



משרד החינוך

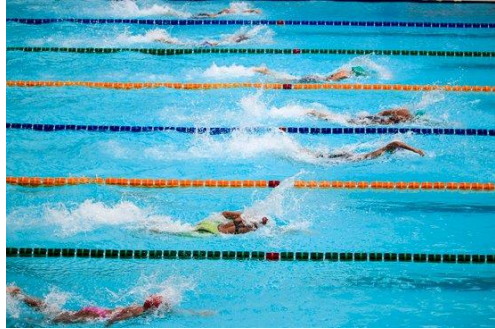
מערכת שידורים לאומית

חינוך גופני מקצוע מוגבר לבגרות 5 יח"ל

חלק א' – אספקת אנרגיה וצריכת חמצן

שם המורה : משה אהרוני

יעדים לימודיים



- עלות אנרגטית ודרכי מדידתה
- ערך אנרגטי של מזון ומדידתו



- נצילות אנרגטית של המסלולים לאספקת האנרגיה
- יעילות מכנית ויכולת ספורטיבית
- גורמים המשפיעים על צריכת האנרגיה היומית
- סיווג מאמצים לדרגות קושי על-פי עלות אנרגטית



צריכת חמצן (VO_2)

- החמצן שנצרך במסלול האירובי לצורך פירוק הפחמימות והשומנים, מגיע מהאוויר שאנו נושמים.
- במנוחה אנו צורכים חמצן בשיעור של 0.2 - 0.3 ליטר\דקה.
- בזמן מאמץ מרבי שיעור צריכת החמצן עולה עד 3-6 ליטר\דקה.



עלות אנרגטית ודרכי מדידתה

- העלות האנרגטית של פעילות גופנית מסוימת היא כמות האנרגיה, שהופקה במסלולים המטבוליים בעת ביצוע הפעילות.
- ידיעת העלות האנרגטית תאפשר למאמן לתכנן את העומס באימונים ולתזנאי לבנות תפריט תזונה מתאים.
- לא כל האנרגיה המופקת במסלולים המטבוליים ומוגדרת כעלות אנרגטית מנוצלת ישירות לצורך עבודת השרירים בעת המאמץ גופני.



עלות אנרגטית ודרכי מדידתה

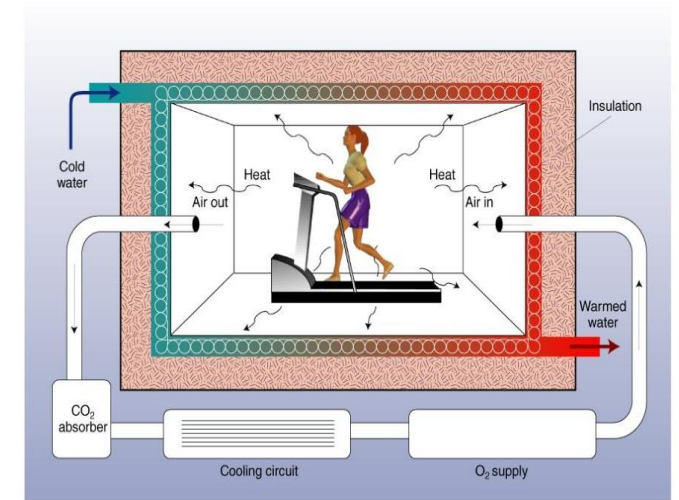
קלורימטריה ישירה

- כמות החום שמופקת בגוף במסלולים המטבוליים יכולים להמדד בשתי שיטות:

1. קלורימטריה ישירה

2. קלורימטריה עקיפה

- ייצור החום על ידי הגוף משקף, למעשה, את תהליכי יצירת האנרגיה שחלים בגוף.
- ייצור חום יכול להימדד באופן ישיר באמצעות תא מיוחד הנקרא קלורימטר, באמצעותו מודדים את השינוי בטמפרטורת חגורת המים העוטפת את התא הנובע מייצור חום על ידי גופו של הנבדק.
- על פי השינוי בטמפרטורה ניתן לחשב את כמות האנרגיה שהופקה בגוף האדם, השווהה בתוך הקלורימטר.

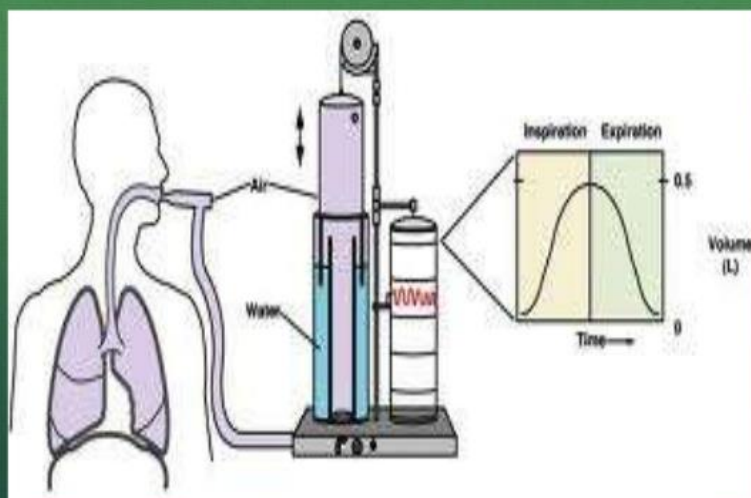


עלות אנרגטית ודרכי מדידתה

קלורימטריה עקיפה

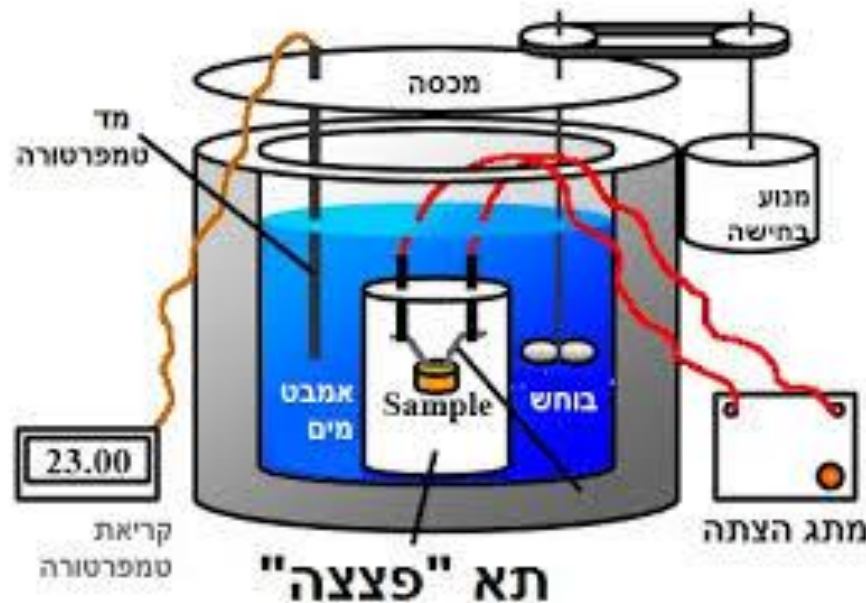
- במנוחה ובמאמצים שבהם האנרגיה מסופקת על ידי המסלול האירובי, ניתן להעריך את העלות האנרגטית באמצעות בדיקת נפח החמצן, שנצרך על ידי גוף האדם.
- הבדיקה נעשית בעזרת מערכת מדידה מטבולית ממוחשבת בשיטה הנקראת ספירומטריה במעגל פתוח (open circuit spirometry).
- מאחר שהעלות האנרגטית מחושבת מנתוני צריכת החמצן, המדידה נקראת קלורימטריה עקיפה.

קלוריות	דלק מטבולי תוך שימוש ב- 1 ליטר חמצן
4.69	שומן
5.05	פחמימות
4.86	50% שומן – 50% פחמימות



ערך אנרגטי של מזון

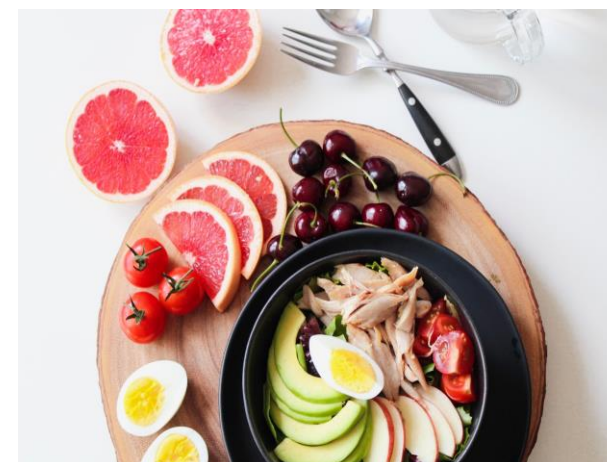
- ערך אנרגטי של מזון הוא כמות האנרגיה בקלוריות האגורה במזון מסוים.
- הערך האנרגטי נמדד באמצעות קלורימטר פצצה, שבו נשרף המזון, וכמות החום שנפלטת מתורגמת לאנרגיה.
- הערך אנרגטי של 1 גרם מזון נקרא אנרגיה סגולית של מזון.



ערך אנרגטי של מזון

- גוף האדם אינו סופג לתוכו את כל מרכיבי המזון ממערכת העיכול.
- חלק מהמזון מופרש ישירות אל מחוץ לגוף, ולכן לא כל הפוטנציאל האנרגטי של המזון זמין לתהליכים המטבוליים המתרחשים בגוף.
- דוגמאות לערך אנרגטי בקלוריות, לכל 100 גרם מזונות שונים:

המזון	ערך אנרגטי	המזון	ערך אנרגטי	המזון	ערך אנרגטי
אבטיח	26	אפרסק	38	אבוקדו	170
פקאן	687	בננה	85	חלבה	500
חמאה	742	חמוס	116	שוקולד	430
חסה	15	ביצה	160	אורז מלא	129



נצילות אנרגטית של מסלולי אספקת האנרגיה

- האנרגיה הסגולית של הפחמימות, השומנים והחלבונים, כשהם זמינים לתהליכים המטבוליים (לא בצורתם המאוחסנת בגוף), היא 4.2, 9.5 ו-4.3 קלוריות\גרם בהתאמה.
- כל האנרגיה המתקבלת מפירוק בדלק המטבולי הופכת ל- ATP זמין לעבודת השרירים. חלק גדול מתקבל כחום.
- המושג **נצילות אנרגטית** של מסלול לאספקת אנרגיה מבטא היחס את באחוזים שבין כמות האנרגיה שהופקה מהדלק המטבולי והופכת בשרירים ל- ATP, לבין סך כל האנרגיה שהופקה מהדלק (עלות אנרגטית).
- הנצילות האנרגטית של המסלול האירובי בפירוק גלוקוז היא 40%, כלומר 60% מהאנרגיה הטמונה בגלוקוז הופכת ישירות לחום.



יעילות מכנית (יעילות תנועתית)

- עבודה חיצונית היא הביטוי המכני של פעולת השרירים.
- דוגמאות לעבודה חיצונית (הפעלת כוח לאורך הדרך): סיבוב דוושות האופניים כנגד התנגדות, מעבר מרחק מסוים בריצה או במכשיר חתירה.
- כוח נמדד בק"ג, דרך (מרחק) נמדדת במטרים ועבודה (פעולת השרירים) מבוטאת ביחידות של ג'אול או קלוריה { 1 קילוגרם/מטר (קג"מ) = 9.81 ג'אול }
- עבודה היא ביטוי של הוצאת אנרגיה. ולכן ניתן לבטא עבודה גם ביחידות של קלוריות. 4,186 ג'אול = 1 קלוריה



$$Force \times Distance = Work$$

- WORK - עבודה (קג"מ או ג'אול או קלוריות)
- FORCE – כוח (ק"ג)
- DISTANCE – עבודה (ג'אול)

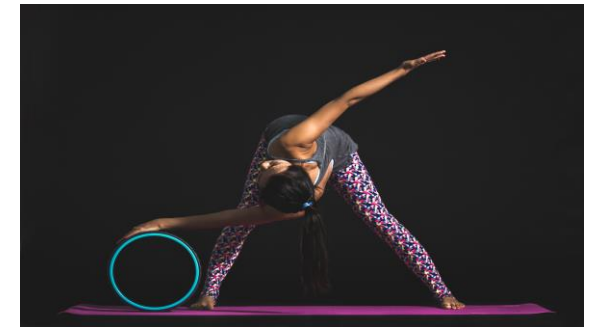
יעילות מכנית

- כמות העבודה המבוצעת ביחידות זמן נקראת הספק. כאשר יחידת הזמן היא שנייה, ההספק מבוטא ביחידות של וואט.
- 100 וואט הם עבודה של 100 ג'אול בשנייה.
- הנוסחה הבאה מתארת באופן סכמתי את משמעות המושג הספק:

- $$Power = \frac{Work}{Time}$$
 יעילות מכנית היא האחוז היחסי מכלל האנרגיה שהופקה במסלולים המטבוליים (עלות אנרגטית), אשר מתבטאת בעבודה החיצונית.
- יעילות מכנית מחושבת באמצעות הנוסחה הבאה:

$$WORK \setminus ENERGY EXPENDED \times 100 = \% EFFICIENCY$$

%efficiency - יעילות מכנית באחוזים
Work - עבודה חיצונית (קלוריות)
Energy expended - עלות אנרגטית (קלוריות)



יעילות מכנית

דוגמאות

- ביצוע דרפטינג מקטין את העלות האנרגטית ב- 18% במהירות של 32 קמ"ש וב- 27% במהירות של 40 קמ"ש.
- כיסי האוויר בנעלי "נייק" מפחיתים את צריכת החמצן ב- 1.6%-2.8% במהירות ריצה של 16 קמ"ש.
- בגדי ריצה הדוקים יביאו לקיצוץ 0.284 שניות בריצת 100 מטר ו- 1:34.5 דקות בריצת מרתון.
- 20%-25% מכלל האנרגיה שהופקה מפירוק הדלק המטבולי תבוא לידי ביטוי בעבודה חיצונית.
- העלות האנרגטית של רץ במהירות 6 מטר\שנייה הנע מטר אחד מהרץ שלפניו, תקטן ב- 6%



שאלת חשיבה

דרגו את חשיבות היעילות המכנית במקצועות הספורט הבאים:

- ריצת מרתון
- רכיבה על אופניים
- החלקה אומנותית על הקרח
- קפיצה למים מגובה



חינוך גופני מקצוע מוגבר לבגרות 5 יח"ל

חלק ב' – אספקת אנרגיה וצריכת חמצן

שם המורה : משה אהרוני

גורמים המשפיעים על צריכת האנרגיה היומית

הגורמים הבאים קובעים את רמת האנרגיה הנצרכת בתהליכי חילוף החומרים בגוף:

- חילוף חומרים בסיסי (BMR)
- תהליכי עיכול
- אקלים
- פעילות גופנית



חילוף חומרים בסיסי (BMR)

במצב מנוחה מתקיימים בגוף התהליכים הבאים:

- הכפלת תאים
- הפעלת שרירים (לב, נשימה ושרירים חלקים)
- העברת גירויים עצביים
- העברה פעילה דרך קרומי התא

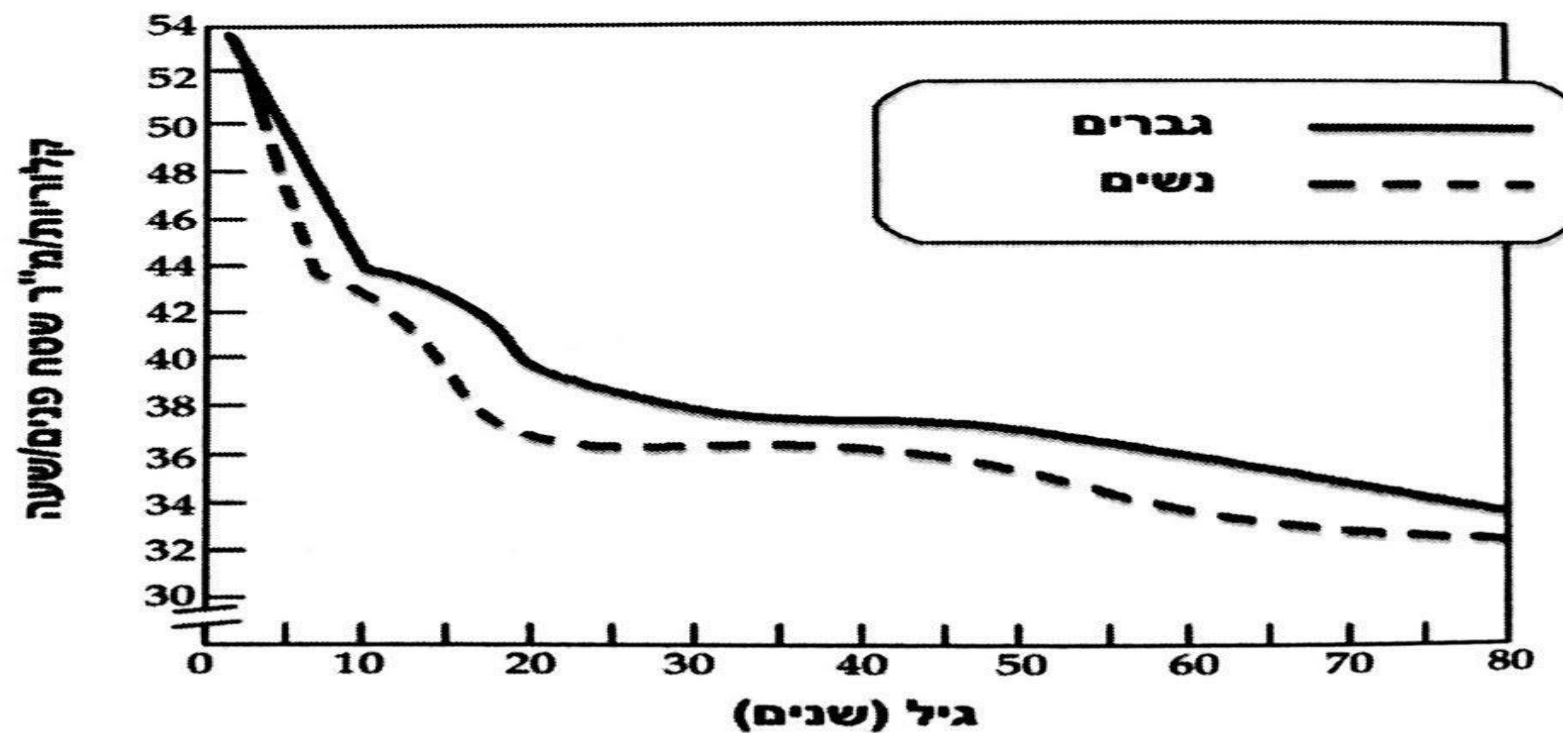


חילוף חומרים בסיסי (BMR)

- כדי לקיים את תפקודי הגוף החיוניים האלה יש צורך ברמה מינימלית של אנרגיה.
- הדרישה המינימלית לאנרגיה הקיימת במצב שבו האדם שוכב על הגב בסביבה נוחה, נקראת קצב חילוף חומרים בסיסי (Basal Metabolic Rate).
- ניתן למדוד את חילוף החומרים הבסיסי באופן ישיר בקלורימטר או באופן עקיף על ידי מדידת צריכת החמצן. מדידות עקיפות גילו שערכי צריכת החמצן נמצאים בטווח שבין 160 מ"ל\דקה ל- 290 מ"ל\דקה (תלוי בעיקר בגודל גוף הנבדק).
- חילוף חומרים בסיסי מהווה מרכיב מרכזי בצריכת האנרגיה היומי. הוא יכול להתבטא ביחידות מוחלטות של קלוריות לשעה או ליממה. יחידות אלה אינן משקפות את גודל הגוף. גוף גדול מכיל יותר תאים, ומתרחשים בו יותר תהליכים מטבוליים. גודל הגוף מתבטא בשטח הפנים של הגוף, ולכן יחידות יחסיות של קלוריות ליחידת שטח פנים של הגוף לשעה או ליממה יסקפו טוב יותר את חילוף החומרים הבסיסי של האדם המסוים.

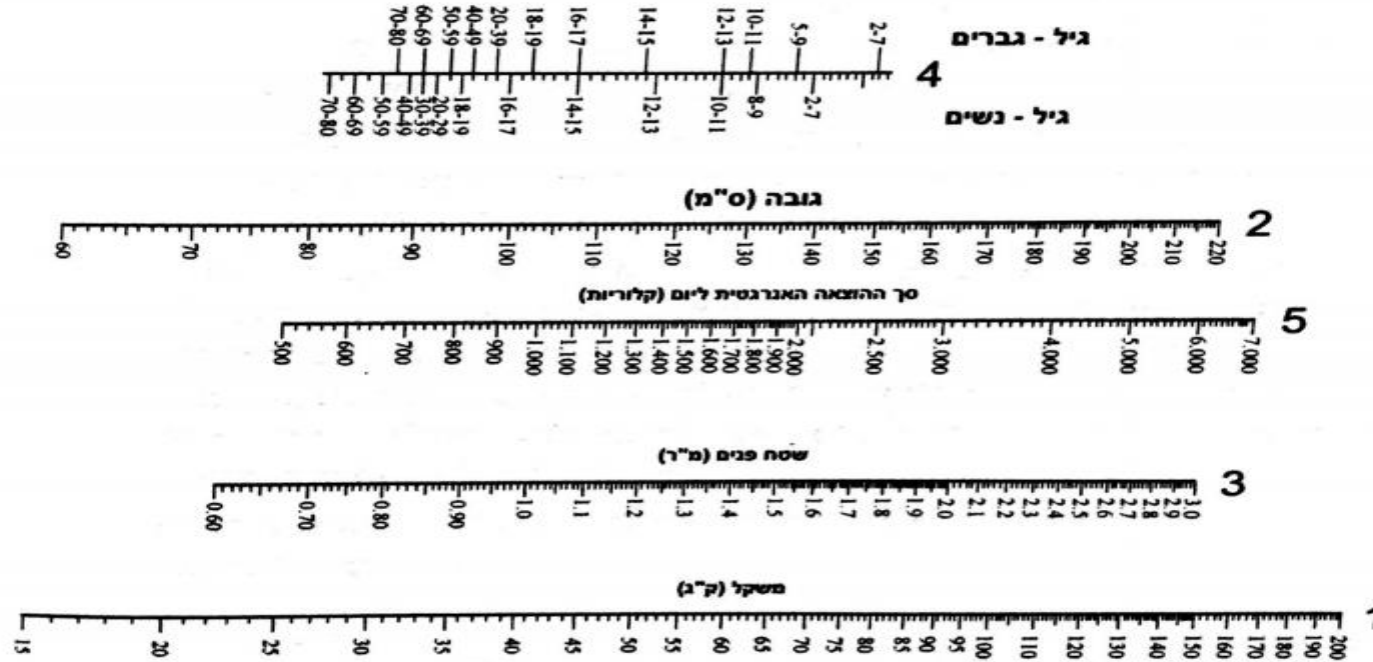
חילוף חומרים בסיסי (BMR)

חילוף חומרים הבסיסי של נשים וגברים בגילאים השונים



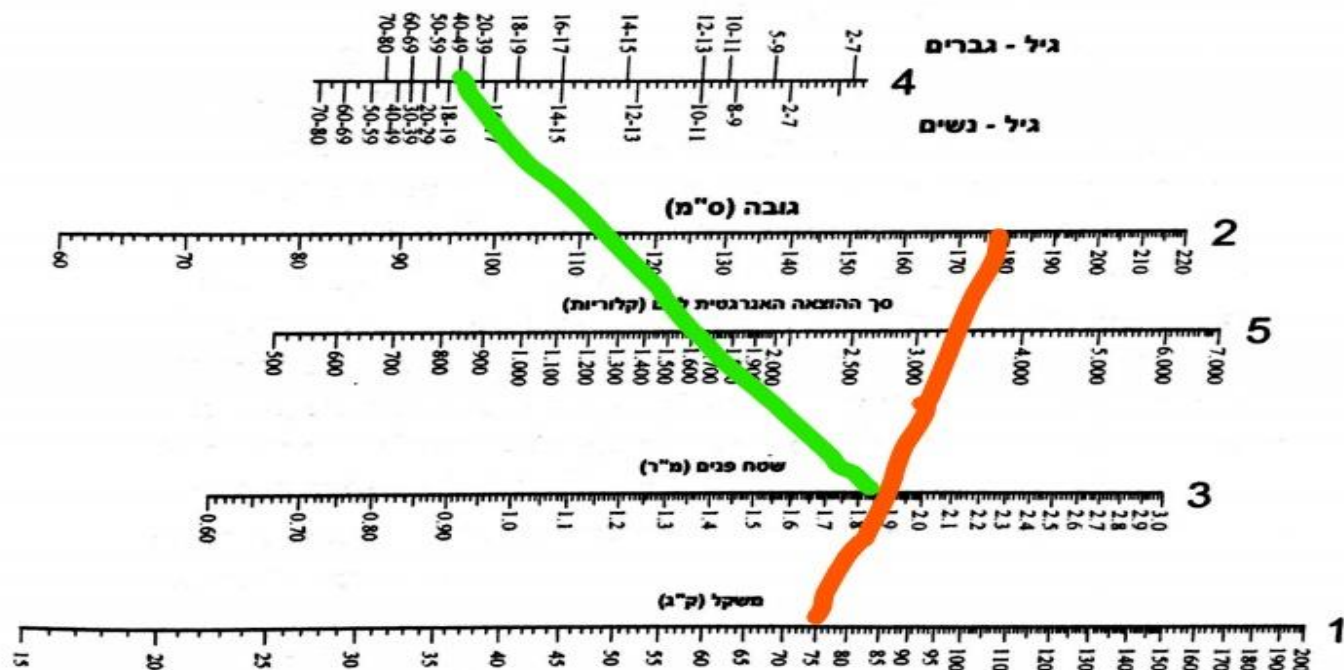
חילוף חומרים בסיסי (BMR)

נומוגרמה לחישוב קצב חילוף החומרים הבסיסי



חילוף חומרים בסיסי (BMR)

נומוגרמה לחישוב קצב חילוף החומרים הבסיסי



תהליכי עיכול

- תהליכי העיכול, הספיגה ובניית חלבונים חדשים בכבד דורשים אנרגיה.
- העלות האנרגטית של העיכול שווה ל- 10%-35% מהערך הקלורי של המזון שנאכל באותה ארוחה. חילוף החומרים המוגבר כתוצאה מהעיכול מגיע לשיאו כשעה לאחר סיום הארוחה.
- קיימת שונות בעלות האנרגטית בין האנשים, וכמו כן ישנה השפעה על סוג האוכל וכמות האוכל. לדוגמה, בארוחה של חלבון טהור העלות האנרגטית של העיכול מהווה 25% מהערך הקלורי של הארוחה.



אקלים

- כמות האנרגיה המופקת בתהליכי חילוף החומרים המתרחשים המנוחה
- באקלים טרופי (חם ולח) גבוהה ב- 5%-20% מאשר באקלים נוח.
- העלייה בחילוף החומרים במנוחה ובעת מאמץ באקלים חם נובעת מ:
- הגברת תהליכים המופעלים ע"י אנזימים התלויים בטמפרטורת הליבה
- הפעלה מוגברת של בלוטות הזיעה.
- השפעת טמפרטורת הליבה על האנזימים מכונה **אפקט Q10**.
- באקלים קר, בד"כ קצב חילוף החומרים עולה בגלל רעד שרירים לצורך שמירה על טמפרטורת הגוף (הומיאוסטזיס).
- סוג הלבוש והרכב הגוף (תכולת שומן וכד') הם גורמים משניים המשפיעים על המטבוליזם באקלים קר.



פעילות גופנית

- העלות האנרגטית של הפעילות הגופנית היא בעלת ההשפעה הגדולה ביותר על סך כל צריכת האנרגיה היומית בתהליכי חילוף החומרים. לדוגמה, אתלטים ברמה עולמית מכפילים את צריכת הקלוריות היומית שלהם בעקבות 3-4 שעות אימן יומיות.
- עלויות אנרגטיות ממוצעות של פעילויות שונות (כולל BMR):

פעילות	עלות אנרגטית קלוריות/ק"ג/דקה	פעילות	עלות אנרגטית קלוריות/ק"ג/דקה
כדורעף	0.050	קפיצה בחבל (125 קפיצות/דקה)	0.197
טניס שולחן	0.068	נגינה בפסנתר	0.040
שחיית חזה	0.162	נגינה בתופים	0.066
שחיית חתירה	0.156	ריצה קלה ריצת קצב	0.193 0.289
סקוויט	0.212	הליכה בקצב רגיל	0.080
ג'ודו	0.195	ישיבה	0.021



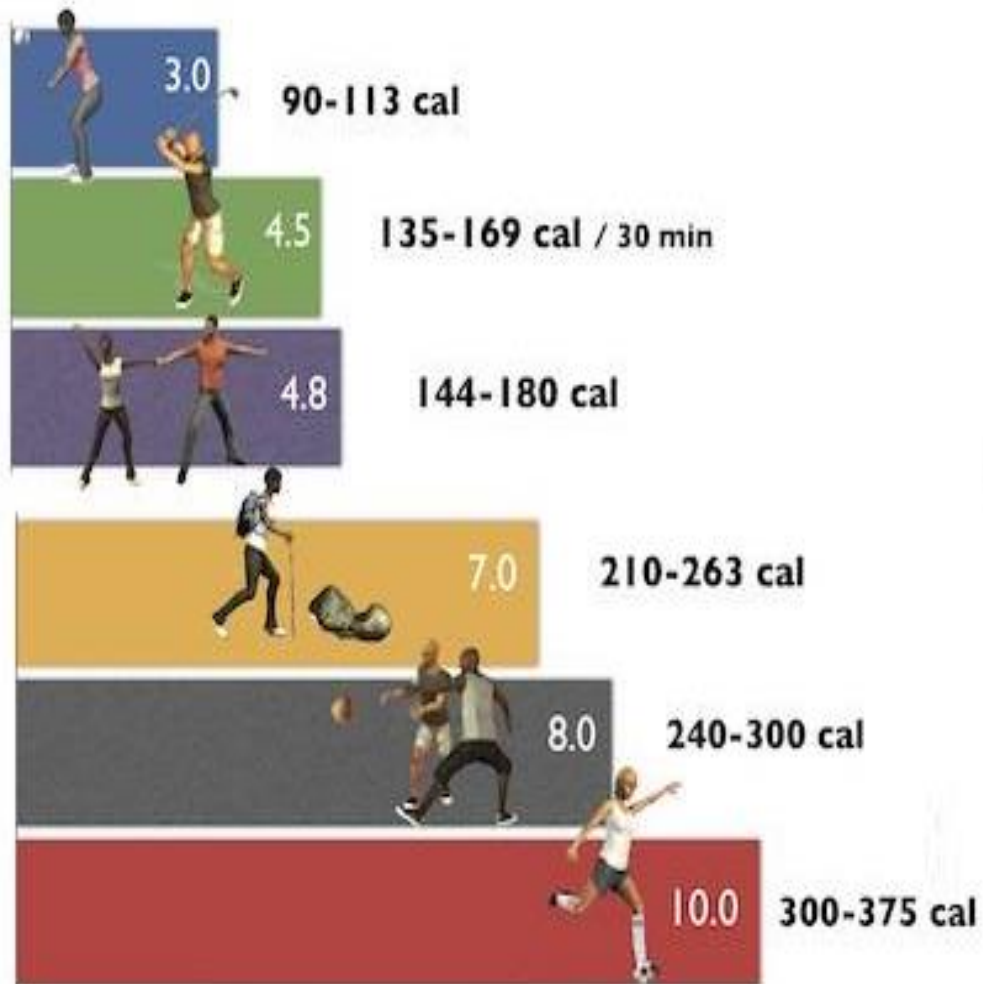
פעילות גופנית

- יחידה בשם MET (METABOLIC EQUIVALENT) מהווה אמצעי נוסף לבטא את העלות האנרגטית של מאמץ.
- MET מבטאת פי כמה גדולה העלות האנרגטית של המאמץ מהעלות האנרגטית במנוחה.
- צריכת החמצן הממוצעת לגבר במנוחה המוגדרת כ-MET 1 היא 250 מ"ל/דקה, ולאישה 200 מ"ל/דקה.
- בהנחה שצריכת 1 ליטר חמצן משקפת ייצור אנרגיה של 5 קלוריות ~, העלות הקלורית של מנוחה לגבר היא 1.25 קלוריות/דקה, ושל אישה 1 קלוריה/דקה.
- מאמץ שמוערך כ- 8 METS, הוא מאמץ שהעלות האנרגטית שלו היא פי 8 מהעלות במנוחה. כלומר זהו מאמץ שידרוש מגבר צריכת חמצן של 2 ליטר/דקה, והעלות הקלורית שלו היא 10 קלוריות לדקה.



פעילות גופנית

דוגמאות



סיווג מאמצים גופנים על פי דרגות קושי

- תכנון תכנית אימונים ישנה חשיבות רבה לוויסות העומסים. הטבלה הבאה מציעה שיטה לסיווג מאמצים גופניים לחמש דרגות קושי על בסיס העלות האנרגטית של המאמץ ליחידת זמן, כלומר ההספק האנרגטי.
- ההספק האנרגטי המופיע בטבלה כולל בתוכו גם את חילוף החומרים הבסיסי ומבוטא בארבע צורות:
 - קלוריות לדקה
 - צריכת חמצן בליטר לדקה
 - צריכת חמצן במ"ל לק"ג גוף לדקה
 - METS

סיווג מאמצים גופנים על פי דרגות קושי

הספק אנרגטי גברים				רמת קושי
METS	צריכת חמצן מ"ל/ק"ג\דקה	צריכת חמצן ליטר\דקה	קלוריות\דקה	
1.6 – 3.9	15.2 – 6.1	0.99 – 0.40	4.9 – 2	קל
4 – 5.9	22.9 – 15.3	1.49 – 1	7.4 – 5	בינוני
6 – 7.9	30.6 – 23	1.99 – 1.5	9.9 – 7.5	קשה
8 – 9.9	38.3 – 30.7	2.49 – 2	12.4 – 10	קשה מאוד
< 10	> 38.4	> 2.5	> 12.5	קשה מדי

הספק אנרגטי נשים				רמת קושי
METS	צריכת חמצן מ"ל/ק"ג\דקה	צריכת חמצן ליטר\דקה	קלוריות\דקה	
1.2 – 2.7	12.5 – 5.4	0.69 – 0.3	3.4 – 1.5	קל
2.8 – 4.3	19.8 – 12.6	1.09 – 0.7	5.4 – 3.5	בינוני
4.4 – 5.9	27.1 – 19.9	1.49 - 1.1	7.4 – 5.5	קשה
6 – 7.5	34.4 – 27.2	1.89 – 1.5	9.4 – 7.5	קשה מאוד
> 7.6	> 34.5	> 1.9	> 9.5	קשה מדי

שאלת חשיבה



סרקו אותי



נוהל שימוש ביצירות מוגנות בזכויות יוצרים ואיתור בעלי זכויות

השימוש ביצירות במהלך שידור זה נעשה לפי סעיף 27א לחוק זכות יוצרים, תשס"ח. 2007-אם הינך בעל הזכויות באחת היצירות, באפשרותך לבקש מאיתנו לחדול מהשימוש ביצירה, זאת באמצעות פנייה לדוא"ל rights@education.gov.il