

הפרדוקס של יציבות לא יציבה

או

מי לעזאזל צריך שיווי משקל?

Based on the article The Paradox of Unstable Stability or Who the Hell Needs Balance?

Published on the IFF journal, December 2013

מוטי נתיב

תל אביב, טבת תשע"ד

תוכן עיניינים

הקדמה למאמר בעברית

הצגת הפרדוקס

משהו אישי

הגדרות ותיחום

עיקרון היציבות של ליאפונוב והגדרות שיווי משקל

הרפלקסים והדינמיקה של היציבות

ייחודו של האדם – בחירה מראש, למידה ורגשות

שיווי משקל רופף ומוכנות הגוף לפעולה

חוש שיווי המשקל, מערכת העצבים המרכזית ומערכת שרירים-שלד

יציבות דינאמית – פתרון הפראדוקס

זה הכל לעכשיו

הערות שוליים

הקדמה

כתבתי את המאמר באנגלית. ליה ביקשה שאתרגם אותו לעברית עבור העיתון שלנו. הופתעתי לגלות שזו משימה לא פשוטה. המכשול הראשון שניצב בדרכי היה המינוח (טרמינולוגיה). כך גם קרה לי בכתיבת המאמר באנגלית. אבל התברר שבעברית זה אפילו יותר מורכב.

הקושי מתחיל בהגדרה של יציבות בתנועה שאני מכוון אליה במאמר הזה בפרט ובעבודתי בכלל. כי לא מצאתי פירוש מתאים למושג יציבות בעברית.

על המושג יציבה אומרים שזה המנח איברי הגוף של אדם או בעל חיים, שחלקו או כולו מוחזק בדרך כלשהי, הנשאר קבוע יחסית במבנהו הבסיסי בתנוחות שונות. יציבה מתייחסת לסידור הלא מודע והיציב מבנית של שלד הגוף, הנרכש לאורך תקופה ארוכה של תנועות גוף ותבניות תנועה.

על המושג יציבות לא אומרים במילונים העבריים דבר של ממש, שונה מהמושג יציבה.

נקודת המוצא שלי אם כך היא שיציבות כפי שמוגדרת בשפה פלדנקרייזית היא פעולה דינאמית של תנועה, תוך שמירה על קיום שיווי המשקל.

קושי נוסף הוא שאת המאמר באנגלית כתבתי לפני ארבעה חודשים, ומאז כבר התרחשה אצלי למידה כך שאמנם אכתוב על בסיס המאמר באנגלית, אבל זה לא תרגום גרידא אלא כתיבה עם תוספות ושינויים מסוימים. אני מקווה שהשינויים יהיו לטובה.

בהצלחה!

הצגת הפרדוקס

משה פלדנקרייז נהג לדבר תדיר על יציבותו של איש הג'ודו. הוא כתב: "אנחנו רגילים לשבח את ה"יציבות" המעולה של מומחה הג'ודו, וזה נשמע במידת מה פרדוקסלי לפגוש את המונח "לא יציב" שמשמש לתאר את פעולתו. ראינו שמומחה הג'ודו מתנהג כשגופו נשלט כביכול על ידי העקרונות של "שיווי משקל רופף", וכך הוא משיג תוצאות טובות יותר מאחרים, גם כאשר הוא נחות מבחינת משקל וכוח." בתרגום שלי מאנגלית מתוך מאמר של משה פלדנקרייז, Moshe Feldenkrais, "Better Judo", Budokwai Bulletin (London, April 1948)



דברים אלו אינם מובנים מאליהם לרבים, ואכן יכולים אף להישמע כפרדוקס. אם אתם נמנים על רבים אלו, הצטרפו אלי למסע חקירות קצרצר בניסיון לפתור את המורכבות הזו.

במהלך המסע אשלב כמה עובדות פיזיקאליות/מכניות יסודיות על שיווי משקל ויציבות. אעשה כמיטב יכולתי לכתוב בפשטות ובתמציתיות. אצטט מדבריו של משה על הנושא, וספרו הגוף וההתנהגות הבוגרת (גוה"ב) יהווה הקו המנחה שלי.

אצרף לזה מניסיוני האישי, מתובנות שהתגבשו אצלי כפועל יוצא מהמקורות שנתקלתי בהם במחקר שלי, וממסקנות שעלו מהממצאים שנתגלו לי. מובן, שאני גם מסתמך על תוצאות מעבודתי כמורה לשכלול היכולת, הן בהוראת שיטת פלדנקרייז והן כמורה לאמנויות לחימה.

תקוותי שהמאמר הזה יעזור להבנת הנושא ויאפשר לכם להציג את רכיבי היציבות ביתר ביסוס כאשר אתם מלמדים את שיטת פלדנקרייז.

משה אישי

אתחיל בסיפור מחיי האישיים, בעקבותיו הגעתי לכתיבת המאמר בנושא זה.

בסוף נובמבר 2012 חוויתי שבץ מוחי המורגי, שהתבטא בדימום בצד השמאלי של המוח באזור של גרעיני הבסיס (basal ganglia). בעקבות השבץ איבדתי שליטה על הצד הימני של גופי ונפגעה היציבות שלי.

עכשיו אני יודע, באופן אישי, מהי התחושה של חוסר יציבות ואני יכול להבין את התופעה דרך תופעות שחוויתי דרך הפעולה של גופי.

בצילום אתם יכולים לראות את התג שהוצמד לפרק כף ידי בבית החולים. תג זה הודיע לסביבה שאני חייב להיות תחת השגחה כשאני יורד ממיטתי, ואסרו עלי ללכת, אלא רק עם מלווים.



אבל אני הצלחתי לחמוק ולשוטט לבדי. לשואלים ולמתריעים המודאגים הסברתי שמבחינתי, זה בסדר ליפול. הם הגיבו במבט תוהה. התייחסותי לעניין לא התקבלה כדבר נורמאלי.

עברתי תקופה מעניינת של למידה מחדש, והתחזקה אצלי משמעותו של הביטוי "מודעות דרך תנועה".

החוויה שאני חווה כיום, של התחושה הברורה של מגע כף רגלי עם המשטח, עליו אני דורך בכל פסיעה, שונה מכל חוויה שחוויתי בעבר.

הגדרות ותיחום

ב-1932 הגדיר קנון (Walter Bradford Cannon), פיזיולוג אמריקאי, את עיקרון השאיפה ליציבות של יצורים חיים במושג "הומיאוסטזיס".

במאמר זה אעסוק בהיבט יציבותו של האדם בשעת תנועה. יציבות היא תשתית פעולת האדם בסביבה המשתנה, וזו תשתית שמאפשרת לקיים את עיקרון ההומיאוסטזיס.

כתבתי והרציתי פעמים רבות בנושא היציבות. ככול שלימדתי יותר ורכשתי תובנות מעבודתי עם קהלים שונים בשיטת פלדנקרייז ובאמנויות לחימה, הבחנתי בקושי של הקהל להתמודד עם הסברים תיאורטיים. **למידה מעשית, והתנסות בנושאים אלו מסייעת מאוד להבנת התיאוריה.**

Feldenkrais Kurz-Seminar mit Moti Nativ (Israel) The Key To Dynamic Stability 20. September 2013 • 9:30 - 14:00 Uhr Dieses Seminar richtet sich an alle Interessierten, die mit Feldenkrais, Kampfkünsten, K und verwandten Bewegungskünsten bereits Erfahrung haben.	ith histo- of Moshé äftigt, seine Amerika und	16.30–19.30 Uhr SA2 Stability vs. Instability, Moti Nativ -> Workshop in englischer Sprache. (Wird ins Deutsche übersetzt)
--	--	---

המשוכה הראשונה שעלינו לחלוף היא **הטרמינולוגיה**. מקור המושגים שאנו משתמשים הוא מתחום הפיזיקה, המכאניקה ומערכות מכאניות בכלל, מושגים שחלים גם על תנועת האדם.

הבעיה היא שבנושא התנועה והיציבות יש הרבה הגדרות ונוסחאות. אם נציץ במחקרים שונים, נגלה שאין אחידות במושגים בהם משתמשים החוקרים. זה קצת מרגיז. ואכן, גם Jackie L. Hudson מאוניברסיטת קליפורניה (California State University), נתקלה בשונות, לפעמים סתירה, במושגים הרבים ובדעות על הנושא. בפתחת הסימפוזיון "Biomechanics of Balance: Paradigms and Procedures" הציגה דוגמאות לתופעה. למשל, הציגה טענה של חוקרים כי ניידות הינה ביחס הפוך ליציבות ולעומת זאת חוקרים אחרים שטענו שפעולה יכול שיהיו בה יציבות וניידות באותו זמן.¹

משה פלדנקרייז התייחס ליציבות כמעט בכול עבודותיו, אלה שמקובל לסווג אותן למסגרת של שיטת פלדנקרייז וגם באלה שפרסם במסגרת הג'ודו.

מדבריו של משה, בעל הרקע המדעי, ניתן לראות שהוא טרח להציג באופן פשוט את נושא שיווי המשקל והיציבות של האדם. אבל גם משה לא שמר באדיקות על התאמה מדויקת בין המושגים בדבריו ובכתביו השונים.

כדי לעבור בשלום את המאמר אציע מפתח הגדרתי מאחד. אני מאמין שהוא תואם את תפיסתו של משה בנושא. זה המפתח שבו אני משתמש בהוראה שלי. אני מבקש את סליחתכם על חוצפתי, אך תוכלו לכנותו "המפתח של מוטי לשיווי משקל בטוח".

המפתח שעל פיו אני מלמד מורכב מחמישה רכיבים ראשיים: **שיווי משקל, יציבות, תפקוד מוטורי, אוריינטציה במרחב, ותזמון**. להלן הסבר תמציתי של המפתח:

שיווי משקל הוא תנאי הכרחי לתפקוד יומיומי.

שיווי משקל הוא מצב פיזי ומנטאלי שמתקיים תחת הכלל הבסיסי שמרכז הכובד נמצא מעל, או בקו של כוח המשיכה, כך שהוא נמצא בגבולות בסיס התמיכה של הגוף.

היציבות שומרת על קיום שיווי המשקל, כך שאדם לא יאבד אותו, ואם איבד אותו, שיוכל להחזירו. **יציבות** היא פעולה שמטרתה להתמודד עם שינויים וכוחות בסביבה, בעוצמות שונות, שמאיימים על קיום שיווי המשקל של המערכת. יציבות נשענת על פעולה של שלושה רכיבים:

1. בשפה הפלדנקרייזית תפקוד מוטורי נקרא **מניפולציה** – מניפולציה כוללת את התנועות שלנו במרחב האישי הקרוב (תנועות ללא שינוי מיקום), וניידות (תנועות העברה של הגוף ממקום למקום).

2. **האוריינטציה** שלנו במרחב, משמעותה היא שאנו יודעים היכן אנו נמצאים ולאן אנו רוצים ויכולים לנוע.

3. **תזמון** הפעולה כולל את הזמן שבו אנו מתחילים לנוע ואת הזמן בו נשלים את התנועה. התזמון תומך באפקטיביות של התנועות, אלה שנעשות ללא שינוי מיקום וכאלה שבהן מתקיימת העברה למיקום חדש.

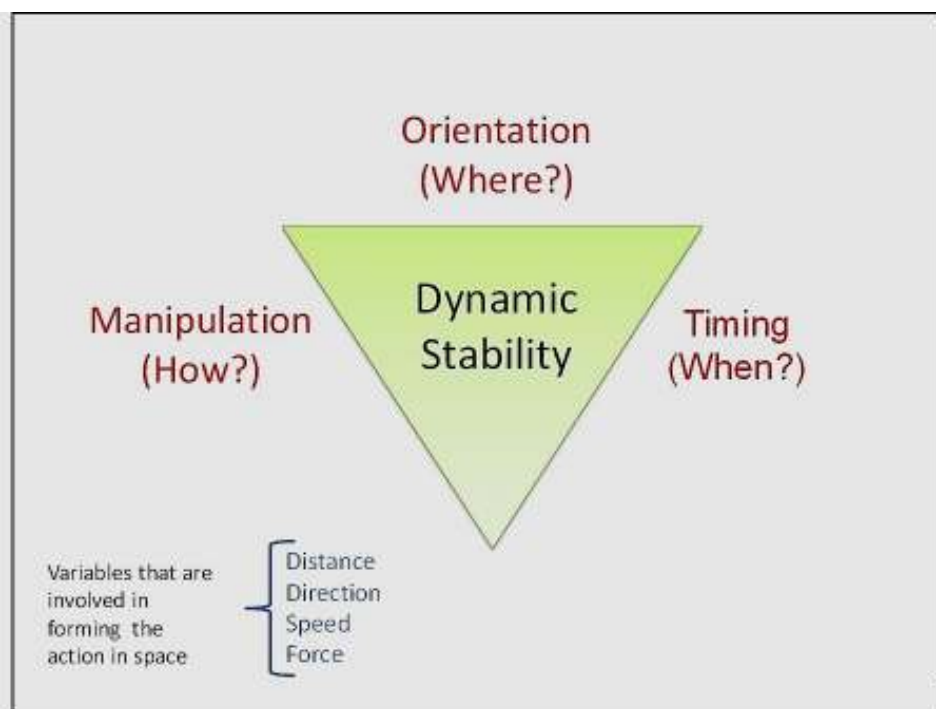
רמת היציבות הינה תוצאה של ביצוע מגוון של תנועות יעילות של מערכת השרירים-שלד, תנועה תכליתית למקום בטוח בזמן הנכון, בתגובה לשינויים שחלים בסביבה.

בשפה יומיומית, הרכיבים האלה מייצגים את **האיך**, **איפוא ומתי**, אנו פועלים.

קיימת תלות בין שלושת הרכיבים. למשל, תזמון מושפע ממהירות וטווח הפעולה, אוריינטציה מושפעת מכיוון וטווח הפעולה.

לשלושת הרכיבים יש תכונות דינאמיות ולכן גם **היציבות היא דינאמית**.

ניתן להציג את המפתח בצורה של משולש:



המשולש מצביע על העובדה החשובה שיציבות הינה פעולה כמו כל פעולה אחרת שאנחנו עושים. **המפתח** מתייחס לפעולות אנושיות רגילות, שיכולות להשתכלל בעזרת הכלים שיטת **מודעות דרך תנועה**.

אנו יכולים להתמקד בשכלול כל רכיב, אך בעת פעולה יש חפיפה ושיתוף בין שלושתם. כל רכיב יתרום את חלקו ליציבות, כפי שיידרש ספציפית על פי הצורך התנאים הסביבתיים. **הרמוניה** בין הרכיבים זו הנוסחה להצלחת הפעולה.

ברשימה לצד המשולש ציינתי את המשתנים שמעצבים את הפעולה במרחב.

עקרון היציבות של ליאפונוב

למרות שאני מנסה לכתוב בפשטות האפשרית, זה לא פשוט לכתוב בפשטות.

אתחיל את הדיון בתיאור תמציתי של עיקרון פיזיקלי/מכני יסודי - עיקרון היציבות בתנועה.

לראשונה נתקלתי בעיקרון זה בעת שביקרתי בטוקיו כחודשיים לאחר הצונאמי. בשיטוטי בין חנויות הספרים, ברובע KANDA האהוב עלי, מצאתי ספר משומש הנושא את הכותרת THE STABILITY OF MOTION. מכיוון שהיה כתוב אנגלית הוא היה מונח בערימה של ספרים זולים מאוד מחוץ לחנות. הכותרת שבתה מיד את ליבי. זה היה תרגום של ספר מרוסית משנת 1961.

הספר הוקדש לנוסחאות של **עקרון היציבות בתנועה** על ידי אלכסנדר ליאפונוב², עיקרון שהגה ב-1892. ליאפונוב הגדיר מצבי שיווי משקל שונים של מערכת מכאנית. הוא גם סיפק קריטריונים להבחנה בין המצבים השונים.

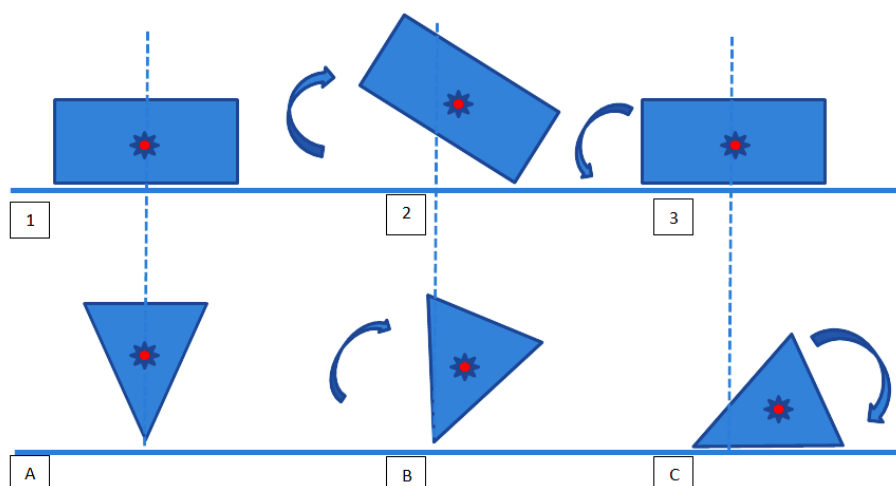
למאמר זה רלוונטיים שיווי משקל יציב ושיווי משקל רופף (לא יציב).

שיווי משקל מוגדר יציב אם לאחר הפרעה זעירה המערכת חוזרת לנקודה המקורית של שיווי משקל. כלומר, תנועה קלה של הגוף מומרת לאנרגיה פוטנציאלית שתשאף להחזיר את הגוף לנקודת שיווי המשקל (בתוספת לאנרגיה הקינטית).

שיווי משקל מוגדר כרופף כאשר בעקבות הפרעה הגוף מתרחק מנקודת שיווי המשקל. כלומר, תנועה קלה בכיוון כלשהוא תגרום לסך הכוחות הפועלים על הגוף להוציא אותו משיווי משקל, ולעיתים להציבו במיקום חדש ובעמדה שונה באופייה.

מצבי שיווי המשקל ניתנים לאבחנה גם על פי תנועת מרכז הכובד בתגובה לכוח שמופעל על המערכת. במערכת שתיקבע כבעלת שיווי משקל יציב, עולה מרכז הכובד כאשר מתחילים לנוע. מרכז הכובד יורד בתנועה של מערכת בשיווי משקל בלתי יציב.

אפשר לראות זאת בגרף הבא של גופים במצבי שיווי משקל יציב ורופף:



המלבן מייצג שיווי משקל יציב. כוח מזערי יעלה מעט את מרכז הכובד שיחזור וירד והמלבן יתייצב בנקודת שיווי המשקל המקורית. כדי להניע את המלבן חייבים להפעיל כוח חזק דיו כדי להרים את מרכז הכובד עד שיוכל לעבור ולעמוד על צלע אחרת.

המשולש שעומד על קדקודו מייצג שיווי משקל רופף. כוח מזערי יגרום להורדת מרכז הכובד עד שהמשולש יתייצב על צלעו בנקודת שיווי משקל חדשה.

ברור לעין המתבונן בשרטוט כי היציבות של גוף מושפעת מהיחס בין גובה מרכז הכובד לרוחב בסיס התמיכה. על פי הכללים הפיזיקאליים האלה, תכונות העמידה הזקופה שלנו, המיקום הגבוה של מרכז הכובד ובסיס התמיכה הצר, אינן רחוקות מתכונות היציבות של המשולש.

משה החמיר, ובספרו גוה"ב (פרק 8, יציבה זקופה ופעולה) הוא תאר את העמידה כ"מבנה של שלוש פירמידות עם בסיסיהן כלפי מעלה, בשיווי משקל, זו על גבי זו... בכך אנו משיגים מבנה של שלוש מטוטלות הפוכות הנמצאות בשיווי משקל, זו על גבי זו".

כעת אנו יודעים שאלמנט אחד של הפראדוקס הוא עובדה – אנו לא יציבים!!!

הרפלקסים והדינמיקה של היציבות

התפיסה המקובלת היא ששיווי משקל ויציבות מתארים מצב סטטי.

כול עוד לא מתקיימת תנועת העתקה, בה הגוף כולו משנה מיקומו, נהוג להשתמש במושג יציבות סטטית.

אך המציאות היא שאצל יצורים חיים המתקיימים בשדה הכבידה ונעים על הקרקע, שיווי משקל ויציבות הינם דינאמיים ותומכים באופן אקטיבי בפעולת הגוף גם כאשר הוא נמצא לכאורה בתנוחה סטטית.

לדוגמה: בישיבה, הרפלקסים של הכבידה פועלים בהתמדה כדי לעורר את השרירים המתאימים לתמוך בגוף האדם כך שלא יתמוטט תחת כוח הכבידה, ותוך כדי כך מתקיים למעשה שיווי המשקל. כאשר האדם עושה

פעולה מכוונת, למשל הליכה, הרפלקסים מתערבים כדי לוודא שמערכות העצבים והשרירים פועלות לשמירה על שיווי המשקל. כל זה קורה במידה רבה באופן לא מודע.

אף בעמידה, אותה נהוג לראות כתנוחה סטטית מאוזנת, הרפלקסים פועלים באופן מתמיד כדי לשמר את תנוחת העמידה, כך שגם מצב זה, שנראה סטטי, בפועל הינו דינמי.

בספרו גוה"ב, בפרק על מנגנוני איזון כוח המשיכה, תוך השענות על חוק שרינגטון³, מתייחס משה לרפלקסים המתקנים שנמצאים מחוץ לפיקוח רצוני וכותב "כך נוטה הגוף באופן אוטומטי להביא עצמו אל המצב הנכון ביחס לכוח המשיכה לאחר שהוצא ממנו על ידי פעילות מודעת."

עוד בגוה"ב, בפרק על תבנית החרדה של הגוף, משה מסביר כמה קשה ללמוד את פעולת בלימת הנפילה בגלל ההתנגשות עם תגובת הרפלקסים: "הזרועות נוטות להתכווץ בהתאמה לתגובה המולדת לנפילה. הטירונים, לכן, נוטים להיפגע במרפקיהם בטרם למדו לשלוט ולעכב במודע את כיווץ הזרועות. מאוחר יותר הם לומדים לחבט בקרקע, כלומר לנתק לחלוטין בין תנועת הזרועות מן התבנית האינסטינקטיבית של התכווצות פלקסורית המתעוררת על ידי נפילה".

נראה שהרפלקסים, שמגיבים עצמאית, לא תמיד מסתדרים טוב עם מצב של איבוד שיווי המשקל ונפילה לא מכוונת. נוצרת התנגשות בין המוח לרפלקסים שמובילה לחרדה ולפעולה חסרת שליטה. דוגמא מוחשית לכך ראינו **במשחקי הטניס בווימבלדון, בקיץ 2013, כאשר ביום אחד של תחרות נפצעו שבעה טניסאים מקצועיים בגלל נפילות.**

כאשר הגוף יוצא משיווי משקל, מרכז הכובד מחפש באופן טבעי מיקום נמוך יותר ולכאורה בטוח יותר. אפשר להשיג זאת בין היתר, גם באמצעות פעולת נפילה שאכן מביאה אותו לנקודה הנמוכה ביותר, אלא שפעמים רבות פעולת הנפילה אינה נשלטת.

המסקנה היא שלא ניתן לדבר על יציבות מבלי להתייחס לפעולת הנפילה שיש לה היבטים שונים, אבל היא בעיקר מזוהה עם איבוד שיווי משקל וחוסר שליטה.

קיימת בכל אופן אפשרות לפעול כאשר הרפלקסים נשארים רגועים. למשל, אם נפיל את הגוף במודע הרפלקסים לא יפריעו, ותהיה לנו שליטה מלאה על הפעולה. כמובן שצריך לפתח את היכולת ליפול.

הנפילה משלימה במהותה את היציבות וראוי להקדיש לה מאמר נפרד. משה התייחס בהערכה רבה ליכולת ליפול. אשמח לכתוב על הנושא הזה בעתיד.

ייחודו של האדם – בחירה מראש, למידה ורגשות

כאמור, ברגע שבו אנו מתחילים בפעולה אנו כפופים לחוקי הפיזיקה המכניים בתנועתנו, ונוסחאות היציבות של ליאפונוב שמתייחס למערכות מכניות פועלות בעיקרון גם על גופנו.

אבל, כאן אני מציע להבחין בייחודו של בן האנוש בהשוואה למערכות המכניות. בן האנוש יכול להחליט מראש על יציבותו וגם להחליט על שינוי בה על פי כוונתו. ייחודו של האדם ביכולתו לקחת סיכון וגם סיכוי שיטעה בהחלטה. בעקבות זיהוי טעות, תבוא פעולת תיקון שמשפרת את הפעולה ובמיוחד מלמדת.

משה פלדנקרייז, בספרו "הנסתר שבגלוי", פותח את הפרק "היציבה כתופעה ביולוגית" בדוגמה קיצונית של המתאגרף שנפל לעמדה יציבה על הקרשים. במצב זה הוא מוגן על פי כללי התחרות, ואין לחזור ולפגוע בו. אם

יבחר לחזור לעמידה, למצב בלתי יציב, יוכל לנוע כדי לתקוף. כאן מציג משה את תפיסתו "יציבות (כאשר האדם מוגן) מגדילה את הרגשת הביטחון, היעדר יציבות, משמעותו הסתכנות וקלות תנועה. שני המצבים הללו חשובים מהבחינה הביולוגית. כאשר אדם מתמכר לאחד מאלה, התוצאה היא אי-בטיחות, מחמת העדר אלטרנטיבה".

זה משפט חשוב עבור העוסקים בשיטת פלדנקרייז בכלל, ובפרט לגבי הנקודה אותה אני רוצה להדגיש - אפשרות הבחירה מראש של בן אנוש לגבי פעולתו ולגבי מידת היציבות בעת הפעולה.

יתר מכך, המייחד את האדם הן האמוציות הקשורות לשינויים הפיזיולוגיים המתרחשים בזמן הפעולה. אמוציות שלמעשה מתעוררות בזמן הפעולה ואף משפיעות על ביצועה (THE THEORY OF EMOTION, וויליאם ג'יימס).

דוגמא רלוונטית לאמוציות הקשורות לפעולת האדם נמצאת במכתב של דוד בן גוריון לבתו רננה ביום שבו הצליח לעמוד על הראש:

"פלדנקרייז נסע לשישה שבועות ללונדון. תרגיליו האחרונים איתי היו להעמידני על הראש. בנוכחותו לא הצלחתי לעשות זאת כהוגן. ופה רק נתברר לי הסוד: מכיוון שלא פחדתי מנפילה – לא נפלתי, ומצאתי את העמידה הנכונה" (דוד בן גוריון, בן 71, 15.9.1957).



בן גוריון מתאר את השינוי ברגשותיו בעת הפעולה, מניסיונות לא מוצלחים מלווים בפחד מנפילה עד לתחושת הביטחון שליוותה את עמידת הראש המוצלחת שלו. המשמעות שמיומנות מוטורית שנלמדה מחוללת רגש.

רמז לתהליך הלמידה של בן גוריון נוכל למצוא במבוא של משה לספרו מקרה נורה: "לעיתים קרובות אין אנו מבחינים כלל בסוג זה של לימוד; הוא לפרקים נמשך תקופות ארוכות פחות או יותר, לכאורה כאילו ללא תכלית ופתאום צצה צורה חדשה של פעילות, כאילו יש מאין".

ייחודו של האדם מתגלה בדבר מהותי נוסף. למרות שהגוף בפעולה, כמו כל מערכת מכנית, מציית לחוקי הפיזיקה, הוא שונה בתכלית בשל אינסוף דרגות חופש שקיימות במערכת השרירים-שלד, ובשל קיומה של מערכת העצבים המרכזית שמסוגלת לשלוט על אין סוף אפשרויות הפעולה שגוף כזה מספק.

שיווי משקל רופף ומוכנות הגוף לפעולה

בספר הג'ודו הראשון שלו, ABC DU JUDO (1938), משה הקדיש פרק לשיווי המשקל כדי להציג בפשטות, אולי בפעם הראשונה, את הדילמה של שיווי משקל יציב מול שיווי משקל רופף. מובן שכמהנדס הכיר את ההגדרות של הפיזיקה והוא מסביר את העיקרון כי "העובדה המדעית הזו, הפשוטה בתכלית, היא זו המהווה את הבסיס של הג'ודו"

נקודת מבט נוספת על הנושא נוכל לקבל מהמומחה היפני לג'ו-ג'וטסו, S. K. UYENISHI, בספרו מ-1905.

Ju-Jutsu as practiced in Japan בתמונה העותק פרטי של משה. כאשר משה עזב את אנגליה כדי לחזור לארץ, ב-1950, הוא נתן את הספר במתנה למורה שלו לג'ודו, קויזומי, שהיה המייסד והנשיא של מועדון הג'ודו בלונדון.



בחרתי בספר הזה כי משה החזיק את הספר בידיו בעת שכתב את ספרי הג'ודו שלו באנגליה. ניתן להבחין כי הוא שאב רעיונות מן המומחה היפני. UYENISHI, שלא היה בעל רקע מדעי, טוען שגוף האדם יציב יותר בעמידה זקופה, וגם מנמק זאת בכך שבעמידה זקופה קל ביותר לשמור על שיווי המשקל.

זוהי גם התבטאות פרדוקסלית לכאורה, כי UYENISHI טוען שהעמידה הזקופה, שבהגדרתה היא בלתי יציבה, היא בעלת היציבות הטובה ביותר.

הליכה זקופה הינה פעולה יומיומית ברורה - האין זאת? על פי טענתו של UYENISHI רואים שגם זו פעולה שמבוססת על הפרדוקס לכאורה של היציבות של מערכת לא יציבה. לכן, אשתמש בה כדי להמחיש את המפתח.

הליכה היא האופן הבסיסי בו האדם מתנייד בעמידה זקופה. בהליכה רגילה אנו מאבדים במודע את שיווי המשקל ומוצאים אותו על ידי העברה והנחת הרגל השנייה במקום מתאים, בכיוון אליו כוונתנו להתקדם. מרכז הכובד עולה ויורד, בהתאם ליעילות הצעידה. זהו ביטוי שגור של ניידות ואוריינטציה. ההליכה מייצגת את היציבות שמאפשרת לאבד את שיווי המשקל כדי למצוא אותו שוב בנקודה שונה במרחב.

בגוה"ב, בפרק 8 (עמ' 92, 93), משה מסביר את היתרונות של שיווי משקל רופף. זה הוא העיקרון של מקסימום אנרגיה בכוח כאשר מרכז הכובד גבוה. במצב זה התנועה ניזונה מן האנרגיה בכוח הצבורה בו.

כאן, אפשר גם למצוא תמיכה לטענה "הפרדוקסלית" של אוינישי. הרי, כאשר נמצאים בעמידה זקופה קל לנייד את הגוף ולכן אין כלל צורך במאמץ כדי לשמור על שיווי המשקל.

תנועה ניזונה משלושה סוגים עיקריים של אנרגיה:

1. אנרגיה פוטנציאלית שמייצגת אנרגיה אצורה במערכת
2. אנרגיה קינטית הנוצרת מתנועת המערכת
3. אנרגיה כימית שמזינה את פעולת השרירים.

בפעולת ההליכה משתלבות שלושת האנרגיות. ככל שהשילוב משתכלל ההליכה משתכללת, ונהפוך הוא.

בתנועה מושלמת, ללא איבוד אנרגיה כלל, יש טרנספורמציה מושלמת (הלוך וחזור) בין אנרגיה קינטית לאנרגיה פוטנציאלית (גם כבידתית וגם עקב כוחות מתיחה של גידים, בדומה לאנרגיה פוטנציאלית של קפיץ). בעולם האמיתי יש בתהליך אובדן של אנרגיה - ולכן גם אנרגיה כימית שמתורגמת לתנועה דרך פעולת השרירים נכנסת למשחק כדי לשמור על התנועה מחד, ומאידך לשלוט עליה.

העיקרון הפיזיקאלי של מקסימום אנרגיה בכח, שמשה מעלה כאן, מוביל אותי לחרוג מעט מהקו של המאמר ולהזכיר את הרמב"ם.

הרמב"ם מניח כי לתנועה משמעות רבה – משמעות שהינה מעבר לתנועה גרידא. בספרו "מורה נבוכים" בחלק השני, בהנחה החמישית, הוא כתב "כל תנועה היא שינוי ויציאה מן הכח אל הפעל".

הביטוי המפורסם שטבע הרמב"ם נולד בעקבות סוגיה עקרונית על הכוח והפועל שאריסטו העלה לדין פילוסופי. הרמב"ם בניסוחו קירב את הנושא לשיטת מודעות דרך תנועה בה אנו מכוונים לשינוי הדימוי העצמי, שכן נוכל להביא את פוטנציאל היכולות שלנו, הכח, למציאות מעשית, הפעל.

משה ממשיך עוד ומפרט את היתרונות של תפקוד במצב של שיווי משקל רופף: "...יכולת להתחיל תנועה בכל כיוון שהוא באותה קלות... להתחיל תנועה כלשהי ללא התאמה מקדימה... התנועה מתבצעת תוך עבודה מזערית, כלומר במירב היעילות" (עמ' 99). משמעותם העיקרית של יתרונות אלו היא זמן תגובה מהיר לשינוי בסביבה.

מאחר שמונח הזמן עלה, אגע בו כאן בקצרה וייתכן שארחיב יותר בנושא בעתיד. הרלוונטיות של הזמן עולה בהגדרה הפיזיקאלית של תנועה: שינוי במיקום של גוף במהלך הזמן. גם בעניין זה אצטט את הרמב"ם, שהתייחס אף הוא לזמן ותנועה, בהגדרה יסודית:

"ההנחה החמש-עשרה היא שהזמן הוא מקרה בעקבות התנועה וצמוד לה. אחד מהם לא ימצא מבלעדי השני. תנועה לא תימצא אלא בזמן. ולא נתפש בשכל זמן אלא עם תנועה. וכל מה שלא נמצאת לו תנועה אינו כלול בזמן".

ההנחה הבלתי פשרנית של הרמב"ם נתמכת כאמור בחוקי הפיזיקה, וכשנושא זה עולה אי אפשר שלא להזכיר את איינשטיין שקבע את הזמן כמימד הרביעי של המרחב.

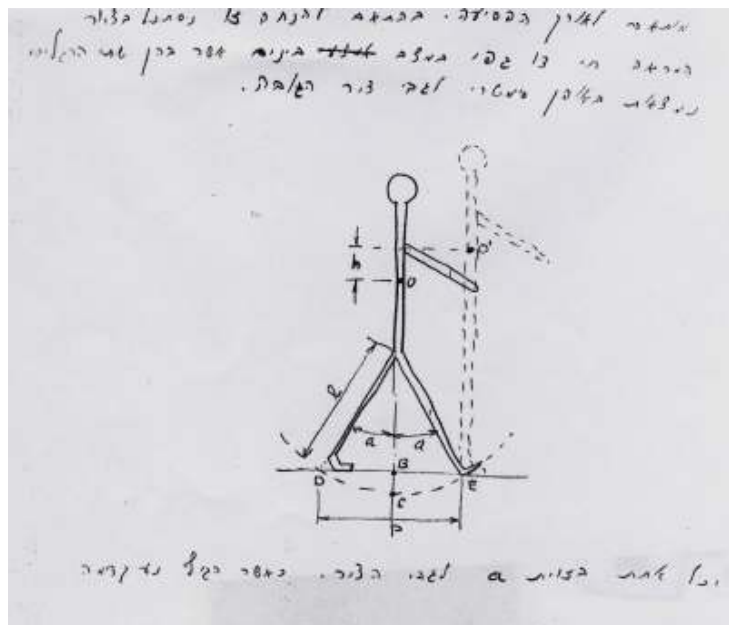
אותנו מעניין מרכיב הזמן כקובע של התזמון, או בניסוח אחר - תנועה בזמן הנכון.

בהקשר זה משה מדגיש שכאשר מתקיים העיקרון של מירב האנרגיה "הגוף העומד מוכן תמיד לפעולת העברה תוך התראה קצרה". כלומר - קיום העיקרון מעלה את הסיכוי לתנועה מתוזמנת היטב. והוא טוען "שבכל סטייה מן העיקרון הזה יש לראות אי התאמה; במילים אחרות, החזקת הגוף באופן שבו מרכז הכובד נמצא במקום נמוך מן האפשרי מבטלת את היתרונות הנובעים מן העיקרון".

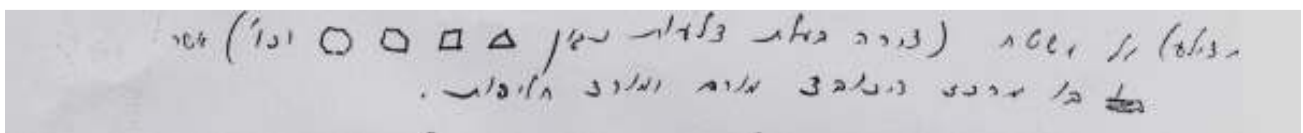
משה משתמש בעיקרון זה כדי לתאר הליכה נכונה עפ"י תנועת מרכז הכובד ביחס לקרקע – "מרכז הכובד של הגוף האנושי צריך לעלות ולרדת מעט כל-כך עד שלמעשה נשמר ברמה שבה הוא נמצא כאשר עומדים על הרגל הקדמית, בעוד שהרגל הנמצאת מאחור עדיין נוגעת בקרקע בשתי האצבעות הגדולות יותר".

אלה שקראו ושכחו, אני ממליץ לחזור ולקרוא בגוה"ב, עמ' 94 – 98 את תיאורו המעניין והמלמד של משה על פעולת ההליכה.

אשר לניידות, אספר על הרצאה של משה, בעלת אופי מדעי, בפני פורום של מדענים, ב-1953 בעת שירותו בחיל המדע. משה הרצה על נושא "תנועה ותובלה בטבע" והציג לפורום תזה על ניידות האדם באמצעות מנגנוני הקפיצה, הריצה, ההליכה והזחילה, ולגבי הכוח והאנרגיה הדרושים לביצוע פעולות התנועה השונות. דר' עוזי שרון⁴ שנכח בהרצאה, כתב תרשומת מדויקת ומסר לי אותה באחת מפגישותינו בשנת 2009, כשנה לפני מותו. והרי לדוגמה תרשים של פעולת ההליכה כפי שמשה תאר בהרצאתו:



בשרטוט נוסף מההרצאה אפשר לראות את התחכום שבו משה מציג פעול של הליכה יעילה.



גלגול של מצולע על המשטח מעלה ומוריד את מרכז הכובד. ככל שההליכה משתכללת, יהיו למצולע יותר צלעות, כך שמרכז הכובד ינוע כמעט באותו גובה עם כל צעד.

כמעט כסיכום, משה מחבר את ההליכה, מירב האנרגיה עם הדינאמיות של היציבה: "ההילוך הזקוף אינו נשמר על ידי יציבות סטאטית, אלא על-ידי קלות ההתאמה הדינאמית לתנוחה של מירב האנרגיה-בכוח.... מבחינה תפקודית, יש להדגיש את אופייה הדינאמי של היציבה הזקופה..." (עמ' 98).

חוש שיווי המשקל, מערכת העצבים המרכזית ומערכת השלד-שרירים

בין חושיו של האדם, עלינו לזכור את חוש שיווי המשקל. אפילו בעת פעילות רגילה ביותר המערכת שלנו מתייחסת לשיווי המשקל בהתמדה. שיווי המשקל מתקיים ללא צורך בהתערבות מודעת, אך אנו מגיבים לכל שינוי שעלול לגרום לאיבודו. לעיתים אנחנו עושים זאת ללא תשומת לב מיוחדת, למשל ביצוע צעד קטן להרחבת בסיס התמיכה או הושטת יד לאחיזה תומכת עשויים להתבצע בלי שנשים לב לכך.

קיום שיווי המשקל הוא בהחלט יעד מרכזי בפעילות האדם (ראה הומיאוסטזיס). מנגנונים וגורמים שונים פועלים בו זמנית כדי לזהות שינויים בגוף ועמדתו ביחס לסביבה, ולדווח על שינויים אלה למערכות השליטה הגבוהות:

מערכת שיווי המשקל (המערכת הווסטיבולרית) - זוהי המערכת שמספקת לגוף האדם מידע בנוגע למיקומו ולתנועת גופו.

מערכת הראייה - מעורבת בעיקרה בתכנון הניידות ובהימנעות ממכשולים.

מערכת סומטו-סנסורית - מערכת חיישנים שמספקת מידע על התנוחה של אברי הגוף ומהירות תנועתם, על מגעם עם עצמים חיצוניים (כולל הקרקע), ויחסם עם הגרביטציה.

אנו עדים לבני אדם שמתפקדים למרות שאחד מהמנגנונים נפגע. זה מביא אותנו למסקנה חשובה שלמעשה מתקיימת מידה מסוימת של יתירות במנגנונים אלה.

המידע שנקלט מעובד ברמה הגבוהה על ידי שלושה מרכזים במוח: קליפת המוח (Cerebral cortex), המוח הקטן (Cerebellum), גרעיני הבסיס (Basal ganglia). המרכזים מעבירים את הנחיות הפעולה המוטורית למערכת השרירים-שלד.

בעקבות המקרה האישי שלי, התעניינתי בתפקיד של גרעיני הבסיס בשליטה על היציבות. מצאתי מחקרים הובילו למסקנות שלגרעיני הבסיס יש תפקיד עיקרי בשליטה על היציבה, שיווי המשקל וניידות.⁵

אחרי השבץ, התחושה הבולטת ביותר הייתה חוסר התפקוד של הצד הימני שלי ותגובות איטיות. הייתה לי הרגשה שהדיווח על איבוד שיווי משקל מגיע למוח שלי באיחור, לכן התגובה שלי הייתה נחפזת ומוגזמת.

אכן, גיליתי מחקר שמתוצאותיו ניתן להגיע למסקנה דומה. במבחן של שלוש קבוצות נמצא שקבוצת הקשישים שנוטים ליפול השקיעו הגיבו ביתר מאמץ לטלטול הגוף⁶. הם התאמצו בהגזמה, יותר מקבוצות אחרות, בתגובתם לטלטול הגוף, כדי להבטיח שלא יפלו. אפשר להסיק מכך שבעיית חוסר היציבות אינה נגרמת תמיד בגלל חוסר יכולת תפקודית של מערכת שרירים-שלד, אלא בגלל מנגנונים פגומים של בקרה, ועיבוד מידע על מצב שיווי המשקל, שהדיווח שלהם הואט. כתוצאה מכך נפגע רכיב התזמון של היציבות.

כפי שסיפרתי, מאחר שאני עדיין מרגיש נוח ליפול, המערכת שלי נרגעת מיד. אני מאפשר לעצמי ליפול באופן מודע. אלא, שבגלל שהאפשרות הזו עדיין קיימת אצלי, נפלתי לעיתים נדירות, כי אני מתייצב מעצם הפעולה המודעת, בלי שהרפלקסים ייקחו פיקוד. באותם מקרים שנפלתי פעלתי באוריינטציה לסביבה.

הנפילה, הורדת מרכז הכובד, יכולה גם להיעשות חלקית, היא לא חייבת להסתיים בהשתטחות על הפנים או הגב. עלינו לקחת בחשבון שבאופן יחסי עובר זמן ארוך מרגע המעידה ועד להתייצבות מחדש ביחס לגרביטציה. זה זמן שבו ניתן לעשות את ההתאמות הנדרשות כדי להגן על הגוף, ולהורידו במקום בטוח במרחב.



הזכרתי את המניפולציה והתזמון, וכאן רואים שהמרחב חייב להיות קשור לרכיבים האלה. אגייס כאן פילוסוף ידוע נוסף, **עמנואל קנט**. לדעת עמנואל קאנט, ישנן צורות נתונות, שרק דרכן אנו מקבלים את כל התחושות שלנו. צורות אלו הן **המרחב והזמן**. המרחב והזמן אינם תכונות של הגופים החיצוניים לנו, אלא הם מושגים המצויים בתוכנו, ללא קשר לניסיון כלשהו.

לכן, דימוי הפעולה, כפי שאנו עושים ב-ATM, חייב לכלול זמן ומרחב, כך גם פעולה למעשה. אכן, מניסיוני אני יכול לומר בביטחון כי שכלול יכולת התנועה, תוך מודעות לזמן ולמרחב, מעלה את יעילות התגובה לכוח חיצוני שמאיים על שיווי המשקל.

אזכיר כי זמן ומרחב קשורים למהירות. ראו גם את נוסחת היסוד: מכפלת הזמן במהירות שווה למרחק. כך שמהירות הפעולה הינה משמעותית לגבי תוצאתה במרחב.

בעניין דמוי הפעולה והפעולה למעשה - בקורס שהעביר משה בסן פרנסיסקו הוא הוכיח כי לא ניתן לדמיין את התנועה במחשבה במהירות העולה על המהירות בפועל שאנו יכולים לעשותה.

אשר למיומנות הנפילה, אפשר להעלות שאלה: האם אנו נתמקד בלימוד של מיומנות הנפילה או לימוד תנועות ביניים של שינוי מצב, כמו תנועה לכיוון כפיפה או כריעה על ברך? עובדתית, כל שיפור ביכולת לשנות תנוחה מכין אותנו לפעולת הנפילה. למשל, המערך המלא של שיעורי ארבע נקודות הוא אפקטיבי להתמודדות עם האיום של איבוד שיווי משקל. בכל אופן בשיעורים אלה חשוב מאוד להתאים את משכם ואת מהירותם (תוך התחשבות ברמת ההגנה שמספק המשטח) ליכולת התלמידים.

יציבות דינאמית – פתרון הפרדוקס

בסקירה ניסיתי להטיל אור על **היציבות** ועל תפקידה בתנועת האדם במרחב. כעת, נתקדם לקראת הצגת תמונה ברורה יותר של החיבור בין היציבות לשיווי משקל רופף, ואולי נגלה את הפיתרון לפרדוקס שהצבנו בהתחלה.

המושג שמכתיב את החיבור הוא **יציבות דינאמית**, שעליה רמזתי במשולש היציבות. משה ציין את היציבות הדינאמית כאחת מיכולות שלימוד ג'ודו מפתח. בספרו HIGHER JUDO הוא הגדיר: **"יציבות דינאמית היא יציבות שמושגת דרך תנועה" (Dynamic Stability is Stability acquired through Movement).**

פתח להיחלצות מתחושת הפרדוקס ניתן בקביעתו של משה כי "שיווי המשקל הרופף הוא מעיקרו מצב דינאמי שבאמצעותו עוברת המערכת כולה בכל אחת מן הפעולות דרך מעין תחנה שבה היא עורכת את חישובי

ההתייחסות שלה ומתאימה את כל הכלים הרגישים לכוח המשיכה, על מנת לשפר את יחסה לחלל ואת תזמונה. " (עמ' 98).

אמחיש בדוגמה פשוטה מהחיים והמוכרת לכולנו שיכולה להבהיר את הקביעה הנ"ל. אדם בפעולת הליכה זקופה טבעית נתקל במכשול ואז עובר למצב של איבוד שיווי משקל. בתגובה למצב הוא מדלג או מבצע מספר צעדים מהירים שמאפשרים לו להחזיר את שיווי המשקל. מבחינה ביו-מכאנית האדם מזדרז לפרוש את בסיס התמיכה מתחת למרכז הכובד במיקומו החדש במרחב, כנדרש כדי לקיים את הכלל הבסיסי של שיווי המשקל הבטוח. זאת פעולה שעונה על הגדרה של יציבות דינאמית.

בקצרה, יציבותו של האדם העומד זקוף מתבררת כרופפת, אבל ניתן לשמור על שיווי משקל בחכמה על ידי נקיטת צעדים נכונים (תרתי משמע).

משה משלים את סגירת המעגל כאשר הוא קושר את היציבה הדינאמית, על כל יתרונותיה, לעמידה הטבעית של הג'ודו: "השיזאן טאי הוא מעיקרו המצב בעל הכוח שתיארנו, התנועות מלאות החן, המדויקות והיעילות, המבוצעות ללא מאמץ וללא שהות בכל מצב ובכל רגע, מתאפשרות על ידי שמירת מרכז הכובד ברמה הגבוהה האפשרית של אנרגיה-בכוח" (עמ' 100).

בספרו, HIGHER JUDO, משה ממחיש פעולה של יציבות דינאמית בהדגמה של טכניקת ההטלה אוצ'י מאטה.



Fig. 1

משה מתאר את משמעות הפעולה שבתמונה: "שני הגופים מאוזנים על בוחן גדולה אחת. המטיל למד לוותר על כל הרעיונות הקשיחים של יציבות, ביטחון וכוח. הוא משתמש בתכונות של גופו ברמה הטובה ביותר של שלמות עד לגבולות של שחרור מהגרביטציה, כדי להשיג את מטרתו." (בתרגום שלי מאנגלית).

גם בספרו העוצמה האישית, משה מוביל לדינאמיות ביציבה. משה מתחיל בהבחנה מעניינת בין יציבה לעמדה. בפרק 8, על היציבה הפגומה, הוא כותב "לדעת הרוב יציבה ועמדה הן היינו-הך. יציבה הוא מונח מטעה כיוון שהוא מרמז על יציבות לא פחות מאשר על עמידה... יציבה מתארת את השימוש שנעשה בגוף בשלמותו כדי לבצע ולקיים שינוי זה או אחר בתבנית או בעמדה. יציבה באה, איפוא, לתאר פעולה שהוא מונח דינאמי... והדרך שבה מתוכנן רעיון הפעולה...".

ואז, את פרק 12, על יציבה נכונה, משה מתחיל באחת מההברקות שלו: "כפי שכבר העלה הדיון בנושא, קשורה היציבה בפעילות ולא בקיומו של איזה מצב נתון. ואולי מוטב לומר "מצב הכן" שהוא ביטוי מתאים יותר. במקור שבאנגלית, משה הציע את המונח "Acture" שבעיני זה ACTion and postURE combined

המונח מצב הכן מבטא את העמדה, קאמאי, שבה מתייצב אמן הלחימה כאשר מבצע טכניקות הגנה והתקפה. **שיזאן טאי** זו עמדת הגוף הזקופה, שעליה משה מדבר כפרדוקס לכאורה. מגדיל לעשות אמן הג'ודו, הוא מנצל את קלות הניידות של העמידה הזקופה. הניידות מאפשרת לו לאבד את שיווי המשקל ולהחזירו. הוא אינו מתנגד למשיכה חזקה של היריב אלא נע בקלילות בכיוון המשיכה, בצעדים מתאימים, לנקודה חדשה, בטוחה מבחינת שיווי המשקל. ולדחיפה הוא נענה בצעדים מחושבים למיקום הבטוח ואף מנצל את כוח התוקף כאנרגיה פוטנציאלית. יתר על כן, תוך שהג'ודוקה שולט על יציבותו, בו זמנית, הוא יוצר נקודות חולשה ביציבות היריב. הידע המושלם שלו בשיווי משקל, הוא שמאפשר לו להטיל את יריבו לקרקע בקלות ללא שימוש ב"כח" במובנה המקובל של המילה.

כדוגמא אחרונה, אציג טכניקת ג'ודו מהמועדפות על משה, הטלת רגל, דה-אשי-באראי (De-Ashi-Barai):



אנו רואים בתמונה מימין את **UYENISHI** מדגים את הטכניקה. בצד שמאל, נראה את משה משתמש באותה טכניקה נגד תוקף שמכה בפניו באגרוף. הוא עומד על רגל אחת תוך מגע עם יריב אגרסיבי, בתנוחה, שבמבט ראשון עשויה להיראות לא יציבה. בפועל, בעזרת צעד מתאים, משה מתמקם בזווית ובטווח שבו יכול להדוף את האגרוף ולגרום לתוקף לאבד מציבותו. התוצאה של פעולתו, היריב מוטח לקרקע, מסבירה את השליטה על היציבות ושיווי המשקל שמפגין אמן הג'ודו.

לבטח תשאלו, האם צריך התמחות בג'ודו כדי לחזק את היציבות הדינאמית? על פי התזה שלי, ידיעותיו וניסיונו הרב של משה בג'ודו השפיעו על פיתוח שיטתו. כך שטכניקת מודעות דרך תנועה מכילה ומספקת את הכלים לשכלול מיומנות היציבות הדינאמית, ואת כל המרכיבים של מניפולציה (בדגש על ניידות), התאמה למרחב ותנועה מתוזמנת.

אצרף כאן הערה רלבנטית ומבדרת של משה מתוך ספרו **Higher Judo**, "אפשרי שנאמר, אם כך, כי יציבות של האדם הבוגר הינה דינאמית, וזה מסתמך באופן ייחודי על הגודל של בסיס העמידה, והנמכה של מרכז הכובד, זה באמת מאפיין אינפנטילי".

ואסכם במונח שטבע משה באשר לג'ודו, אשר יכול היה להתאים לכותרת של המאמר הזה: **עצמאות מכוח המשיכה (gravitation independence)**. בהתייחסות ליכולת זו הוא כתב, "לקידום האינדיבידואל הבוגר לעצמאות מהגרביטציה, הג'ודו עומד מעל כל שיטה אחרת".

זה הכול לעכשיו

כאן מגיע המאמר שלי לסיום. נגעת בשינוי המשקל והיציבות של הפעולה היומיומית וניסיתי להכניס את המושגים לשרשרת הגיונית של מחשבה. הזדקקתי לכמות המינימלית הזאת של כתיבה כדי לחלוק עמכם את התובנות וההרגשות שלי בנושא, ולהכליל כמה קצוות על השימוש המעשי בתיאוריה.

בזמן שהלכתי אתכם במסע הזה, תוך שאני מנסה לשמור על שיווי משקלי, נתקלתי במספר רעיונות כלליים של שיטת פלדנקרייז ושילבתי אותם בכתיבתי.

בתקווה שהיו מבינכם, הקוראים את השורות האלה, שהצלחתם לעמול מול אורך המאמר. תודה לכם על כך, ואם הצלחתי לפשט במעט את הדברים, ויהיו לכם לעזר בהוראת מודעות דרך תנועה, אז באתי על שכרי. ואפשר שנסכם עם דר" סוס, מתוך אם יוצאים מגיעים למקומות נפלאים:

תתקדם בזהירות, בתבונה, זה לא קל.

החיים הם חכמה של שיווי משקל.

רק תזכור להיות זריז ואמין,

ואסור שתחליף רגל שמאל בימין.

¹ M. Spina, J. Spence, T. Ciapponi, F. Christ, A. Caldwell, T., J.L. Hudson. *Clearly Biomechanics of Balance: Paradigms and Procedures*, 13th International Symposium on Biomechanics in Sports; Thunder Bay, Ontario, Canada, July 18 - 22, 1995

² **Alexander Mikhailovich Lyapunov** (1918-1857) was a Russian mathematician, mechanic and physicist. Lyapunov is known for his development of the stability theory of a dynamical systems in 1892. One of his main preoccupations was the stability of equilibria and the motion of mechanical systems.

³ Sherrington's law: The law of reciprocal innervations: when one set of muscles is stimulated, muscles working against the activity of the first will be inhibited to an equal extent allowing smooth movement (The Integrative Action of the Nervous System, 1906).

⁴ Uzi Sharon (1926-2010), was a systems engineer that made a significant contribution in developing combat weapons, and was a key figure in the Israeli field of missiles and laser.

⁵ **The basal ganglia** are a group of large nuclei that partially surround the thalamus. These nuclei are important in the control of movement. Damage to the basal ganglia cells may cause problems with one's ability to control speech, movement, and posture. A person with basal ganglia dysfunction may have difficulty starting, stopping, or sustaining movement. Depending on which area is affected, there may also be problems with memory and other thought processes.

⁶ Jian Liu, Xiaoyue Zhang, Thurmon E. Lockhart *Fall Risk Assessments Based on Postural and Dynamic Stability Using Inertial Measurement Unit*(Safety and Health at Work Volume 3, issue 3, September 2012), 192-198,