
Metabolic factors limiting human exercise performance / מערכות חילוף חומרים
(מטבוליות) כגורם המגביל את היכולת לבצע פעילות גופנית

Author(s): אריה רוטשטיין and A. Rotstein

Source: *Movement: Journal of Physical Education & Sport Sciences* / כתב-עת:
1995, נובמבר, / תשנ"ו, חשון, חשון, להספורט, למדעי החינוך הגופני והספורט, Vol. ג&lrn;, No. 2 (חשון,
1995, נובמבר, / תשנ"ו), pp. 238-247

Published by: Academic College at Wingate

Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/23633411>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <https://about.jstor.org/terms>



JSTOR

is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Movement: Journal of Physical Education & Sport Sciences* / כתב-עת: למדעי החינוך הגופני והספורט

מערכות חילוף חומרים (מטבוליות) כגורם המגביל את היכולת לבצע פעילות גופנית

אריה רוטשטיין

היכולת הגופנית עשויה להיות מוגבלת על ידי פעילותם של המערכות הפיסיולוגיות מצד אחד ועל ידי התהליכים של חילוף החומרים ברמה התאית מן הצד האחר.

מערכות חילוף החומרים עשויות להיות גורם מגביל משני היבטים: היבט אחד הוא הקצב המרבי של פעילות המסלולים המטבוליים, וההיבט השני הוא הזמינות של מקורות האנרגיה, כלומר זמינות מאגרי הפחמימות, השומנים והחלבונים כמקור אנרגיה. מן ההיבט הזה הבעיה מתמקדת בעיקר בזמינות מאגרי הגליקוגן (glycogen), בשרירים ובזמינות גלוקוז הדם.

שיעור מאגרי הגליקוגן בשרירים ובכבד מהווה גורם מגביל משמעותי בביצוע פעילויות סבולת עצימות, ובהתאם לכך פותחו שיטות אימון המשולבות בטיפול תזונתי, שמטרתן היא העלאת ריכוזי הגליקוגן בשרירים לקראת פעילויות סבולת עצימות.

בפעילויות סבולת הנמשכות זמן ממושך, בשלבים שבהם חל דלדול משמעותי במאגרי הגליקוגן בשרירים, ריכוז הגלוקוז בדם עלול להיות גורם המגביל את היכולת להתמיד במאמץ ולשמור על ההספק. בתנאים אלו, אספקת פחמימות במזון או במשקה במהלך ביצוע הפעילות עשויה לסייע בדחיית העייפות. במאמר מתוארים גם היבטים של הערכת היכולת של מערכת חילוף החומרים (metabolic system), תוך התייחסות להתפתחות היכולת המטבולית האירובית (aerobic), והאנאירובית (anaerobic), אצל ילדים.

אחד הנושאים המרכזיים המעסיקים הן את החוקרים והן את אנשי המעשה בתחום הספורט והחינוך הגופני הוא בירור הגורמים המגבילים את היכולת הגופנית של האדם. לנושא זה חשיבות מעשית רבה, כיוון שהמודעות לגורמים המגבילים את היכולת הגופנית מאפשרת לנסות ולטפל בהם, אם על ידי אימון מתאים ואם באמצעות טיפול תזונתי או טיפול אחר, במטרה לשפר את היכולת הגופנית.

תאריכים: פסיולוגיה של המאמץ; חילוף חומרים; כושר אירובי; כושר אנאירובי.

גורמים המגבילים את היכולת הגופנית

הנושא מורכב, כיוון שמאמצים גופניים עשויים להיות שונים מאוד זה מזה במאפייניהם: אין המאמץ בעת ריצת המרתון דומה למאמץ בעת ריצת 100 מטר או בעת הרמת משקלות. ולפיכך יפעלו גורמים מגבילים שונים בכל סוג של פעילות. כדי לדעת כיצד לפעול במטרה לשפר את היכולת לבצע פעילות גופנית נתונה, יש לזהות תחילה את הגורמים המגבילים את הביצוע של הפעילות הספציפית.

הגורמים הרבים העשויים להגביל את היכולת קשורים למאפייני הפעילות הגופנית, לתנאי הסביבה ולנתונים האישיים. נזכיר כאן חלק מן הגורמים השכיחים, כגון: כוח השרירים, יכולת טכנית, יכולת ויסות החום, תפוקת הלב, החלוקה של זרימת הדם בין הרקמות השונות, חילוף הגאזים בריאות, איורור הריאות, תהליכים ביוכימיים בתאי השריר, הובלת חומרים עתירי אנרגיה בדם ועוד.

מטרת מאמר זה היא לדון בקצרה בגורמים מגבילים, הקשורים לפעילות של מערכות חילוף החומרים של אספקת אנרגיה בזמן פעילות גופנית.

מערכת חילוף החומרים כגורם המגביל את המאמץ

היכולת לבצע פעילות גופנית עשויה להיות מוגבלת על ידי גורמים שונים.

ניתן להבחין בין גורמים מגבילים משני סוגים:

- ★ גורמים הקשורים בעיקר למערכות פיסיוולוגיות, כגון תפקוד הלב ומערכת הנשימה
- ★ גורמים מטבוליים (metabolic factors), הקשורים בעיקר לפעילות חילוף החומרים ברמה התאית וברמת הרקמות השונות הפעילות בגוף.

המערכות המטבוליות. מערכות מטבוליות (metabolic systems), עשויות להוות גורם המגביל את היכולת הגופנית משני היבטים:

- תהליכי חילוף החומרים של אספקת אנרגיה. כמו תהליך הגליקוליזה (glycolysis), התהליך האירובי (aerobic), של ניצול פחמימות ותהליך החימצון של חומצות

שומניות פועלים כתהליכים מטבוליים, שמשותפים בהם אנזימים (enzymes) וקו-פקטורים (co-factors), רבים. לכל אחד מן המסלולים מאפיינים ביוכימיים העשויים להגביל את הספקו המרבי. מאפיינים אלו עשויים לכלול משתנים כמו ריכוזי **אנזימים**, ריכוזי **קו-פקטורים** שונים, פעילות מרבית של **אנזימים**, משתנים הקשורים בנייד ובמעבר **סובסטרטים** (substrate) בחלקי התא השונים ועוד. השילוב של מאפיינים אלו עשוי לקבוע לכל מסלול הספק מטבולי מרבי, ומשום כך קצב מרבי של אספקת ATP לצורך ביצוע העבודה.

- זמינות **הסובסטרטים** השונים המשמשים כמקור לאנרגיה ובעיקר זמינות הפחמימות - זמינות הגלוקוז מזרם הדם וזמינות **הגליקוגן** הנאגר בכבד ובשרירים - עלולה לשמש כגורם המגביל את המאמץ.

הערכת התפקוד של מערכות חילוף החומרים

כדי להעריך ישירות את התפקוד ואת הפעילות של **מסלולים מטבוליים** (metabolic pathways) שונים, יש צורך לבצע בדיקות, כגון: קביעת ריכוזי **אנזימים** במסלולי **הגליקוליזה** (glycolysis) ומעגל קרבס, קביעת ריכוזי ATP ו**קריאטין פוספאט** (Creatine phosphate) קביעת ריכוזי **גליקוגן** בשרירים וכדומה (Berg, 1988: 61).

בדיקות אלו מחייבות ביצוע של פעולות פולשניות, הכוללות ביופסיות שריר. כדי להעריך דינמיקה של השינויים במהלך מאמץ יש צורך לבצע אפילו ביופסיות חוזרות. מובן מאליו שביצוע בדיקות מסוג זה כרוך בקשיים טכניים ואתיים רבים, במיוחד כאשר מדובר בבדיקת אוכלוסיות צעירות, כמו ילדים ומתבגרים (Rowland, 1990).

אף על פי שהערכה ישירה של פעילות **המסלולים המטבוליים** מחייבת בדיקות פולשניות, ניתן להעריך בצורה עקיפה את קצב פעילותם של **המסלולים המטבוליים** על ידי בדיקות דם להערכת הדינמיקה של השינויים בריכוז חומצת חלב בדם ועל ידי קביעת צריכת החמצן. בדיקות אלו עשויות לספק מידע רב על פעילותם של **המסלולים המטבוליים** השונים של אספקת אנרגיה למאמץ. על ידי מדידות של צריכת החמצן המרבית ניתן להעריך את הקצב המרבי של פעילות **המסלולים האירוביים** של אספקת אנרגיה.

חילוף חומרים אירובי (Aerobic) ואנאירובי (Anaerobic) אצל ילדים

אצל ילדים צריכת החמצן המרבית עולה עם הגיל. עובדה זו משקפת, כמובן, את העלייה במסת הגוף ובעיקר את העלייה במסת השרירים. לעומת זאת, צריכת החמצן המרבית הסגולית - היחסית למשקל הגוף - נשארת אצל הבנים יציבה למדי למרות העלייה בגיל. אצל בנות ניתן להבחין אפילו בירידה מסוימת של צריכת החמצן היחסית עם העלייה בגיל בגלל הירידה היחסית החלה במסת השרירים עם ההתבגרות.

עובדות אלו מצביעות על כך שאצל ילדים המערכת המטבולית האירובית מגיעה לבשלות כבר בגיל צעיר מאוד, והשיפור בביצוע פעילויות אירוביות ואחרות החל אצל ילדים עם העלייה בגיל, נובע, כנראה, בעיקר משיפור ביעילות המכנית (Rowland, 1990: 255). השיפור ביעילות המכנית בולט במיוחד בפעילויות הכרוכות בריצה ובהליכה. השיפור נובע מהשינוי החל בממדי הגוף השונים עם ההתבגרות. גורם נוסף העשוי לשפר ביצוע פעילויות שהן, לכאורה, אירוביות הוא העלייה החלה בתרומת מסלולים אנאירוביים לביצוע העבודה.

אם כן, ניתן לומר, שהיכולת האירובית הנמוכה יחסית אצל ילדים נובעת לא מנחיתות של פעילות המסלולים המטבוליים, שהם בשלים כבר בגיל צעיר, אלא בעיקר ממגבלות ביומכניות הגורמות ליעילות מכנית נמוכה. ילדים, בהשוואה למבוגרים, פועלים בכל עומס עבודה תוך ניצול חלק גדול יותר של הפוטנציאל האירובי שלהם. עובדות אלו צריכות להיות מובאות בחשבון תמיד בקביעת עומס האימונים והפעילות אצל ילדים. אימון מתאים עשוי לשפר את היכולת האירובית אצל מבוגרים וגם אצל ילדים.

השיפור החל ביכולת לבצע פעילות אירובית נובע מהסתגלות של מערכות פיסיולוגיות המשרתות את מערכת השרירים, כגון מערכת הדם והלב, אך ללא ספק, שינויים אלו מלווים גם בהסתגלות ברמה המטבולית אשר באה לידי ביטוי, בין השאר, בשינוי בריכוזי אנזימים של המערכת האירובית (Russel et al., 1990: 37). בעוד שהמסלולים המטבוליים האירוביים מגיעים לבשלות כבר בגיל צעיר מאוד, נראה שהפרופיל המטבולי האנאירובי של ילדים שונה משל המבוגר, ולכן גם היכולת האנאירובית של ילדים - הן המוחלטת והן היחסית למשקל הגוף - נמוכה משל מבוגרים. למרות זאת ניתן לשפר יכולת אנאירובית וכוח שרירים גם אצל ילדים על ידי אימון מתאים (Bar-Or, 1989: 65).

הזמינות של מקורות האנרגיה כגורם המגביל את היכולת הגופנית

היבט מטבולי נוסף העשוי להסביר מגבלות שונות ביכולת לבצע פעילות גופנית הוא זמינות ה**סובסטרטים** (substrate), כמקור של אנרגיה. הבעיה של זמינות **סובסטרטים** מתמקדת בזמינות הגלוקוז מזרם הדם ובזמינות מאגרי הפחמימות בשרירים ובכבד.

מחקר בתחום זה מחייב ביצוע בדיקות פולשניות, הכוללות בדיקות דם רבות וביצוע ביופסיות שריר.

בשרירים של אנשים שאינם מאומנים, מאגרי **הגליקוגן** עשויים לנוע בטווח של 10-15 גר' לק"ג שריר. אצל אנשים מאומנים ריכוז **הגליקוגן**, הוא, על פי רוב, בטווח של 25-40 גר' לק"ג שריר. כמות **הגליקוגן** הנאגרת בכבד היא, בדרך כלל, כ-90-100 גר'.

אם כן, מאגרי הפחמימות מוגבלים ביותר וערכם הקלורי הכולל הוא בסדר נמוך יחסית של כמה מאות קילו קלוריות. מאגרי השומן, לעומת זאת, גדולים בהרבה, וגם אצל אדם רזה יחסית ניתן למצוא מאגרי שומן, שהם שווי ערך לעשרות אלפי קילו קלוריות.

מאגרי הגליקוגן וגלוקוז הדם כגורמים המגבילים את היכולת הגופנית

גלוקוז הדם מהווה מקור אנרגיה חשוב במהלך פעילות גופנית, במיוחד בשלבים המאוחרים של מאמץ מתמשך. בשלבים אלו חל דלדול במאגרי הפחמימות בשריר, ולכן המשך ביצוע הפעילות תוך שמירה על הספק עבודה קבוע הופך להיות מותנה באספקת פחמימות (גלוקוז) מזרם הדם (Coyle, 1991).

בתנאים אלו עשויה זמינות הגלוקוז להוות גורם מגביל ברור של היכולת להתמיד במאמץ ולשמור על הספק העבודה. במחקרים רבים הוכח, שבשלבים אלו של המאמץ צריכת פחמימות עשויה לשפר מאוד את היכולת להתמיד ותורמת מאוד למניעת ירידה ברמת הסוכר בדם.

אם מסתמכים על חימצון שומנים בלבד, לא ניתן לבצע פעילות גופנית בהספק של מעל ל-50%-60% מצריכת החמצן המרבית. אם כן, ברור שביצוע פעילויות אירוביות ברמה תחרותית, כגון ריצות ארוכות ובינוניות, רכיבה על אופניים וכדומה, המבוצעות

בהספקים של 75%-85% מצריכת החמצן המרבית, מחייב אספקת אנרגיה תוך ניצול פחמימות. בפעילויות כאלו היכולת לשמור על קצב אופטימלי מותנית בגודל מאגרי **הגליקוגן** בשרירים בתחילת הפעילות. ככל שמאגרי **הגליקוגן** גדולים יותר, כך יתאפשר לספורטאי לשמור על קצב אופטימלי של פעילות למשך זמן ממושך יותר (Sherman, 1983).

ראוי לציין שהקצב המרבי שהספורטאי מסוגל לקיים בפעילות ממושכת תלוי בעיקר בפרופיל **המטבולי**, בהסתגלות **המסלולים המטבוליים** לאימון ובהסתגלות המערכות המשרתות את השרירים. כל אלו קובעים, בסופו של דבר, את הקצב המרבי שהספורטאי מסוגל להתמיד בו (הסף האנאירובי) (MacDougal, 1977; Sjodin et al., 1981).

זמינות **הסובסטרטים**, ובעיקר זמינות הגליקוגן בשרירים, וזמינות הגלוקוז מזרם הדם קובעים את משך הזמן שבו יוכל הספורטאי להתמיד בקצב זה (Costill, 1988; Karlsson & Saltin, 1971).

העובדה שזמינות **גליקוגן** השריר וגלוקוז הדם עשויים להוות גורם המגביל את היכולת להתמיד בפעילויות סבולת, הביאה למודעות באשר לחשיבות של טיפול תזונתי מתאים בספורטאי סבולת.

הטיפול כרוך בתשומת לב לשני היבטים: היבט אחד הוא הכנה תזונתית מתאימה לפני התחרות, שמטרתה להביא את ריכוז **הגליקוגן** בשרירים לרמה מרבית. ההיבט השני הוא אספקת פחמימות מתאימה במהלך הפעילות כדי לשמור על רמת הגלוקוז בזרם הדם ולדחות, ככל האפשר, את שלב העייפות, העשוי להיגרם בגלל ירידה ברמת הגלוקוז בדם בזמן מאמץ ממושך.

צריכת פחמימות לשיפור הסבולת

צריכת פחמימות כהכנה לפעילויות סבולת

ככלל, מומלץ לספורטאים העוסקים בענפי סבולת לצרוך 60%-70% פחמימות. מכלל הקלוריות עבור ספורטאי, הצורך כ-3500 קילו קלוריות ביום, משמעות הדבר היא צריכת 500-600 ר' פחמימות ביום, שהם שווי ערך לכ-2000-2400 קילו קלוריות.

המודעות לחשיבות של רמת **הגליקוגן** ההתחלתית ליכולת לשמור על קצב הפעילות הביאה לפיתוח שיטות, שמטרתן להגדיל את מאגרי **הגליקוגן** בשריר. בעיקרן, השיטות מבוססות על שילוב של פעילות גופנית וצריכת פחמימות מתאימה.

נמצא, שצריכת תפריט עשיר בפחמימות לאחר ביצוע מאמץ עצים וממושך, הגורם לריקון מאגרי **הגליקוגן** בשרירים הפעילים, תביא לאגירה מוגברת של **גליקוגן** באותם שרירים. ההמלצות הראשונות שנקבעו בעקבות ממצאים אלו כללו דרישות קיצוניות למדי, כמו ביצוע מאמץ עצים ומתמשך לצורך ריקון מאגרי **הגליקוגן** בשריר, אחר כך, למשך שלושה ימים, צריכת תפריט דל מאוד בפחמימות ועשיר בשומנים ובחלבונים (שלב האמור להגביר את המחסור בגליקוגן בשרירים), ורק אחר כך, כשלושה ימים לפני התחרות, לעבור לתפריט עשיר בפחמימות.

בשלושה ימים אלו השריר מייצר ואוגר **גליקוגן** בקצב מהיר, וריכוז **הגליקוגן** עולה בו לערכים הגבוהים פי שניים ויותר מאשר ריכוזו ההתחלתי. טיפול זה נחשב קשה למדי, הוא מחייב שינויים משמעותיים בהרגלי הפעילות והתזונה של הספורטאי דווקא בתקופה הרגישה הסמוכה לתחרות.

במחקרים מאוחרים יותר נמצא שלפחות לגבי אנשים פעילים, הטיפול הקיצוני אינו הכרחי, וניתן להעלות את ריכוזי **הגליקוגן** בשריר גם באמצעות טיפול מתון יותר. בשלושת הימים הראשונים טיפול זה כולל, ביצוע מאמצים בינוניים לצורך שלב הדלדול. בימים אלו יש לצרוך תפריט מעורב המספק פחמימות בכמות קטנה יחסית (כ-350 גרי ליום). בשלושת הימים הבאים שלפני התחרות יש לצרוך תפריט עשיר בפחמימות. טיפול כזה, די בו כדי להשיג ריכוזי **גליקוגן** זהים למה שמשיגים בטיפול הקשה יותר. נמצא גם שספורטאי סבולת מנוסים יכולים להגיע לרמות **גליקוגן** גבוהות על ידי מנוחה של שניים שלושה ימים תוך צריכת תפריט עשיר בפחמימות (כ-560-700 גרי פחמימות לספורטאי במשקל 70 ק"ג). (Costill, 1988: 603).

צריכת פחמימות במהלך הפעילות

צריכת פחמימות במהלך הביצוע של פעילות סבולת ממושכת תבטיח אספקת גלוקוז תקינה מזרם הדם, במיוחד בשלבים המאוחרים של הפעילות, שבהם כבר חל דלדול

במאגרי הגליקוגן בשרירים. צריכת פחמימות בשלבים אלו עשויה לדחות את הופעת העייפות ותאפשר את המשך הפעילות, מבלי שתהיה ירידה בהספק. ככלל, מומלץ לצרוך כ-20-60 גר' פחמימות בכל שעה במהלך פעילות ממושכת.

בפעילויות שעצימותן 70% מצריכת החמצן המרבית ומעלה, צריכת פחמימות במהלך המאמץ לא תביא לעלייה בולטת בריכוז הגלוקוז בדם ובריכוז האינסולין. הדבר גם לא יביא בהכרח לעלייה בקצב הכללי של חימצון פחמימות במהלך השעתיים הראשונות של הפעילות, אך יאפשר לשמור על קצב זה בשלבים המאוחרים יותר של המאמץ. בשלבים האלה עלולה לחול ירידה בקצב חימצון הפחמימות, אם אין אספקה של פחמימות (Coyle, 1991).

במאמצים קצרים ועצימים מאוד, הנמשכים דקות אחדות, זמינות הגלוקוז בדם איננה מהווה גורם מגביל, ולכן צריכת פחמימות סמוך לביצוע הפעילות (כגון צריכת שוקולד לפני ריצת 400 מטר וכדומה) אינה יכולה לסייע לביצוע הפעילות, ובמקרה הגרוע עשויה אף להזיק.

סיכום

מערכות חילוף החומרים עשויות להגביל את היכולת הגופנית משני היבטים: ההיבט האחד הוא הקצב המרבי של פעילות המסלולים המטבוליים של אספקת אנרגיה.

הערכת קצב זה ניתנת לביצוע בקלות יחסית, כאשר מדובר במסלול המטבולי האירובי, אך היא קשה הרבה יותר, כאשר מדובר במסלולים המטבוליים המאפשרים ייצור ATP בתהליכים אנאירוביים.

היבט נוסף הוא הזמינות של מקורות האנרגיה בגוף (פחמימות, שומנים, חלבונים, ומאגרי ATP וקריאטין פוספאט). הבעיה של זמינות הסובסטרטים לתהליכי חילוף החומרים מתמקדת בעיקר בזמינות של גליקוגן השרירים והכבד בזמינות של גלוקוז הדם.

שיעור מאגרי הגליקוגן בשריר מהווה גורם מגביל משמעותי בפעילויות סבולת

עצימות, המחייבות אספקת אנרגיה בקצב גבוה תוך פירוק של פחמימות. כאשר **הגליקוגן** בשריר אוזל, השריר נאלץ להסתמך על פירוק שומן, ובתנאים אלו אין אפשרות לשמור על ההספק. במילים אחרות - חלה התעייפות.

במטרה לדחות את העייפות, הנובעת מדלדול במאגרי **הגליקוגן**, פותחו שיטות שונות להעלאת ריכוז **הגליקוגן** בשרירים לפני ביצוע של פעילויות סבולת. שיטות אלו מבוססות על שילוב של אימון מתאים עם דיאטה עשירה בפחמימות.

במאמצי סבולת ממושכים מאוד (מעל שעתיים), החשיבות של אספקת האנרגיה מגלוקוז עולה. בתנאים אלו אספקת פחמימות במהלך ביצוע המאמץ עשויה לדחות את העייפות.

רשימת המקורות

- Bar-Or, O. (1989). Trainability of the prepubescent child. **The Physician and Sport Medicine**, 17, 65-81.
- Berg, A. & Keul, J. (1988). Biochemical changes during exercise in children. In: R.M. Malina (Ed.). **Young athletes. biological, psychological, and educational perspectives**. Champaign, ILL.: Human Kinetics Pub.
- Costill, D.L. (1988). Nutrition and dietetics. In: H. Dix, H.G. Knuttgen & K. Tittel (Eds.). **The Olympic Book of Sports Medicine**. London: Blackwell Pub.
- Coyle, F.E. (1991). Carbohydrate feedings: Effects on metabolism, performance and recovery. **Journal of Applied Physiology**. 32, 1-14.
- Karlssohn, J. & Saltin, B. (1971). Diet muscle glycogen and endurance performance. **Journal of Applied Physiology**. 31, 203-206.
- MacDougal, J.D. (1977) The anaerobic threshold: Its significance for the endurance athlete. **Canadian Journal of Applied Sports Sciences**. 2(3), 137-140.
- Rowland, T.W. (1990). Developmental aspects of physiological function relating to aerobic exercise in children. **Sports Medicine**, 10(4), 255-266.
- Rowland, T.W. (1990). **Exercise and children's health**. Champaign, ILL.: Human Kinetics.
- Russel, P. & Ward, D. (1990). Endurance exercise trainability in children and youth. In: W.A. Garan, J.A. Lombardo & B.J. Sharkey (Eds.). **Advances in Sports Medicine and Fitness**. London: Yearbook Medical Pub.
- Sherman, W.M. (1983). Carbohydrates, muscle glycogen and muscle glycogen supercompensation. In: M.H. Williams (Ed.). **Ergogenic Aids in Sports**. Champaign: Human Kinetics Pub.
- Sjodin, B., Schele, R., Karlsson, J., Linnarsson, D. & Wallensten, R. (1981). The physiological background of onset of blood lactate accumulation. In: P.V. Komi (Ed.). **Exercise and Sport Biology**. Champaign, ILL.: Human Kinetics.