

והתחזית: עומס חום וסכנת התייבשות

מהם עומס חום ומדד חום? מדוע יש לשמור על מאזן החום בגוף? איך נימנע ממכת חום, ואילו דרכים ננקוט להורדת עומס החום במקומות העבודה? כל התשובות כאן

מאת מהנדס יעקב מאירסון

מרכז מידע
המוסד לבטיחות ולגיהות

חשיפה לעומס חום גבוה (heat stress) מהווה פוטנציאל לפגיעה בבריאות העובד. תנאי מזג האוויר הקשים, כאשר הטמפרטורות בקיץ נעות סביב 35 מעלות צלזיוס, בצירוף הערכים הגבוהים של הלחות היחסית, מהווים סיכון חמור לבריאותם של אלפי עובדי חקלאות, בנייה, סלילת כבישים, עבודות להכשרת קרקע לבנייה, עובדים בחצרי מפעלים וכל מי שפעילותו קשורה בהימצאות ב"שטח".

החשיפה לתנאי עומס חום גבוה עלולה להסתיים במכת חום, ובמקרים קיצוניים אף במוות.

עומס חום גבוה עלול להוות גורם סיכון לבריאות העובדים גם בפעילויות שונות שמתקיימות באולמות ייצור מקורים (בתוך מבנים).

צירוף של מספר גורמים, כגון טמפרטורות ולחות גבוהה, תנועת אוויר בלתי מספקת בעת ביצוע פעילות פיזית מאומצת הם תנאים המסכנים את בריאותנו באופן מדי. כמו כן, גיל העובדים ומצב בריאותם הכללי, וכן, מאפיינים נוספים, עלולים להיות גורם שמגביר את ההיתכנות להיפגע מעומס חום גבוה.

זיהוי מוקדם של תסמיני הפגיעה על ידי העובד עצמו או הסובבים אותו, עשוי להקטין את חומרת הנזק לבריאות.

הטמפרטורה הפנימית של האדם עומדת על 37 מעלות צלזיוס בקירוב. אדם לבוש בזמן מנוחה יחוש תחושת נוחות כאשר טמפרטורת הסביבה הטבעית תהיה 20°-25°. התחום הזה של טמפרטורת הסביבה שומר את הגוף במצב של יציבות בהקשר למאזן

החום. בתנאים אלה לא יהיה צורך בהשקעת מאמץ בחימום או בקירור. כאשר טמפרטורת הסביבה גבוהה מ-25°, גוף האדם יגיב בשתי דרכים עיקריות:

הראשונה: הרחבת כלי הדם בפריפריה ועל ידי כך איבוד רב יותר של חום דרכם. דרך זו מתקיימת רק כאשר טמפרטורת העור נמוכה מ-35°.

הדרך השנייה והמשמעותית יותר: הגברת הקירור על ידי אידוי הזעה. קצב הקירור באידוי באמצעות הזעה תלוי ברמה של לחות האוויר (לחות גבוהה תצמצם את התנדפות הזיעה מהגוף ובכך תאט את התקררותו) ובמהירות הרוח.

לפיכך, במזג אוויר חם עם רוח יבשה יגבר קצב ההזעה מהגוף.

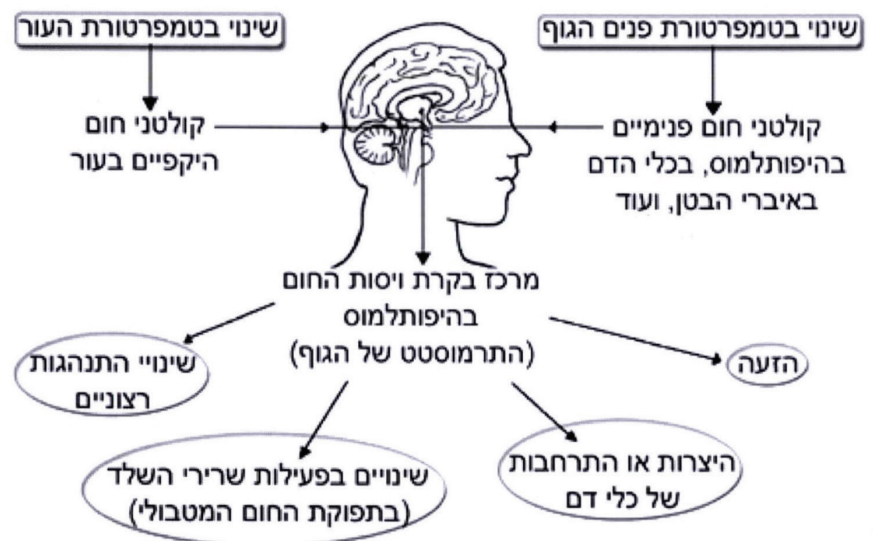
עומס חום - מדד וקטגוריות

עומס חום הוא מדד המבטא את מידת האי-נוחות, הנובעת מהשילוב בין טמפרטורת האוויר ללחות הנמצאת בו.

המדד שנמצא בשימוש זה"ל ואומץ ע"י השירות המטאורולוגי נוסח ע"י פרופ' עזרא זוהר והוא מחושב כממוצע חשבוני של הטמפרטורה היבשה והטמפרטורה הלחה. הטמפרטורה היבשה, או בשמה המלא טמפרטורת הגולה היבשה (dry bulb temperature) היא המינוח המקצועי למושג המקובל של טמפרטורת האוויר, שבו אנו משתמשים בחיי היום-יום.

הטמפרטורה הלחה או בשמה המלא טמפרטורת הגולה הלחה (wet bulb temperature) היא הטמפרטורה שאלה מתקרר האוויר באמצעות אידוי הלחות שבו. בפועל נמדדת טמפרטורה זו בעזרת מד טמפרטורה, שבקצהו מולבש פתיל רטוב. קיימות שש קטגוריות של עומס חום,

בקרת ויסות החום



מקור: "פיזיולוגיה של המאמץ" מאת: ד"ר עמרי ענבר ושחר ניס

המוגדרות על פי הערכים המספריים הבאים:
קטגוריות:

1. פחות מ-22°: ללא עומס חום
 2. 22-24°: עומס חום קל
 3. 24-26°: עומס חום מתון
 4. 26-28°: עומס חום בינוני
 5. 28-30°: עומס חום כבד
 6. מ-30 ומעלה: עומס חום כבד מאוד
- לבד מהגדרת עומס חום על פי שש הקטגוריות לעיל, קיימות דרכים נוספות להגדרת עומס חום. להלן, הגדרה על פי הקשר בין טמפרטורה ללחות, וכן, הצגת תוצאות בריאותיות העלולות לנבוע מעומס חום.

מדד חום

"מדד חום" מבטא את השילוב בין הטמפרטורה היבשה והלחות במעין טמפרטורה "אפקטיבית", כלומר, הטמפרטורה היבשה בתנאי לחות "רגילים", שגורמת לאותה תחושת אי-נוחות, הנגרמת משילוב הטמפרטורה והלחות הנוכחיים. מכאן, שבימים חמים ולחים מאוד מדד החום ייתן ערכים גבוהים יותר מהטמפרטורה היבשה, הנמדדת בפועל.

מאזן החום בגוף

בגופם של יצורים חיים כמו האדם, יש צורך בשמירה על מאזן חום - שמירה על טמפרטורת גוף קבועה - בעיקר במצב של פעילות גופנית או טמפרטורה חיצונית גבוהה, שעלולות לגרום לעליית טמפרטורת הגוף. כדי שגוף האדם יתפקד בצורה תקינה, עליו לשמור על טמפרטורה קבועה של כ-37°. סטייה של שתי מעלות לכל כיוון עלולה לגרום הפרעה מהותית בתפקוד הגוף, וסטייה גדולה יותר עלולה לגרום מוות. במצב מנוחה הגוף מייצר חום בהיקפים מינימליים. לעומת זאת, בשעת מאמץ תהליכי חילוף החומרים מתקיימים באופן מואץ יותר, וכמובן הפקת החום גדלה באופן ניכר. למעשה, כמות החום הנוצרת בגופו עומדת ביחס ישיר לרמת האינטנסיביות של המאמץ הגופני. בשעת מאמץ גופני מוגבר הגוף יכול ליצור חום פי עשרה בהשוואה למצב המנוחה. המשאב הנוסף להספקת החום לגוף הוא הסביבה החיצונית. שהות האדם במקום לא מקורה ולא מוצל ביום שמש חם גורמת לגוף לספוג חום רב,

וטמפרטורת הגוף עלולה לעלות בקצב מהיר מאוד.

בגופו קיימים מנגנונים שונים, התומכים בשמירה על טמפרטורה קבועה (כ-37° של אדם, הנמצא במנוחה. מקצתם גורמים להורדת הטמפרטורה של הגוף (אידיוי הזעה, הסמקה) ובחלקם גורמים להעלאת הטמפרטורה (פעולת השרירים). התהליך המתרחש בגופו לשם שמירת טמפרטורת הגוף קבועה מכונה "מאזן חום". התהליך מאופיין בשוויון בין כמות החום שהגוף מייצר או קולט מהסביבה לבין כמות החום שהגוף פולט אל הסביבה.

הקשר בין כמות הנוזלים בגוף האדם לחום הגוף

כ-70% ממשקל גוף האדם הם נוזלים. כ-50% הם נוזל תוך-תאי וכ-20% נוזל חוץ-תאי. אובדן הנוזלים עלול לגרום לשיבושים קשים בתפקוד תקין של גוף האדם. בין היתר, ניכרת גם פגיעה ביכולת הגוף לסלק עודפי חום.

העברת החום מהאיברים הפנימיים של הגוף אל העור, כדי לסלקו, מתבצעת בעזרת נוזלי הגוף. הקטנת כמות הנוזלים מקטינה את האפקטיביות של התהליך.

טווח סביר של שינוי טמפרטורת גופו היא כשתי מעלות צלזיוס (36-38). תהליך השמירה על הטווח הרצוי של טמפרטורת הגוף נגזר ממאזן בין כמות החום המיוצרת ע"י הגוף לבין היכולת שלו להיפטר מעודפי החום (קירור הגוף). לכן, ניתן לקשר בין שני מנגנונים: מאזן הנוזלים ומאזן החום.

ה"בקר" שמתאם את התפקוד של שני המנגנונים הנ"ל נמצא בהיפותרמוס שבמוח. ה"בקר" משווה בין טמפרטורת הגוף לבין הטמפרטורה הרצויה. בו בזמן, במרכז בקרת כמות הנוזלים מתבצע ויסות של כמות המים.

ירידת כמות הנוזלים בגוף גורמת לעליית הלחץ האוסמוטי של הדם. מנגנון הבקרה מתרגם זאת כפקודה לכליות למנוע הפרשת שתן, שבאופן מעשי, מתורגמת בגוף לתחושת צמא. במקביל, מרכז ויסות החום על פי טמפרטורת הדם פוקד על בלוטות הזיעה להגביר את "ייצור" הזיעה, כדי להאיץ את תהליך קירור הגוף.

בשל העובדה שההזעה מהווה אמצעי עיקרי לקירור הגוף, אנחנו מאבדים בתהליך ויסות הטמפרטורה כמות ניכרת של מים. מכאן, שקיים צורך קיומי בשמירת מאגר מים

מדד עומס החום (°C)

100	22	27	33	42					
90	22	26	31	39	50				
80	22	26	30	36	45	58			
70	21	25	29	34	41	51	62		
60	21	24	28	32	38	46	56	65	
50	21	24	27	31	36	42	49	57	66
40	20	23	26	30	34	38	43	51	58
30	19	23	26	29	32	36	40	45	51
20	19	22	25	28	31	34	37	41	44
10	18	21	24	27	29	32	35	38	41
0	18	21	23	26	28	31	33	35	37
	21	24	27	29	32	35	38	38	41

טמפרטורת האוויר (°C)

מדד עומס חום	הפרעות בריאותיות אפשריות בחשיפה ממושכת לחום ו/או פעילות פיזית עייפות
27° עד 32°	מכת-שמש, התכווצות שרירים, תשישות
33° עד 40°	סביר: מכת-שמש, התכווצות שרירים, תשישות אפשרית: מכת חום
41° עד 54°	מכת חום/מכת-שמש בסבירות גבוהה

הערה: קרינת שמש ישירה מעלה את מדד עומס החום ב-8 °C.

הקשר בין מדד עומס חום להפרעות בריאות קשורות לחום. מקור: פרויקט מיפוי סיכונים בתעשייה, 1994-2000, דוח מסכם

תחושת צמא, ועל אחת כמה וכמה בעת ביצוע מאמץ בתנאי חום. הטיפול בהתייבשות ניתן בהחזרת נוזלים לגוף. אם הנפגע ער ומסוגל לשתות, יש להשקותו במים. אם הכרתו מעורפלת, הטיפול יינתן באמצעות עירוי נוזלים דרך הווריד, שיבוצע על ידי גורם מקצועי שהודרך בעניין.

בשל העובדה שההזעה מהווה אמצעי עיקרי לקירור הגוף, אנחנו מאבדים בתהליך ויסות הטמפרטורה כמות ניכרת של מים. מכאן, שקיים צורך קיומי בשמירת מאגר מים בגופנו, לשם הבטחת טמפרטורה תקינה של הגוף

מכת חום

מכת חום ניתן להגדיר כעליית טמפרטורה של החלקים הפנימיים של הגוף מעל ל-40 מעלות צלזיוס. התופעה מתרחשת, כאמור, מהר יותר בזמן ביצוע פעילות גופנית מאשר בעת מנוחה.

הסיבה להתפתחות מכת חום ממאמץ היא אגירה מואצת של חום מטבולי, תוך אי-יכולת של הגוף להיפטר מעודפי החום שנוצרו בפרק זמן נתון. כל זה במצב שבו מנגנון ההזעה תקין. בעצם מדובר בכשל רב-מערכתי שללא קירור מידי, מהיר, ותמיכה בתפקוד מערכות החיים החיוניות, עלול להסתיים במוות.

במקרים רבים ניכרת מכת חום (Heat Stroke) באיבוד הכרה פתאומי, בלא כל אזהרה ובלא כל סימן מקדים. לעתים, יופיעו סימנים מוקדמים, רובם הפרעות במערכת העצבים המרכזית: חולשה, כאב ראש, סחרחורת, הפרעה בדיבור, הפרעה בשיווי המשקל, וכן, בלבול, הזיות וערפול ההכרה. נוסף על כך, עלול הנפגע לפתח פרכוסים ואי-שליטה על הסוגרים. לעתים מופיע דימום מהאף (Epistaxis).

עובד שלגביו קיים חשד שנפגע ממכת חום, מוצע על פי ההמלצות של מערכת הרפואה לנקוט את הצעדים הבאים:

- למדוד את חום גופו של הנפגע.
- לשמור על נתיב אוויר פתוח: אובדן הכרה והקאה עלולים להביא לידי דום נשימה ומוות.
- לקרר את הנפגע מיידית: להעביר אותו

מספר גורמים משפיעים על קצב ההזעה:

- גיל וטמפרטורת גוף
- ביגוד אוורירי וקל יאפשר איבוד חום לסביבה ביתר יעילות.
- עומס חום קיצוני - ככל שסביבת המאמץ חמה יותר, כך נזיע יותר ונאבד יותר נוזלים.
- עוצמת המאמץ - ככל שעוצמת המאמץ גבוהה יותר, כך נזיע יותר.
- אקלים - הזעה יחסית מרובה יותר באדם מסוים מעידה על אקלים גבוה יותר.

התייבשות

התייבשות היא תופעה של אובדן נוזלי הגוף, בעיקר באמצעות זיעה. הרגשת הצמא (הגירוי לשתיה) מתעוררת רק אחרי שאבדו לעובד כשני אחוזים ממשקל הגוף (כ-1.5 ליטר עבור משקל של 75 ק"ג).

קיים קושי לפיצוי מידי של הגוף על אובדן נוזלים בסדר גודל זה, כי בתנאי מאמץ וחום, קצב פינוי הנוזלים מהקיבה יורד ולכן, קצב ספיגת הנוזלים קטן.

לגבי אדם העובד בתנאי חום מוגבר ומתלונן על כאבי ראש וסחרחורת, בעל דופק מואץ, שתן שאינו שקוף, אלא צהוב, יש חשד שלקה בהתייבשות.

צבע השתן הוא סימן מהותי, וככל שצבעו כהה יותר, כך דרגת ההתייבשות גדולה יותר. רופאים העוסקים בנושא ממליצים לשמור על צריכת נוזלים מספקת, כדי לשמור מצב רווי. אדם יכול להתייבש לפני שירגיש צמא, ולכן, באופן כללי, חשוב לשתות גם ללא

בגופנו, לשם הבטחת טמפרטורה תקינה של הגוף.

מנגנוני הוויסות של כמות המים ורמת הטמפרטורה בגוף קשורים קשר עמוק. לא ייתכן מצב שבו פעילות של אחד מהם משתבשת כשבו-בזמן השני ממשיך לתפקד בצורה תקינה.

מאזן נוזלים ופעילות גופנית

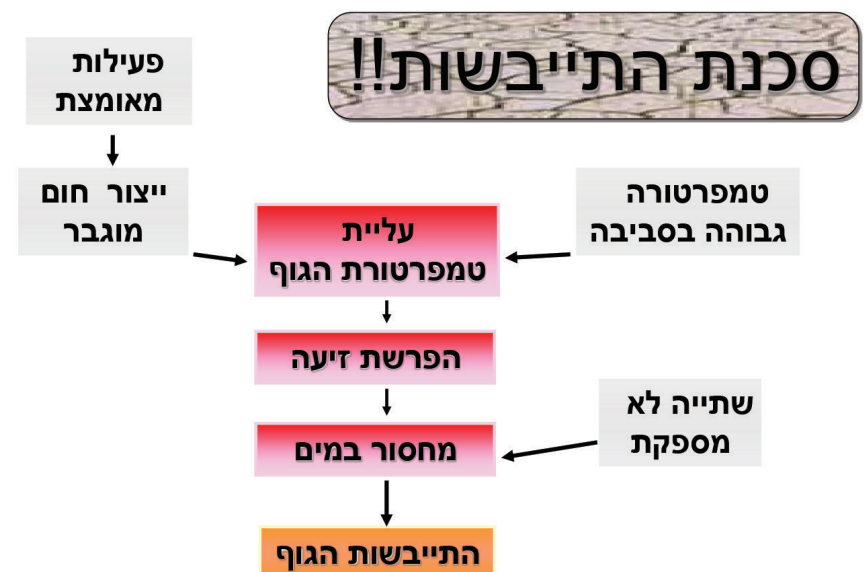
אחת הבעיות החמורות המתלוות למאמץ גופני בתנאי חום היא אובדן נוזלים, שמתבצע בשלוש דרכים עיקריות: הזעה, שתן ונשימה.

הנגזרת מהתהליך היא קיום תופעות פיזיולוגיות, שבהן יש להתחשב תוך ביצוע מאמץ גופני:

- ירידה בנפח הדם.
- ירידה בזרימת דם לאיברים פנימיים חיוניים.
- עלייה בלחץ הדם.
- ירידה בתפקודי הלב ועלייה בדופק.
- ירידה בזרימת דם אל העור.
- קושי בפיזור החום.

חשוב לדעת:

- בכל ליטר נוזלים שמאבדים, טמפרטורת הגוף עולה ב-0.3 מעלות צלזיוס.
- הדופק עולה ב-8 פעימות בדקה.
- התייבשות מעל ל-3% משפיעה על כושר ביצוע עבודה.
- למניעת התייבשות חשוב להתחיל במאמץ במצב שבו אנו רוויים.
- חשוב שהשתייה תהיה בכמויות קטנות ובתכיפות גבוהה.



מקור: משרד החינוך, מינהל מדע וטכנולוגיה, הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה

- למקום מוצל, להפשיטו מבגדיו, להתזיז מי ברז ולכוון אליו משב רוח.
- מעקב רצוף אחר הסימנים החיוניים ופינוי הנפגע בדחיפות למתקן רפואי.
- אם הנפגע סובל מפרכוסים, יש לפנותו בדחיפות עליונה, תוך השגחה על דרכי האוויר פתוחות ותוך קירור נמרץ.
- אם מכת החום לא מאובחנת ומטופלת כראוי, היא עלולה להביא לתחלואה, לנכות ואף למוות. חומרת הפגיעה תלויה, בין היתר, במשך הזמן שבו היה העובד עם חום גבוה מ-40 מעלות צלזיוס.

דרכים הנדסיות להורדת עומס החום במקומות עבודה

שיטה המבוססת על ערבוב אוויר חם במקום העבודה עם אוויר קריר יותר שמזרם מבחוץ. כמובן שהטכניקה המוצעת יעילה כשהטמפרטורה של האוויר החיצוני נמוכה מזו שבמקום העבודה. בשיטה זו מערכת אוורור מותקנת באופן קבוע ומזרימה את האוויר לאזורים גדולים ולעתים למבנה כולו. מערכות יניקה ניידות או מקומיות, המשמשות לסילוק האוויר החם, יכולות לבצע את העבודה ביעילות באזורים קטנים, לדוגמה בעמדת עבודה ספציפית.

קירור אוויר

השיטה נבדלת מאוורור רגיל (פסיבי) בכך שהיא מורידה את הטמפרטורה של האוויר על ידי סילוק החום ולפעמים גם הלחות. מיזוג אוויר השיטה יעילה מאוד, אך יקרה בהתקנה ובהפעלתה. כתחליף משתמשים לפעמים במצננים, שבהם מסוחררים מים קרים שבהעברה דרך מחליף חום מסוג מים-אוויר מקררים את האוויר שזורם דרכו.

קירור אוויר מקומי

קירור אוויר מקומי יכול להיות אמצעי יעיל להפחתת טמפרטורת אוויר באזורים ספציפיים. בתעשייה קיימות שתי שיטות יישום של הגישה הזאת. שיטה אחת: חדרים מקוררים, שממוקמים בקרבת עמדות עבודה "חמות" ומהווים אזור התאוששות עבור העובדים. שיטה שנייה: מפוח עם מצנן מובנה שמוצב בעמדת עבודה הרצויה.

אוורור

דרך נוספת לצמצום עומס חום היא להגדיל

את זרימת האוויר באמצעות פיזור האוויר על ידי מאווררים באזור העבודה. השיטה יעילה כל עוד טמפרטורת האוויר נמוכה מטמפרטורת העור של העובד. שינוי מהירות אוויר יכול לעזור לעובדים לקרר את עצמם, על ידי הגדלת היעילות של החלפת החום בין פני העור והאוויר שבסביבה.

בידוד מקור החום

השיטה מתמקדת בשינוי הולכת החום על ידי בידוד של המשטח החם.

קרינת חום

משטחים, שהטמפרטורה שלהם עולה על 35 מעלות צלזיוס, מהווים מקור קרינה אינפרא-אדומה, שיכולה להגביר את עומס החום שבו מתפקד העובד. אמצעים הנדסיים פשוטים, כגון מיסוך משטחים חמים בקווי הייצור, שנמצאים בטווח הראייה של העובד, יכולים להפחית את קרינת החום. ACGIH (ארגון הגיהותנים בארצות הברית) ממליץ ליישם בתוכנית לניהול העבודה בתנאי עומס חום את הבאים:

- לספק הוראות מדויקות בעל פה ובכתובים, לקיים הדרכות שנתיות, למסור מידע כללי על עומס ועקת חום.
- לעודד שתיית מים קרים או משקאות בתדירות של כ-1 כוס בכל 20 דקות.
- לעודד את העובדים לדווח לממונים על הופעת התסמינים של עקת חום במהלך ביצוע העבודה.
- לעודד את העובדים להגביל את עצמם בחשיפת יתר לחום, זאת, במצב שהעבודה מתבצעת ללא השגחת הממונים.
- לעודד מצב שבו העובדים משגיחים זה על זה, במטרה לזהות סימנים ותסמינים של עקת חום באחרים.
- לייעץ ולפקח על מי שנוטל תרופות, שעלולות במצב של עומס חום חריג לפגוע בלב ובכלי דם, ברמת לחץ הדם, בוויסות טמפרטורת הגוף, בתפקודי הכליות או בלוטות הזיעה. כמו כן, למי שמשתמש או שנמצא בגמילה מאלכוהול או מחומרים משכרים אחרים.
- לעודד את העובדים לקיים אורח חיים בריא, לשמור על משקל גוף תקין ואיזון אלקטרוליטי.
- לשקול בדיקות רפואיות מקדימות לשם איתור עובדים הנוטים להיפגע מחום.
- לעקוב אחר תנאי עומס החום ודיווחי

- העובדים לגבי ההפרעות והליקויים הקשורים לעבודה בתנאי החום.
- לשקול להשתמש באמצעים הנדסיים המפחיתים את קצב היווצרות החום המטבולי, להבטיח תנועת אוויר מספקת, להפחית את שיעורי פליטת החום לסביבת העבודה, ובין היתר, לבודד מקורות חום המוקדן לסביבה.
- לשקול בקרה ניהולית שתקבע זמני חשיפה מקובלים, תאפשר זמני מנוחה מספקים ותקטין עקה פיזיולוגית.
- לשקול שימוש בצידוד מגן אישי, שהוכיח את יעילותו במסגרת נוהלי עבודה ספציפיים עבור התנאים בסביבת העבודה הנתונה.

אם מכת החום לא מאובחנת ומטופלת כראוי, היא עלולה להביא לתחלואה, לנכות ואף למוות. חומרת הפגיעה תלויה, בין היתר, במשך הזמן שבו היה העובד עם חום גבוה מ-40 מעלות צלזיוס

מקורות:

- Government of western Australia - MANAGEMENT AND PREVENTION OF HEAT STRESS
- Document No: ZMR002SX
- OSHA Technical Manual (OTM) - Section III: Chapter IV: Heat Stress*
- J. LaDou, Occupational & Environmental Medicine, Second Edition, 1997
- מכללת בית ברל / החוג למדעי הטבע - הקשר בין משק המים ומשק החום
- יפית גלילי - דיאטנית ספורט ופיזיולוגית של המאמץ - מאמץ גופני בתנאי חום
- מרכז הרופאים המומחים - מאמר: פגיעות חום
- "עזרה ראשונה להצלחת חיים", מאת פרופ' יואל דונחין ונתן קודינסקי משרד הביטחון - ההוצאה לאור
- השירות המטאורולוגי הישראלי
- "סיכונים בחשיפה לחום הקיץ" ד"ר אשר פרדו
- "מאזן מים ומאזן חום" - משרד החינוך
- מנהל מדע וטכנולוגיה - הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה
- עזרא זר / אדם ואקלים 1980 בהוצאת כתר ירושלים בע"מ ■