



משרד החינוך

מערכת שידורים לאומית

חינוך גופני מקצוע מוגבר לבגרות 5 יח"ל

חלק א' – צריכת חמצן במאמץ תת מרבי, במאמץ מרבי
(VO2 MAX) ובהתאוששות

שם המורה: משה אהרוני



מה נלמד היום

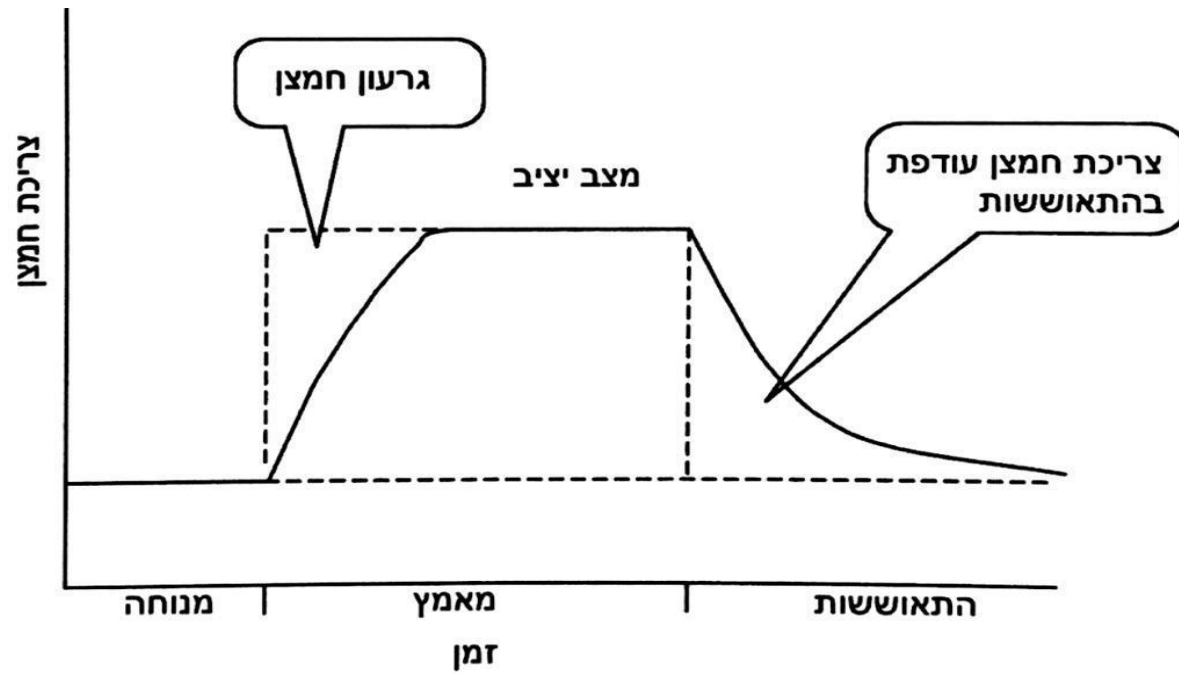
- מאפייני מצב יציב
 - גרעון חמצן מהו?
 - צריכת חמצן מרבית - חישוב, השפעת הגיל והמין
 - צריכת חמצן עודפת בהתאוששות - סיבות להיווצרותה
- 

צריכת חמצן במאמץ

האיור הבא מתאר גרף צריכת חמצן במאמץ תת מרבי קבוע. בתחילת המאמץ גרף צריכת החמצן עולה בצורה אקספוננציאלית עד שהקו מתאזן ומגיע למצב יציב (פלאטו).

צריכת החמצן בהתחלה נמוכה מצריכת החמצן הדרושה לפעילות היות שהמסלול האירובי עדיין לא מספק את עיקר האנרגיה לפעילות, ומי שמספק את האנרגיה בשלב הזה הם המסלולים האנאירוביים.

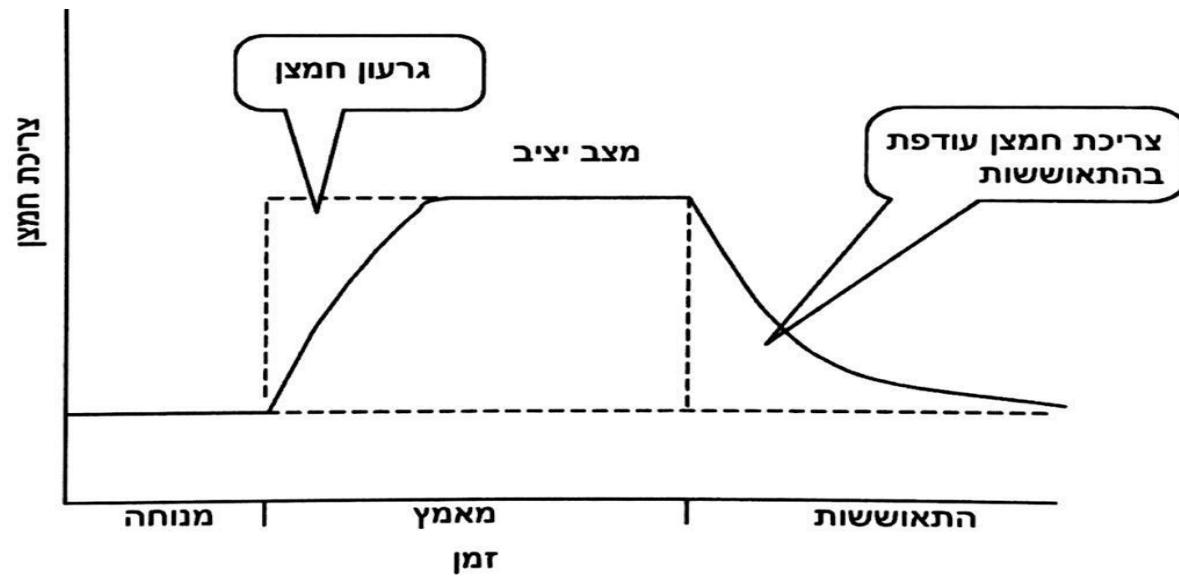
-
-
-



גרף צריכת חמצן בזמן ביצוע מאמץ תת מרבי קבוע

צריכת חמצן במאמץ

- לאחר כמה דקות המסלול האירובי מצליח לספק את עיקר האנרגיה, ולכן צריכת החמצן עולה עד להגעה למצב יציב (steady state)
- השלב שבתחילת הפעילות, שבו האנרגיה מתקבלת מהמסלולים האנאירוביים עד למצב היציב, נקרא **גרעון חמצן** (O_2 deficit).
- במצב היציב רוב האנרגיה לפעילות מגיעה מהמסלול האירובי, וצריכת החמצן נשארת קבועה.
- במצב היציב מדדים נוספים, כגון קצב הלב, תפוקת הלב, האוורור הריאתי ורמת חומצת החלב נשארים ברמות קבועות.



גרף צריכת חמצן בזמן ביצוע מאמץ תת מרבי קבוע

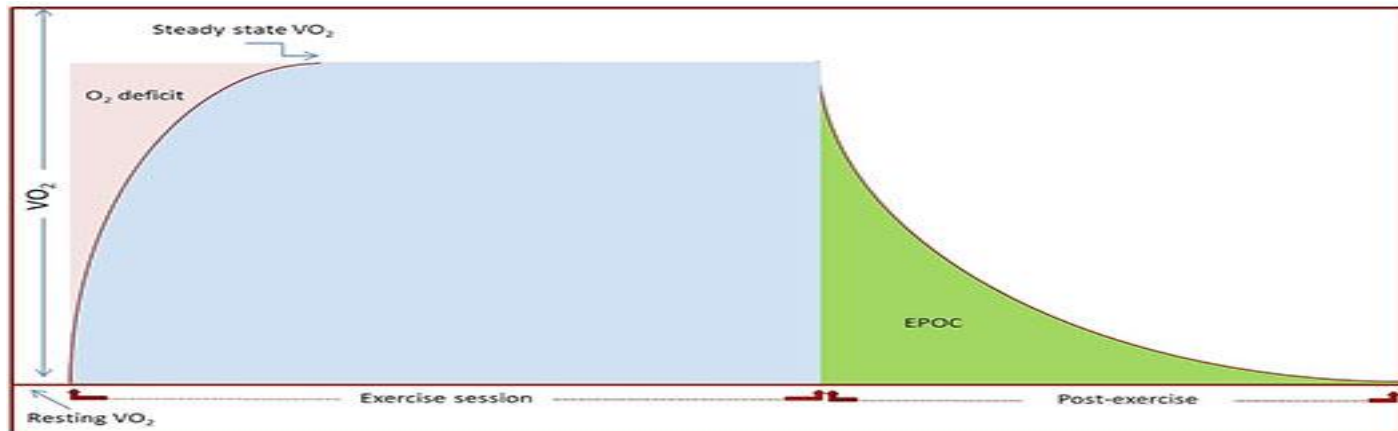
צריכת חמצן במאמץ

- לאחר סיום הפעילות צריכת החמצן אינה חוזרת לערכי מנוחה מיד.
- צריכת החמצן בזמן התאוששות גבוהה מזו הנדרשת במנוחה רגילה, שלא אחרי מאמץ, ונקראת צריכת חמצן עודפת בהתאוששות (EPOC: excess postexercise o2 consumption)
- הסיבות לצריכת חמצן עודפת בהתאוששות:
 - חידוש מאגרי ATP-CP
 - קצב חילוף חומרים גבוה
 - פעילות מוגברת של שרירי הנשימה והלב עד חזרה למצב מנוחה
 - גלוקוניאוגנזיס (מסלול מטבולי ליצירת גלוקוז בבעלי חיים)



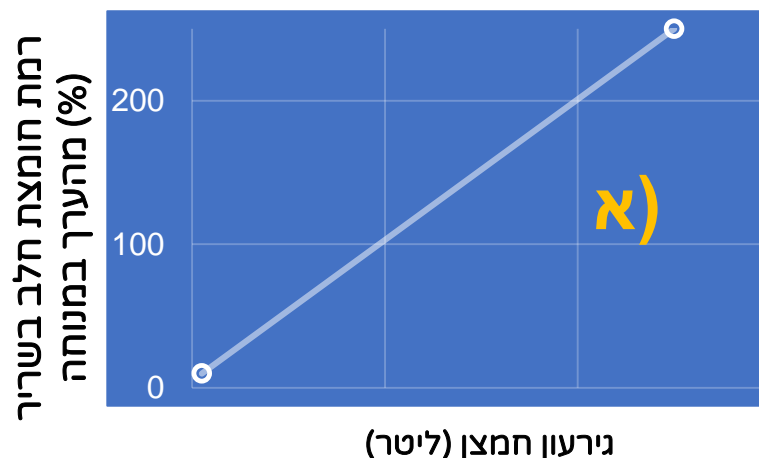
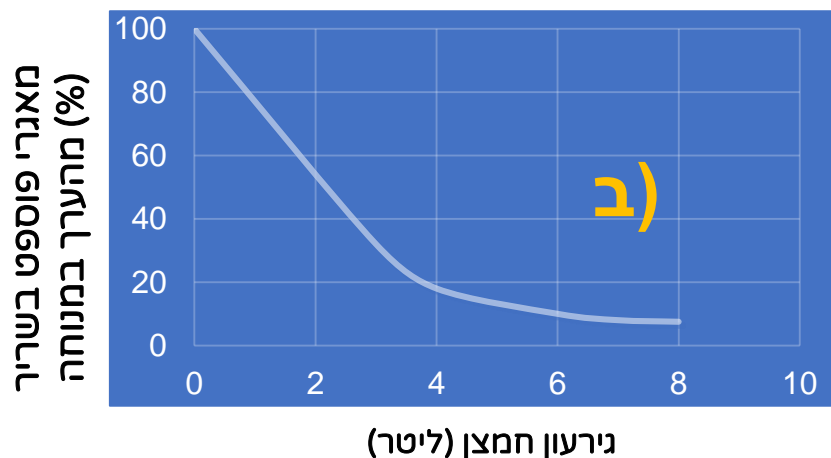
גרעון חמצן

- ניתן לראות מהתמונה, שבשלב הראשונים של המאמץ צריכת חמצן נמוכה יותר מאשר במצב יציב, למרות שהדרישות האנרגטיות קבועות (ריצה בקצב קבוע)
- הפיגור בצריכת החמצן נובע מהעובדה שחולף זמן מסוים עד שהמסלול האירובי מסוגל לספק ATP בהספק רצוי.
- ההפרש בין צריכת החמצן, שהייתה בפועל בתחילת המאמץ עד להגעה של מצב יציב, לבין צריכת החמצן שהייתה נמדדת לו הושג מצב יציב של מטבוליזם אירובי מהרגע הראשון של המאמץ מכונה 'גרעון חמצן'.
- 'גרעון' זה מייצג אנרגיה שסופקה לביצוע המאמץ בתהליכים אנאירוביים, המתרחשים ללא השתתפות חמצן.



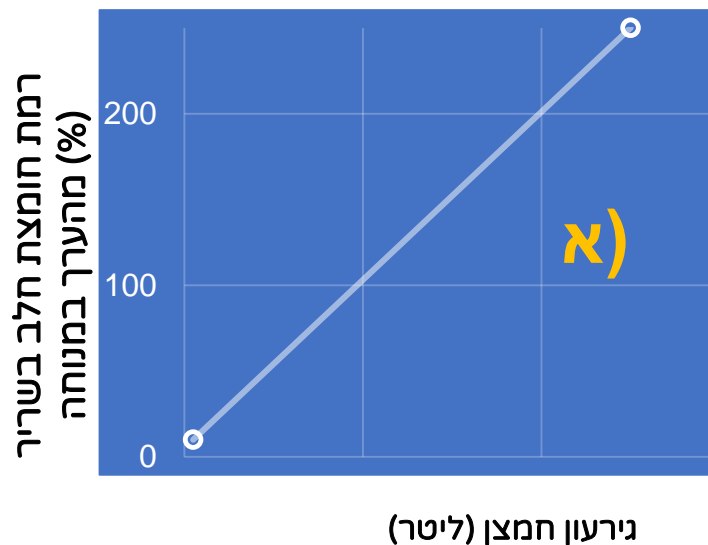
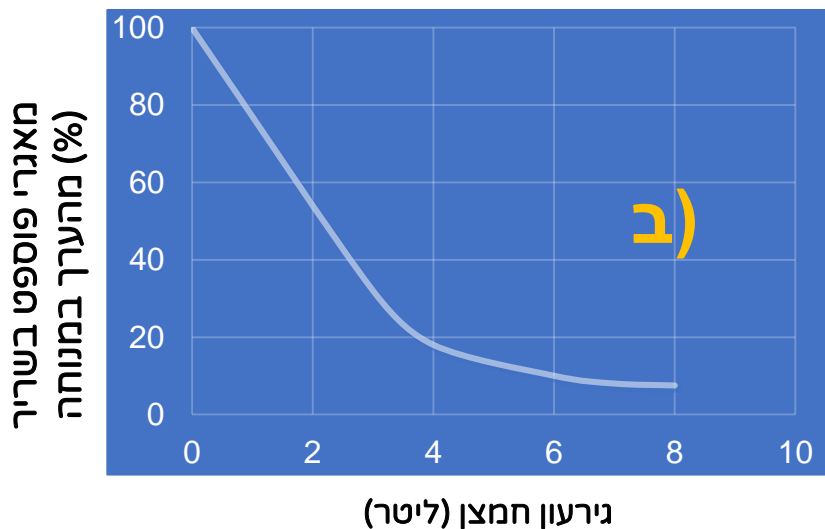
גרעון חמצן

- הגרפים הבאים מתארים את הקשר שבין גרעון החמצן ובין אספקת האנרגיה במסלולים האנאירוביים בתחילת המאמץ.
- גרף א מראה את הקשר שבין גודל גרעון החמצן לבין רמת חומצת החלב בשריר, המשקפת את קצב אספקת האנרגיה במסלול האנאירובי-לקטי.
- גרף ב מראה את הקשר שבין גרעון החמצן לבין כמות האנרגיה שמסופקת במסלול ATP-CP שמתבטאת בדלדול מאגרי הפוספט בשריר.
- ככל שעצימות המאמץ יותר גדולה, כך גרעון החמצן יותר גדול ויעבור יותר זמן עד להגעה למצב יציב.



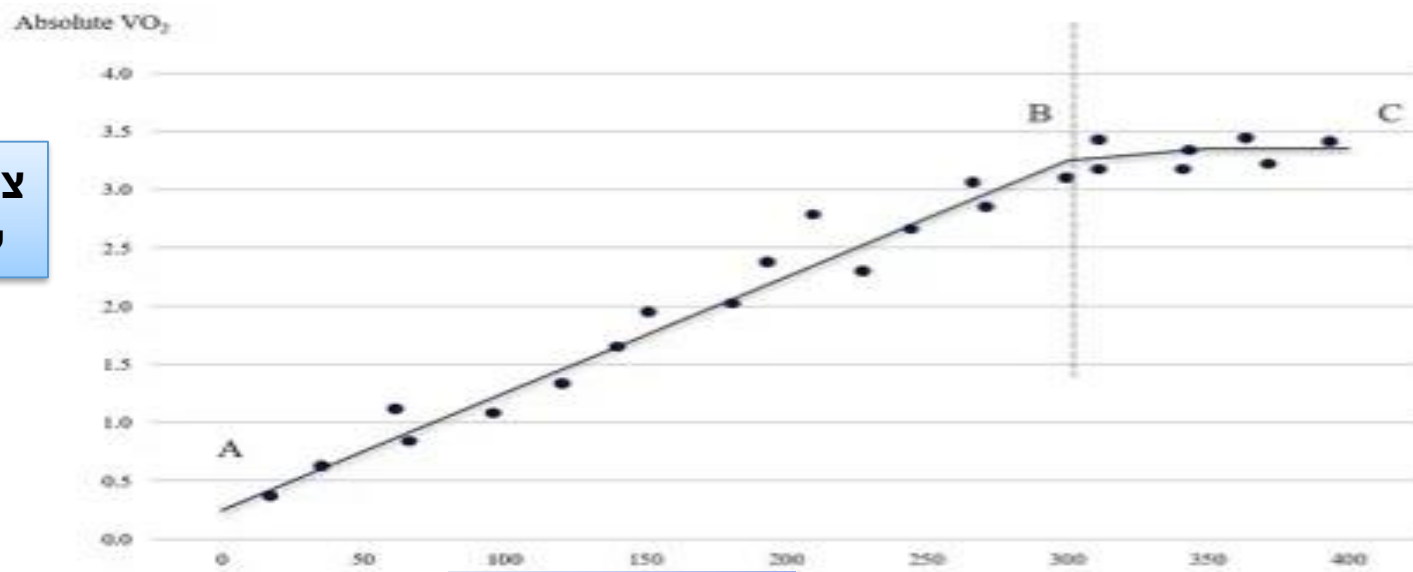
גרעון חמצן

- מהגרפים ניתן לראות דלדול ממשי של תרכובות הפוספט עתירות האנרגיה בזמן מאמצים, שיוצרים גרעון חמצן של 4-7 ליטר.
- רמת חומצת החלב מתחילה לעלות בשרירים הפועלים הרבה לפני שנעשה שימוש מלא בכל מאגרי הפוספט.
- עובדות אלו מעידות על כך שמסלולי אספקת האנרגיה אינם פועלים ברצף זה בעקבות זה כפונקציה של עצימות ומשך מאמץ ברורים, אלא קיימת חפיפה בפעולה של המסלולים השונים להפקת האנרגיה.



צריכת חמצן מרבית (צח"מ, VO_2MAX) והספק אירובי מרבי (קיבולת אירובית)

- כמות החמצן שהגוף צורך ביחידת זמן, מושפעת מההספק האנרגטי שמופק בשרירים במסלול האירובי.
- ככל שעצימות המאמץ גדלה, כך מתגברת הדרישה האנרגטית של השרירים ואיתה כמות החמצן שהם צורכים.
- הגרף הבא מתאר מבדק שמטרתו לחקור את הקשר שבין עצימות המאמץ לצריכת החמצן שלו.
- הנבדק רץ על מסילה בקצב קבוע, השיפוע של המסילה עולה מדי פעם כדי להגדיל את העצימות שמבוטאת בגרף ביחידות של הספק מכני (וואט).

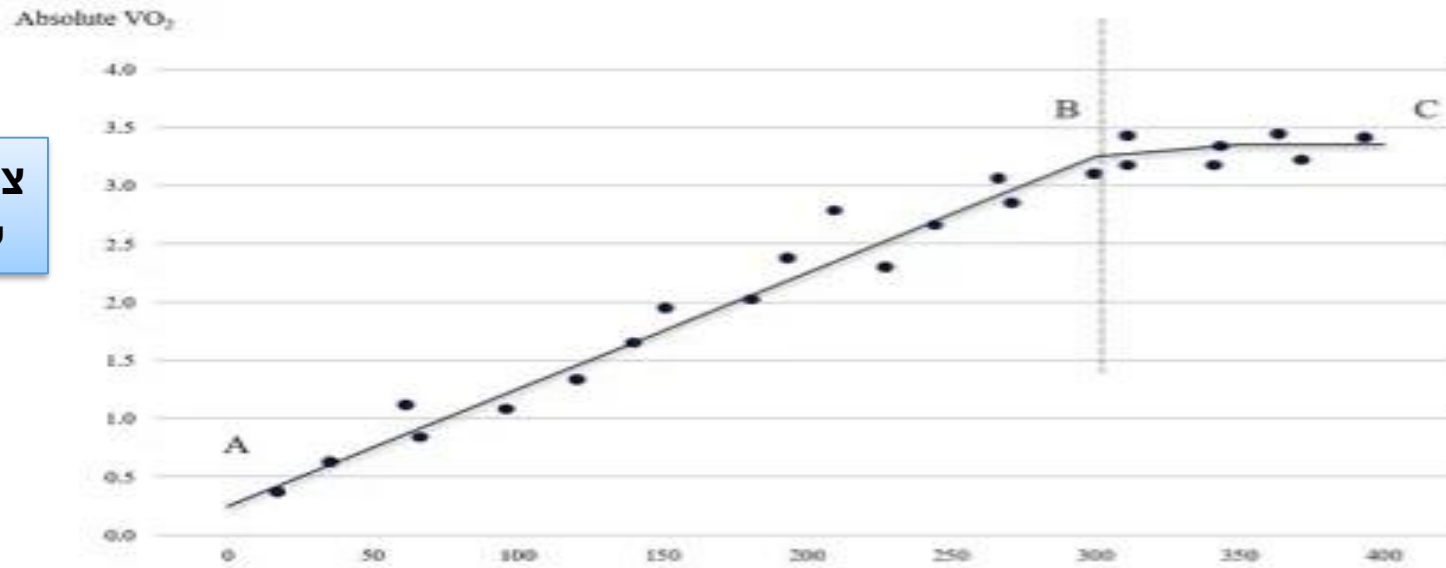


הספק (וואט)

צריכת חמצן
ליטר/דקה

צריכת חמצן מרבית (צח"מ, VO_2MAX) והספק אירובי מרבי (קיבולת אירובית)

- כפי שניתן לראות מהאזור, בשלבים הראשונים של המבדק (עד 250 וואט), העלייה בצריכת החמצן נמצאת ביחס ישיר לעצימות.
- בדרגת מאמץ של 300 וואט הרץ עדיין מסוגל לשמור על מהירות הריצה, אבל צריכת החמצן נשארת אותו ערך כמו בשלב הקודם (250 וואט).
- הנקודה שבה צריכת החמצן מתאזנת למרות העלייה בעצימות המאמץ נקראת צריכת חמצן מרבית.
- מאחר שהצח"מ המושגת במהלך ריצה מייצגת את תקרת הפוטנציאל של המסלול האירובי לספק ATP ביחידת זמן נתונה, רואים בה מדד להספק אירובי המרבי (קיבולת אירובית)



צריכת חמצן
ליטר/דקה

הספק (וואט)

צריכת חמצן מרבית (צח"מ, VO_2MAX) והספק אירובי מרבי (קיבולת אירובית)

- צריכת החמצן הגבוהה ביותר שמושגת במבדקים כגון: רכיבה על אופניים, דיווש באמצעות הידיים ושחייה, נמוכה מצריכת החמצן המרבית שנמדדת בריצה, ולכן היא מוגדרת כצריכת שיא של החמצן בפעילות המסוימת.
- מסלולי אספקת האנרגיה פועלים במקביל.
- התרומה היחסית של המסלולים לאספקת אנרגיה תלויה ב F.I.T וברמת הסבולת הבינונית והממושכת של הספורטאי.
- במאמצים בעצימויות גבוהות, שבהם צריכת החמצן נמצאת ברמה של צח"מ, ישנה מעורבות רבה של המטבוליזם האנאירובי לקטי באספקת האנרגיה הכרוכה ביצירת חומצת חלב בקצב גבוה.
- ספורטאי מאומן עם מוטיבציה גבוהה יכול לבצע מאמץ בעצימות של צח"מ במשך- 15 דקות עד להתעייפות.
- רוב האנשים מרגישים דחף חזק להפסיק את המאמץ לאחר 4-5 דקות.
- https://www.youtube.com/watch?v=21OdNZi3wzI&ab_channel=MarcusWright

צריכת חמצן מרבית (צח"מ, VO_2MAX) והספק אירובי מרבי (קיבולת אירובית)

- היכולת המרבית לצרוך חמצן בזמן מאמץ (צח"מ) נקבעת על ידי שלוש המערכות הבאות:
- יכולת מערכת הנשימה להעביר חמצן לתוך הריאות ומהנאדיות לדם במתבטאת באווורור הריאתי וקצב הדיפוזיה בריאות.
- יכולת מערכת הדם (הלב, מחזור הדם המערכתי ומחזור הדם הריאתי) להעביר את החמצן מהריאות לשרירים הפועלים שמתבטאת בתפוקת הלב ובכמות ההמוגלובין בדם.
- יכולת תאי השריר למצות את החמצן הנמצא בזרם הדם לצורך הפקת אנרגיה שמתבטאת בהפרש בתכולת החמצן שבין העורקים לוורידים $\{(A-V) O_2 \text{ diff}\}$



צריכת חמצן מרבית (צח"מ, VO_2MAX) והספק אירובי מרבי (קיבולת אירובית)

- הצח"מ שהוא התוצר הסופי של פעילות השרשרת הפיזיולוגית, ייקבע בסופו של דבר על ידי ההספק המרבי של החוליה החלשה בשרשרת(מערכת הנשימה, מערכת הדם או מערכת השרירים).
- היתרון של בדיקת צח"מ הוא ביכולתה למדוד כמותית את ההספק המרבי של המערכת האירובית.
- המגבלה בבדיקה זו היא האי יכולת לאתר את החוליה החלשה בשרשרת הפיזיולוגית, ולכן אי היכולת להסיק המלצות אימוניות לשיפור היכולת האירובית והביצוע.
- בשנים האחרונות פותחה דרך איכותית יותר לניתוח ממצאי בדיקת הצח"מ, שבאמצעותה ניתן לאתר את החוליה החלשה והיא נקראת בדיקת צח"מ מורחבת – בדיקת מאמץ קרדיו-פולמונרית (בדיקת מערכת הדם והנשימה בזמן מאמץ).



בדיקת צח"מ



בדיקת מאמץ קרדיו-פולמונרית

חישוב צריכת החמצן המרבית

- ניתן לחשב את צריכת החמצן של רקמות הגוף באמצעות מדדים של מערכת הדם או באמצעות מדדים הקשורים למערכת הנשימה.
- הנוסחה הבאה מתארת חישוב של צריכת החמצן באמצעות מדדים של מערכת הדם (משוואת FICK).
- מהנוסחה ניתן לראות שנפח החמצן שנצרך מחושב על ידי הכפלת תפוקת הלב בכמות החמצן שמוצתה על ידי הרקמו מכל יחידת נפח נתונה של דם ושמבוטאת באמצעות ההפרש שבין תכולת החמצן בדם העורקי לבין תכולתו בדם הווריד.

$$Q \times (a - v) O_2 \text{ difference} = VO_2$$

VO_2 – צריכת חמצן (מ"ל/ק"ג לדקה)

Q – תפוקת הלב (ליטר/דקה)

$(a - v) O_2 \text{ difference}$ - ההפרש שבין תכולת החמצן בדם העורקי ובין

תכולתו בדם הווריד ביחידת נפח נתונה של דם

חישוב צריכת החמצן המרבית

- הנוסחה הבאה מתארת חישוב של צריכת החמצן באמצעות מדדים של מערכת הנשימה.
- כפי שניתן לראות מהנוסחה, נפח החמצן שנצרך הוא ההפרש שבין נפח החמצן באוויר הנשאף המחושב על ידי הכפלת נפח האוורור הריאתי בחלק היחסי של החמצן באוויר שהוא 21% ובין החמצן שאוויר הננשאף המחושב על ידי הכפלת נפח האוורור הריאתי בחלק היחסי של החמצן באוויר הננשאף.

$$(ve - fiO_2) - (ve - feO_2) = (fiO_2 - feO_2) = VO_2$$

VO_2 – צריכת חמצן

VE – אוורור ריאתי

fiO_2 – החלק היחסי של החמצן באוויר הנשאף (21%)

feO_2 – החלק היחסי של החמצן באוויר הננשאף

- דוגמא לחישוב צריכת החמצן באמצעות מדדים של מערכת הנשימה

נתון: אוורור ריאתי – 7 ליטר/דקה

החלק היחסי של החמצן באוויר הננשאף – 17%

חישוב:

$$(7 \times 21\%) - (7 \times 17\%) = 7 \times (21\% - 17\%) = 0.280$$

חישוב צריכת החמצן המרבית

- צח"מ יכול להתבטא ביחידות של ליטר \ דקה ואז היא נקראת צריכת חמצן מוחלטת או ביחידות יחסיות למשקל הגוף (מ"ל\ק"ג\דקה), ואז היא נקראת צריכת חמצן מרבית סגולית.
- צח"מ מוחלט מבטאת את ההספק האירובי המרבי הכולל ללא קשר למשקל הגוף.
- וצח"מ סגולי מבטאת את ההספק המרבי לכל ק"ג של משקל גוף.
- כדי לשקף את ההספק האירובי של אדם, במיוחד בפעילויות שבהן נושאים את משקל הגוף (ריצה, הליכה או רכיבה על אופניים) חשוב לבטא את הצח"מ בערכים יחסיים יחסית למשקל הגוף (צח"מ סגולי).



אספקת אנרגיה וצריכת חמצן

שאלת חשיבה

- שני אנשים בעלי הרכב גוף ומשקל זהים מקיימים תחרות ריצה ל- 5 ק"מ.
- הצח"מ המרבי של רץ א 4.5 ליטר חמצן\דקה, ושל רץ ב 3 ליטר חמצן לדקה. מי, לדעתכם ינצח בתחרות?

חינוך גופני

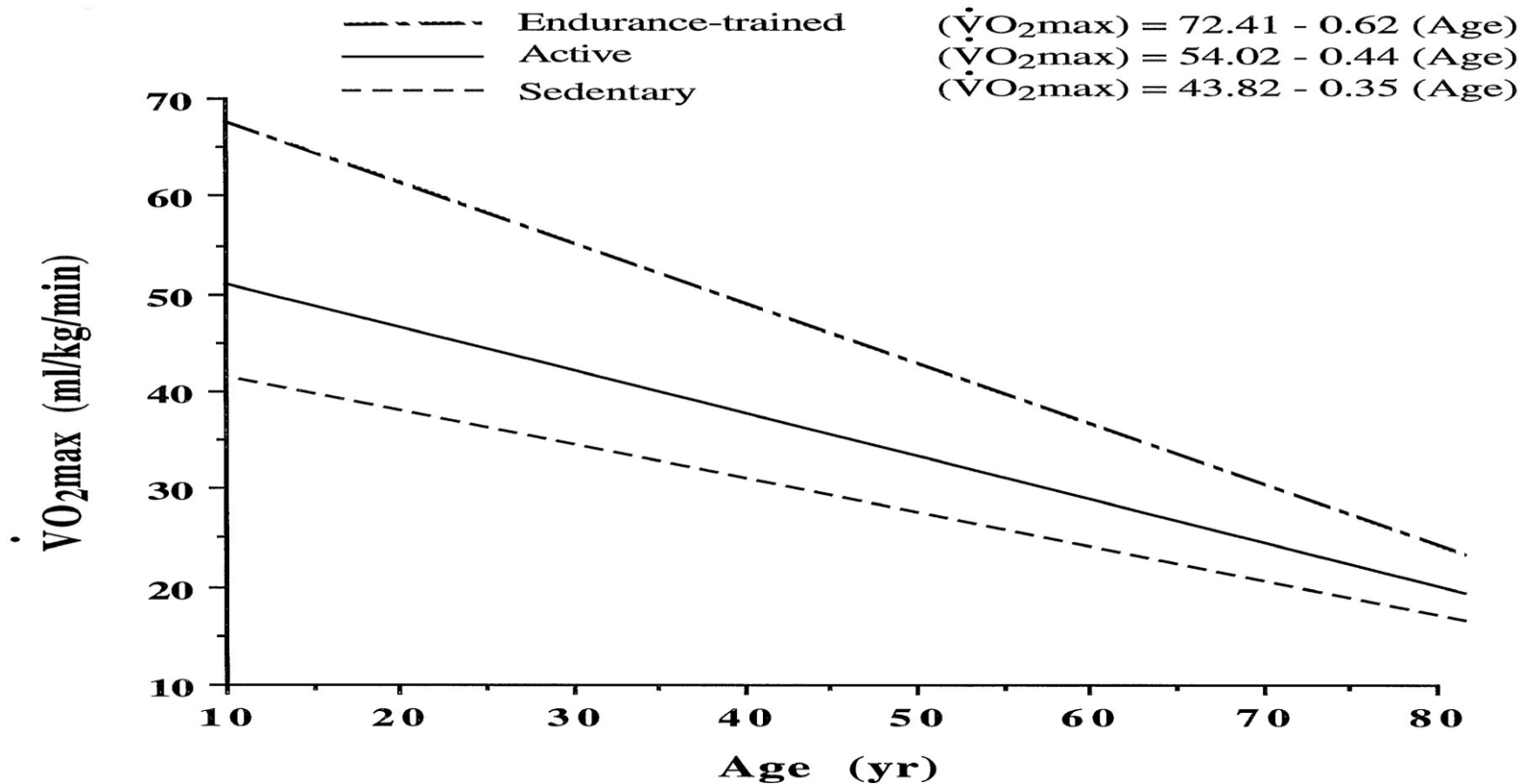
מקצוע מוגבר לבגרות 5 יח"ל

חלק ב' – צריכת חמצן במאמץ תת מרבי, במאמץ מרבי
(VO2 MAX) ובהתאוששות

שם המורה: משה אהרוני

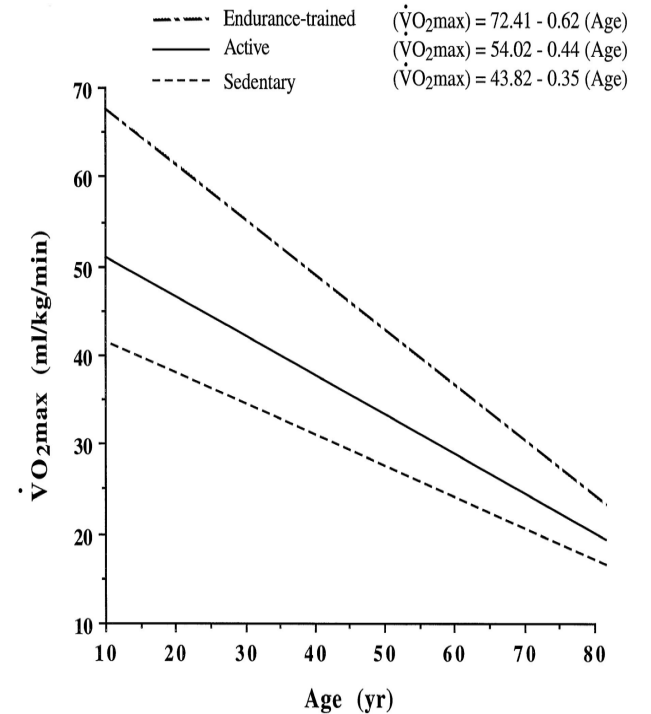
השפעת הגיל על צריכת החמצן

- ערכי הצח"מ, כמו מדדים פיזיולוגיים נוספים, מושפעים מתהליך ההזדקנות הטבעית.
- ניתן לראות מהגרף שהחל מגיל 20 בערך מתחילה ירידה הדרגתית בערכי הצח"מ.
- קצב הירידה הממוצע הוא כ- 1% לשנה.



השפעת הגיל על צריכת החמצן

- הירידה בהספק האירובי המרבי קשורה לירידה בתפקודים הפיזיולוגיים הקשורים בהובלת החמצן וביכולת המיצוי של החמצן מהדם על ידי השרירים.
- אחד השינויים המתרחשים במערכת הדם הוא ירידה בקצב הלב המרבי. שינוי זה חל ללא הבדל בין נשים לגברים ובין מאומנים ללא מאומנים.
- הירידה בכוח ההתכווצות של שריר הלב המתרחשת בגילאים מבוגרים, גורמת להקטנת נפח הפעימה שכמובן משפיע על תפוקת הלב.
- הפחתה במסת השרירים לאחר העשור החמישי לחיים מקטינה את יכולת מיצוי החמצן מהעורקים על ידי השרירים ומתבטאת בהקטנת ההבדל המרבי בתכולת החמצן בדם בין העורקים לוורידים.
- בנוסף חלה ירידה בזרימת הדם לשרירים.
- מנתוני הגרף אנו רואים שהערכים שנמדדים אצל אנשים מאומנים גבוהים בכל גיל נתון משל אנשים שאינם פעילים.



הבדלים בין המינים בערכי צריכת החמצן המרבית

- ערכי הצח"מ של הנשים נמוכים בדרך כלל מאלה של הגברים.
- כאשר משווים ערכי צח"מ מוחלטת, ההבדל יכול להגיע לכדי 40% בגלל מסת שרירים גדולה יותר של הגברים.
- כאשר משווים ערכי צח"מ סגולית, ערכי הגברים גבוהים יותר ב 15%-30% מאלו של הנשים.
- הגורם להבדלים נעוץ בהרכב הגוף השונה.
- רקמת השומן אינה יעילה מבחינה אנרגטית, כלומר איננה מסוגלת להשתמש בחמצן לצורך הפקת אנרגיה.
- כאשר מייחסים את הצח"מ למסת הגוף הרזה ההבדל פוחת ל- 8%-12% ונובע מתפוקת הלב המרבית הקטנה יותר של הנשים ומרמות המוגלובין נמוכות ביחס לגברים.



ערכי צח"מ לגברים ונשים לפי גילאים

נשים (מ"ל/ק"ג/דקה)

מעולה	טוב מאוד	טוב	סביר	נמוך	נמוך מאוד	גיל
41.9<	39-41.9	35-38.9	31-34.9	25-30.9	25>	13-19
41<	37-41	33-36.9	29-32.9	23.6-28.9	23.6>	20-29
40<	35.7-40	31.5-35.6	27-31.4	22.8-26.9	22.8>	30-39
36.9<	32.9-36.9	29-32.8	24.5-28.9	21-24.4	21>	40-49
35.7<	31.5-35.7	27-31.4	22.8-26.9	20.2-22.7	20.2>	50-59
31.4<	30.3-31.4	24.5-30.2	20.2-24.4	17.5-20.1	17.5>	60+

גברים (מ"ל/ק"ג/דקה)

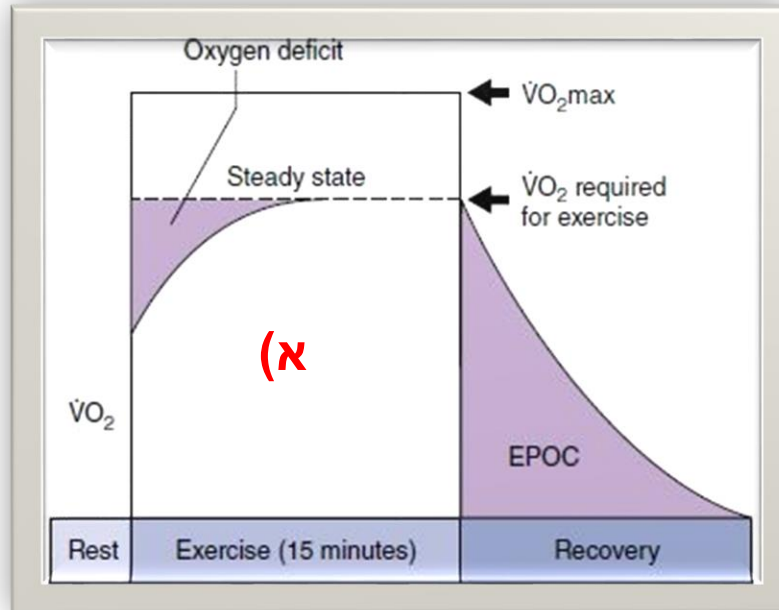
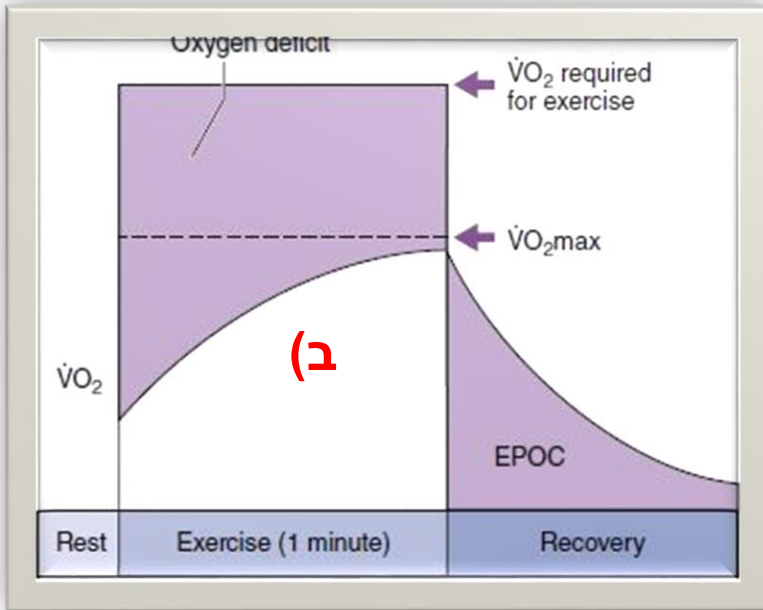
מעולה	טוב מאוד	טוב	סביר	נמוך	נמוך מאוד	גיל
55.9<	51-55.9	45.2-50.9	38.4-45.1	35-38.3	35>	13-19
52.4<	46.5-52.4	42.5-46.4	36.5-42.4	33-36.4	33>	20-29
49.4	45-49.4	41-44.9	35.5-40.9	31.5-35.4	31.5>	30-39
48<	43.8-48	39-43.7	33.6-38.9	30.2-33.5	32.5>	40-49
45.3<	45.3-41	35.8-40.9	31-35.7	26.1-30.9	26.1>	50-59
44.2<	36.5-40	32.3-36.4	26.1-32.2	20.5-26	20.5>	60+

ערכי צח"מ של ספורטאי עילית בענפים שונים

צריכת חמצן (מ"ל/ק"ג/דקה)		ענף ספורט
נשים	גברים	
65-70	75-80	ריצה למרחקים ארוכים
60-65	70-75	רכיבה על אופניים
65-68	70-75	ריצה למרחקים בינוניים
55-60	60-70	שחייה
	50-57	כדורגל
40-45	50-55	כדורסל
43-47	48-52	רצי 100 מ' ו - 200 מ'
	40-50	הרמת משקולות
40-45	45-50	התעמלות
25-30	35-40	אנשים לא מאומנים

צריכת חמצן בזמן התאוששות

- לאחר סיומו של מאמץ גופני התהליכים המתרחשים בגוף אינם חוזרים במהירות לרמות המנוחה. לאחר מאמץ קל עד בינוני ההתאוששות היא מהירה. אם הפעילות היא עצימה, נדרש זמן ממושך כדי שהגוף יחזור לתפקוד של מנוחה.
- האיורים הבאים מתארים צריכת חמצן במאמץ ובהתאוששות: גרף א מתאר מאמץ קבוע בעצימות קלה עד בינונית, וגרף ב מתאר מאמץ קבוע בעצימות גבוהה שאינה מאפשרת למתאמן להגיע למצב יציב וגורמת לתשישות.



צריכת חמצן בזמן התאוששות

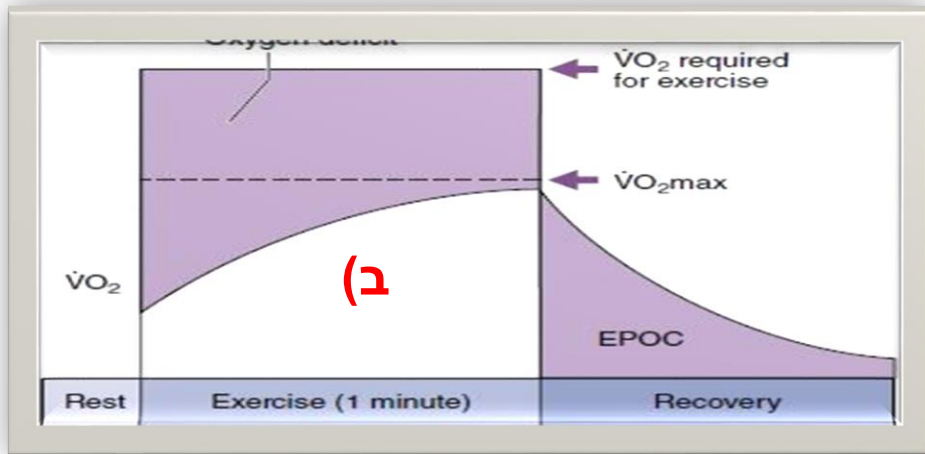
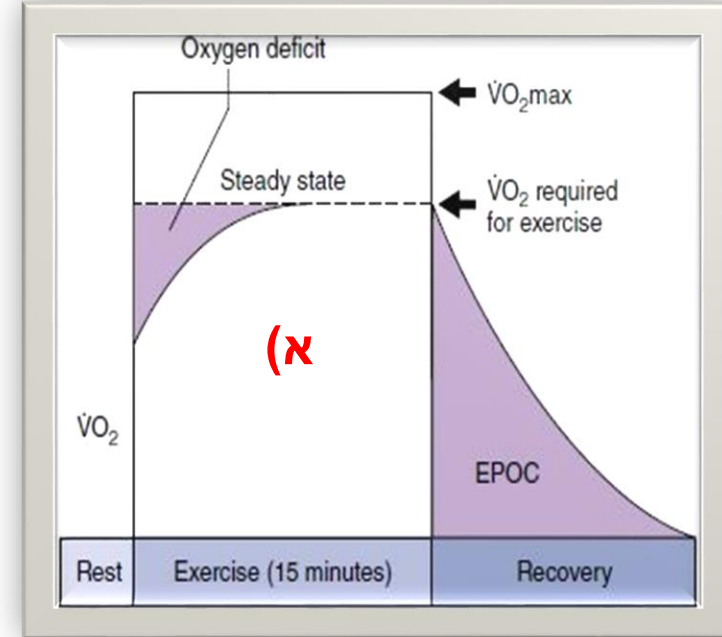
נתוני גרף א מראים שבזמן מאמץ קל עד בינוני, כאשר גרעון החמצן הוא קטן, כמות החמצן שנצרכת בהתאוששות גם היא קטנה, והקצב המטבולי שלפני המאמץ מושג במהירות.

בזמן מאמץ קבוע בעצימות גבוהה (גרף ב) אין אפשרות להשיג קצב יציב של מטבוליזם אירובי. כלומר, המערכת האירובית אינה יכולה לספק באופן בלעדי את הדרישות האנרגטיות למאמץ.

לכן יש צורך במשך כל זמן המאמץ באספקת אנרגיה ממקורות אנאירוביים, וחלה הצטברות חומצת חלב.

כמות החמצן שנצרכת בזמן ההתאוששות גדולה, וחלף זמן ארוך עד לחזרה לקצב המטבולי של מנוחה.

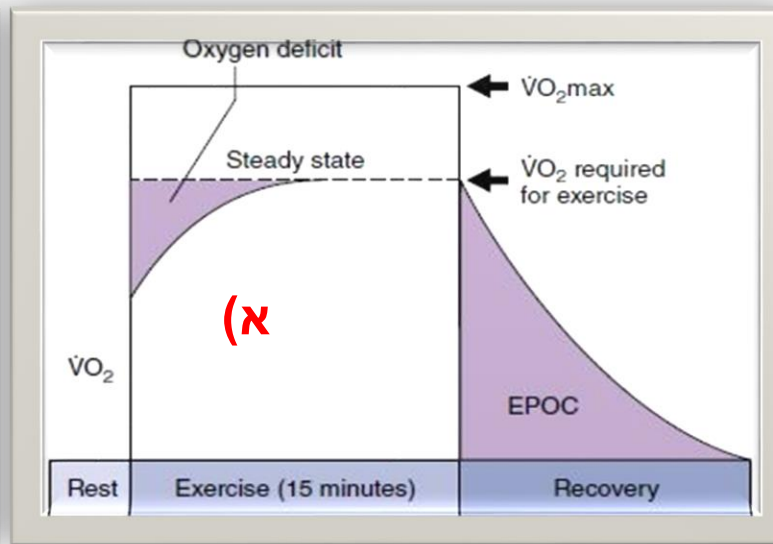
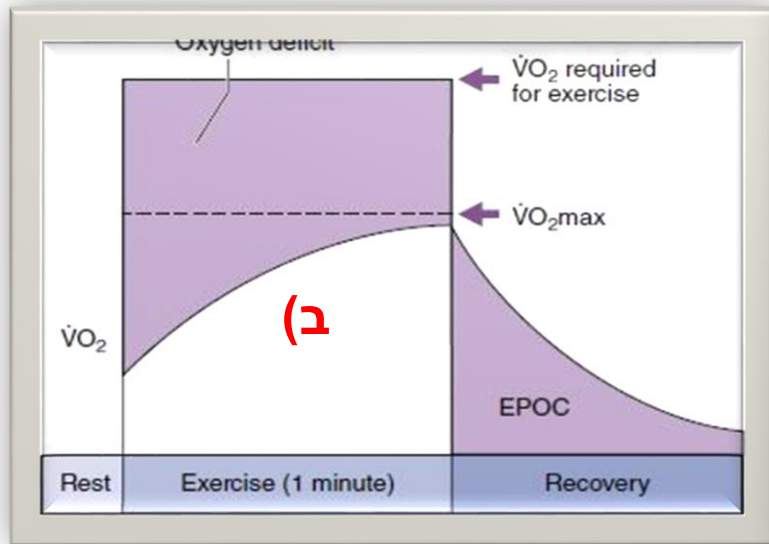
ניתן ללמוד מגרף ב' שמשך הזמן של ה EPOC הוא ארוך יותר באופן משמעותי מזה שמוצג בגרף א' ה EPOC לאחר מאמצים ממושכים יכול להמשך 24 שעות!



צריכת חמצן בזמן התאוששות

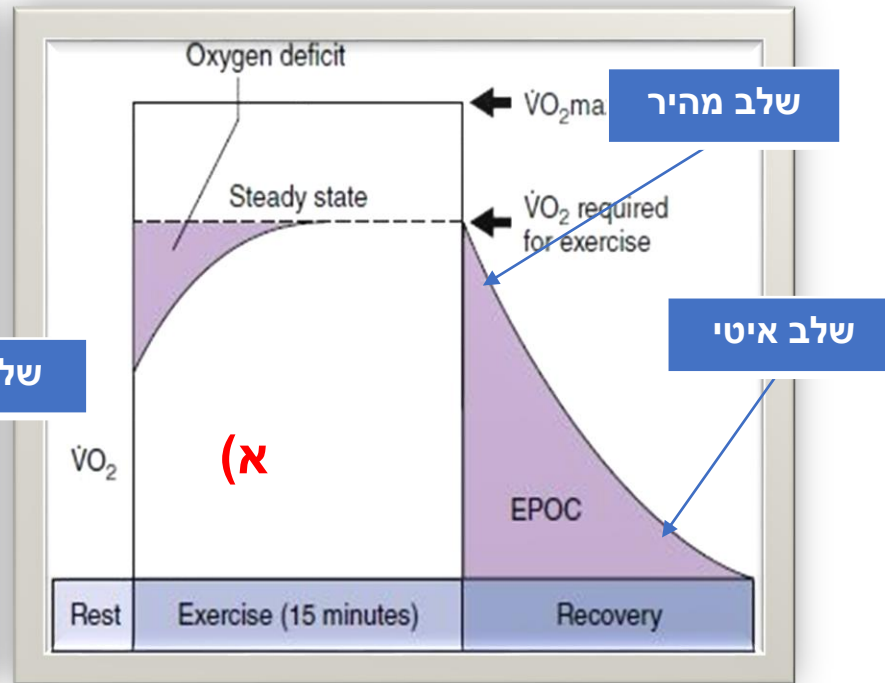
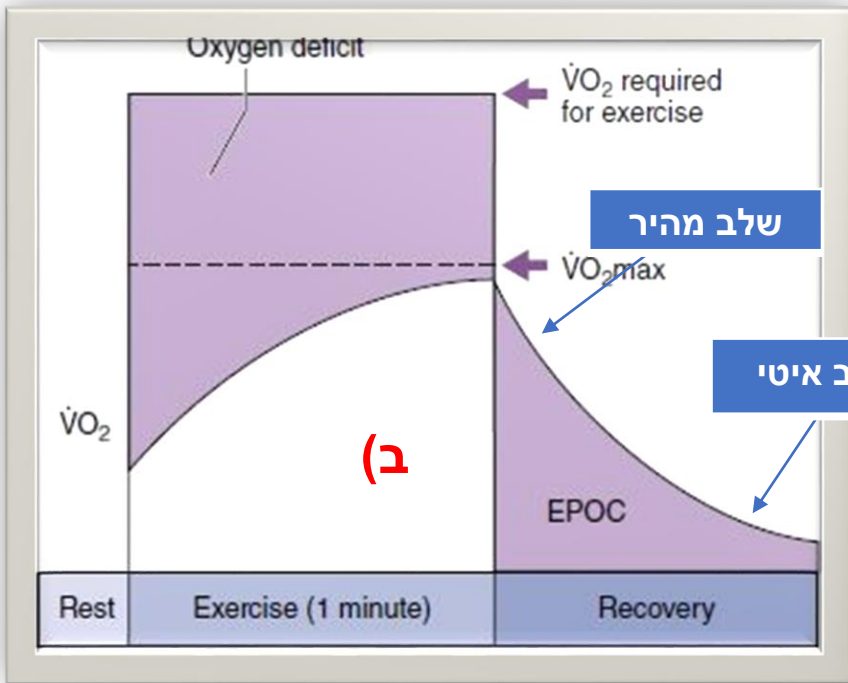
- כמות החמצן שנצרכת בזמן ההתאוששות מעל הכמות שנצרכת במנוחה, מכונה צריכת חמצן עודפת שלאחר מאמץ (EPOC-Excess post exercise oxygen consumption)
- דוגמא לחישוב צריכת חמצן עודפת שלאחר מאמץ:

צריכת חמצן במהלך התאוששות – 5.5 ליטר
משך ההתאוששות – 10 דקות
צריכת חמצן במנוחה – 0.310 ליטר לדקה
חישוב:
 $5.5 - (10 \times 0.310) = 2.4$
צריכת חמצן עודפת שלאחר מאמץ = 2.4



צריכת חמצן בזמן התאוששות

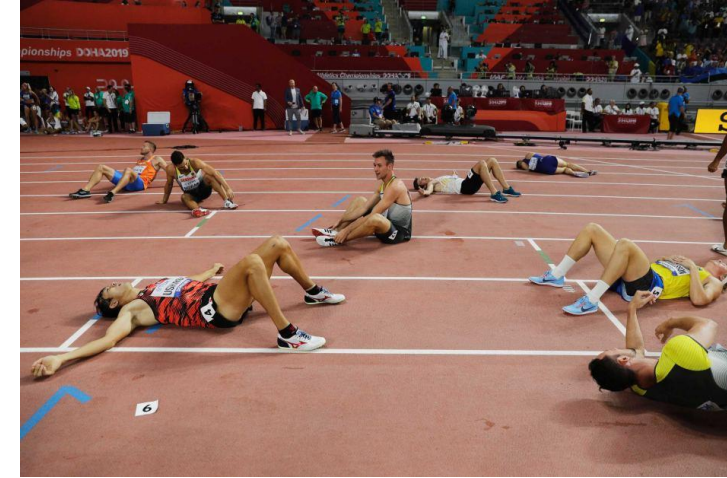
- קטעי ההתאוששות שבשני הגרפים מראים על חלוקת צריכת החמצן העודפת לשני שלבים:
- שלב מהיר – זהו החלק הראשון של ההתאוששות הנמשך דקות בודדות. בחלק זה נצפית ירידה מהירה בצריכת החמצן
- שלב איטי – החלק השני של ההתאוששות הנמשך לאורך זמן. בחלק זה נצפית ירידה איטית בצריכת החמצן.
- משך השלב תלוי בעצימותו במשך המאמץ.
- שלב זה יכול להמשך מספר שעות ואפילו יום שלם.



צריכת חמצן בזמן התאוששות

חוב חמצן

- בעבר הייתה תיאוריה שראתה בצריכת החמצן העודפת את החזר גרעון החמצן מתחילת המאמץ, ולכן כינו אותה חוב חמצן.
- הדעה הרווחת היום היא שצריכת החמצן העודפת בשלב ההתאוששות המהיר שנמשך 2-3 דקות מיועדות לצרכים הבאים:
- חידוש של תרכובות הפוספט עתירי האנרגיה שנוצלו במהלך המאמץ חידוש זה נעשה על ידי המערכת האירובית.
- חידוש של מאגרי החמצן שמומס בנוזלי הגוף, קשור למיוגלובין שבשריר ולהמוגלובין שבדם.
- במאמצים קלים הנמשכים זמן קצר, ואספקת האנרגיה בהם נעשית בעיקר על ידי המסלול האירובי, השלב המהיר הוא החלק העיקרי בצריכת החמצן העודפת.



צריכת חמצן בזמן התאוששות

- השלב האיטי מהווה מרכיב מרכזי בצריכת החמצן העודפת שלאחר מאמצים עצימים ו\או לאחר מאמצים ממושכים ונובע מהסיבות הבאות:
- טמפרטורת הגוף עולה ב- 3 מעלות שזמן מאמץ ממושך ועצים ויכולה להישאר ברמה גבוהה מספר שעות במהלך ההתאוששות.
- במאמצים עצימים מאוד ישנה עלייה בחומציות הדם והאווורור הריאתי נשאר גבוה במהלך ההתאוששות, שמאפשר את סילוק הפד"ח שהצטבר עקב החומציות. לכן שרירי הנשימה צורכים יותר חמצן במהלך ההתאוששות מאשר בזמן מנוחה.
- הלב ממשיך לעבוד בקצב מוגבר בזמן ההתאוששות.
- חידוש רקמות וחלוקה מחדש של יוני סידן, אשלגן ונתרן בתוך השריר.
- יתכן שההורמון אפינפרין (אדרנלין), נוראפינפרין (מוליך עצבי מעורר) ותירוקסין שהופרשו בזמן המאמץ ממשיכים להשפיע על המטבוליזם בזמן ההתאוששות.
- בנייה מחדש של גליקוגן מחומצת חלב בכבד אשר צורכת אנרגיה.



שאלת חשיבה

באיזה מצב תהיה, לדעתכם, צריכת החמצן העודפת בשלב המהיר של ההתאוששות גדולה יותר, כאשר המתאמן מבצע מאמץ מרבי בשחיית חתירה למרחק של 25 מטרים או כאשר הוא מבצע מאמץ מרבי של שניות בודדות באגרוף על שק אגרוף?





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