

הפיזיולוגיה של המאמץ

מהלכה למעשה



— שחר ניס —

פרק 4.2

פעילות גופנית

בגבהים

השינויים הפיזיקליים הבאים מתרחשים בעת העלייה לגובה:

- ירידה בלחץ החלקי של החמצן

- ירידה בצפיפות האוויר

- ירידה בטמפרטורת האוויר

- ירידה בלחות האוויר

- הפחתה של כוח המשיכה

- התגברות קרינת השמש

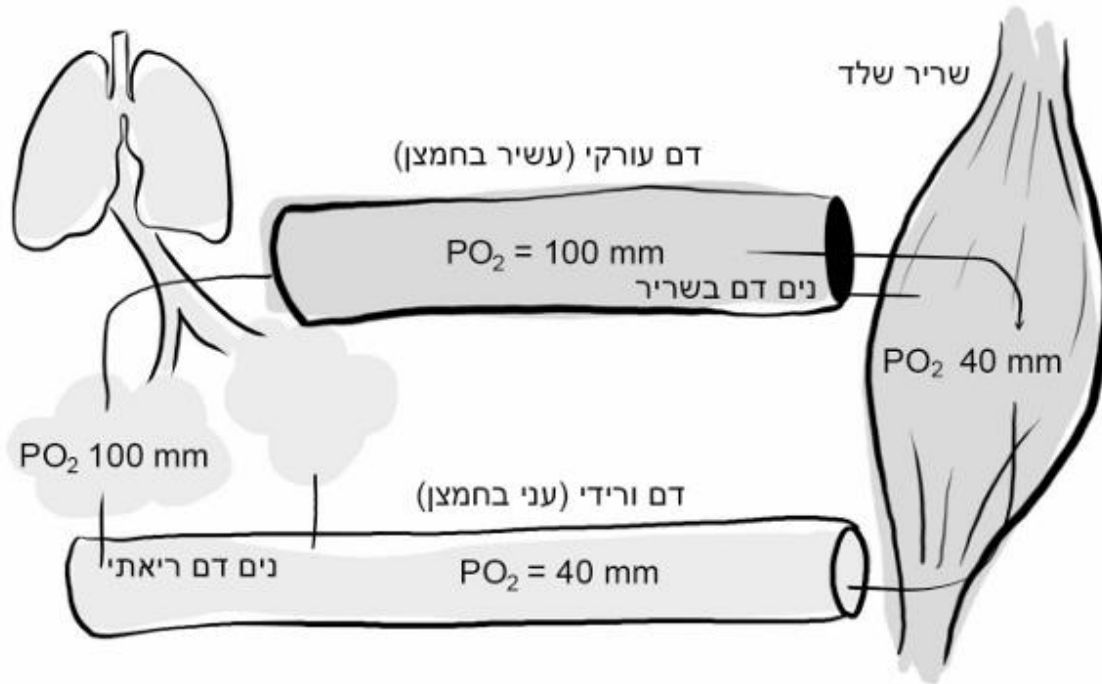
תהליכים פיזיולוגיים שמתרחשים בגוף עקב העלייה לגובה

- ירידה ברווית ההמוגלובין עקב ירידה בלחץ החלקי של החמצן באטמוספירה

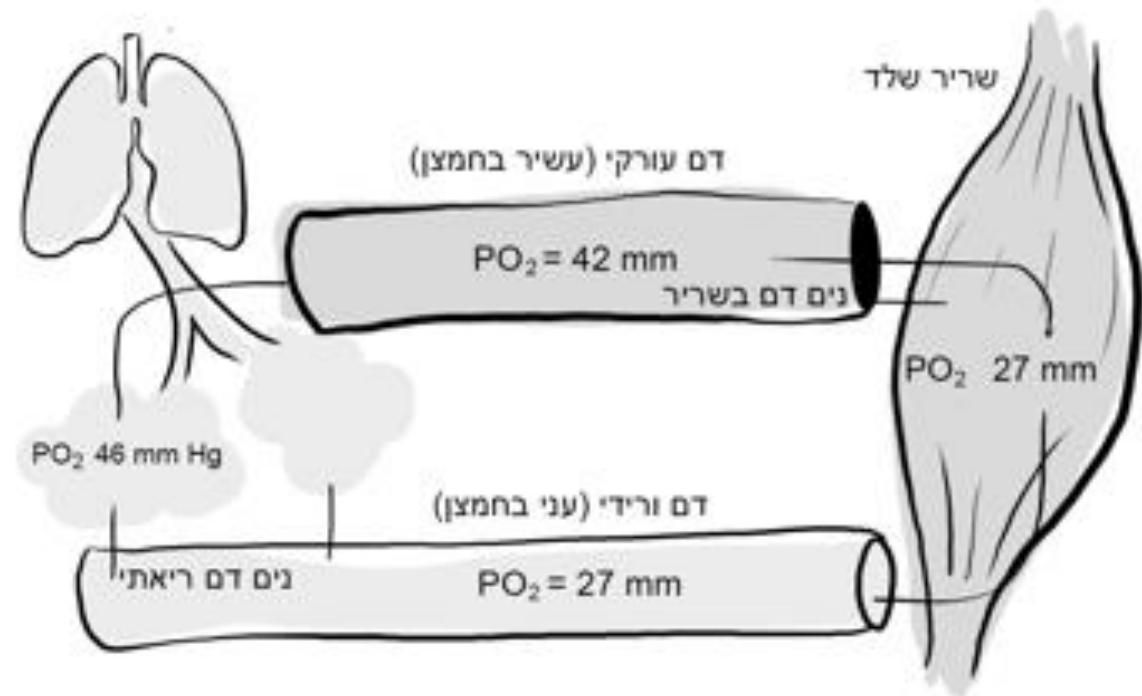
ובנאדיות

לחצים חלקיים של החמצן בגובה פני הים ובגובה 4,300 מטר

גובה פני הים
אוויר אטמוספרי
לחץ ברומטרי 760 מ"מ כספית
 $PO_2 = 159 \text{ mm Hg}$



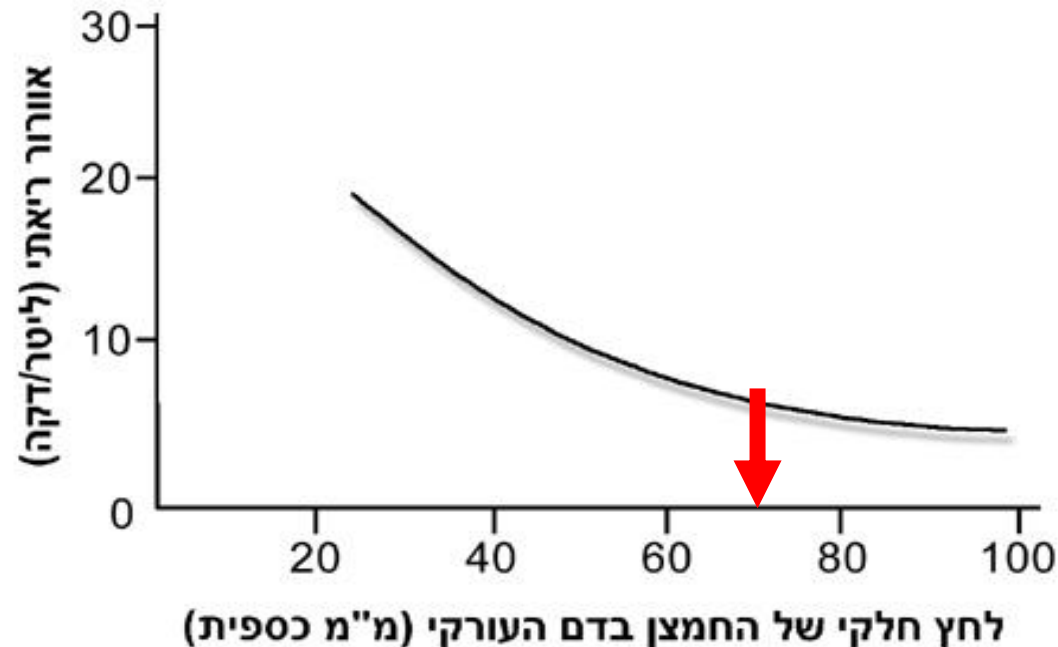
גובה 4,300 מ'י
אוויר אטמוספרי
לחץ ברומטרי 460 מ"מ כספית
 $PO_2 = 96 \text{ mm Hg}$



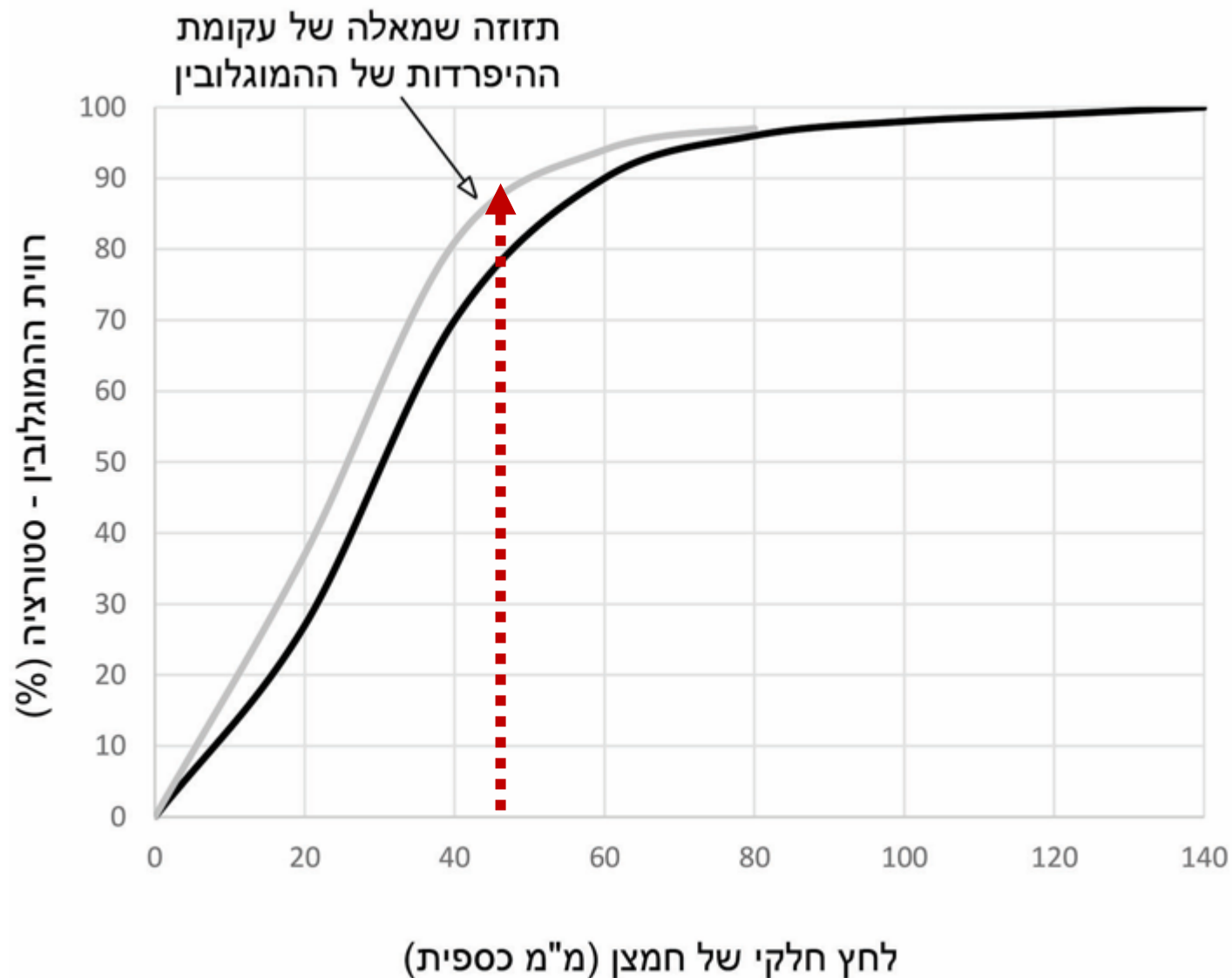
גובה 5,500 מטר: הלחץ החלקי של החמצן בנאדיות יורד ל- 38 מ"מ כספית, ורוויית ההמוגלובין בחמצן מגיעה ל- 73% בלבד.

תהליכים פיזיולוגיים שמתרחשים בגוף עקב העלייה לגובה

- ירידה ברווית ההמוגלובין עקב ירידה בלחץ החלקי של החמצן באטמוספירה ובנאדיות.
- האוורור הריאתי במנוחה ובמהלך מאמץ עולה (אוורור-יתר) כאשר הלחץ החלקי של החמצן בדם העורקי יורד לכ- 70 מ"מ כספית (מעל גובה 2,400 מטר).
- העלייה באוורור גורמת לפליטת CO_2 לירידה בחומציות ועלייה בבסיסיות.



תזוזת עקומת ההיפרדות שמאלה עקב העלייה בבסיסיות

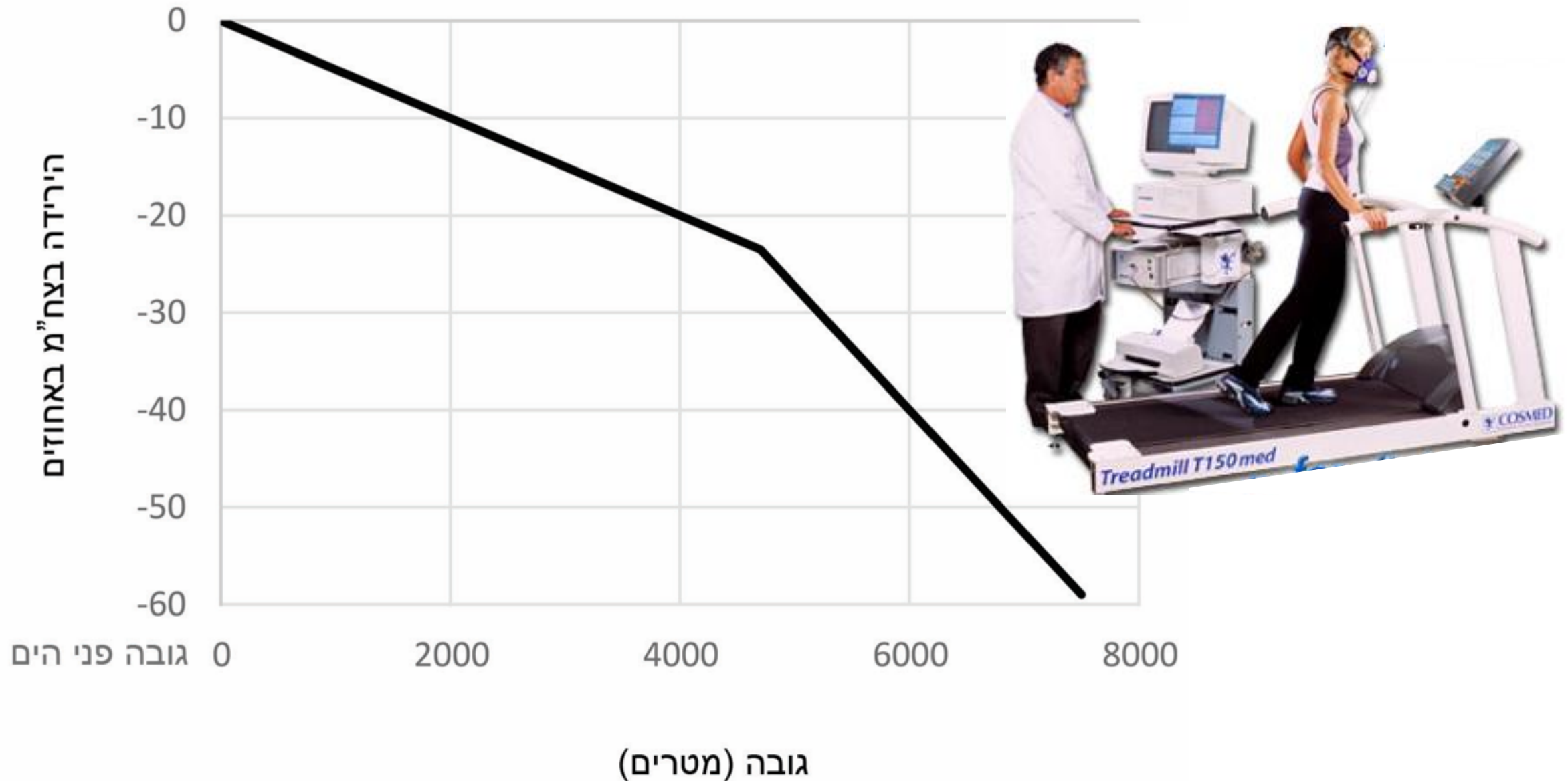


בלחץ חלקי נתון של חמצן
בנאדיות (45 מ"מ כספית) יש
עלייה בסטורציה של ההמוגלובין
(90% במקום 78%) ובלחץ
החלקי של החמצן בדם.

תהליכים פיזיולוגיים שמתרחשים בגוף עקב העלייה לגובה

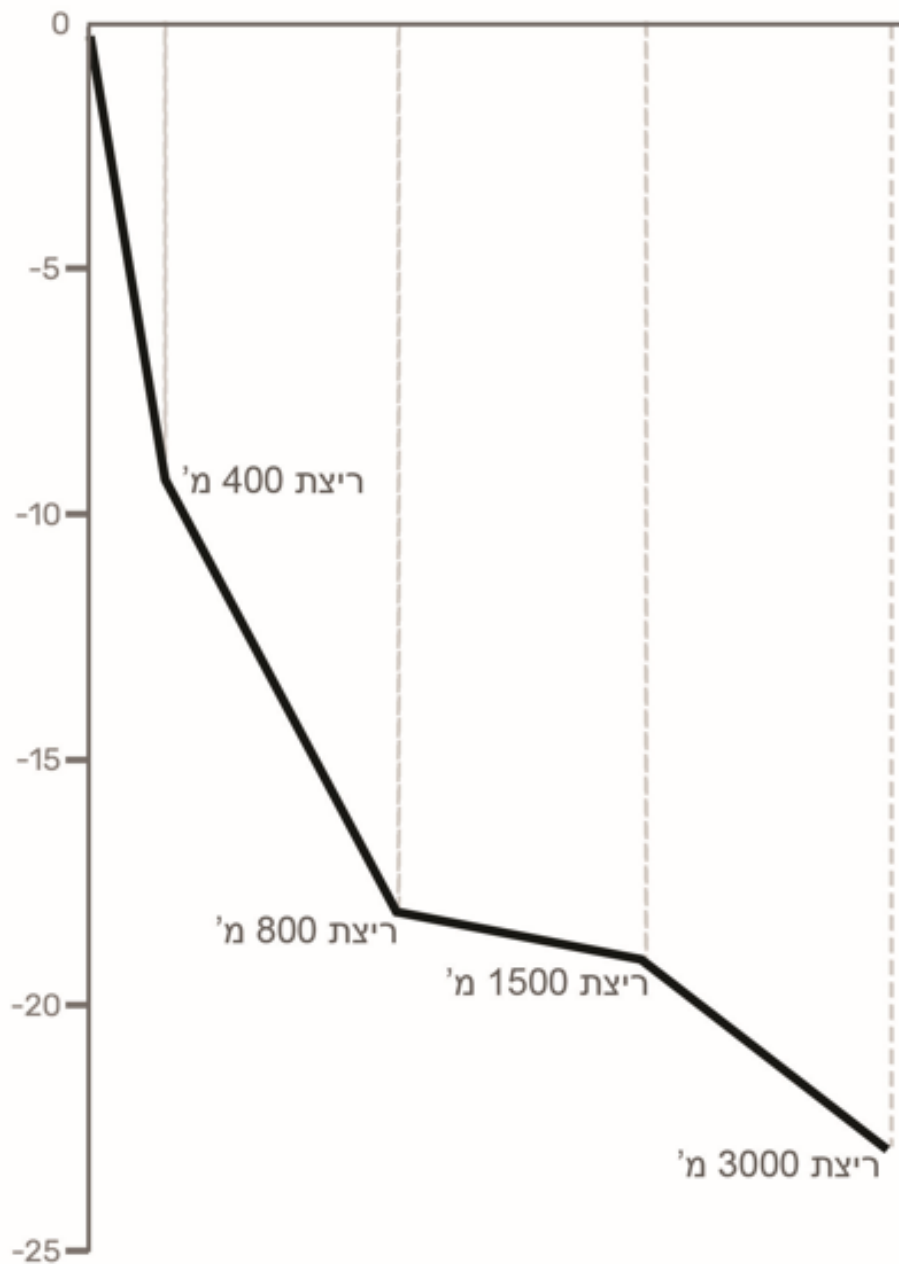
- ירידה ברווית ההמוגלובין עקב ירידה בלחץ החלקי של החמצן באטמוספירה ובנאדיות
- האוורור הריאתי במנוחה ובמהלך מאמץ עולה (אוורור-יתר). גורם לפליטת CO_2 לירידה בחומציות ועלייה בבסיסיות.
- הקטנת מפל הלחצים החלקיים של החמצן בשרירים שפוגע במעבר החמצן מהדם לשריר.
- ירידה בנפח הפלסמה בשבועות הראשונים עקב אובדן נוזלים מואץ שגורמת לעלייה בהמטוקריט שמאפשר להעביר יותר חמצן בכל יחידת נפח של דם
- שינויים בתפוקת הלב בכדי לפצות על ההפחתה ביכולת העברת החמצן בדם
- עלייה בתגובות המטבוליות - הגברת חילוף החומרים במנוחה

הירידה בצח"מ עם העלייה בגובה הטופוגרפי



הישג בגובה פני הים לפני העלייה לגובה

הירידה באחוזים בביצוע בגובה 4000 מטר



**הישגים בריצות בגובה 4,000 מטר
בהשוואה להישגים בגובה פני הים**



2,240 מטר

משחקים אולימפיים 1968

- ירידה של 3% בזמני ריצת 1,500 מטר
- ירידה של כ- 8% בזמני ריצות 5,000 מ' - 10,000 מ'
- שיא עולמי בקפיצה לרוחק: בוב בימון 8.90 מטר



טווחי גובה ומגבלות תפקודיות

- מתחת ל- 500 מטר: לגובה אין השפעה על ההרגשה הכללית ועל יכולת המאמץ.
- גובה נמוך (500 - 2,000 מטר): יכולת המאמץ יכולה להיפגע בענפי ספורט מחזוריים שנמשכים מעל 3:30 דק'. אקלום יכול לבטל את הירידה ביכולת המאמץ.
- גובה בינוני (2,000 - 3,000 מטר): לגובה תהיה השפעה על ההרגשה הכללית אצל לא מאוקלמים. תהיה ירידה בהספק האירובי המרבי (צריכת חמצן מרבית) ובמאמצי סבולת בינונית וממושכת. אקלום יכול לבטל, אך גם לא, את הירידה ביכולת שצוינה לעיל.
- גובה גבוה (3,000 - 5,500 מטר): ייתכנו השפעות בריאותיות שליליות כגון: מחלת גבהים זמנית. ירידה משמעותית ביכולת המאמץ תתרחש אצל כולם, גם אצל מי שעבר אקלום מלא.
- גובה קיצוני (מעל 5,500 מטר): תנאי היפוקסיה קשים והתסמינים הנלווים.

באמירה כללית המונח "גובה" מתייחס לאזורים בגובה של מעל 1,500 מטר.

היפוקסיה



מחלת גבהים

זמנית

**אובדן
תיאבון**

בלבול

כאבי ראש

**בחילות
והקאות**

**ירידה
בזיכרון**

דופק מהיר

**הפרעות
שינה**

**התעייפות
פיזית**

**התעייפות
מנטלית**

שינויי ההסתגלות (אקלום) המתרחשים במהלך ימים, שבועות

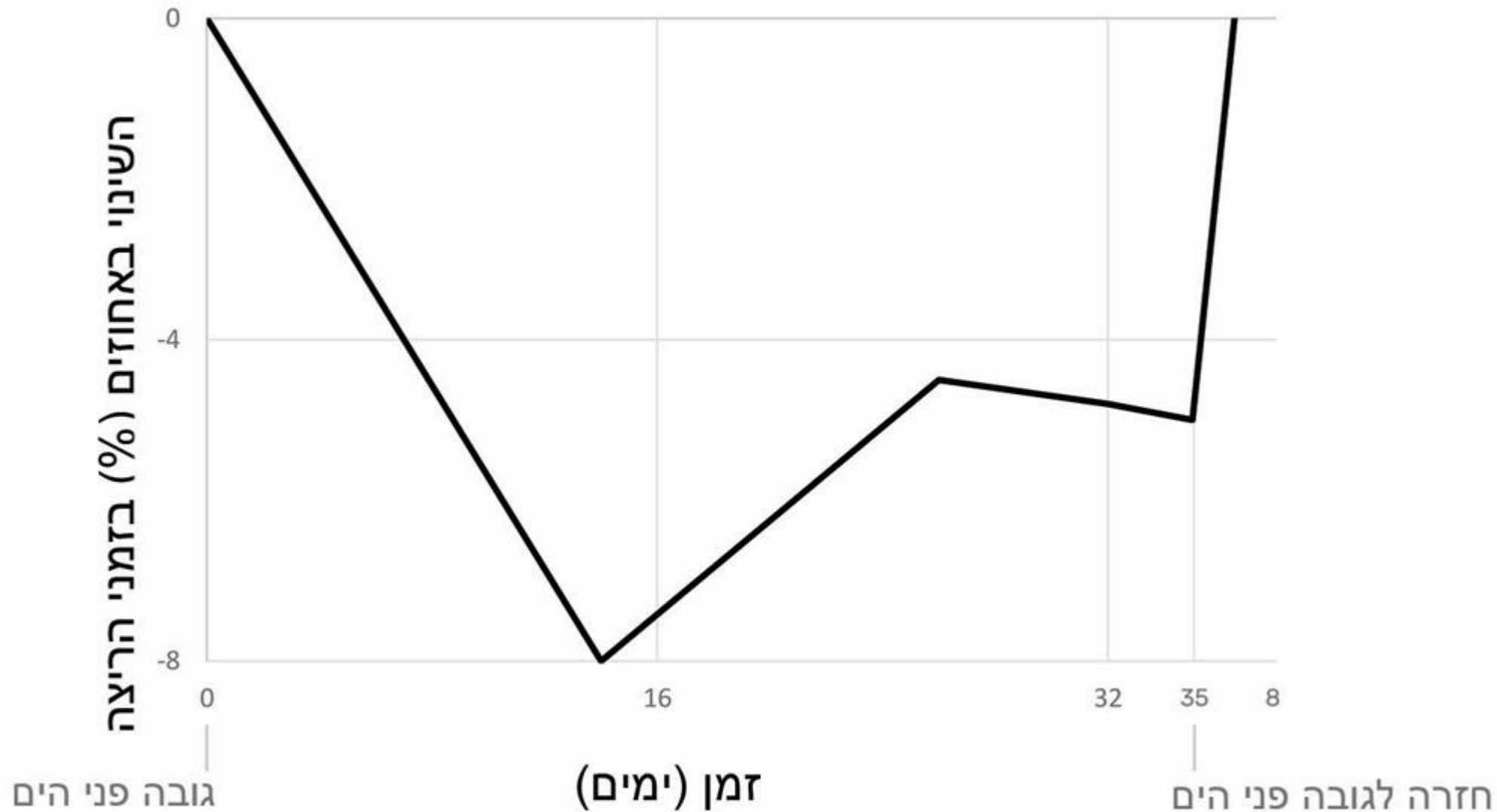
וחודשים של שהייה בגובה:

- ייצור מוגבר של תאי דם אדומים - הירידה בלחץ החלקי של החמצן בדם מגרה את הכליה להפריש את ההורמון אריטרופויטין. ההורמון מאיץ את ייצור תאי הדם האדומים במוח העצם, שמעלה את ההמטוקריט מממוצע של כ- 45% עד לממוצע של 60% - 65% ואת ריכוז ההמוגלובין בדם מ- 15 ג' ל- 22 ג' ב- 100 מ"ל דם.
- עלייה בנפח הדם - שהייה של כ- 6 חודשים בגובה 4,000 מטר הביאה לעלייה של 10% בנפח הדם הכולל. עלייה זו נובעת מהעלייה במספר תאי הדם האדומים שצוינה לעיל ומעלייה בנפח הפלסמה.

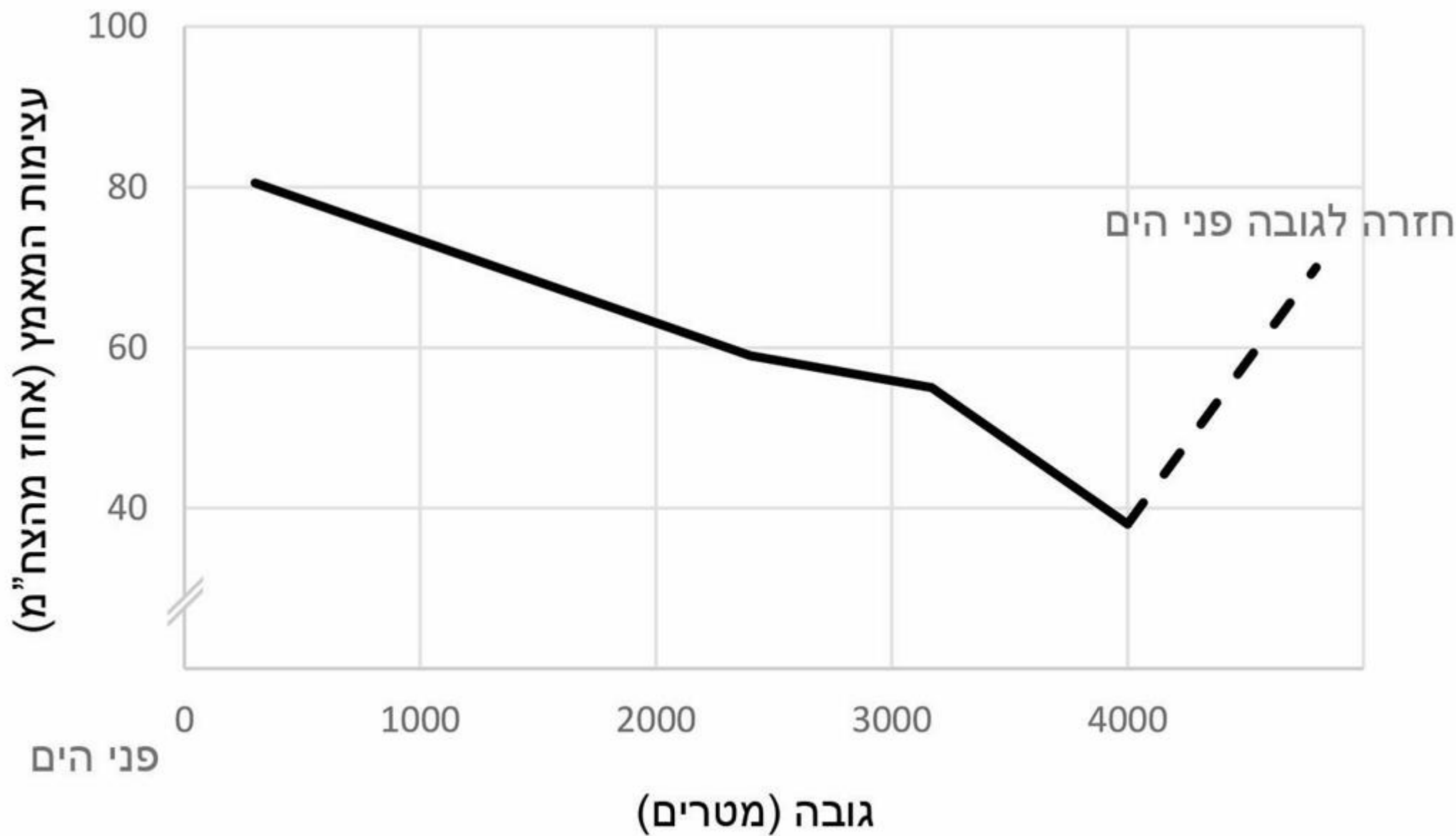
מאפיינים מורפולוגיים (מבניים) ופיזיולוגיים שהתפתחו במהלך דורות של שהייה בגובה מעל 4,000 מטר אצל תושבי הרמה הטיבטית

- **מבנה גוף - קטן יותר.**
- **נפחי ריאה - היקף בית חזה גדול יותר, נפחי ריאה סטטיים גדולים יותר, אוורור ריאתי גדול יותר**
- **רמת המוגלובין – רמת המוגלובין אינה שונה משל הגרים בגובה פני הים.**
- **מבנה ותפקוד הלב - הדופק המרבי של הטיבטים מהיר יותר, ליבם גדול יותר ותפוקת הלב המרבית גדולה יותר. שריר הלב מפיק אנרגיה במנוחה מהרכב דלק מטבולי שכולל יותר גלוקוז ופחות חומצות שומן. בתנאי היפוקסיה הלב יכול לקבל את אותו הספק של ATP עם פחות חמצן.**
- **תפקוד שרירים - יחס שבין מספר הנימים לסיב שריר גדול אצלם ומאפשר אספקת דם - חמצן רבה יותר. צפיפות מיטוכונדריה פחותה ב- 25% ויחס גדול יותר בין הצח"מ לנפח המיטוכונדריה. פרופיל שרירי נוטה יותר לסיבים מסוג אורמת מיוגלובין גבוהה בכ- 15%.**

השינוי בזמני הריצה למרחק 2 מייל ביחס להישגים בגובה פני הים בעת שהייה של חמישה שבועות בגובה של 2,300 מטר



השינוי בעצימות האימון עם העלייה בגובה הטופוגרפי



שתי דרכים מקובלות כיום למיטוב הביצוע הספורטיבי בגובה

- להגיע למקום התחרות עד 24 שעות לפני פתיחתה. בדרך זו אין אקלום והחשיפה לגובה היא קצרה ומסתיימת טרם הופעת תסמיני מחלת גבהים. לאחר 24 שעות יש הרעה ביכולת הגופנית והופעת תסמינים של מחלת גבהים.
- לבצע שגרת חיים של חייה בגובה והתאמן נמוך שכוללת תהליך אקלום לגובה במשך 3 שבועות לפחות ובמהלכו אימונים אירוביים בגובה פני הים. מתוך רצון להקל על התנהלות הספורטאים נבנו חדריים ואוהלים שבהם ניתן ליצור תנאים היפוקסיים בגובה פני הים.

