

היפותרמיה – Hypothermia

ד"ר אסף פרץ, סמ"ג
מנהל רפואי קורסי פאראמדיק
בי"ס לפאראמדיקים- אגף רפואה

היפותרמיה (מכת קור) הנה מצב מסכן חיים ובד"כ נגרמת כתוצאה מחשיפה לקור; הזיהוי והטיפול מציגים, לעיתים, אתגר לא פשוט.

הגדרות:

היפותרמיה מוגדרת כירידה לא מכוונת של טמפרטורת הליבה של הגוף (core body temperature) אל מתחת ל- 35°C . ניתן לסווגה ל:

קלה – 32°C – 35°C

בינונית – 28°C – 32°C

קשה – מתחת ל- 28°C



חשיבות ההומיאוסטזיס של הטמפרטורה:

שמירה על חום חיונית לתפקוד התקין של חילוף החומרים בגוף (מטבוליזם).

כיצד נוצר חום בגוף?



חום הגוף נוצר כתוצאה מתהליכים מטבולים המתרחשים בגוף ובייחוד ברקמות הלב, הכבד, שומן ושריר. הקצב המטבולי הבסיסי (BMR – Basal Metabolic Rate) מתייחס לקצב ייצור החום במהלך ההליכים הכימיים הנ"ל, הוא משתנה מאדם לאדם, מזמן לזמן באותו אדם ותלוי גם בנוכחות מחלות/מצבי רקע. בסביבה קרה, התכווצויות והרפיות של קבוצות שרירים מייצרות חום – אלו הן צמרמורת.

כיצד מתרחש אבדן חום?



אבדן חום יכול להתרחש באמצעות מספר תהליכים (טבלה 1):

כ- 90% מאבדן חום הגוף מתרחש דרך העור, השאר מהריאות.

- הקרנה (Radiation) – פליטה של חום מהגוף באמצעות אנרגיה אלקטרומגנטית.
- אידוי (Evaporation) – אבדן חום כתוצאה מאידוי מים מפני הגוף – נשימה, זיעה.

אגף רפואה

- הולכה (Conduction) – העברה ישירה של חום אל חפצים הקרובים לגוף כמו ריהוט או הרצפה.
- הסעה (Convection) – סילוק חום מעל פני הגוף כתוצאה מזרמי אוויר המקיפים את הגוף.

כיצד מווסתת טמפרטורת הליבה של הגוף (תמונה 1)?



חיישני חום (thermoreceptors) מפוזרים בגוף מרכזית ופריפריית. חיישנים פריפריים מצויים על פני העור. בסביבה חמה או קרה גירויים מהחיישנים מועברים להיפותלמוס במוח. בהיפותלמוס מתרחשת וויסות הטמפרטורה חזרה לנורמה. הבקרה מתרחשת באופן מיידי באמצעות מערכת העצבים האוטונומית באמצעות, בין היתר, כיווץ והרפיה של כלי דם פריפריים; ובקרה מאוחרת באמצעות המערכת האנדוקרינית (הורמונלית) בעיקר דרך הפרשה/דיכוי של הורמוני בלוטת התריס האחראית על קצב המטבוליזם הבסיסי. ההיפותלמוס גם מנתיבה שינויים התנהגותיים להתמודדות עם הטמפרטורה (להסיר/להוסיף ביגוד, חיפוש מחסה...).

לציין כי מנגנוני הגנה אלו, בייחוד בתנאי סביבה קיצונים, מאבדים מיעילותם.

כיצד מתפתחת היפותרמיה?

בסביבה קרה, המנגנונים הנ"ל מנסים לשמר את טמפרטורת הגוף. באם החשיפה לקור ממושכת, הגוף מתעייף ואינו מסוגל לייצר מספיק חום.

אפידמיולוגיה:

יש מעט מאד נתונים אפידמיולוגיים הנוגעים להיפותרמיה במדינת ישראל. קיימים נתונים רבים ברחבי העולם, אך ברור שלא ניתן לערוך השוואה עם מדינות מאזורי אקלים שונים... מתוך הספרות, עולים הנתונים הבאים לגבי המצב בישראל:

1. במחקר שנערך בקרב חיילי צה"ל בין השנים 1994-2003 נמצאו 242 נפגעי קור. כולם היו צעירים בגילאי ה- 19-20 המוקדמות. 45% סבלו מהיפותרמיה ו- 55% מפגיעות קור פריפריות. 47% ממקרי פגיעות הקור התרחשו בקרב חיילים מיחידות חי"ר מובחרות, 40% בקרב יחידות חי"ר רגילות, 5% בקר תותחנים, 4% בקרב יחידות שריון ו- 4% בקרב חיילים עורפיים. 60% מהמקרים התרחשו בחודשי החורף דצמבר-ינואר.

2. במחקר שנערך בנגב (אקלים מדברי...) בין השנים 1999-2005 התקבלו 169 חולים עם היפותרמיה לביה"ח סורוקה בבאר-שבע. שיעור ההיארעות השנתי היה 7.8/100,000. ההיארעות עלתה, כמובן, עם הגיל. 27.8% מהחולים נמצאו ע"י צוותי מד"א מחוץ לבית והובאו לביה"ח. היפותרמיה שנבעה מחשיפה לקור נמצאה ב- 24.9% מהמקרים. המצבים הרפואיים שהיו קשורים לירידה בחום הגוף היו ספסיס (38.5%), טראומה (20.1%), הפרעות אנדוקריניות (11.2%) ושימוש בסמים/אלכוהול (8.9%). שיעורי התמותה במהלך האשפוז הגיעו ל- 47.3%.

3. במחקר שנערך בקרב קשישים בירושלים בין השנים 1986-1999 נמצאו 67 חולים קשישים (גיל ממוצא 79) שהתקבלו לאשפוז בבתי החולים של הדסה בירושלים. 50.7% מהחולים היו מרותקים למיטה (טרם הארוע), 31.3% היו דיירי מוסדות סיעודיים. שיעורי התמותה היו דומים למחקר מהנגב והגיעו ל- 46%.

אילו מצבים תורמים להתפתחות היפותרמיה?

- גיל מבוגר – בהשוואה לצעירים, לקשישים קצב מטבולי בסיסי נמוך יותר, תגובת וזוקונסטריקציה לקויה לקור (ייתכן גם במצבי נירופתיה אוטונומית בחולי סכרת), ויכולת מופחתת לזהות טמפרטורות סביבה נמוכות.
- תת-תזונה, הזנחה, חולים מרותקים למיטה (פרקינסון, שבץ...) – לחולים אלה יכולת מופחתת ליצור חום באמצעות תנועה. בנוסף, הירידה במסת שריר האופיינית לחולים אלה מייצרת פחות חום באמצעות צמרמורות. לחולים בתת תזונה קצב מטבולי בסיסי נמוך כתוצאה ממסת שריר ושומן קטנה.
- דמנציה – התגובה ההתנהגותית לקור פגומה והחולים עלולים לא להתלבש בהתאם/לחפש מחסה בתגובה לקור.

אגף רפואה

- תת פעילות של בלוטות התריס, יותרת המוח ויותרת הכליה – לחולים אלה קצב מטבולי בסיסי נמוך.
- ספסיס, דלקת ראות, דלקות בדרכי השתן וצלוליטיס – ספסיס וזיהומים קשים גורמים להרחבת כלי דם פריפרית ואבדן חום בדרך זו. הגורם המקדים הנפוץ ביותר בקשישים הוא ספסיס. בסדרות שונות עד כ- 80% מהקשישים עם היפותרמיה נמצאו בספסיס.
- הרעלה חריפה של אלכוהול ואלכוהוליזם כרוני - אלכוהול פוגם בייצור גלוקוז (גלוקוניאוגנזיס), ובכך גם ביצור חום. אלכוהוליזם כרוני עלול לגרום לתת תזונה. אלכוהול גורם להרחבת כלי דם בטווח המייד.
- סמים – פוגמים במודעות לטמפרטורת הסביבה ובתגובה ההתנהגותית לקור.
- תרופות – ישנן תרופות העלולות לפגום בווסת החום המרכזי (אופיאטים, נוגדי דיכאון, בנזודיאזפינים). חסמי רצפטור אלפא (משמש לטיפול בהגדלת הפרוסטטה) יכולים לפגום בואזוקונסטריקציה הפריפרית בתגובה לקור. חומצה ולפרואיט (דפלט – משמשת לטיפול באפילפסיה) עלולה לגרום להיפותרמיה במנגנונים שאינם ברורים דים.
- מחלות עור כדוגמת כוויות, פסוריאזיס – פגיעה במעטפת הגוף מגבירה את אבדן החום דרך העור ופוגמת במנגנון הוואזוקונסטריקציה המשמר את חום הגוף.
- מצב סוציאקונומי נמוך – חוסר יכולת לחמם את הבית, מחוסרי דיור... מגבירים את אבדן החום.
- טביעה - למים יחסית לאוויר יכולת הולכה גבוהה יותר לחום וכך אבדן החום מהיר יותר במים.

פתופיסיולוגיה של היפותרמיה:

- שינויים קרדיו-וסקולרים – היפותרמיה קלה גורמת בתחילה לטכיקרדיה ולואזוקונסטריקציה פריפרית ועקב כך לעליה בתפוקת הלב (cardiac output) ולעליה קלה בלחץ הדם. בהיפותרמיה בינונית מתפתחת ברדיקרדיה (העלולה להיות עמידה לאטרופין).
הופעה של גלי J (גלי Osborn) באק"ג (תמונה 2), בייחוד בלידים הפרה-קורדיאליים הלטרלים, נובעים מהפרעות לרה-פולריזציה. האמפליטודה של גלי ה- J עולה עם הירידה בטמפרטורה. עם ההאטה בדופק ובהולכה במיוקד ישנה התארכות של הסיסטולה והתארכות מקטע PR עם היווצרות חסם הולכה עליית-חדרי מדרגה שנייה ושלישית (2nd / 3rd degree AV Block). תתכן גם הארכת מקטע QT בטמפרטורות הנמוכות יותר.

אגף רפואה

סביב טמפרטורה של 28°C קצב הלב נופל ל- 30-40. עם הירידה בטמפרטורה, הברדיקרדיה הופכת קיצונית עם דופק סביב 10 בטמפרטורה של 20°C . הסיכון לאסיסטולה עולה משמעותית בטמפרטורות גוף נמוכות מ- 24°C . קיצוב חיצוני הנו יעיל ובטוח במצבים אלו.

הפרעות קצב מתחילות להופיע בהיפותרמיה בינונית לרוב בצורת פרפור או רפרוף עליות (atrial fibrillation/flutter) או בצורת קצבים נודלים. אקסטרא-סיסטולות חדריות (multifocal ventricular extrasystoles) וטכיאריתמיות גם אופייניות. פרפור חדרים (VF) נפוץ יותר בטמפרטורות מתחת ל- 27°C . בטמפרטורות קיצוניות ה-VF בד"כ עמיד להיפוך חשמלי, לפחות עד להעלאת טמפרטורת הנפגע. לפיכך, יש לדאוג להחייאה ממושכת עד להשגת טמפרטורת גוף נאותה. בד"כ, גורן המוות בהיפותרמיה הנו VF. באופו כללי, אין מקום לטיפול אנטי-אריטמי מונע. חלק ניכר מתרופות ההחייאה יעילותן מוגבלת בטמפרטורות גוף מתחת ל- 30°C .

- **השפעות על מערכת העצבים והשרירים** - בהיפותרמיה קלה מופיעים בלבול ואבדן זיכרון. עם הירידה בטמפרטורת הגוף מופיעים אפטיה, פגיעה בשיקול דעת, התערטלות פאראדוקסלית ואטקסיה (הליכה על בסיס רחב – ataxia). הדיכוי ההכרתי מתקדם עם הירידה בטמפרטורת הגוף, ומתחת ל- 30°C בד"כ ישנו אבדן הכרה. זרימת הדם למוח יורדת ב- 6-7% על כל ירידה של 1°C בטמפרטורת הגוף. בבדיקת EEG (רישום חשמלי של פעילות המוח) לא מתקבלת רשומת בטמפרטורת גוף מתחת ל- 20°C .

בהיפותרמיה קלה ישנן צמרמורות כחלק מניסיון להעלאת הטמפרטורה, אך עם המשך הירידה בטמפרטורה הצמרמורת נעלמת. בהיפותרמיה בינונית ישנו קשיון שרירים ומפרקים. תגובת האישונים איטית בהיפותרמיה בינונית והרחבת אישונים והעדר רפלקסים מופיעים בהיפותרמיה קשה.

בשל ההשפעה על המערכת האוטונומית תתכן נפילת לחץ דם תלוית תנוחה (postural hypotension), לפיכך, כדאי להימנע מפינוי הנפגע בתנוחת ישיבה או בשכיבה עם הראש מורם.

- **מערכת הנשימה** – היפותרמיה קלה מתחילה בטכיפניאה המלווה בירידה בנפח הנשימה (minute ventilation), בברונכוספאזם ובהפרשות מוגברות בדרכי האוויר. בהיפותרמיה בינונית תתכן פגיעה בנתיב האוויר עקב פגיעה בתפקוד הריסים (cilia) האחראים לפינוי הפרשות מדרכי האוויר ובכך עולים הסיכויים לאספירציות ודלקות ריאה. כאשר הטמפרטורה ממשיכה לרדת, ישנה השפעה ישירה של הקור על מרכז הנשימה במוח הגורם לדיכוי נשימתי. בהיפותרמיה קשה, ההיפוונטילציה הופכת לאפנאה ויכולה

אגף רפואה

במקרים נדירים להיות מלווה גם בבצקת ראות. שינויים אלה, מתאפיינים בחמצת הן נשימתית והן מטבולית (metabolic + respiratory acidosis).

- **כליות ומטבוליזם** – לקור, עוד טרם ירדת טמפרטורת הגוף, אפקט משתן (cold diuresis). בהיפותרמיה בינונית, קצב הסינון הגלומרולרי (glomerular filtration rate) נופל עם הירידה בתפוקת הלב והירידה בזרימת הדם לכליה. אי ספיקת כליות חדה מאפיינת למעלה מ- 40% ממקרי ההיפותרמיה הנזקקים לאשפוז ביחידות לטיפול נמרץ. מבחינה מטבולית, בהיפותרמיה המתפתחת במהירות, ניתן לראות היפרגליקמיה הנובעת מדיכוי הפרשת אינסולין; ובהיפותרמיה המתפתחת לאורך זמן, ניתן לראות היפוגליקמיה כתוצאה מהידלדלות מאגרי הגליקוגן. היפוקלמיה מאפיינת את השלבים הראשונים של היפותרמיה, ובשלבים מתקדמים, עקב החמצת ניתן לראות היפרקלמיה.
- **המטולוגיה** – היפותרמיה גורמת לעליה בצמיגות הדם וההמטוקריט (hemoconcentration) ועליה ברמת פיברינוגן. שינויים בחדירות כלי הדם גורמים לזליגה של פלסמה למדור החוץ-כלי (extravascular) דבר הגורם להמוקונסנטרציה ולהיפוולמיה. ההמטוקריט עולה בכ- 2% על כל ירידה של 1°C בטמפרטורת הגוף. הקור פוגם בפעילות האנזימתית של מערכת הקרישה (coagulopathy).
- **מערכת העיכול** – תנועתיות המעי פוחתת בטמפרטורת גוף מתחת ל- 34°C , ולעצירת הפעילות (אילאוס-ileus) בטמפרטורת גוף מתחת ל- 28°C . תופעה זו מגדילה את הסיכוי לאספירציה, לכן כדאי לשקול הכנסת זונדה. בנוסף, ספיגת תרופות הניתנות PO ירודה וכדאי להימנע מכך. תתכן דלקת בבלב (pancreatitis).

הסתמנות קלינית (טבלה 2):

כאמור, הסימנים והסימפטומים תלויים בחומרת ההיפותרמיה. בתחילה, הם עלולים להיות קלים ולכן צריכה להיות מודעת גבוהה לאבחנה, בייחוד בקרב קבוצות הסיכון. מכאן, האבחנה די פשוטה – כל מה שצריך הוא מד-חום...
לסיכום האמור לעיל:

👉 **היפותרמיה קלה** – שלב המתאפיין בעירור כללי – צמרמורות, טכיקרדיה, טכיפניאה וואזוקונסטריקציה. בהמשך, אפטיות, דיבור משובש, אטקסיה, ופגיעה בשיפוטיות. התערטלות פאראדוכסלית הנה תופעה שבה נפגעים מסירים את בגדיהם עם הירידה בטמפרטורה – נובע מהפגיעה בשיפוטיות.

👉 **היפותרמיה בינונית** – ירידה ברמת ההכרה, ברדיקרדיה, הפרעות קצב עלייתיות, דיכוי נשימתי, דיכוי רפלקסים, הרחבת אישונים, צמרמורות פוסקות. שינויים באק"ג – הופעה של גל J.

אגף רפואה

היפותרמיה קשה – חוסר הכרה, אפניאה, אסיסטולה והפרעות קצב חדריות. אישונים לא מגיבים, בצקת ראות ומיעוט במתן שתן.

טיפול:

העקרונות הטיפוליים כוללים מניעת המשך אבדן חום, התחלה של פעולות חימום ובמידת הצורך החייאה ע"פ הפרוטוקולים המקובלים וטיפול בסיבוכי היפותרמיה בהתחשב בדגשים להלן.

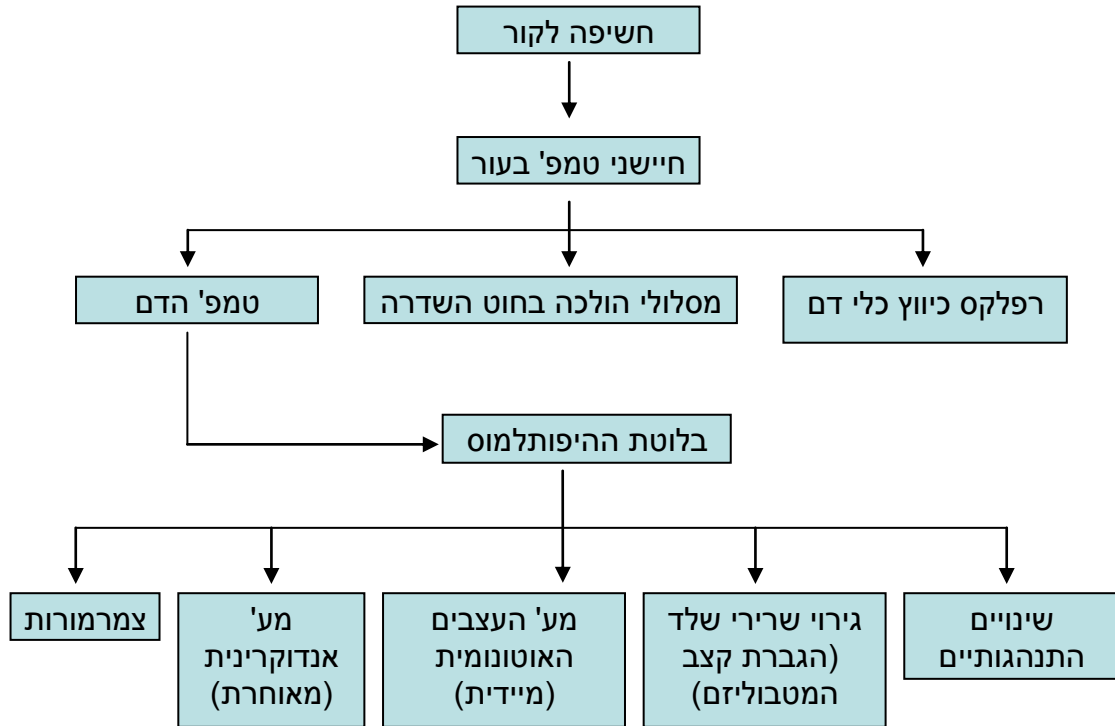
- נתיב אוויר – במצבים של הפסקת נשימה מאיימת - דיכוי הכרתי, אספירציות, בצקת ראות...יש מקום לשקול אינטובציה והנשמה בחולה שלא מסוגל להגן על נתיב האוויר שלו. במקרים הקלים, העשרה בחמצן.
- בדיקת גלוקוז – כחלק מההערכה של חולה מעורפל/מחוסר הכרה
- מדידת חום.
- פתיחת וריד – הערכה של המצב ההמודינמי. חלק מהחולים בתת נפח - ספטים, מיובשים...לשקול מתן נוזלים, רצוי מחוממים (הצמדת שקיות העירו לשקיות חימום כימיות, לבית השחי...)
- בידוד הנפגע מסביבתו הקרה, החלפת ביגוד רטוב בכיסוי יבש, חימום החדר/אמבולנס

נקודות ציון נוספות:

- החיאה/הפסקת החיאה – יש לזכור כי בחולים לאחר דום לב להיפותרמיה פעילות מגינה/מטיבה על המוח. לא ניתן לקבוע מוות אלא אם כן טמפרטורת הגוף מעל 35°C . You're not dead until you're warm and dead.
- האם פרוצדורות חודרניות הינן קונטרה-אינדיקציה בהיפותרמיה? היסטורית, הייתה סברה שגרסה כי פרוצדורות חודרניות כגון אינטובציה עלולות להוות טריגר להפרעות קצב בחולים בהיפותרמיה. כיום, מקובל כי הסברה הנ"ל הייתה מוגזמת. ההנחיות היום תומכות בכל פרוצדורה חודרנית באם ישנה אינדיקציה מקובלת.
- דפיברילציה – בהיפותרמיה קשה, דפיברילציה עלולה להיות לא אפקטיבית, בייחוד עם טמפרטורת הגוף מתחת ל- 30°C . יש, כמובן, לנסות ולהפוך חשמלית VT או VF אך כדאי לזכור כי ייתכן ויהיה צורך להמשיך ב-CPR ללא מתן שוקים עד להעלאת טמפרטורת הנפגע אל מעל 30°C .
- מד הסטורציה עלול שלא לתת קריאה או לתת קריאה לא נכונה בחולים היפותרמים עם פריפריה קרה.
- תרופות – השפעתן של מרבית התרופות תלויה טמפרטורה. לעיתים ישנו צורך במתן מינון מוגבר על מנת להשיג יעילות, אך יש לזכור שבמהלך התחממות החולה התרופות הנ"ל עלולות להגיע לרמות טוקסיות. לפיכך, רצוי להגדיל את מרווח הזמן בין מתן מנה אחת לשנייה מאותה התרופה (אדרנלין, למשל). אין לתת תרופות PO עקב ספיגה ירודה במערכת העיכול ואין להזריק תרופות IM גם כן עקב ספיגה לקויה בעקבות הואזוקונסטריקציה הפריפרית.
- באבחנה המבדלת, בייחוד באם ישנה טכיקרדיה לא פרופורציונלית להיפותרמיה, כדאי לקחת בחשבון גם היפוגליקמיה, היפוולמיה או מינון יתר של סם ולטפל בהתאם.
- המשך הטיפול בבית החולים יכלול חימום פסיבי ואקטיבי (באמצעות מפוחי אוויר חם, עירויי נוזלים חמים, דיאליזה, מכונת לב ריאה...).

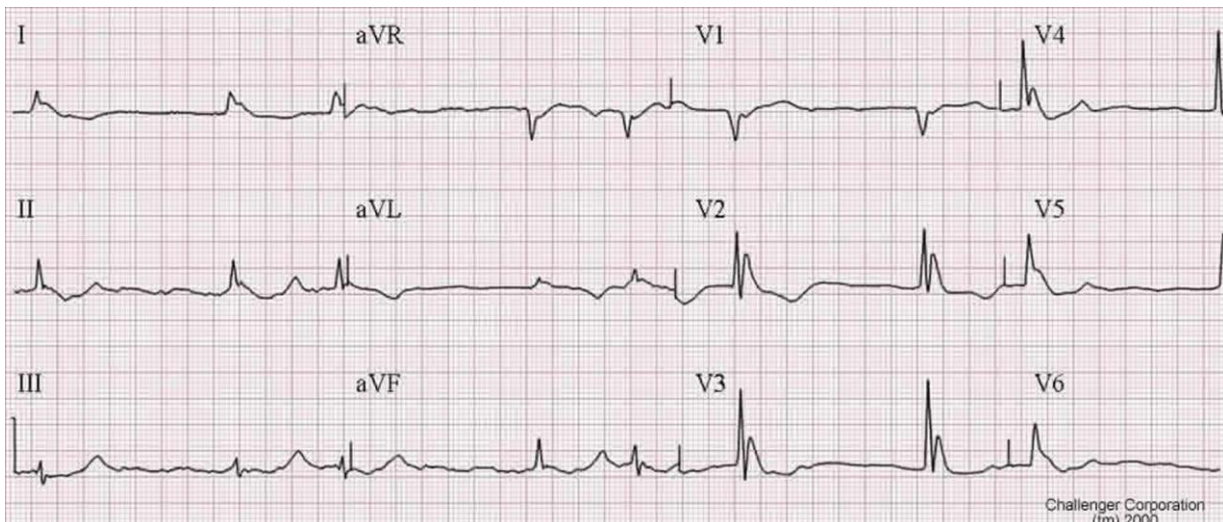
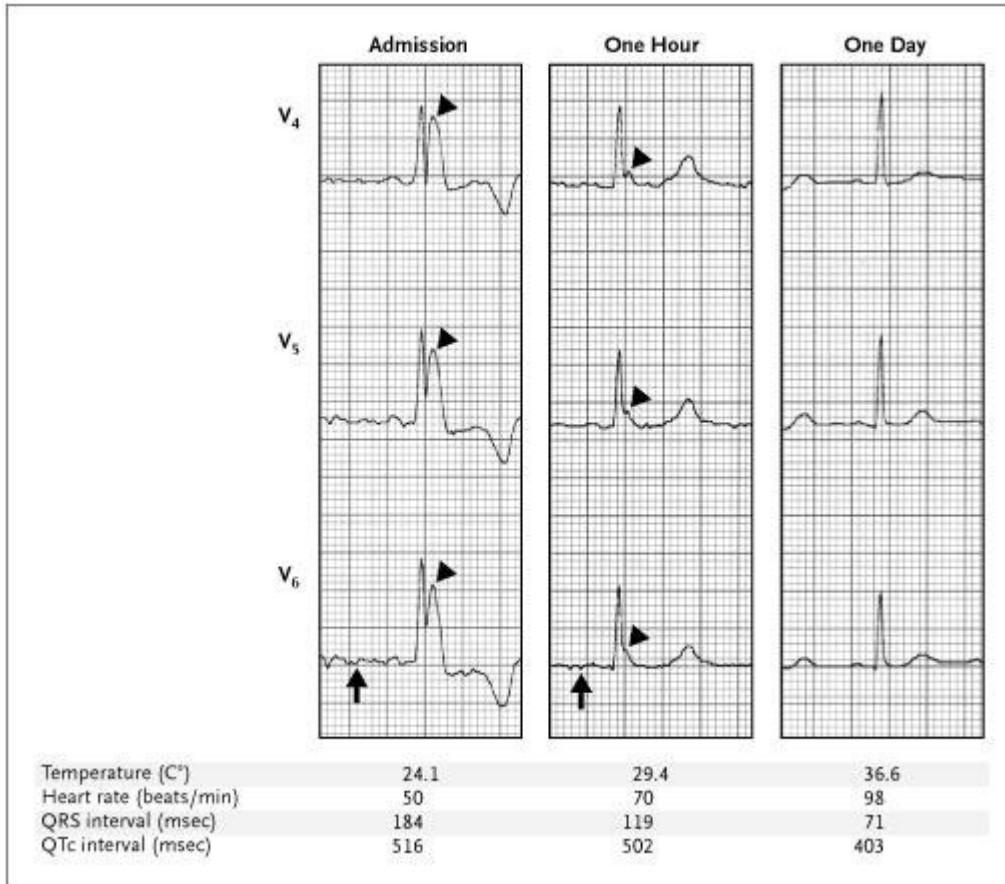


תמונה 1: פיזיולוגיה של חשיפה לקור





תמונה 2: גלי J באק"ג (Osborn) באק"ג





אגף רפואה

טבלה 1: מקורות אבדן חום וגורמים מחמירים

מנגנון	תרומה תקינה (%)	גורמים מחמירים
עור		
הקרנה	55	הרחבת כלי דם (אלכוהול, פגיעות עמ"ש)
אידי	25	פגיעה בשלמות העור (כוויות, פסוריאזיס)
הולכה	15	עליה פי 25 בסביבת מים (טביעה)
הסעה	מינורית	עליה של עד פי 5 בתנאי רוח קיצונית
נשימה		
אידי	5	אוויר קר ויבש

טבלה 2: שינויים פיסיולוגיים והסתמנות קלינית הקשורים בהיפותרמיה

קשה (<28°C)	בינונית (28-32°C)	קלה (32-35°C)	
חוסר הכרה	↓ הדרגתית ברמת ההכרה	בלבול, אבדן זיכרון	נוירולוגית
אבדן רפלקסים	הרחבת אישונים	קושי בדיבור	
↓ בפעילות ב- EEG	הזיות	אטקסיה	
		↓ מטבוליזם מוחי	
	אבדן צמרמורת	צמרמורת	
HR ↓	↓ הדרגתית ב- HR ו- CO	HR ↑	קרדיו-וסקולרית
BP ↓	הופעת גלי J	BP ↑	
CO ↓	↑ בסיכון להפרעות קצב עלייתיות וחדריות	CO ↑	
הפרעות קצב חדריות		הארכת מקטעי PR ו- QT	
אסיסטולה מתחת ל- 20°C		AF מתחת ל- 33°C	
אפניאה מתחת ל- 24°C	↓ הדרגתית ב- RR	RR ↑	נשימה
בצקת ראות	↓ הדרגתית ב- MV	MV ↑	
	אבדן ההגנה על ה- AW	↑ הפרשות	
↓ הדרגתית עד ל- 20% מה- BMR	BMR ↓	↑ קטכולאמינים	מטבולי ואנדוקריני
	↓ תצרוכת החמצן	↑ תצרוכת החמצן	
		היפרגליקמיה	
↓ בפרפוזיה הכלייתית	Cold diuresis		כליות
מיעוט במתן שתן			
	שינויים לא צפויים ברמות אלקטרוליטים		
	המוקונסנטרציה (המטוקריט ↑ ב-2% על כל ↓ של 1°C בטמפרטורת הגוף		המטולוגיה



אגף רפואה

	קואגולופתיה		עיכול
	אילאוס, פנקריאטיטיס, פגיעה כבדית, כיבים קיבתיים		

HR – heart rate, CO – cardiac output, BP – blood pressure, AF – atrial fibrillation, RR – respiratory rate,
MV – minute ventilation, AW – air way, BMR – basal metabolic rate

1. Epstein E, Anna K. BMJ Learning – Accidental hypothermia. BMJ 2006; 332:706-709.
2. Kempainen RR, Brunette DD. The evaluation and management of accidental hypothermia. Respiratory Care 2004; 49(2): 192-205.
3. Mechem CC, Danzl DF. Accidental hypothermia in adults. UpToDate 2012.
4. Danzl DF. Accidental hypothermia. Marx: Rosen's Emergency Medicine; Chap. 138: 1868-1881.
5. Mallet ML. Pathophysiology of accidental hypothermia. Q J Med 2002; 95:775-785.
4. Muszkat M, Durst RM, Ben-Yehuda A. Factors associated with mortality among elderly patients with hypothermia. The American J Medicine 2002; 113: 234-237.
5. Elbaz G, Etzion O, Delgado J et al. Hypothermia in a desert climate: score and mortality prediction. American J Emergency Medicine 2008; 26: 683-688.
6. Rav-Acha M. et al. Cold injuries among Israeli soldiers operating and training in a semiarid zone: A 10 year review. Military Medicine 2004; 169(9): 702-706.