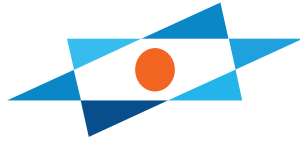


אבני יסוד <



פרק 1 <

עקרונות הארגונומיה הפיזיקלית

*Nature delights
and is restored by alternating
and varied actions.*

Bernardino Ramazzini



עקרונות הארגונומיה הפיזיקלית

יוהנה גייגר

- ◀ ארגונומיה מהי? < מקורות הארגונומיה
- ◀ תחומי מידע בארגונומיה ותחומי ההתייחסות בספר שלפניכם
- ◀ ארגונומיה פיזיקלית: מניעת פגיעות שריר-שלד מצטברות < מושגי יסוד בביומכניקה
- ◀ גורמי סיכון ורב-גורמיות בארגונומיה < יישום הארגונומיה למניעת פגיעות עובדים
- ◀ ארגונומיה בישראל

כבר בתרבויות העולם העתיק ניתן להבחין ביישום עקרונות הארגונומיה לצורך התאמת כלים עבור המשתמשים בהם. ביוון העתיקה לדוגמה תיאר היפוקרטס את הסידור הנכון של עמדת עבודתו של הכירורג ואת כליו. (ראו איור 1).

מקורות הארגונומיה

היות והאדם הוא יצור מורכב בעל רבדים רבים, הארגונומיה, והעוסקים בה, שואבים את הידע והמיומנות מתחומי יסוד רבים.

מקורותיה הראשונים של הארגונומיה הם בתחום הרפואה. הרופא ברנרדינו רמזיני (Bernardino Ramazzini), שנולד באיטליה בשנת 1633, מוכר כאבי הרפואה התעסוקתית וכמייסד החשיבה הארגונומית.

בספרו המכונה De Morbis Artificum Diatriba - מחלות עובדי המקצועות - שראה אור בשנת 1713, תיאר רמזיני מחלות הקשורות למקצועות התקופה, לרבות אופים, פקידים, נגרים, כורים, חקלאים ועוד. הוא התייחס למחלות הנגרמות מחשיפה ממושכת לחומרים שונים, אך גם ציין לראשונה את השפעותיהן השליליות של תנוחות גוף

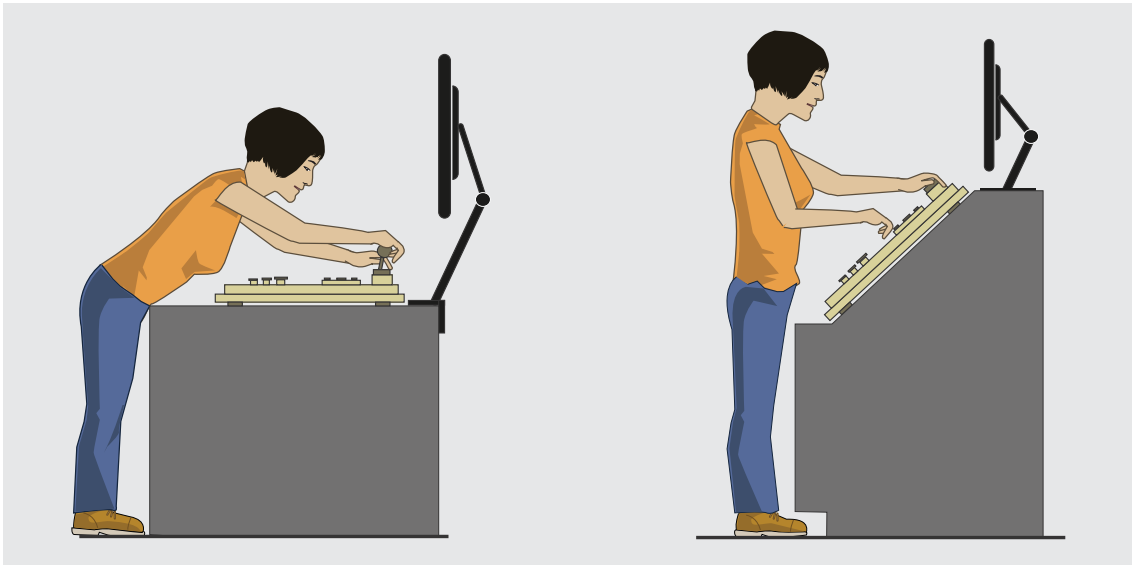
ארגונומיה מהי?

ארגונומיה, או בשמות אחרים - הנדסת אנוש או גורמי אנוש - היא המדע שעוסק בהבנת האינטראקציות התפקודיות בין האדם לסביבתו: בעבודתו, בביתו ובעיסוקי הפנאי שלו. מטרת הארגונומיה היא לשפר את מידת ההתאמה באינטראקציה זו על ידי התאמת הסביבה לאפיוני האדם המתפקד בתוכה. התאמה טובה בין הסביבה לבין צורכי האדם, יכולותיו ורצונותיו, מאפשרת נוחות מרבית, יעילות בעבודה ורמת סיכון מינימלית.

לכן, סביבה המתאפיינת בארגונומיה טובה מביאה תועלת רבה - הן לעובד, הן למעסיק והן למערכת הכוללת.

המונח ארגונומיה נטבע בשנת 1857 על ידי המדען הפולני יאסטז'מבובסקי וויצ'ך (Wojciech Jastrzebowski) במאמרו "מדע העבודה, או הארגונומיה, המתבסס על אמיתות מדעי הטבע". מקור המונח ביוונית: "ארגו" פירושו עבודה, ו"נומוס" פירושו חוק, ומכאן - חוקי העבודה.

העיקרון המוביל בתכנון ובהתאמה ארגונומיים הוא - האדם במרכז. התאמת הסביבה לאדם תמיד מוצלחת יותר מכל ניסיון להתאים את האדם לסביבתו.



איור 1: התאמת הסביבה לעובד

בארגונומיה וכלים ארגונומיים כוללת תיאור מפורט של יסודות תנועה, או יחידות ה"תרבליגים", המרכיבות את רצף הפעולה התפקודית.

יסודות אלה משתקפים בעבודותיהם של מהנדסי הייצור של שנות ה-30 וה-40 של המאה הקודמת כגון הרולד מיינרד (Harold Maynard) וראלף בארנס (Ralph M. Barnes), ששאפו להשיג דרך ניתוח תנועה וניתוח זמן את החיסכון המרבי בתנועה, במאמץ ובזמן, בתעשיות שונות.

ההתקדמות הטכנולוגית שליוותה את מלחמת העולם השנייה הביאה להתפתחות נוספת בתחום הארגונומיה, כאשר שכלולי המערכות המתקדמות הציבו אתגרים

מאולצות או סטטיות, תנועות עוצמתיות, ופעולות החוזרות על עצמן, או, בביטוי הרווח בימינו, פגיעות שריר-שלד הקשורות לעבודה.

בשנת 1982 נוסד "קולגיום רמזיני" בעיר מולדתו קרפי כמוסד אקדמי עצמאי המקדם סוגיות הקשורות לבריאות תעסוקתית וסביבתית תוך שימת דגש בזיהוי גורמי סיכון ומניעתם. (ראו איור 2).

עם המהפכה התעשייתית והמדעית של המאה התשע עשרה, מדענים, ובפרט מהנדסים, החלו לראות בגוף האדם ובפעולו מערכת תפקודית הניתנת להבנה, לניתוח שיטתי, ואף לשיפור.

דמויות מפתח בהנדסת הייצור כגון פרדריק טיילור (Frederick W. Taylor) קידמו את הניתוח השיטתי של תהליכי עבודה ושינויים בתהליכים ובנוהלי עבודה כדי לייעל את הייצור ולשפר תפוקה. טיילור ניהל תצפיות מדויקות על דרכי הביצוע וזמני הפעולה של העובדים והציע את שיטת "הניהול המדעי" (The Principles of Scientific Management), המתבססת על קביעת סדר פעולות מוכח כדרך היעילה והנכונה ביותר לביצוע כל מטלה.

חלוצים נוספים הם הזוג פרנק ויליאן גילברת (Gilbreth), שהדגישו את המרכיב התנועתי שבביצוע מטלות תעסוקתיות. עבודתם, המתוארת בפרק "שיטות הערכה



איור 2: דוקטור ברנרדינו רמזיני- אבי הרפואה התעסוקתית



כמו כן, עם כל חשיבותה של הארגונומיה בתכנון כולל בסביבות הבית, בשטח העירוני ובסביבות הפנאי, מטרת הספר היא לספק מידע בסיסי להבנת הסביבה התעסוקתית, לתכנונה ולהתאמתה לצורכי העובד.

ארגונומיה פיזיקלית: מניעת פגיעות שריר-שלד מצטברות

פגיעות שריר ושלד הקשורות לעבודה או לתנאי עבודה Work-Related Musculoskeletal Disorders – (WMSDs) הן סוגיה מרכזית בעולם התעסוקה ברחבי העולם.

פגיעות אלה, בעיקר פגיעות גב, צוואר וגפיים עליונות, מתפתחות בהדרגה בעקבות חשיפה חוזרת ונשנית לעומסים המופעלים לאורך זמן על גידים, שרירים ומבנים אחרים. בשונה מפגיעות בעקבות תאונות עבודה, הופעתן של פגיעות שריר-שלד הקשורות לעבודה היא הדרגתית, ולרוב לא ניתן להצביע על אירוע או גורם אחד כסיבה הישירה לפגיעה. הדרגתיות ורב-גורמיות אלה מקשות לעתים קרובות על זיהוי פגיעות שריר-שלד מצטברות, על הטיפול בהן, ועל מניעתן.

הקושי בזיהוי הפגיעות האלה עלול להביא לכשל בשלמות הדיווח. מנגנוני הדיווח לרשויות על פגיעות מצטברות בעבודה, והקרטריונים להכרה בהן כמחלות הקשורות לתעסוקה, אינם אחידים במדינות העולם. במדינות רבות, וישראל ביניהן, מחלות מקצוע מובדלות לצורכי הדיווח מתאונות עבודה ראו תקנות מחלות מקצוע (חובת הודעה - רשימה נוספת), תש"ם-1980 וכן תקנת התאונות ומחלות משלח-היד (הודעה על מקרים מסוכנים במקומות עבודה), תשי"א 1951 **בפרק "ארגונומיה בראי החוקים, התקנות והתקנים"**. פגיעות חריפות, כגון שבר או פגיעת גב פתאומית בעקבות חבלה, נפילה או אירוע מוגדר אחר, מדווחות כתאונות עבודה. הדיווח על מחלות מקצוע, כדוגמת אלה שמקורן בחשיפות ממושכות לחומרים הנמצאים בסביבת העבודה, כולל גם דיווח על פגיעות שריר-שלד מצטברות.

ב"תוספת לרשימת מחלות המקצוע המוכרות (תקנות מחלות מקצוע [חובת הודעה - רשימה נוספת], תשמ"ו-1980)" יש התייחסות מפורטת רק למספר מצומצם של אבחנות: מחלה כתוצאה מרטט, דלקת בגידי פרק

חדשים למפעיליהן. אחת הדוגמאות הבולטות לכיוון החדש בארגונומיה ובתכנון נמצאת בעבודתו של הסגן ד"ר אלפונס צ'פאניס (Alphonse Chapanis) שהתגייס כפסיכולוג לחיל האוויר האמריקאי בשנת 1942. בעקבות חקירה של סדרת תאונות התרסקות של מטוסי B-17 בזמן הנחיתה, גילה צ'פאניס כי הדמיון בצורתם ובגודלם של שני בקרים הצמודים זה לזה - האחד השולט במדפי הכנף, והשני בגלגלים - הוא שהוביל לטעויות הטייסים. עיצוב הבקרים על פי העיקרון של "קידוד על פי צורה" (Shape coding) הפחית במידה ניכרת את מספר התאונות, ביישום מוצלח של עקרונות הארגונומיה בהתאמת סביבת עבודה ליכולות הקוגניטיביות של המשתמש.

תחומי מידע בארגונומיה ותחומי ההתייחסות בספר שלפניכם

כיום העיסוק בארגונומיה משלב ידע מתחומים רבים, כגון מדעי הבריאות והרפואה, ההנדסה, הבטיחות, מדעי המחשב והניהול והפסיכולוגיה ההתנהגותית. העוסקים בארגונומיה מתמקדים בשלושה תחומים רחבים: ארגונומיה פיזיקלית, ארגונומיה קוגניטיבית וארגונומיה ארגונית.

■ ארגונומיה פיזיקלית עוסקת בתכונות הגופניות של האדם, כגון אנטומיה, אנתרופומטריה וביומכניקה, ובביטוי בתנועה, במנחי גוף ובמאמץ. הארגונומיה הפיזיקלית שואפת להפחית עומסי יתר על הגוף העלולים להקשות על האדם או להוביל לפגיעות שריר-שלד.

■ ארגונומיה קוגניטיבית מתמקדת בתהליכים חשיבתיים כגון תפיסה, למידה, ראייה וזיכרון, כפי שהם מתבטאים בתגובות האדם וביכולת האינטראקציה שלו עם מערכת, כולל האינטראקציות הענפות בין אדם למחשב.

■ ארגונומיה ארגונית, או מקרו-ארגונומיה, עוסקת בטיוב של מערכות מורכבות על ידי ניתוח ותכנון של תהליכי עבודה, ארגון עבודה, וניהול משאבים.

הדגש בספר שלפניכם הוא בארגונומיה הפיזיקלית, בנייתוח מטלות בתעסוקה ובמניעת פגיעות שריר-שלד מצטברות. נגיעה לארגונומיה קוגניטיבית תמצא בפרק < "אינטראקציית אדם-מחשב", הפותח צוהר להבנת האינטראקציה הקוגניטיבית בין האדם למערכות ממחשבות.

של שישה ימי עבודה או יותר. הפגיעות היקרות ביותר, האחראיות לרבע מן ההוצאות הישירות - כ-15 מיליארד דולר, נגרמו עקב מאמץ יתר, המוגדר כפגיעות הקשורות להרמה, דחיפה, משיכה, נשיאה, החזקה או זריקה של משא. פגיעות הקשורות לפעולות של כיפוף, הושטה, זחילה, פיתול, טיפוס, כריעה, שפיפה, ישיבה, עמידה או הליכה גרמו להוצאות ישירות של 4.27 מיליארד דולר. פגיעות בגין תנועתיות חוזרנית גררו עלות של 1.8 מיליארד דולר. יחד, פגיעות "ארגונומיות" אלה גרמו ל-35.6% מן העלות הישירה למשק, שהם 21.1 מיליארד דולר.

במדינת ישראל, כמו בעולם, חלק ניכר מהפגיעות התעסוקתיות הרשומות נובע מחשיפה לגורמי סיכון ארגונומיים. על פי נתוני המוסד לביטוח לאומי לשנת 2012, כ-38% מסך הפגיעות שבגינן משולמים דמי פגיעה, נגרמו עקב מאמץ יתר. פגיעות אלה גורמות לתקופות אי-כושר הנמשכות כ-38 ימים בממוצע.

מהות הפגיעה של כ-19% ממקבלי דמי הפגיעה הוגדרה כמתחוחות או כפגיעות שריר-שלד. (ראו איור 3). על סמך דוח "Fit for Work Israel" שפורסם בשנת 2010, עלותן הכוללת של פגיעות שריר-שלד למשק הישראלי נאמדה בכ-7 מיליארד דולר לשנה.

שני אפיונים חשובים של פגיעות שריר-שלד מצטברות מקשים הן על הזיהוי והאבחון והן על המניעה: הדרגתיות ההופעה ורב-גורמיות ההיווצרות.

■ **הופעתן של הפגיעות היא הדרגתית, לעתים ללא גורם** מכונן הניתן לזיהוי. פגיעות שריר-שלד מצטברות נובעות ממיקרו-טראומה, או מפגיעות מזעריות ברקמות הגוף, כגון בגידים, בעצבים או בשרירים, בעקבות חשיפה לעומס ביומכני מצטבר או נשנה. עומס זה יכול לנבוע מפעולה פשוטה יחסית, כגון הברגת מכסים לבלקבוקים או כיפוף סטטי של הצוואר, שאינה כרוכה במאמץ שרירי ניכר באופן מיידי. אך עם הימשכות הפעולה או הישנותה, ובפרט בהיעדר זמן מספיק להתאוששות של רקמות הגוף, מופעל עומס חוזר, לעתים עד כדי ירידה ביכולת התפקוד או עד לפגיעה ממשית במבנה הרקמה.

ייתכן שהסימפטום הראשון לפגיעת שריר או שלד הקשורה לעבודה אינו כאב חד ומוגדר, אלא תחושת עייפות ממוקמת, נימול, חולשה או אי-נוחות, הנוטים

היד, בורסיטיס של הברך או של המרפק, ושיתוק עצבים פריפריים עקב לחץ, לצד ציון של שתי פתולוגיות ספציפיות: "מחלת החפרים" ו"עווית שרירים עקב עבודה באלחוט". מקרים שאינם נכללים ברשימת מחלות המקצוע נדונים לגופו של עניין.

לפי נייר העמדה של הרשם למחלות תעסוקתיות משנת 2012, במדינת ישראל קיים תת-דיווח משמעותי לגבי פגיעות שריר-שלד.

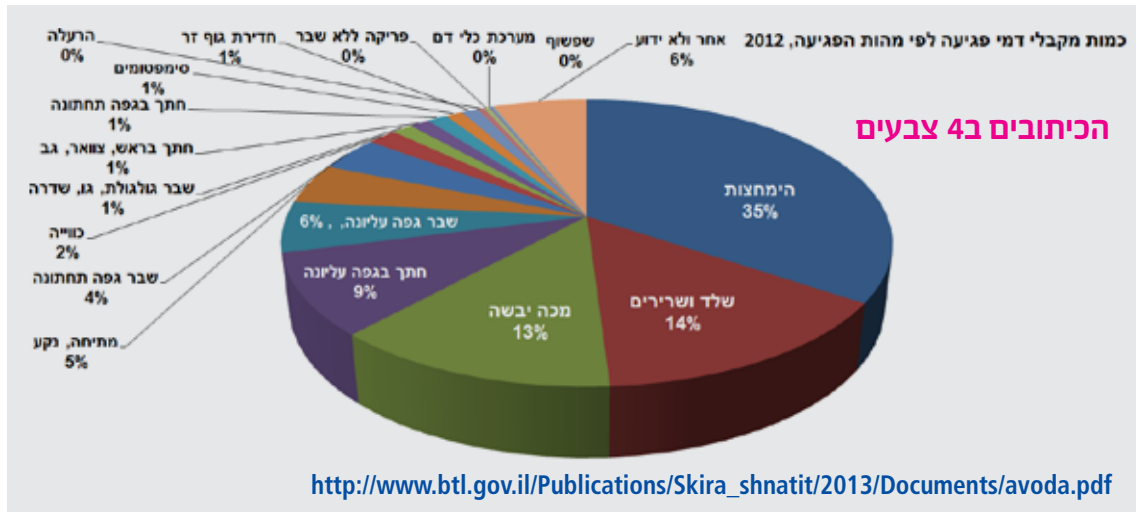
למרות קשיי הדיווח, השפעתן של פגיעות שריר-שלד מצטברות וההשלכות הכלכליות שלהן על המשק הן עצומות.

■ על פי הנתונים של הלשכה האמריקאית לסטטיסטיקה תעסוקתית, כשליש מכל הפגיעות התעסוקתיות שגרמו להפסד ימי עבודה בשנת 2013 היו פגיעות של שריר ושלד. דווח על יותר מ-380,000 פגיעות, או שיעור של כמעט 36 מקרים לכל 10,000 עובדים. בין קבוצות העובדים שדווח בהן על שיעור פגיעות גבוה במיוחד נמצאו עובדי כוח עזר סיעודי (עם שיעור פגיעות של 208 מקרים ל-10,000 עובדים), כבאי אש, ועובדי תברואה ומחזור. חציון מספר ימי ההיעדרות מן העבודה בשל פגיעות אלה היה 11 ימים.

■ בבריטניה נרשם הפסד של 8.3 מיליון ימי עבודה בשנת 2013-2014 בשל פגיעות שריר-שלד. פגיעות אלה גרמו להיעדרות ממוצעת של כמעט 16 ימים. בשנת 2013-2014 דווח על 69,000 פגיעות גב חדשות, או שיעור של 730 פגיעות לכל 100,000 עובדים. שיעורן של פגיעות תעסוקתיות בגפיים העליונות היה 650 ל-100,000 עובדים.

■ במדינות אירופה, על פי דיווחים לשנת 2005 משתים עשרה מדינות שונות, פגיעות שריר-שלד מצטברות מהוות כ-38% ממחלות המקצוע המוכרות. יצוין כי דיווחים אלה מתייחסים בעיקר לפגיעות בגפה העליונה, הנמצאות ברשימת מחלות המקצוע, ולא לפגיעות גב תעסוקתיות.

מחירן הכבד של פגיעות שריר-שלד מצטברות נמדד לא רק במספר הפגיעות ובחומרתן, אלא גם בעלותן הכספית. אינדקס הבטיחות השנתי של חברת "ליברטי מיוצ'אל" (Liberty Mutual) מדרג את סך העלות למשק האמריקאי של פגיעות תעסוקתיות בלתי קטלניות שגורמות להפסד



איור 3: כמות מקבלי דמי פגיעה לפי מהות הפגיעה (על פי נתוני המוסד לבטיחות לאומי, 2012)

ראשית, גורמי סיכון אלה, כגון מנחי גוף של כיפוף או פיתול הגב, הרמת משאות או מנחים סטטיים, רווחים בכל עיסוקי החיים, והם אינם ייחודיים לתפקיד מסוים או אפילו לתעסוקה בלבד. אי אפשר להבדיל בוודאות בין חשיפה תעסוקתית, כגון ניטול ארגזים בעבודה במחסן או תנועתיות חוזרנית בעבודת הקלדה, לבין חשיפות דומות במהלך פעילות היומיום כגון הרמת ילדים קטנים או סחיבת סלי קניות, או תנועתיות הידיים בעיסוק בסריגה כתחביב או בשליחת מסרונים בטלפון הנייד.

שנית, קשה לבדוד את השפעתה של חשיפה אחת מסוימת. אין שיטה ודאית לכמת את התרומה המצטברת של גורמי הסיכון השונים. עם זאת, קיימות ראיות מדעיות לאינטראקציות ביניהם. לדוגמה, נראה כי חשיפה משולבת לתנועתיות חוזרנית או למנחים קיצוניים תוך הפעלת כוח רב עלולה להגביר את הסיכון לפגיעות בגידים של שורש כף היד או של המרפק, כגון אפיקונדיליטיס ("מרפק טניס"). כמו כן, יש תמיכה מחקרית נרחבת לקיום קשר בין מטלות ניטול והפעלת כוח לבין פגיעות של הגב התחתון.

מכשול שלישי להגדרה מדויקת של רמת החשיפה שמהווה סיכון הוא התרומה המשמעותית של גורמים אישיים, ובפרט מצבי רקע בריאותיים כגון סוכרת, דלקת מפרקים או מחלות מפרקים אחרות, לסיכון המצטבר להיפגע.

להופיע בזמן העבודה, עם הקלה מורגשת לאחר שעות העבודה, בסופי שבוע או במהלך חופשות.

עם החרפת הפגיעה, הסימפטומים עלולים להופיע לאחר זמן חשיפה קצר יותר, או בעקבות מאמץ קל יותר, ולפוג לאחר זמן התאוששות ארוך יותר.

במצב מתקדם שבו יש פגיעה ברקמת הגוף, ייתכן אף כי הכאב אינו חולף לאחר זמן העבודה, או שסימנים כגון חולשה או נימול הופכים להיות קבועים.

■ הפגיעה נוצרת עקב חשיפה לגורמים רבים, ולעתים לחשיפה משולבת. ידוע על מספר רב של גורמי סיכון תעסוקתיים התורמים להתפתחות של פגיעות שריר ושלד. גורמי סיכון אלה כוללים עבודה במנחי גוף קיצוניים או לא ניטרליים; מנחים סטטיים; הפעלת כוח, חוזרנות, רטט, ולחץ מכני חימוני המופעל על רקמות הגוף. פעילויות הקשורות לגורמי סיכון אלה כוללות כיפוף ופיתול של הגב או הצוואר, הרמה מאומצת או חוזרנית של משאות, הושטת ידיים רחוק מן הגוף או מעל הראש, תנועתיות סיבובית של שורש כף היד (סופינציה או פרונציה), ומנחי גוף סטטיים ממושכים.

המעקב אחר מידת החשיפה לגורמי הסיכון האלה אינו דבר פשוט, וקביעת קשר סיבתי בין חשיפה לבין פגיעות שריר-שלד אינה מובנת מאליה. קשה לבדוד גורם סיכון תעסוקתי ולכמת את מידת החשיפה לגורם סיכון מסוים, מהסיבות שלהלן.

הגוף, ולעומת מנחי גוף אחרים, לרוב דורש הפעלת כוח מינימלי.

בעמידה, המנח הניטרלי מוגדר כעמידה סימטרית, כאשר כפות הרגליים ופנים כפות הידיים פונים לפנים, כך שצדה של הזרת קרוב לגוף. (ראו איור 4).

לפירוט על המנח הניטרלי בישיבה, ראו פרק "ישיבות וישיבה בעבודה".

- כיווני תנועה של כלל הגוף או של איבריו מתוארים ביחס למישורי התנועה בגוף:
- **המישור הסגיטלי** או הִסְגִיטָלִי (Sagittal) מחלק את הגוף בין צד ימין לצד שמאל. לדוגמה, תנועת הרמת היד לפנים מתבצעת במישור הסגיטלי.
- **המישור הפרונטלי או הקורונלי** (Coronal) מבדיל בין חלקו הקדמי של הגוף לחלקו האחורי. הרמת היד לצד מתבצעת במישור הקורונלי.
- **המישור האופקי או הטרנסברסלי** (Transversal) חוצה את הגוף במקביל לרצפה. תנועות כגון סיבוב היד פנימה או החוצה מתבצעות במישור הטרנסברסלי. (ראו איור 5).

רמת הסיכון הכולל קשורה גם לאפיונים דמוגרפיים כגון גיל, מגדר ורמה סוציו-אקונומית. תיתכן גם השפעה של אורח החיים, כולל מצב גופני ופעילות גופנית, עישון, השמנת יתר וכוח פיזי.

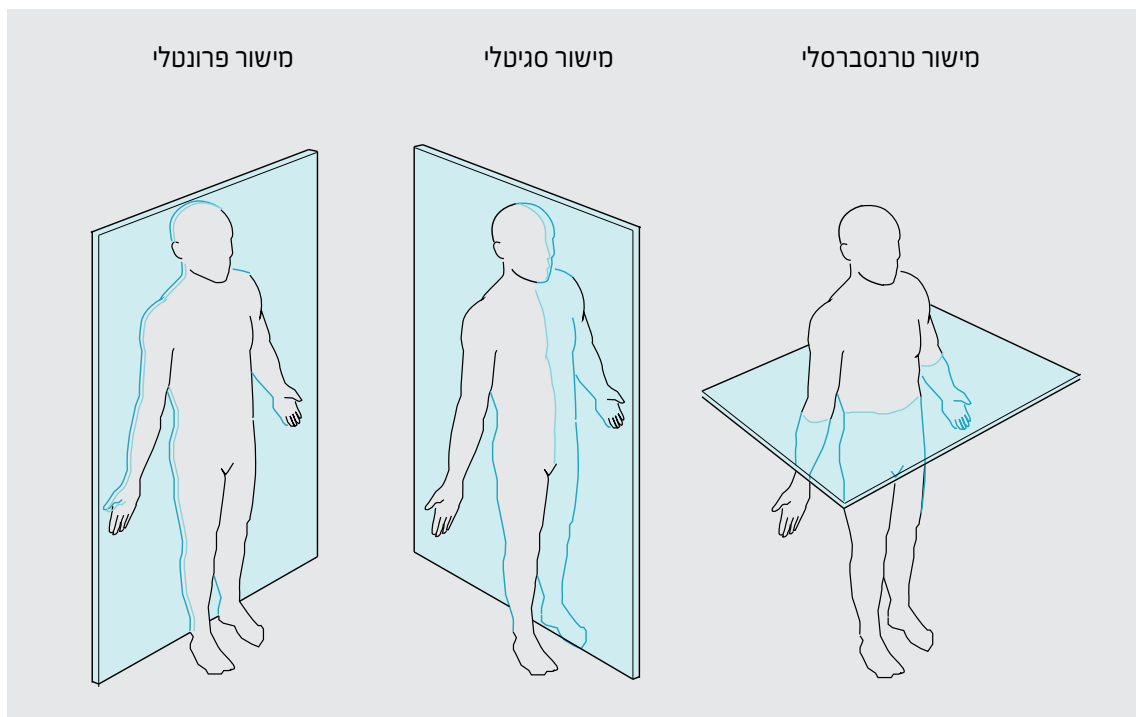
למידע נוסף על פגיעות שריר-שלד שכיחות, ראו פרק "פגיעות שריר-שלד תעסוקתיות".

מושגי יסוד בביומכניקה

עקרונות הביומכניקה מתארים את המנגנון שדרכו גוף האדם מפיק תנועה תפקודית מכוח השרירים. הבנת מנגנוני השליטה המורכבים בתנועתיות הגוף מושתתת על היכרות עם האנטומיה והקינזיולוגיה של האדם, וכן עם עקרונות המכניקה.

ניתן לציין כמה מושגים חיוניים להבנה בסיסית של תפקוד גוף האדם:

- **מנח ניטרלי**
- **מישורי תנועה**
- **מנחי גוף ותנועתיות הגוף** מתוארים ביחס למנח הניטרלי. המנח הניטרלי מאפשר איזון מרבי במפרקי



איור 4: מישורי תנועה בגוף האדם



שלושה סוגי מנופים

על מנת להפיק תנועה, או לסירוגין להישאר יציב ללא תנועה כנגד ההתנגדות של כוח חיכוני של משא או של כוח הכבידה, שרירי הגוף פועלים כמנופים או כגלגלות כדי להניע את מערכת השלד.

לדוגמה, שרירים בגוף האדם פועלים כשלושה סוגי מנופים: במנוף מהסוג הראשון, ציר התנועה ממוקם בין נקודת האחז של השרירים. (שבה מופעל הכוח הפנימי, של כיווץ השריר), לבין הנקודה שבה מופעלים כוחות חיכוניים, כגון כוח הכבידה או המשקל של משא. פעולתו של מנוף מהסוג הראשון דומה לפעולת נדנדה. דוגמה לכך בגוף היא פעולת שרירי הצוואר כנגד כוח הכבידה בשמירה על איזון עדין של הגולגולת מעל הציר של חוליות הצוואר.

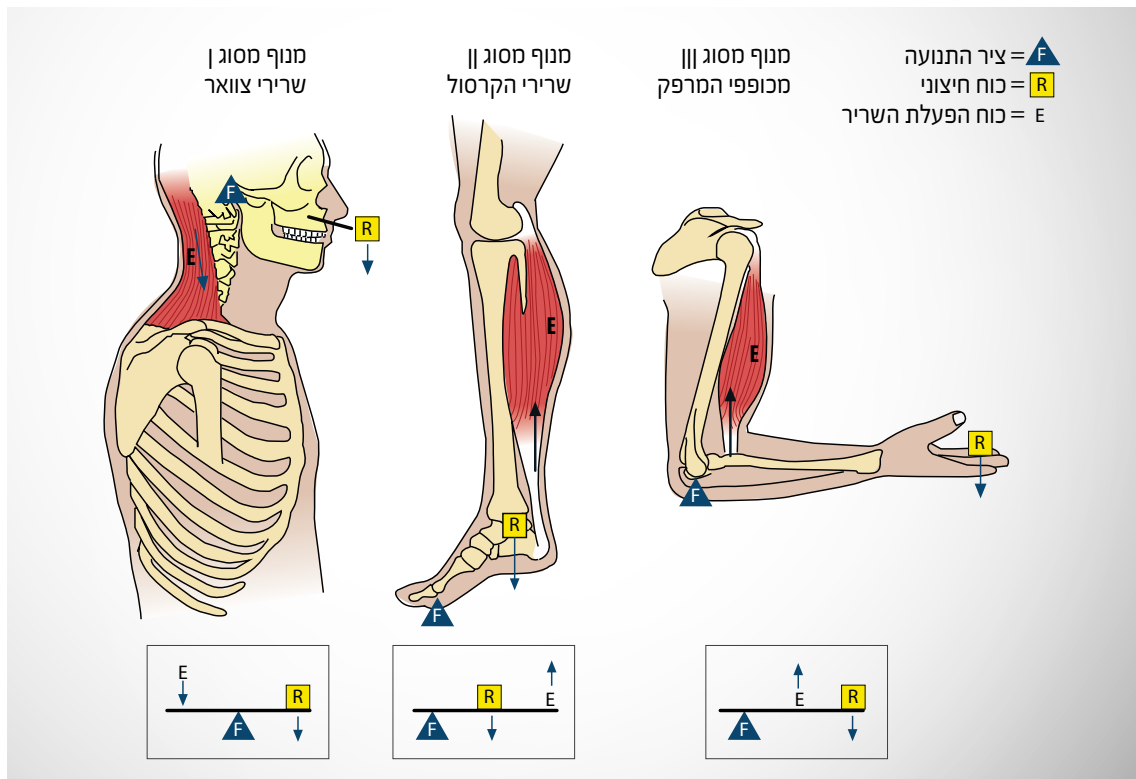
במנוף מהסוג השני, כדוגמת מריצה, הכוח החיצוני מופעל בין ציר התנועה לבין נקודת האחז של השרירים למנופים אלה יתרון מכני ניכר והם מסוגלים להפיק תנועה כנגד כוח חיכוני רב. דוגמה בולטת לכך בגוף נמצאת בשרירי

הקרסול, המסוגלים להניע את כל משקל הגוף כנגד כוח הכבידה, גם כשיש צורך לשאת משקל נוסף או לנוע במהירות.

במנוף מהסוג השלישי, נקודת האחז של השריר, שממנה מופעל כוח הכיווץ, ממוקמת בין ציר התנועה לבין הנקודה שעליה מופעל כוח חיכוני. השריר הדו-ראשי (מכופף המרפק), עם נקודת האחז באמה קרוב למרפק, פועל בצורה הזאת בכל הרמה של משא בעזרת כף היד. על אף החיסרון המכני עבור השריר, והדרישה להפעלת כוח כיווץ ניכר, רוב שרירי הגוף פועלים כמנופים מהסוג השלישי. תמורת ההשקעה בכוח הכיווץ, מנופים אלה מאפשרים תנועתיות מהירה וטווחי תנועה גדולים.

כוחות

כדי להבין את הדרישות המטבוליות בביצוע מטלה, יש לנתח את הכוחות החיצוניים המופעלים על הגוף. כדי לווסת תנועתיות, הפעלת השרירים צריכה לספק מענה לכוחות אלה, הן בעוצמתם והן בכיוון הכוח. המומנט -



איור 5: המחשת שלושה סוגי מנופים הפועלים בגוף האדם
 א5: מנוף מסוג ראשון; שרירי הצוואר; ב5: מנוף מסוג שני; שרירי הקרסול; ג5: מנוף מסוג שלישי; מכופפי המרפק

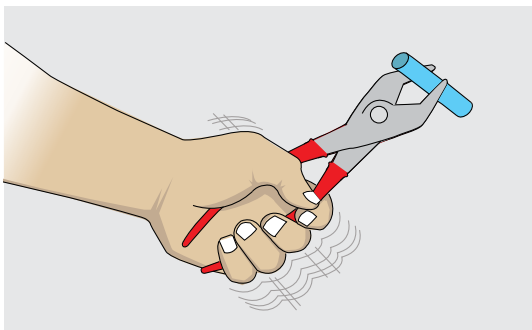
נשיאה, משיכה, דחיפה ועוד), בפרט של משאות כבדים, ואחיזת לפיתה או אחיזת צביטה. (ראו איור 6).

אחיזה בעזרת לפיתה של כף היד, כגון אחיזה בידי של פטיש או של עגלה כבדה, מאפשרת להפעיל כוח רב. אחיזת צביטה, בין האצבעות לאגודל, משמשת לרוב למטלות עדינות יותר, לדוגמה להחזקת דפי נייר או עץ, אך דורשת מאמץ רב ביחס ליכולתם של שרירי כף היד הקטנים.

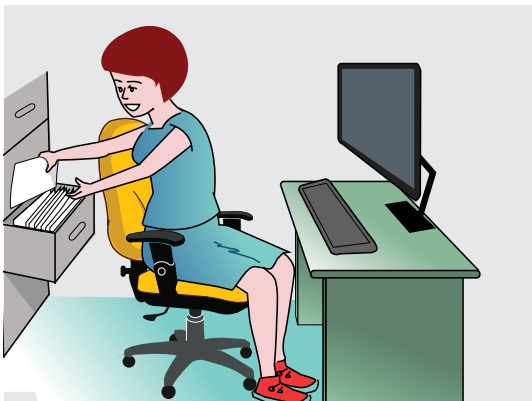
דוגמאות למטלות הדורשות מאמץ והקשורות לפגיעות גב או לפגיעות בגפה העליונה כוללות עבודות מחסן, עבודות שינוע ועבודת עובדי סיעוד.

מנחי גוף קיצוניים Awkward positions

בתנועות גוף האדם, מנחי גוף ניטרליים דורשים מאמץ שרירי ועומס מטבולי מינימליים. עבודה במנחי גוף קיצוניים, בפרט במאמץ סטטי ממושך או בתנועות חוזרניות, מגבירה את העומס על מבני הגב, הצוואר, הכתפיים, או הידיים. מנחים קיצוניים המקשים על הגוף כוללים כיוף, שפיפה, כריעה והושטת הידיים לגובה. (ראו איור 7).



איור 6: הפעלת כוח



איור 7: מנח גוף קיצוני

הכוח שפועל להפקת תנועה סיבובית, כגון חלק ניכר מתנועות הגוף - מוגדר כמכפלה של עוצמת הכוח ואורך זרוע ההפעלה.

הכוחות החיצוניים (Extrinsic forces) הפועלים על איברי הגוף כוללים את כוח הכבידה, העומס של משא המוחזק ביד, של דחיפה או משיכה של עצמים או של התנגדות הגוף כנגד דחיפה או משיכה חיצונית.

כנגד כוחות כגון אלה, הכוחות הפנימיים (Intrinsic forces) שהגוף מסוגל לגייס כוללים את כיווץ השרירים ואת המתח הנובע מתכונותיהן האלסטיות של רקמות הגוף כגון רצועות.

ניתוח ביומכני של הכוחות החיצוניים המופעלים במטלה ושל עוצמתם מאפשר לארגונום לבחור אמצעים מתאימים להפחתת הכוחות החיצוניים. בכך מופחת גם הכוח הפנימי הנדרש מן השרירים. לסירוגין, הבנה ביומכנית של הכוחות שמופעלים על ידי השרירים יכולה להביא להפחתת המאמץ הנדרש על ידי שיפור היתרון המכני של השריר.

גורמי סיכון ורב-גורמיות בארגונומיה

חשיפה חוזרת או ממושכת לגורם סיכון יחיד בעוצמה רבה או לשילוב של מספר גורמי סיכון בעוצמות מתונות עלולה ליצור עומס ביומכני מצטבר על רקמות הגוף, כגון גידים, שרירים, כלי דם או עצב.

עומס זה עלול לגבור על יכולת התגובה של הגוף, וכך נוצרות פגיעות מצטברות.

משך זמן החשיפה נקבע לפי תדירות החשיפה - מספר הפעולות לשעה, לדקה או ליום; ולפי סך זמן החשיפה, המתבטא במספר השעות ביום או הימים בחודש.

בין גורמי הסיכון המשמעותיים ביותר לפגיעות שריר-שלד במקומות עבודה נמצאים הפעלת כוח רב, חוזרנות, ומנחי גוף לא ניטרליים, או קיצוניים.

גורמי סיכון נוספים כוללים סטטיות, כוח מגע, קור ורטט.

כוח Force

הפעלת כוח על ידי שרירי הגוף, בפרט במאמץ חוזרני או במאמץ סטטי, עלולה ליצור עייפות או נזק לרקמות השריר, ואף להשפיע על רקמות גוף נוספות כגון גידים, כלי דם, עצב או דיסקים בין-חולייתיים.

פעולות הדורשות הפעלת מאמץ כוללות ניטול (הרמה,



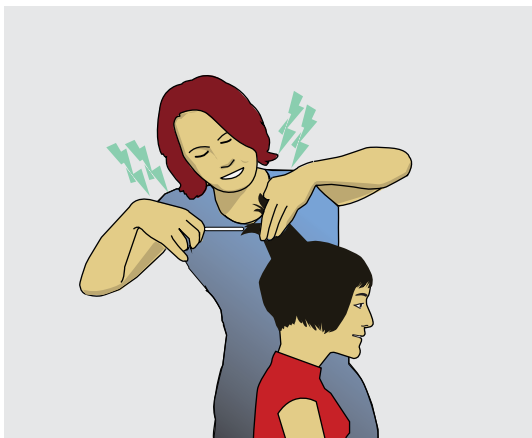
עבודות. לדוגמה, בעבודת ספרות, הכתף עלולה להימצא במנח של הרחקה הצידה (Abduction) וכיפוף לפנים (Flexion) במשך רוב זמן הטיפול בלקוח. בעבודות מזכירות עלול להיווצר עומס סטטי בפעולת החזקת הידיים מעל למקלדת בזמן עבודות מחשב או בזמן החזקת שפופרת הטלפון בין הכתף לאוזן. (ראו איור 8). קיימת תמיכה מחקרית נרחבת לקשר בין עומס סטטי הנוצר במנחים סטטיים קיצוניים או ממושכים לבין שכיחות מוגברת של פגיעות צוואר וכתף. (ראו איור 9).

כוח מגע Contact Force

לחץ מכני על הרקמות הרכות של הגוף עלול להיווצר עקב מגע עם קצוות חדים או עם משטחים נוקשים, כגון



איור 8: תנועות חוזרניות



איור 9: עומס סטטי

מטלה שבה נדרש העובד להימצא זמן רצוף במנח גוף לא ניטרלי, ובפרט ללא תמיכה לאיברי הגוף, מפעילה עומס ממושך על הרקמות. דוגמאות לפעילויות אלה כוללות עבודת צבעי בעת סידוד תקרה, שבה ייתכן מנח ממושך של הטיית הצוואר לאחור תוך הושטת הידיים לגובה; או עבודת הרכבה אלקטרונית עדינה, כאשר צוואר העובדת מופנה כלפי מטה, והאמות וכפות הידיים מוחזקות באוויר ללא תמיכה בעת העבודה.

תנועות חוזרניות Repetitive motions

ביצוע תנועות מחזוריות חוזרת ונשנית, או ביצוע של רצף פעולות שדורשות מאמץ שרירי זהה, מפעיל עומס חוזר על שרירים וגידים בעת הכיווץ. במטלות שבהן זמן המחזור קצר, ובפרט בקצב עבודה מוגבר, זמן המנוחה בין הכיווצים אינו מספיק להתאוששות רקמת השריר. פעילות חוזרנית כזאת חושפת את השריר לעייפות מצטברת ולסיכון מוגבר לפגיעה. הסיכון בולט בפעילות של מפרקים ושרירים קטנים יחסית, כגון אלה שבשורש כף היד או בכף היד, ובהתמודדות עם זמני מחזור קצרים מאוד.

דוגמאות לפעילות חוזרנית של מפרקי כף היד ושורש כף היד כוללות פעילות של הרכבה, הברגה או הקלדה, המתבצעות בקצב מוגבר ולאורך זמן.

עבודת קופאית היא דוגמה לפעילות הכרוכה בתנועות חוזרניות של פיתול הצוואר והגב - בין מוקדי הצג, הקופה, הלקוח והמוצרים הנמכרים, ובהושטה חוזרנית של הידיים לצורך הבאת הסחורה אל הקורא האופטי ולצורך הקלדה בקופה.

עומס סטטי - Static load

כאשר עובד נאלץ לשמור על מנח גוף קבוע במשך זמן רצוף, ללא שינוי בתנוחה, נוצר כיווץ מתמשך של השריר הרלוונטי. דוגמאות לכיווץ שריר סטטי כוללות כיפוף ממושך של הצוואר או הגב, הושטת הידיים מעבר לראש לזמן ממושך, או פיתול הגב בישיבה מול עמדת עבודה לא סימטרית. העומס המטבולי על השריר בעת כיווץ סטטי הוא גבוה במיוחד, בעיקר בשל ההפחתה באספקת הדם לשריר לעומת זרימת הדם המזורזת לשריר בעת תהליך של כיווץ והרפייה לסירוגין בעבודה דינמית.

מטלות שנצפה בהן מאמץ סטטי משולבות במגוון



איור 10: כוח מגע



איור 11: עבודה בטמפרטורה נמוכה



איור 12: רטט כלל גופי

משימוש בכלים גדולים כגון טרקטור או מלגזה, ומהווה גורם סיכון בעיקר לפגיעות בגב התחתון. (ראו איור 12).

גורמים נוספים

לאפיונים של סביבת העבודה וארגון העבודה יש השפעה משמעותית על גורמי הסיכון בעבודה.

מבנה סביבת העבודה משפיע על גורמי סיכון כגון מנחי גוף. לדוגמה, משטח עבודה בגובה שאינו מתאים לעובד עלול לגרום למנחי גוף של כיפוף הצוואר או הגב. במקום עבודה שבו המעברים צרים מאוד, עובדים הנושאים משא רחב יאלצו לעבור בתנוחה של כיפוף או פיתול.

לחץ שמופעל בתוך כף היד על ידי ידית של כלי ידני, או לחץ המופעל על האמה מקצה חד של שולחן עבודה. לחץ חוזר או מתמשך עלול ליצור נזק לרקמות כגון עצבים או כלי דם.

תנועתיות מאומצת בעת הלימות חוזרות באמצעות היד או הברך (Impact force), לדוגמה בזמן שימוש בכף היד כפטיש, עלולה אף היא להזיק לרקמות הרכות.

דוגמאות שכיחות לפעולות שיש בהן סיכון להיווצרות כוח מגע הן הישענות המרפק או האמה על משטח שולחן העבודה, או הפעלת כוח באמצעות כלי ידני בעל ידית שאינה מתאימה לגודל היד ויוצרת לחץ בפנים כף היד. (ראו איור 10).

טמפרטורה Temperature

חשיפת ידי העובד לטמפרטורות נמוכות מפחיתה את יכולת העובד, את הכוח המרבי ואת המיומנות הידנית. העובד נדרש להפעיל מאמץ מוגבר בזמן שחלה הפחתה בזרימת הדם לידיים. בתפקידים שבהם החשיפה לטמפרטורות קיצוניות מחייבת שימוש בכפפות או בציוד מגן אחר, עלולה להיות הפחתה נוספת בכוח המרבי הזמין לאחיזה או לניטול. העבודה בתנאי חום קיצוניים דורשת מאמץ מטבולי מוגבר ועלולה לגרום לעייפות מוגברת.

לשילוב של חשיפה לתנאי קור עם חשיפה לגורמי סיכון נוספים, כגון עבודה במנחי גוף קיצוניים או חשיפה לרטט, יש השפעה ניכרת על הסיכון לפגיעות שריר ושלד.

דוגמאות לחשיפה משולבת שכיחות בעבודה בתעשיית הבשר, הדורשת תנועתיות מאומצת או קיצונית של הידיים ושל שורשי כפות הידיים בסביבה קרה. (ראו איור 11).

רטט Vibration

חשיפה לרטט, בפרט בשילוב עם גורמי סיכון נוספים, עלולה להוביל לפגיעות במערכת השריר והשלד.

חשיפה לרטט דרך הגפה העליונה (Hand-Arm Vibration) נובעת בעיקר מהשימוש בכלי חשמל ידניים. חשיפה לרטט יד וזרוע נחשבת לגורם סיכון לפגיעה בגפה העליונה, ובפרט נקשרת לתסמונת הרטט המכונה גם "תסמונת האצבעות הלבנות", שבה יש פגיעה בכלי הדם של היד (Hand-Arm Vibration Syndrome).

רטט כלל-גופי (Whole Body Vibration) נובע לרוב



גם לנתונים אישיים שאינם קשורים לתעסוקה יש תרומה מסוימת לרמת הסיכון בחשיפות השונות. גורמים אלה כוללים נתונים דמוגרפיים כגון גיל, מגדר, ממדי גוף וכוח פיזי; אפיונים הקשורים לאורח החיים כגון עישון או פעילות גופנית; ומצבים בריאותיים כגון היריון, סוכרת, פגיעות קודמות ועוד.

יישום הארגונומיה למניעת פגיעות עובדים

התאמת עמדות עבודה לעובדים מתבססת על שילוב של אמצעי בקרה להפחתת גורמי סיכון, בארגונומיה כמו גם בתחומי הבטיחות והבריאות. אמצעי הבקרה כוללים אמצעים סביבתיים (הנדסיים), אמצעים מנהליים ואמצעים אישיים.

- מטרתם של אמצעי בקרה הנדסיים, או סביבתיים, היא ביטול או הפחתה של גורמי סיכון קיימים על ידי שינויים בסביבת העבודה, בכלי העבודה או בתהליכי העבודה. הדוגמאות כוללות התאמת גובה משטחי העבודה לעובדים, שימוש באמצעי עזר להרמה ולשינוע סחורות כדי לבטל ניטול ידני, והתקנת ידיות מתאימות לכלים או לחלקים לעיבוד.

- אמצעי בקרה מנהליים מפחיתים את חשיפת העובדים לגורמי סיכון קיימים באמצעות החלת נהלי עבודה או סידורי עבודה. הדוגמאות כוללות הגבלת זמן העבודה במטלה מסוימת, רוטציה של עובדים בין תפקידים, הדרכת עובדים בהכרת הסיכונים, וויסות קצב העבודה כדי להפחית חוזרנות ולהרחיב את שליטת העובד.

- אמצעים אישיים כוללים הרגלי עבודה, כגון ניצול הפסקות למתיחות או לרענון, ושימוש נאות באמצעי מגן אישיים.

לדברי הארגונום ריק גונינס, יעילותם של אמצעים אישיים או התנהגותיים במניעת פגיעות ובהפחתת עלויות אינה גבוהה, ומוערכת בכ-10% עד 20%, לעומת יעילותה הגבוהה יחסית - מעל 60% - של ההשקעה באמצעים שמבטלים חשיפה לגורמי סיכון.

התאמת סביבות עבודה קיימות לפי עקרונות הארגונומיה יכולה להפחית גורמי סיכון ולשפר את בריאותם של העובדים. אולם הדרך הטובה ביותר למנוע פגיעות עובדים היא להטמיע שיקולים ארגונומיים בשלבי התכנון

אפיונים של סביבת העבודה כגון צורת המשא או יציבות משפיעים על מידת המאמץ הנדרש ועל מנחי הגוף של העובד. לדוגמה, המנחים של מפרקי היד והגב בעת אחיזה או נשיאה של קרטון שמצויד בידידות מתאימות נוחים בהרבה מאלה שבעת האחיזה בשק בד או בכד נוזלים בעלי משקל זהה. עובד מטבח הנקרא לשאת סיר מלא מרק חם יאלץ להפעיל כוח רב בגב, בידיים וברגליים כאשר הוא נזהר להחזיק את משקל המשא באופן בטוח הרחק מגופו.

אופן ארגון העבודה משפיע על חשיפת העובדים לגורמי סיכון כגון חוזרנות, סטטיות והפעלת כוח בניטול. לדוגמה, בעת סידור מחסן רצוי למזער את מרחקי הניטול בין תחנות הקליטה, הרישום, הטיפול והאחסון, על מנת להפחית את משך הניטול, את המשקל המצטבר ואת הצורך בכיפופים חוזרים בעת הנחה והרמה של סחורות.

כמו כן, סידור עבודה שמאפשר גיוון מטלות מספק זמן התאוששות לשרירים ולמפרקים ומונע עומס מצטבר על רקמות הגוף. לדוגמה, שילוב של עמידה או הליכה לצורך סידור מדפי הסחורה בעבודת קופאית ברשתות מזון מפחית את העומסים העלולים להצטבר בישיבה סטטית מול הקופה.

דחק בעבודה (Stress): ישנן עדויות הולכות ומתחזקות להשפעתם הניכרת של מצבי דחק נפשי או חברתי על הסיכון הכולל לפגיעות שריר ושלד.

מחקר פיני משנת 1995 הציע קשר בין גורמי סיכון פסיכו-סוציאליים כגון לחץ מנטלי, יחסים חברתיים ותוכן עבודה, לבין תסמונות שריר-שלד בקרב פועלים ועובדי משרד בתעשיית המתכת. יתר על כן, גורמי סיכון כגון דרישות גבוהות במקום העבודה, רמת תמיכה נמוכה ושביעות רצון נמוכה, נקשרו לשכיחותן של תלונות על כאבי גב. בדומה, נמצא קשר בין דרישות גבוהות או נמוכות מדי לבין סימפטומים של צוואר וכתף. גורמי סיכון נוספים כגון לחץ זמן, חיכוכים עם עמיתים לעבודה ולחץ מנטלי, עלולים להיות קשורים לדיווחים על כאב רב-מוקדי.

במעקב אחר עובדים העומדים בפני תהליכי צמצום והתייעלות בחברות פיניות והפחתה כפויה בשעות עבודתם, נמצא כי שיעור ההיעדרות בעקבות תלונות שריר-שלד עלה פי שישה.

משתפת מסתמכת על השתתפותם של העובדים במערכת, לצד הנהלת הארגון ומומחי ארגונומיה, בניתוח סיכונים, בזיהוי גורמי סיכון ובקביעת נהלים להפחתת סיכונים. ארגונומיה משתפת מתארת מספר שיטות להעצמת העובדים או משתמשי הקצה, ולמעורבותם בקבלת החלטות ארגונומיות. **לתיאור מפורט, ראו פרק "ארגונומיה משתפת".**

על פי המאפיין השלישי, תכנית ארגונומיה תביא לשיפור בשני תחומים הקשורים זה בזה: ביצוע המטלות ובריאות העובדים.

סביבה המותאמת ארגונומית למשתמש תביא לביצועים יעילים יותר תוך שיפור בפריור העבודה, באיכות, חדשנות, גמישות, אמינות, בטיחות וקיימות. תוצרים אלה משתקפים בניתוחי עלות-תועלת המהווים חלק חשוב יותר ויותר של כל פעילות ארגונומית, בד בבד עם נטיות גלובליות להתיעלות, תחרותיות ופיתוח תעשייתי מואץ. **הפן הכלכלי של התערבויות ארגונומיות מוצג בפרק "החזר השקעה בהתערבויות ארגונומיות".**

במקביל לתוצרים בתחום הביצועים, לפעילות בארגונומיה יש השפעה חיונית על בריאותו ורווחתו של העובד. מדדים אלה כוללים בריאות, בטיחות, שביעות רצון, למידה והתפתחות אישית.

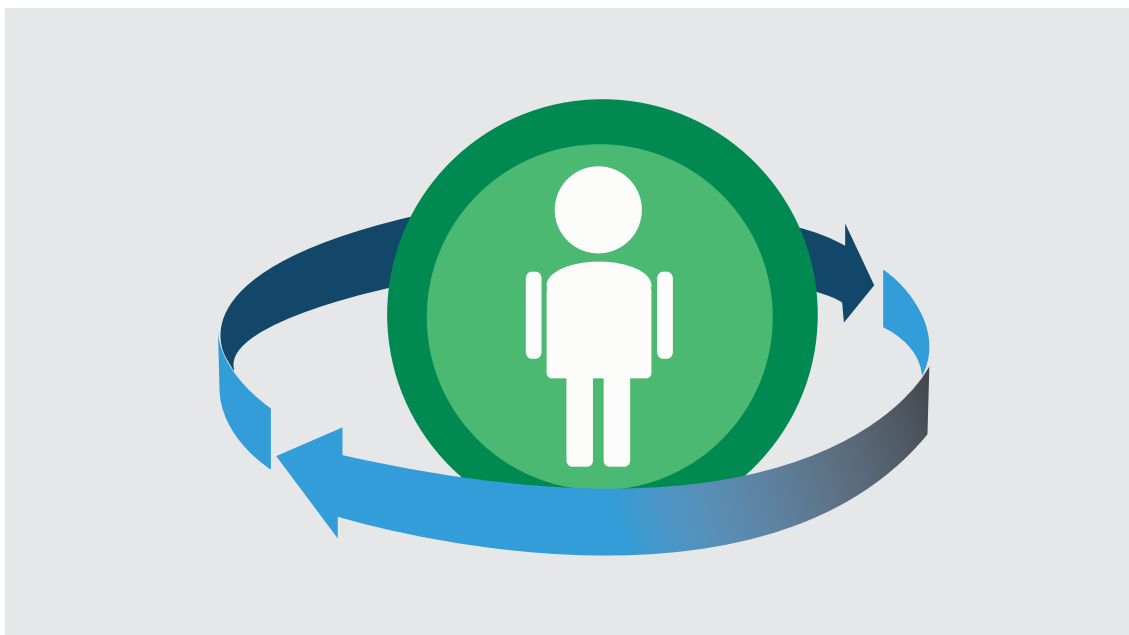
וההקמה של מקומות עבודה ושל תהליכי עבודה. תקן ישראלי 26800 "ארגונומיה - גישה כללית, עקרונות ומושגים" מכיר בחשיבות ההטמעה בשלב התכנון, ואף ממליץ להכליל שיקולים ארגונומיים מוקדם ככל האפשר בתכנון תהליכים. < לדוגמה של תכנון ארגונומי של מכונת בתעשייה, **ראו פרק "יישום הארגונומיה בשלב התכנון בתהליך פיתוח מכונות".**

שילוב הארגונומיה בתכנון הוא אחד משלושה מאפיינים חיוניים של הארגונומיה כפי שהם מוגדרים על ידי הוועדה לעתיד הארגונומיה שמינה ארגון הארגונומיה הבינלאומי (IEA):

- פעילות ארגונומית מונעת משיקולים של תכנון ועיצוב.
- ארגונומיה בגישה המערכתית.
- ארגונומיה משלבת התייחסות לתוצרים בשני תחומים: ביצוע ובריאות.

הגישה המערכתית, כפי שמצוין בעקרונות הוועדה, מתבטאת בניתוח תהליכים בראייה רחבה, החל באינטראקציה הספציפית של כל עובד עם הסביבה המיידית שלו וכלה בארגון העבודה ברמת החברה או התאגיד.

אחד הביטויים של הגישה המערכתית בארגונומיה הוא הגישה המשתפת את כל המעורבים במערכת. ארגונומיה



איור 13: האדם במרכז



מנת ליצור מכלול אינטגרלי, וכן בשיתוף הפעולה בין ארגונומים בעלי השכלה וידע מתחומים שונים.

האגודה הישראלית לארגונומיה וגורמי אנוש פועלת משנת 1981 לקידום הארגונומיה בארץ, והיא חברה בהתאגדות הבינלאומית לארגונומיה (International Ergonomics Association).

בשנים האחרונות חלה התפתחות ניכרת בתחום הארגונומיה בישראל. באוקטובר 2013 פורסמו במכון התקנים הישראלי תשעה תקנים חדשים בתחום הארגונומיה. בתחילת שנת 2015 הוקמה במכון התקנים ועדת מומחים 160601 לארגונומיה ופגיעות שריר-שלד, בהשתתפות הארגונומים אייל לוי, יוהנה גייגר, יאיר ליפשיץ, זהר שרם והרופא אורן זק.

לסיכום התחיקה, התקינה והתקנים הנוגעים לארגונומיה, ראו פרק "ארגונומיה בראי החוקים, התקנות והתקנים".

תכנון, עיצוב והתאמה של סביבות עבודה תוך הבנת עקרונות הארגונומיה עשויים לשמור על בריאותם של העובדים בישראל ועל יעילות ונוחות עבודתם. בחשיבה הארגונומית, האדם תמיד נמצא במרכז. (ראו איור 13).

במקומות עבודה רבים הארגונומיה משולבת כחלק מוביל בתכניות לקידום הבריאות, לצד פעילות המכוונת לשוניים באורח החיים ובבריאות הנפשית. הגישה המקור-ארגונומית מספקת אסטרטגיה להתייחסות כוללת לבריאות העובדים, הן במערכת השריר-שלד, הן במערכת הקרדיו-וסקולרית והן בהיבט הנפשי.

ארגונומיה בישראל

התמקדות הארגונומיה בשני תחומי שיפורים - יעילות הביצוע ורווחת העובד - נובעת מהמגוון הרחב של תחומי השכלה של העוסקים בתחום.

לימודי ארגונומיה בישראל מתקיימים במסגרות של לימודי הנדסה והניהול, העיצוב, מקצועות הבריאות כגון פיזיותרפיה, ריפוי בעיסוק או פסיכולוגיה, ובתחום הבטיחות. תחומי רקע נוספים כוללים לימודי מחשב, הנדסה ופיזיולוגיה. עם זאת, השכלה באחד התחומים האלה אינה מספקת ראייה כוללת של ארגונום.

הצלחת הארגונום, והארגונומיה, תלויה ברכישת הכשרה ארגונומית המשלבת ידע קודם והתנסות מעשית על

מקורות

- Cal/OSHA Consultation Service. (1999). *Easy ergonomics, a practical approach for improving the workplace*. California Department of Industrial Relations. Retrieved from: http://www.dir.ca.gov/dosh/dosh_publications/EasErg2.pdf#page=9
- Centers for Disease Control and Prevention – National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1997). *Elements of ergonomics programs – a primer based on workplace evaluations of musculoskeletal disorders*. Cincinnati, OH: CDC-NIOSH. Retrieved from: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/97-117/pdfs/97-117.pdf>
- Centers for Disease Control and Prevention – The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2008). *Health hazard evaluation report: Ergonomic evaluation of frank hangers at a turkey processing plant* (HETA No. 2007-0098-3061). Cincinnati, OH: CDC-NIOSH. Retrieved from: <http://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2007-0098-3061.pdf>
- Colombini, D., Occhipinti, E., Delleman, N., Fallentin, N., Kilbom, A., & Grieco, A. (2001). Exposure assessment of upper limb repetitive movements: A consensus document. *International Encyclopaedia of Ergonomics and Human Factors*, 52-66.
- גוגינס, ר. (2014). *הטיעון העסקי בזכות הארגונומיה*. ביטאון הבטיחות, 354. המוסד לבריאות ולגיהות.
- גייגר, י. (2014). *תקן ישראלי 26800: ארגונומיה - גישה כללית, עקרונות ומושגים*. המוסד לבריאות ולגיהות. נשלף מתוך: <https://www.osh.org.il/heb/articles/article,126>
- המוסד לביטוח לאומי. (2013). *דוח שנתי 2013 ביטוח נפגעי עבודה*. נשלף מתוך: http://www.btl.gov.il/Publications/Skira_shnatit/2013/Documents/avoda.pdf
- Bernard, B. P. (1997). *Musculoskeletal disorders and workplace factors* (DHHS Publication No. 97-141). Cincinnati, OH: CDC-NIOSH.
- Bevan, S., McGee, R., & Quadrello, T. (2010). *Fit for work? Israel. Musculoskeletal disorders and the Israeli labour market*. The work foundation. Retrieved from: <http://www.mbspportal.bl.uk/secure/subjareas/hrmempyrelat/twf/116425 Israel10.pdf>
- Buckle, P.W., & Devereux, J.J. (2002). The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*, 33(3), 207-217.

- Punnett, L. (2014). Musculoskeletal disorders and occupational exposures: How should we judge the evidence concerning causal association? *Scandinavian Journal of Public Health*, 42 (13), 49-58.
- Punnett, L., & Wegman, D.H. (2004). Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, 13-23.
- Putz-Anderson, V., Bernard, B.P., Burt, S.E., Cole, L.L., Fairfield-Estill, C., Fine, L.J., ... Tanaka, S. (1997). *Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back*. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- Rice, V. B. (1995). Ergonomics: An introduction. In K. Jacobs & C.M. Bettencourt (Eds.), *Ergonomics for therapists*, pp. 3-12. (pages of chapter). Newton, MA: Butterworth-Heinemann Medical.
- United States Department of Labor – Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Ergonomics*. Retrieved from: <https://www.osha.gov/SLTC/ergonomics/index.html>
- Schneider, E., & Irastorza, X. (2010). *OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU: Facts and figures*. Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). Retrieved from: <https://osha.europa.eu/en/publications/reports/TERO09009ENC>
- Vink, P., Koningsveld, E.A., & Molenbroek, J.F. (2006). Positive outcomes of participatory ergonomics in terms of greater comfort and higher productivity. *Applied ergonomics*, 37(4), 537-546.
- Workers' Compensation Board of British Columbia. (2008). *Understanding the risks of musculoskeletal injury (MSI)*. WorksafeBC. Retrieved from: http://www.worksafebc.com/publications/Health_and_Safety/by_topic/assets/pdf/msi_workers.pdf
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W.S., Wilson, J.R., van der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: Developing the discipline and profession. *Ergonomics*, 55(4), 377-395.
- Haukkal, E., Leino-Arjasl, P., Ojajärvil, A., Takalal, E.P., Viikari-Juntural, E., & Riihimäkil, H. (2011). Mental stress and psychosocial factors at work in relation to multiple-site musculoskeletal pain: A longitudinal study of kitchen workers. *European Journal of Pain*, 15(4), 432-438.
- Health and Safety Executive. (2015). *Musculoskeletal disorders in Great Britain 2014*. Retrieved from: <http://www.hse.gov.uk/Statistics/causdis/musculoskeletal/msd.pdf>
- International Ergonomics Association. (2015) Retrieved from: <http://www.iea.cc/index.php>
- International Ergonomics Association. (2015). *Definitions and domains of ergonomics*. Retrieved from: <http://www.iea.cc/whats/>
- Iowa State University, Environmental Health and Safety. *Ergonomics: Risk factors*. Retrieved from: <https://www-ehs.sws.iastate.edu/occupational/ergonomics/risk-factors>
- Joyce, N. (2010). Alphonse Chapanis: Pioneer in the application of psychology to engineering design. *Observer*, 23(4).
- Leino, P.I., Hanninen, V. (1995). Psychosocial factors at work in relation to back and limb disorders. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*, 21(2), 134-142.
- Liberty Mutual Research Institute for Safety. (2014). **2014 Liberty mutual workplace safety index (WSI)**. Retrieved from: <file:///C:/Users/M4L/Documents/Translations/Other/WSI%202014.pdf>
- Luttmann, A., Jäger, M., & Griefahn, B. (2003). *Protecting workers' health series no. 5: Preventing musculoskeletal disorders in the workplace*. Geneva, Switzerland: World Health Organization. Retrieved from: http://www.who.int/occupational_health/publications/oehmsd3.pdf?ua=1

