחות, שהם על תקן זיהום סביבתי, או נזק לסביבה הנובע מאור. אור-מזהם הוא תוצר-לוואי של התרבות המודרנית-תעשייתית. הזיהום נובע מתאורה מלאכותית לקויה שאינה ממוקדת במטרתה בלבד וגורמת להפצת אור מיותר (ובכך גם לבזבוז אנרגיה), כגון תאורה ביתית, פרסומות, משרדים, אזורי תעשייה, תאורת רחוב, תאורת מגרשי ספורט וכדומה. זיהום האור בולט ובעייתי במיוחד באזורים העירוניים בארצות הברית, ביפן ובאירופה אך קיים למעשה לפחות בכל מדינה מתועשת או מרוכז באוכלוסייתה.

אור בלילה - גורם זיהום



- ארגון הבריאות האמריקאי (American Medical Association - AMA) הודעת החלטה בשנת 2012 הקובעת כי אור בלילה מהווה זיהום סביבתי מכיוון שהוא גורם לפגיעה במחזוריות היומית לרבות מחזורי הערות והשינה ומדכא הפרשה של מלטונין בלילה מבלוטת האצטרובל

השפעה של חשיפה לאור בלילה על השינה



- תוצאות מחקרים הראו כי חשיפה לאור בשעות הלילה גורמת לירידה בכמות המלטונין הנוצרת בבלוטה כתלות בזמן, בעוצמה ובסוג ההארה (Lewy et al., 1980).
- תוצאות מחקר שנערך במעבדת שינה הראו כי חשיפה לאור בשעות הלילה גורמת לדחייה של שעת השינה (Cajochen et al., 1998).
- חשיפה לאור בעוצמה חזקה בשעות הלילה השפיעה על איכות ויעילות השינה. כמו כן, הפחיתה במשך השינה העמוקה (SWS) וריבוי ההתעוררויות כתוצאה מחשיפה לתאורת לילה (Jounhong et al., 2013).

השפעה של חשיפה להארה ממסך מחשב



- מיליוני מחשבים, טאבלטים, טלוויזיות וסמארטפונים נמכרים מידי חודש ברחבי העולם, זמן השימוש במכשירים אלו נמצא בעליה מתמדת. אנשים נחשפים כיום לזמן רב לתאורה שמקורה במכשירים אלה ובכל שעות היום והלילה למסכים הפולטים אור קצר גל אם כמשתמשים אקטיביים או כמשתמשים פסיביים. תוצאות מחקרים קודמים מצאו כי מכשירים אלו פולטים אור קצר גל, היכול להשפיע על הפרשה של מלטונין ועל השינה. תוצאות מחקרים קודמים מצאו כי מכשירים אלו פולטים אור קצר גל, היכול להשפיע על הפרשה של הניורו-הורמון מלטונין ועל השינה

מחקרים בתחום של חשיפה למסכים וזיהום אור



- Cajochen (2011) מצא כי חשיפה במשך 5 שעות להארה בעוצמה של פחות מ 100 לוקס של מסך מחשב נייד הפחיתה את רמת המלטונין ופגעה בביצועים במטלה קוגניטיבית אך לא נבדקה ההשפעה על השינה במחקר.
- תוצאות של מחקרים נוספים מצאו כי חשיפה להארה של 2-4 שעות למסך טאבלט בעוצמה של 30-50 לוקס פגעה בהפרשת המלטונין הלילי ודחתה את שעת השינה (Chang et al., 2012 ; Wood et al., 2013) מחקרים אלו לא בדקו האם ירידה זו בהפרשה של מלטונין גרמה לפגיעה באיכות ומבנה השינה.

ניסוי מספר 1

נמוך כחול



• גבוה כחול



נמוך אדום



• גבוה אדום



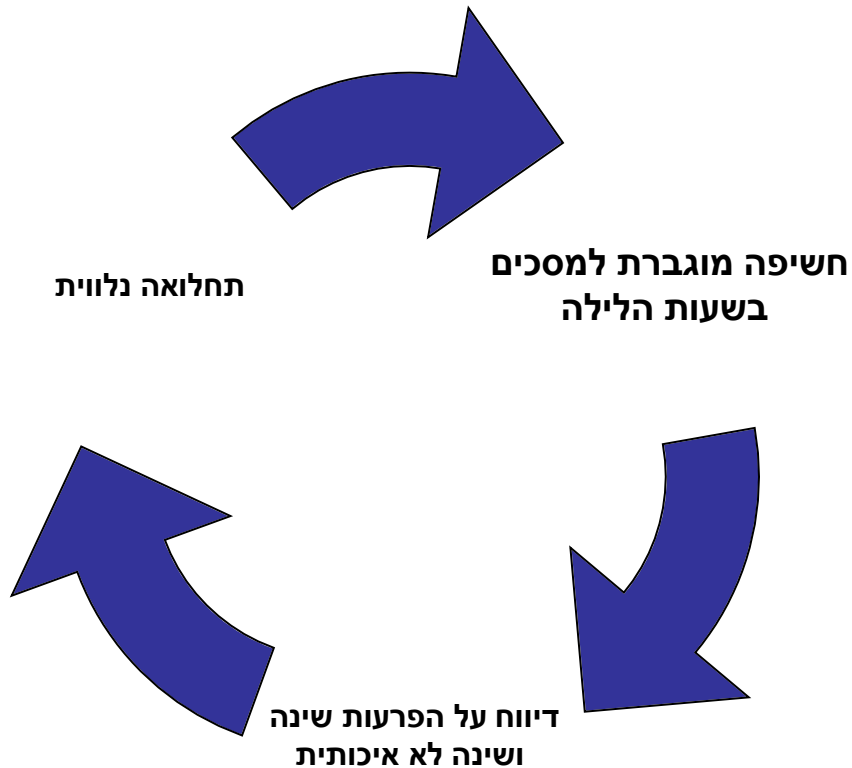
- האם חשיפה להארה בעוצמה נמוכה לעומת גבוהה ובאורך גל קצר לעומת אורך גל ארוך תהייה השפעה על מבנה ואיכות השינה כפי שתימדד בבדיקת שינה ומדדים פיזיולוגיים, התנהגותיים ורגשיים.

ניסוי מספר 2



- האם קיים הבדל בין חשיפה אקוטית (חד-פעמית) להארה של מסך מחשב לעומת חשיפה כרונית (רב פעמית) השפעה מזיקה משמעותית יותר על איכות השינה וכתוצאה מכך על מדדים תפקודיים ורגשיים ומדדים פזיולוגיים בהשוואה לחשיפה להארה של מסך חד-פעמית.

ניסוי מספר 3



- יבדוק בשיטה של מחקר שאלונים רטרוספקטיבי את השאלות האם לחשיפה למסכי מחשב יש השפעה על שכיחות מדווחת גבוהה יותר של הפרעות שינה ותחלואה נלווית. אני משער כי אנשים שידווחו על שימוש מוגבר במחשבים, טאבלטים וסמארטפונים ובפרט בשעות הערב והלילה ידווחו על שכיחות יתר של הפרעות שינה בהשוואה לנבדקים שידווחו על שימוש מועט. בנוסף, אני משער כי בקרב אלו שידווחו על חשיפה מוגברת להארה של מסכים תמצא שכיחות גבוהה של תחלואה כללית נלווית.

הליך מחקר:

צבע	תחום אורכי גל (בקירוב, בנומטרים)	תחום תדירויות (בקירוב, ב-10 ¹² הרץ)
תת-אדום	750-750-	400-400-
אדום	625-750	480-400
כתום	590-625	510-480
צהוב	565-590	530-510
ירוק	500-565	600-530
תכלת	485-500	620-600
כחול	440-485	680-620
סגול	350-440	800-680
על-סגול	350-	800-

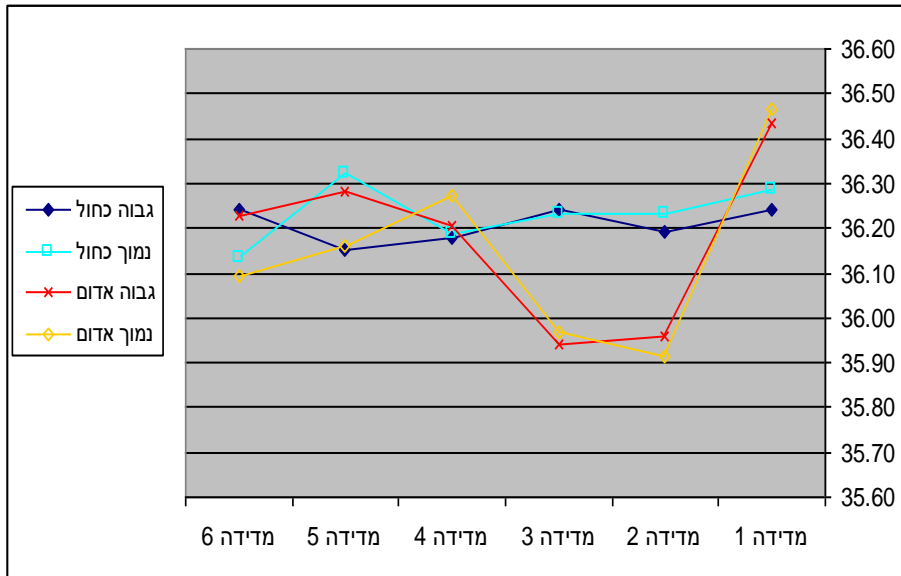


הליך: הנבדק יזומן לשעה 21:00 למכון השינה. הנבדק יתבקש להיכנס לחדר הניסוי שיהיה חשוך ולשבת מול מסך המחשב במשך שעתיים במרחק של כ-60 סמ' מהמסך ולבצע את המטלות שיוצגו על המסך בין השעות 21:00-23:00. בסיום 2 שעות החשיפה להארת מסך הנבדק יחובר למערכת בדיקת שינה ע"י טכנאי מיומן. טמפרטורת גוף ומלטונין בשתן ימדדו בשלוש מדידות בשעה 21:00, 23:00 ובסמוך לשעת ההירדמות. שלוש מדידות לאחר ההתעוררות 0, 60 ו-120 דק' לאחר ההתעוררות. לאחר הרכבת מערכת בדיקת שינה הנבדק יתבקש ללכת לישון ובבוקר הנבדק יושכם בשעת ההשכמה הקבועה. לאחר ההשכמה ולקייחת דוגמת שתן, לנבדק יינתנו 30 דקות להתארגנות ולהסרה של מערכת בדיקת השינה טרם ביצוע המטלות הבאות: מבחן CPT, שאלון מצב רגשי BSI ושאלון ESS להערכת מידת העייפות והישנוניות.

מה מודדים?

- מבחן CPT: מבחן קשב וריכוז Continuous Performance Test מבחן נזיר-פסיכולוגי ממוחשב מיועד לבדוק תפקודי קשב. בתחום אבחון הפרעת קשב והיפראקטיביות (ADHD) משמש מבחן CPT כדי להעריך את יכולת הקשב והריכוז המתמשך של הנבדק ואת יכולתו לעכב תגובות.
- שאלון BSI: Brief Symptom Inventory שאלון 48 היגדים שהנבדק צריך לדרג ומיועד להעריך את מצבו הרגשי של הנבדק.
- שאלון ESS: Epworth Sleepiness Scale שאלון מתוקף למדידה וכימות של מידת העייפות והישנוניות היומית.
- שאלון PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index שאלון מתוקף לאבחון הפרעות שינה.
- שאלון KSS: Karolinska Questionnaire שאלון מתוקף למדידת עייפות וישנוניות מצבית.

טמפרטורת גוף



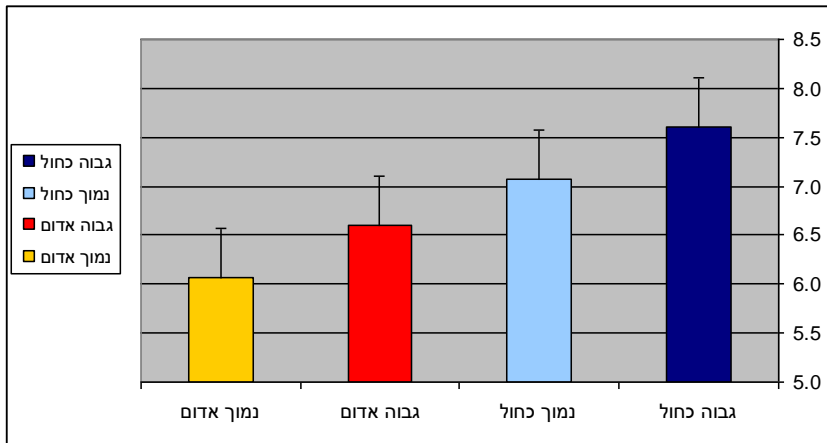
- תוצאות: הארה של מסך באורך גל קצר-כחול גרמה לשיבוש בירידה הנורמלית של עקומת הטמפרטורה. הארה של אור כחול גרמה להעדר הירידה הנורמלית בטמפרטורה בשעות הלילה בהשוואה לאור באורך גל ארוך-אדום.



תוצאות בדיקת שינה

אדום חלש	אדום חזק	כחול חלש	כחול חזק	
381.9	378.5	374.2	361.6	* TST
95.5	95.1	93.6	92.1	* יעילות שינה
4.7	6.9	7.5	12.5	* חביון שלב 1
7.3	10.2	11.6	15.9	* חביון שלב 2
81.5	79.5	84.4	80.7	חביון REM
390.7	387.4	387	378.2	TSP
9.3	9.3	10.5	10.1	*Sleep change Index
2.3	2.3	2.9	3	Awakening Index
4.5	4.9	6.4	7.8	* % TIB WAKE
4.5	4.9	6.4	7.8	% TIB REM
48.1	49.7	51.3	53.1	* %TIB Light SLEEP
28.9	27.9	23.8	20.3	*% TIB Deep Sleep

ESS – עייפות וישנוניות סוביקטיבית

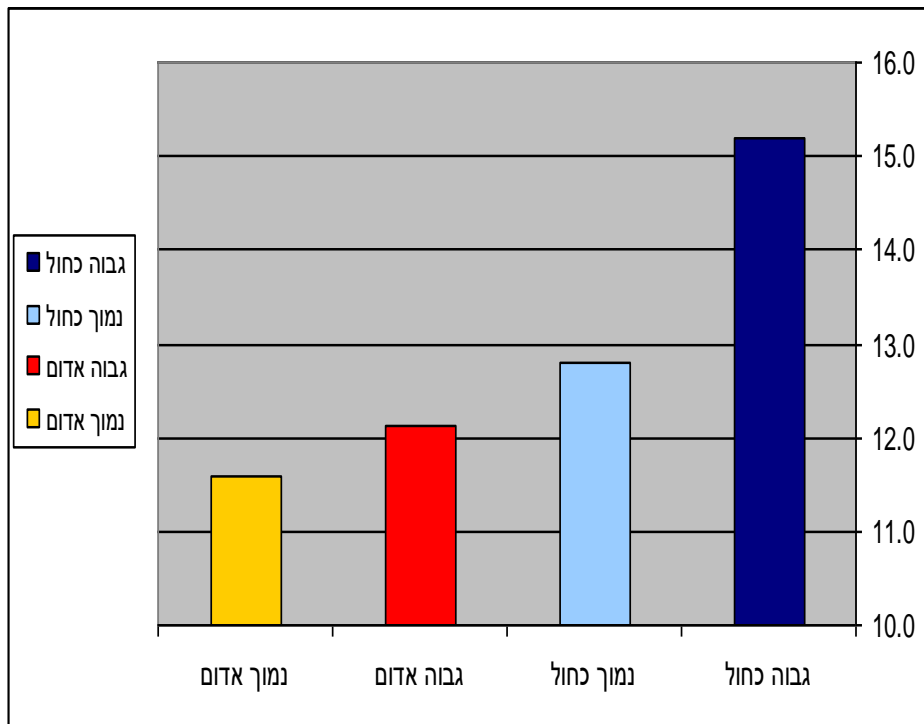


- תוצאות: נבדקים שנחשפו לאורך גל קצר-כחול דיווחו על עייפות יתר בהשוואה לנבדקים שנחשפו לאורך גל ארוך-אדום.

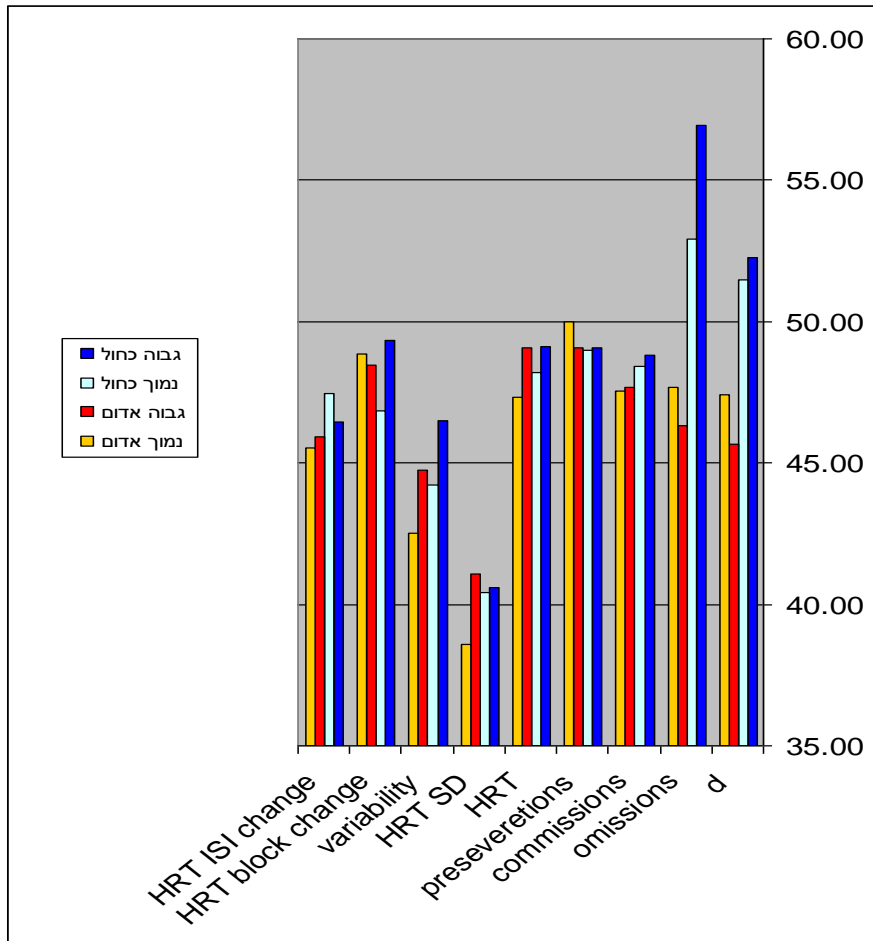


BSI – שאלון מצב רגשי

- תוצאות: נבדקים שנחשפו להארה באורך גל קצר-כחול דיווחו על רגשות שליליים יותר בהשוואה לנבדקים שנחשפו לאורך גל ארוך-אדום.



III-CPT- מבחן קשב וריכוז



	גבוה כחול	נמוך כחול	גבוה אדום	נמוך אדום
d***	52.27	51.47	45.67	47.40
omissions	56.93	52.93	46.33	47.67
commissions	48.80	48.40	47.67	47.53
preseveretions	49.07	49.00	49.07	50.00
HRT	49.13	48.20	49.07	47.33
HRT SD	40.60	40.40	41.07	38.60
variability	46.50	44.23	44.73	42.53
HRT block change	49.33	46.85	48.47	48.87
HRT ISI change	46.47	47.47	45.93	45.53



סכום

- פזיולוגיה: חשיפה להארת מסך מחשב באורך גל קצר בשעות הלילה משבשת את עקומת הטמפ' וכנראה גם את הפרשת המלטונין.
- שינה: חשיפה להארת מסך מחשב באורך גל קצר בשעות הלילה משבשת את איכות ויעילות השינה.
- תפקודים יומיומיים: חשיפה להארת מסך מחשב באורך גל קצר בשעות הלילה פוגעת בתחושת הערנות היומית, השפעה שלילית על מצב הרוח ופגיעה



כיצד זיהום אור משפיע על בני אדם?

- לבני האדם קיים שעון ביולוגי שמסנכרן את עצמו, בין השאר, עם מקצב היום והלילה. מקצב זה נקרא מקצב צירקדי. המקצב מתאים את עצמו לשעות האור, ומשפיע על הפרשות ההורמונאליות בגוף האדם.
- בעין האנושית קיימים קולטנים מיוחדים הרגישים במיוחד לאורכי הגל הכחולים. לפני המצאת התאורה המלאכותית, היה האור הכחול סימן מובהק ליום-המקור היחיד בטבע לאורכי הגל הכחול הוא השמיים בשעות היום.
- בחיים במדינות מערביות נחשף אדם לשעות רבות של אור גם לאחר רדת החשכה. כל מכשיר חשמלי הפולט אור יכול לפגוע במקצב הצירקדי התקין בגוף האדם. חשיפה גדולה לאור, בעיקר באורכי הגל הכחולים, בשעות הלילה גורמת לעיכוב הפרשת המלטונין. המלטונין הוא הורמון שאחראי על השריית שינה ומופרש בחושך. העדר המלטונין בשעות הלילה עלול לגרום לבעיות בשינה, לעיכובי התהליכים הטבעיים המתבצעים בגוף בזמן השינה ולהרגשת עייפות בבוקר שלמחרת.