



משרד החינוך

# מערכת שידורים לאומית


# חינוך גופני מקצוע מוגבר לבגרות 5 יח"ל

חלק א' – מאפייני הפעולה של היחידה המוטורית והשריר השלם

שם המורה : אוסנת מרקוזה

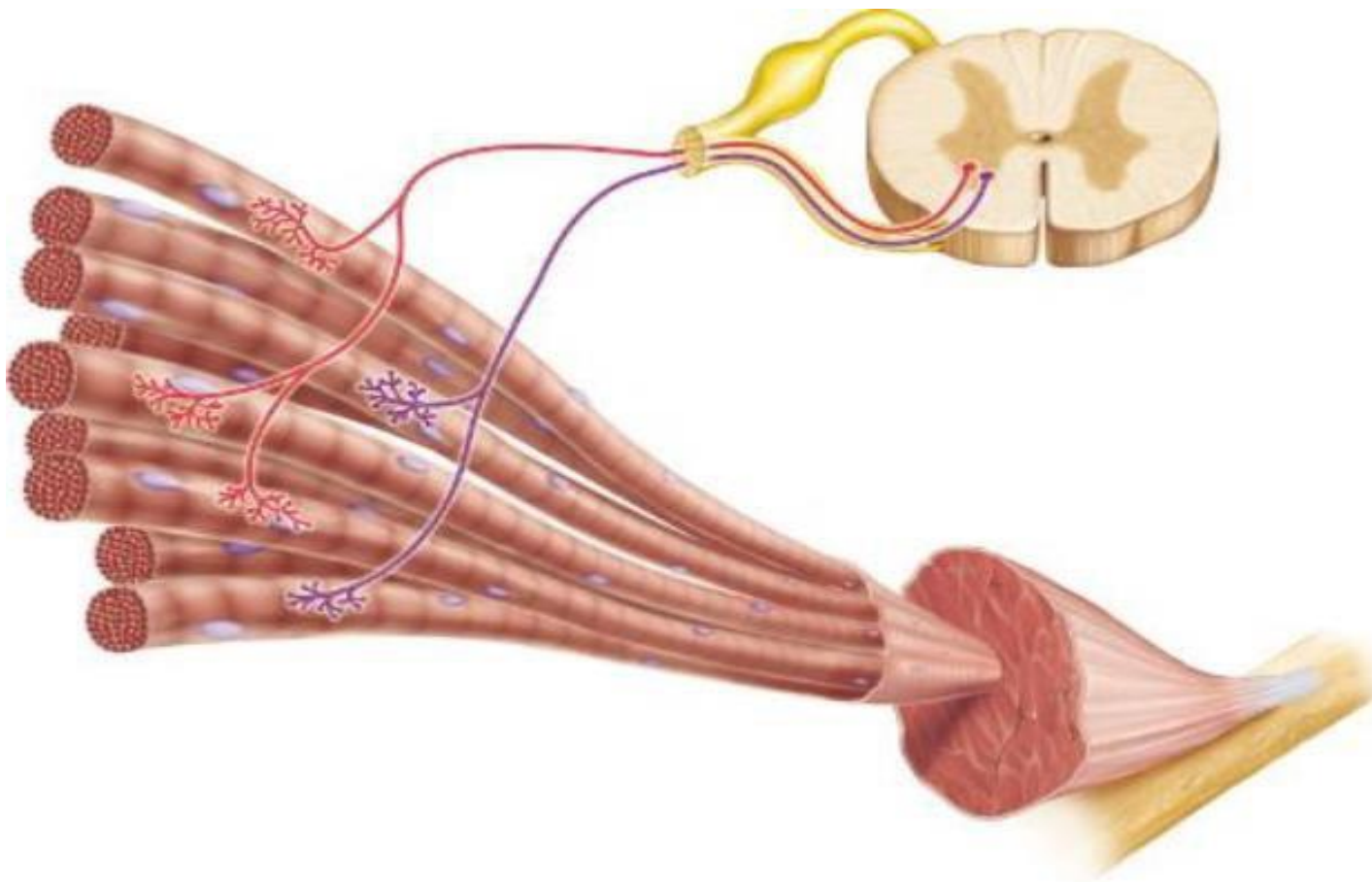


# מה נלמד היום

- מהי יחידה מוטורית
  - חוק "הכל או לא כלום" בהקשר ליחידה המוטורית
  - סוגי היחידות המוטוריות ומאפייניה הפיזיולוגיים
- 

# היחידה המוטורית

הגדרה - נוירו מוטורי יחד עם תאי השריר שאותם הוא מעצבב



**הסרקומר מוגדר כיחידה הקטנה ביותר במנגנון ההתכווצות.**

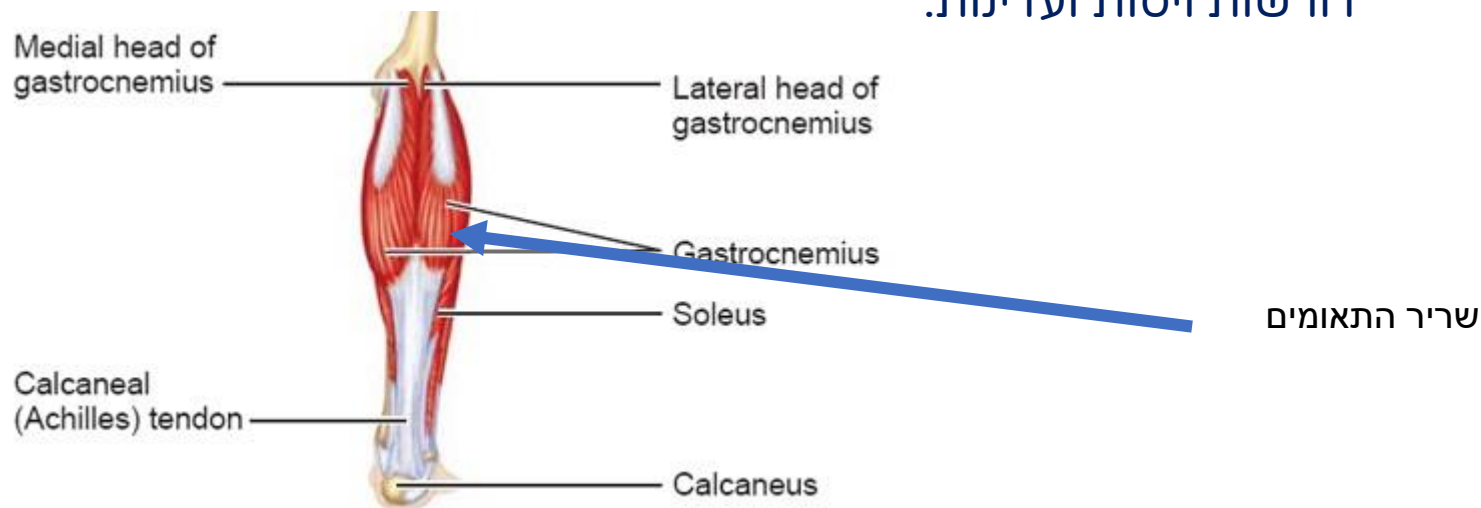
**יחידה מוטורית מוגדרת כיחידת התפקוד הקטנה ביותר בשריר.**

התאים של אותה יחידה מוטורית אינם נמצאים במגע פיזי זה עם זה, אלא מוקפים בתאים של יחידות מוטוריות אחרות.

# היחידה המוטורית המשך

## מאפייני היחידה המוטורית

- תאי השריר השייכים לאותה יחידה מוטורית, הזהים במאפיינים הביוכימיים והמכניים
- ככל שמספר תאי השריר ביחידה המוטורית יהיה נמוך יותר, כך תנועת השריר תהיה עדינה ומדויקת יותר
- יחידות מוטוריות גדולות, הכוללות תאי שריר רבים, יבצעו תנועות גסות יותר שלא דורשות ויסות ועדינות.



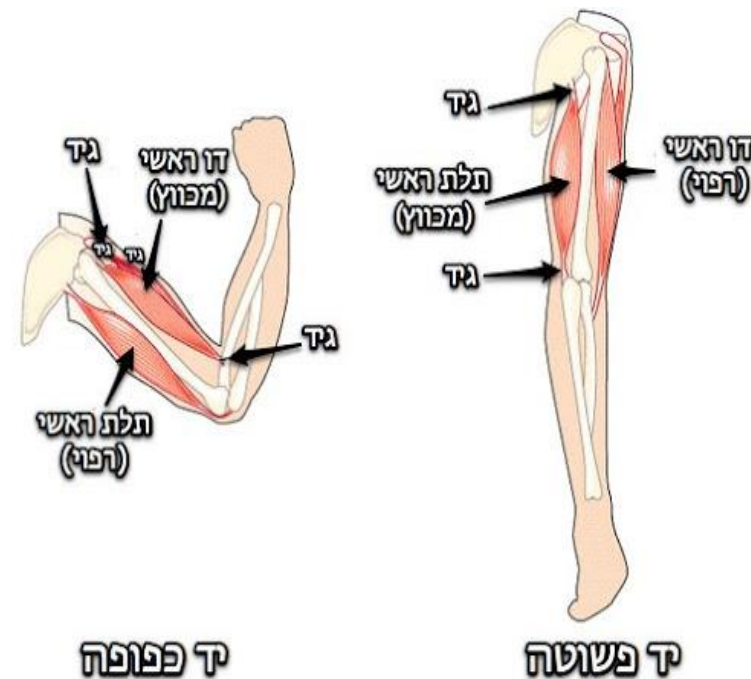
# היחידה המוטורית המשך

## חוק הכל או לא כלום ביחידה המוטורית

- גירוי תת-סיפי לא יגרום לפוטנציאל פעולה (תגובה) ולהפעלת השריר
- רק גירוי על-סיפי ייצר פוטנציאל פעולה בתא העצב המוטורי
- כאשר נוצר פוטנציאל הפעולה, הוא יפעיל את היחידה המוטורית כולה ביחד ובעצמה מרבית.
- עצמת הגירוי (העל-סיפי) לא יכולה לגרום להתכווצות חלקית של תאי השריר, או להתכווצות של רק חלק מהתאים.
- היחידה המוטורית יכולה להימצא באחד מ-2 המצבים הבאים:

### הרפייה מלאה

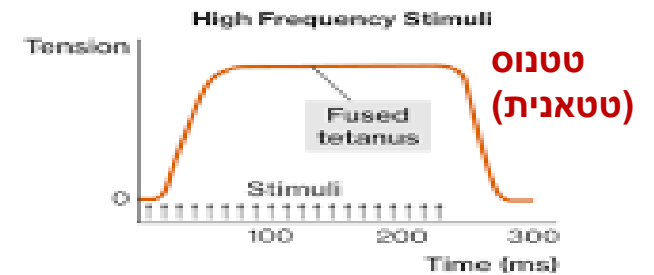
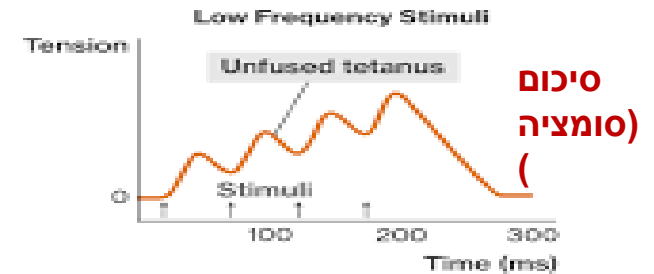
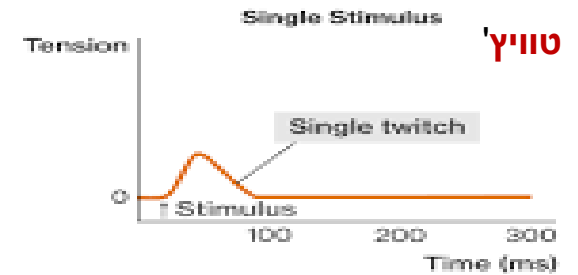
התכווצות מרבית



# סוגי ההתכווצות של היחידה המוטורית

## מידע כללי (וחשוב):

- ככלל, פוטנציאל הפעולה של תא נירון קצר משמעותית בזמן לעומת משך התכווצות אחת של היחידה המוטורית.
- תא נירון יכול לייצר פוטנציאל פעולה חדש עוד לפני שתאי היחידה המוטורית בשריר עברו הרפייה
- תאי שריר יכולים להגיב לגירוי עצבי נוסף לפני שהגיעו להרפייה, כיוון שלשריר אי תקופת אתנח (רפרקטורית)
- ככל שגדל מספר הגירויים (העל-סיפיים) לשריר מסוים, כך יגבר כוח ההתכווצות שלו



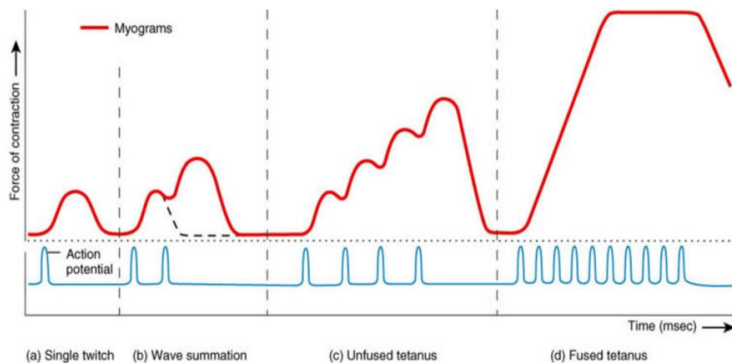
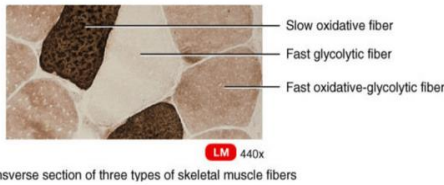
# סוגי ההתכווצות של היחידה המוטורית

## מבחינים בשלושה סוגי התכווצות:

- **טווי' - גירוי (על סיפי) בודד של יחידה מוטורית, יגרום להתכווצות אחת מהירה שלה**
- **סיכום (סומציה) - מספר גירויים רציפים, שתוצאתם תהיה הפקת כוח גדולה מזו של הטווי' (אך לא מרבית)**

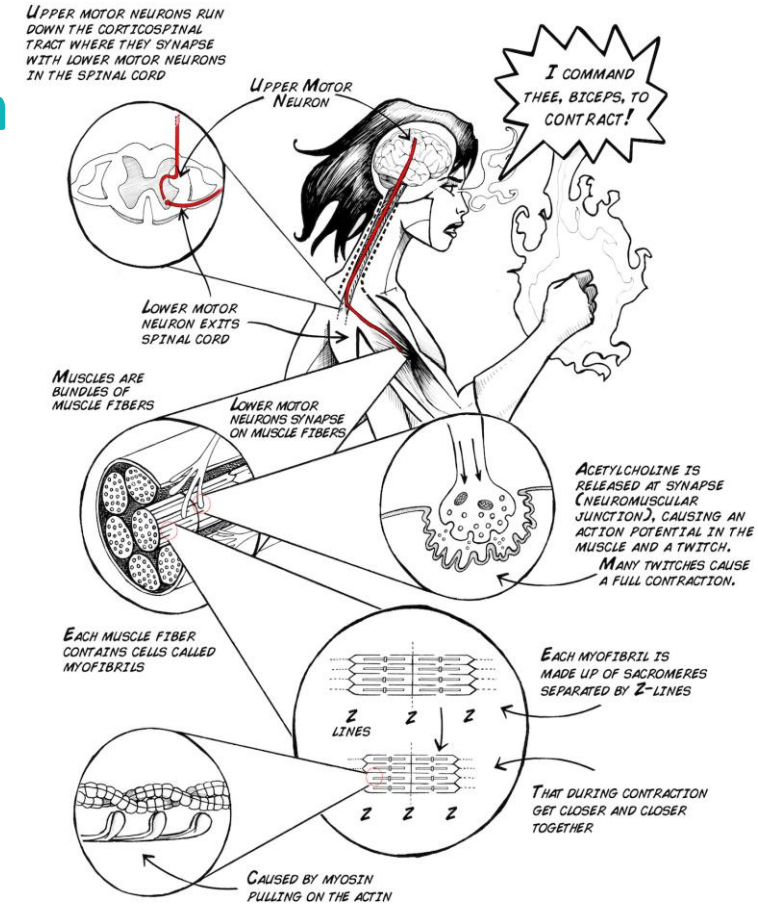
### 11 - Types Of Skeletal Muscle Contractions

Taft College  
Human Physiology



## התכווצות טטאנית (טטנוס) – תדירות

- גדולה של גירויים (30-60 בשנייה),
- מונעת הרפייה של היחידה המוטורית
- וגורמת להפקת הכוח המרבי שלה

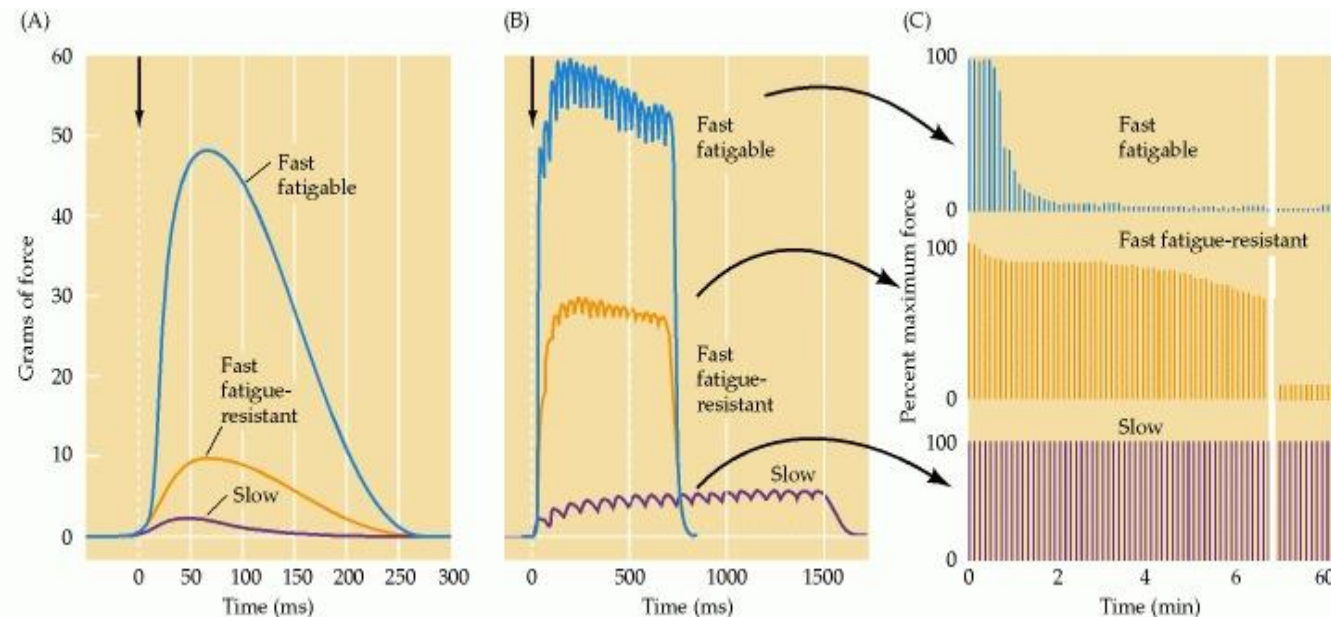
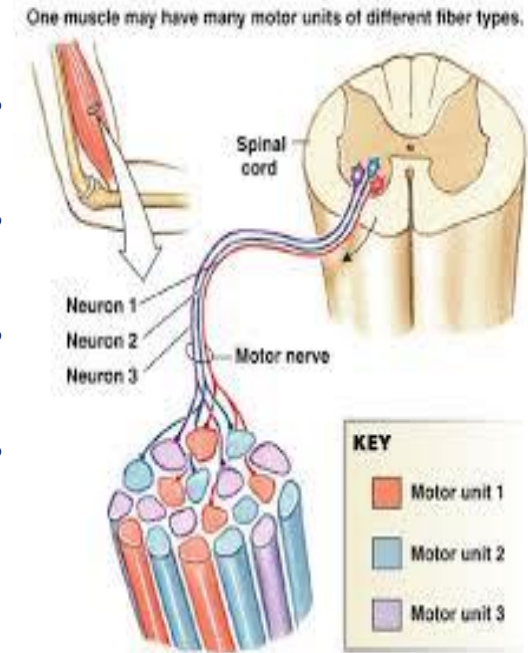




# מאפיינים של יחידות מוטוריות

היחידות המוטוריות מסוגות ל-3 קבוצות לפי מאפיינים ביוכימיים ומכניים.

- יחידות מסוג S (Slow) – איטיות, עמידות להתעייפות, חימצוניות ואדומות
- יחידות מסוג FR (fast-fatigue resistance) – מהירות, עמידות להתעייפות וורודות.
- יחידות מסוג FF (fast-fatigable) – מהירות, מתעייפות, גליקוליטיות ולבנות
- צבע היחידה המוטורית מייצג נוכחות (רבה, בינונית או מועטה) של **מיוגלובין**



# מאפיינים של יחידות מוטוריות (המשך)

נבדלות האחת מהשנייה במהירות ההתכווצות, בעצמת הכוח שמפיקות וביכולת להתנגד לעייפות

מהירות ההתכווצות נקבעת ע"י הגורמים הבאים:

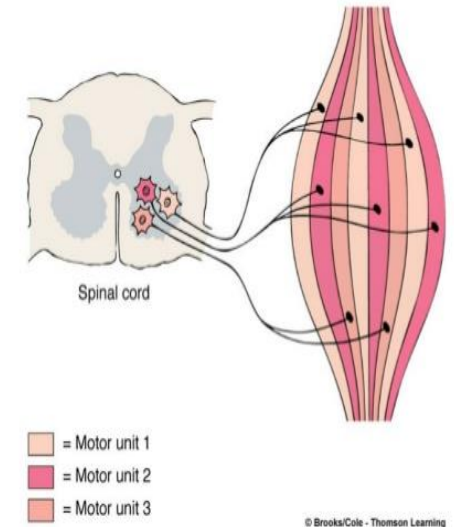
• כמות האנזים ATPase (מפרק ATP לצורך אספקת אנרגיה)

• זמינות ה-ATP (להיקשרות מחדשת על גשרי הרוחב של המיוזי, ולפירוק הקשר בי אקטי למיוזי). תלויה בהספק האנרגטי של מסלול האנרגיה הדומיננטי

• מהירות השחרור של יוני הסיד מהמאגרים של הרשת הסרקופלסמית

• קוטר האקסונים המעצבבים את היחידות המוטוריות

Schematic Representation of Motor Units in Skeletal Muscle



# מאפיינים של יחידות מוטוריות (המשך)

## היכולת לפתח כוח מרבי ועוצמת הכיוו, נקבעת ע"י הגורמים הבאים:

- מספר תאי שריר ביחידה המוטורית – יחידות קטנות (10-180 סיבים) יפתחו מעט כוח. יחידות גדולות (מעל 300 סיבים) יפתחו כוח רב.
- קוטר תאי השריר ביחידה המוטורית – נקבע ע"י כמות המיופיברילים בתא. יותר מיופיברילים = יותר כוח
- מספר גשרי הרוחב של המיוזי בחתך רוחב נתו של שריר - יותר גשרים = יותר כוח



- כמות יוני הסיד האגורים ויכולת שחרורם מהרשת הסרקופלסמית – יותר סיד = יותר כוח



# מאפיינים של יחידות מוטוריות (המשך)

סבולת, או ההתנגדות לעייפות, נקבעת ע"י הגורמים הבאים:

- משך הזמן בו יחידה מוטורית יכולה להתמיד בהתכווצות מרבית (טטאנית)
- יכולת היחידה המוטורית לעכב את הירידה בכוח המרבי
- יכולת ההתמדה של היחידה המוטורית



# מאפיינים של יחידות מוטוריות (המשך)

האקסו המעצבב, ושיוך היחידה המוטורית למסלול אנרגיה בהקשר לתפקודה.

- אופי היחידה המוטורית נקבע ע"י האקסו שמעצבב אותה. זאת בגלל האפיו המיוחד של הגירוי העצבי שמגיע דרך העצב המוטורי
- יחידה מוטורית אשר ספק האנרגיה העיקרי שלה הוא המסלול **האירובי**, מאופיינת ביכולת התנגדות גבוהה להתעייפות (כמות מיטוכונדריות, מיוגלובי, נימי דם ועוד)
- יחידה מוטורית אשר ספק האנרגיה העיקרי שלה הוא המסלול **האנאירובי**, מאופיינת ביכולת התנגדות נמוכה להתעייפות (מהירות התכווצות, כמות יוני הסיד, קוטר תאי השריר ועוד)



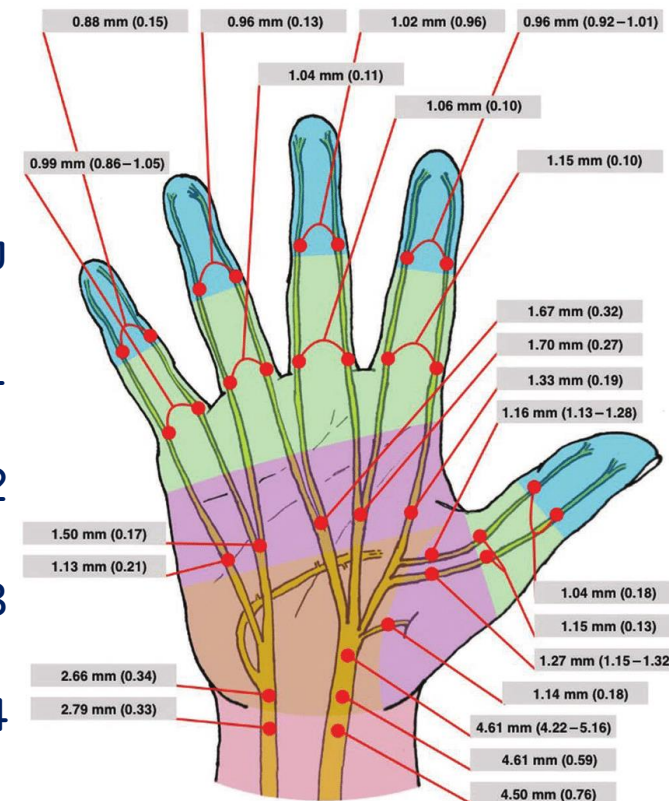


# מאפיינים של יחידות מוטוריות (המשך)

## שאלת חשיבה

קראו ביסודיות את הטבלה בעמוד 220 בספר הפיזיולוגיה. לפניכם כמה הצעות:

1. חלקו את מאפייני היחידות המוטוריות ל-3 קבוצות, המייצגות את 3 מסלולי האנרגיה
2. חברו לכל מסלול אנרגיה 5 שאלות שהתשובות לה נמצאות בטבלה
3. חלקו את הכיתה לקבוצות וערכו תחרות ידע המבוססת על השאלות שחברו
4. בקשו מכל קבוצה למצוא סרטו המדבר על מאפיי אחד מהטבלה ולהציגו לכיתה




# חינוך גופני מקצוע מוגבר לבגרות 5 יח"ל

חלק ב' – מאפייני הפעולה של היחידה המוטורית והשריר השלם

שם המורה : אוסנת מרקוזה



# מה נלמד היום

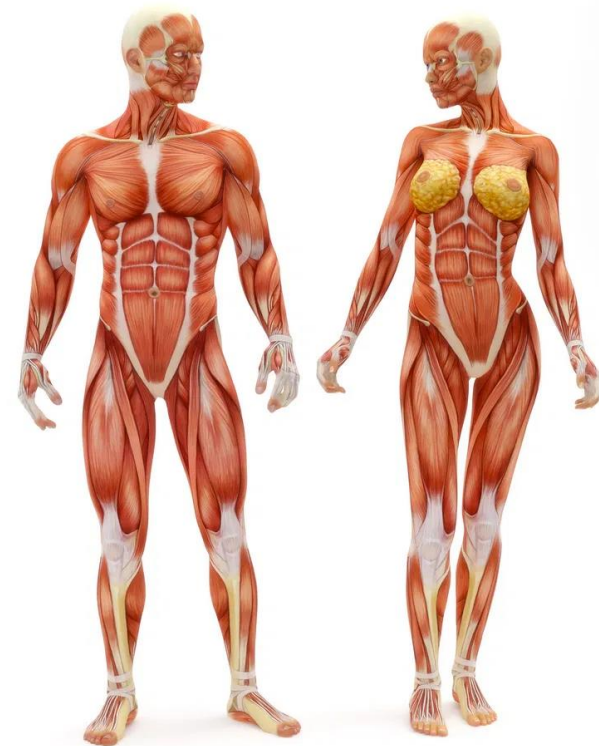
- הפרופיל השרירי של ספורטאים בענפים שונים
  - ויסות עוצמת הכוח ששריר מפיק
  - כוח מרבי בתנועה משולבת
  - מנגנוני בקרה רפלקסיבים במערכת התנועה
- 



# פרופיל שרירי

היחס בי מספר סיבי השריר בשריר מסוים, השייכים ליחידות המוטוריות השונות

- לכל אדם יש את כל סוגי היחידות המוטוריות. ההבדל הוא בכמות/יחס ביניה
- פרופיל שרירי הינו תורשתי ולכ שונה מאדם לאדם
- הפרופיל השרירי של ספרינטרים (רצים למרחקים קצרים), מרימי משקולות וקופצים מאופיי באחוז גבוה של סיבים לבנים
- הפרופיל השרירי של רצים למרחקים ארוכים, מרתוניסטים ושחיינים מאופיי באחוז גבוה של סיבים אדומים
- לעיתים רצי מרתו וספרינטרים יהיו בעלי פרופיל שרירי דומה (הוכחה לכך שהפרופיל השרירי אינו הגורם היחיד שתורם /קובע יכולת הישגית)

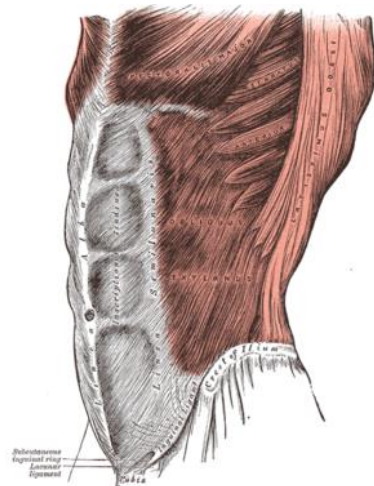


# ויסות כוח בשריר השלם

בחיי היומיום נדרשים השרירים לבצע פעולות בעוצמות כוח משתנות

- הכוח שמופק ע"י שריר ברגע נתו תלוי בחתך הרוחב הפעיל בשריר
- חתך הרוחב הפעיל נקבע ע"י:

קוטר תאי השריר (כמות המיופיברילים בתא)



מספר היחידות המוטוריות הפועלות

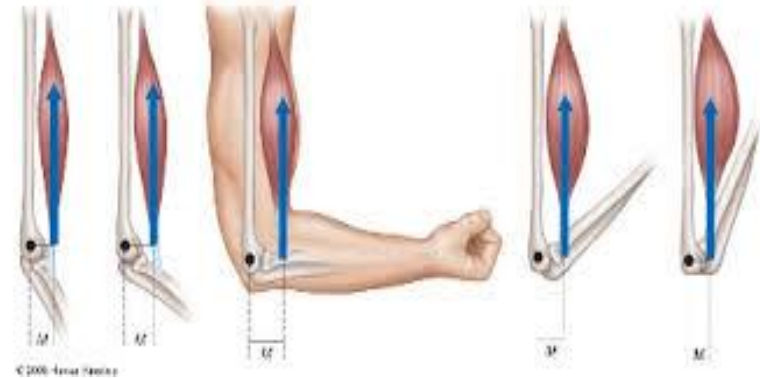
מספר תאי השריר בכל יחידה



# ויסות כוח בשריר השלם (המשך)

## ויסות עוצמת הכוח בשריר השלם מתבצעת בדרכים הבאות:

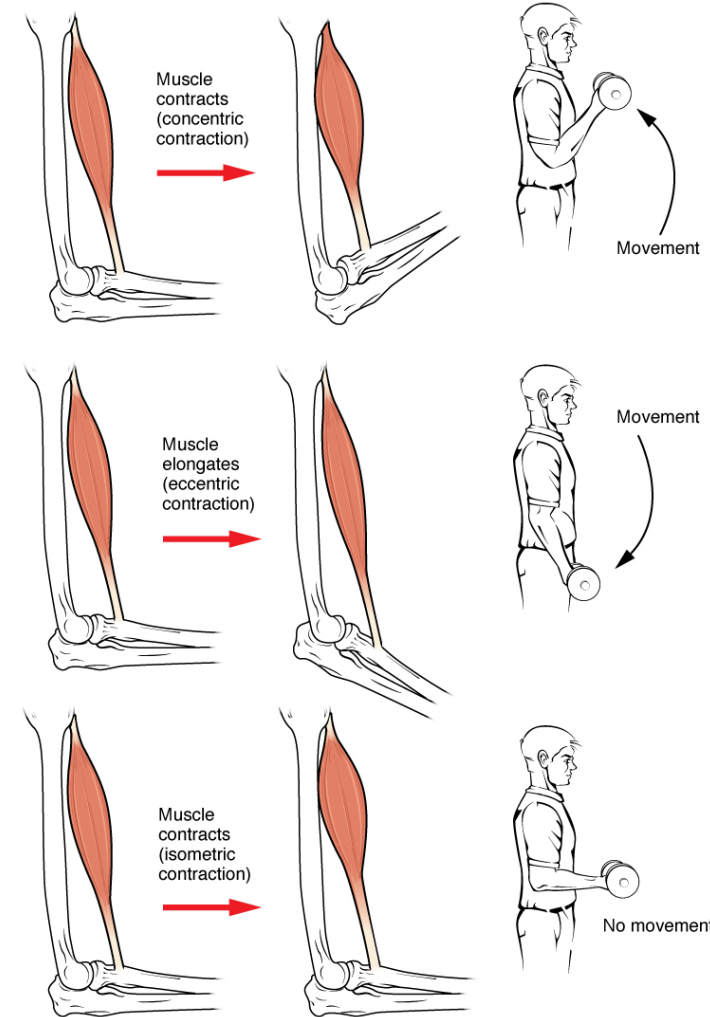
- הגברת תדירות הגירויים – ככל שמגיעים יותר גירויים, כך יגבר הכוח
- ויסות סוג היחידות המוטוריות שמגוייסות – על פי עקרו הגודל (שנקבע על פי קוטר הניורון):
- שלב 1 – גיוס יחידות אדומות, איטיות, קוטר ניורון קטן (מאפשר לבצע תנועות עדינות שדורשות כוח מועט)
- שלב 2 – יחידות הביניים, ורודות
- שלב 3 – יחידות מהירות, לבנות, חזקות, קוטר ניורון גדול (מאפשר תנועות גסות שדורשות כוח רב)
- סינכרוניזציה – תיאום בפעולת היחידות המוטוריות, כך שתתאפשר מנוחה ליחידה מסוימת מידי פעם, תוך שמירה על מתח השריר
- היכולת לגייס את מספר וסוג היחידות המוטוריות המתאימות למאמץ נתון, תוך יצירת תיאום טוב בי היחידות, מכונה קואורדינציה תוך-שרירית



# הפקת כוח מרבי

## בכל אחד מסוגי ההתכווצות

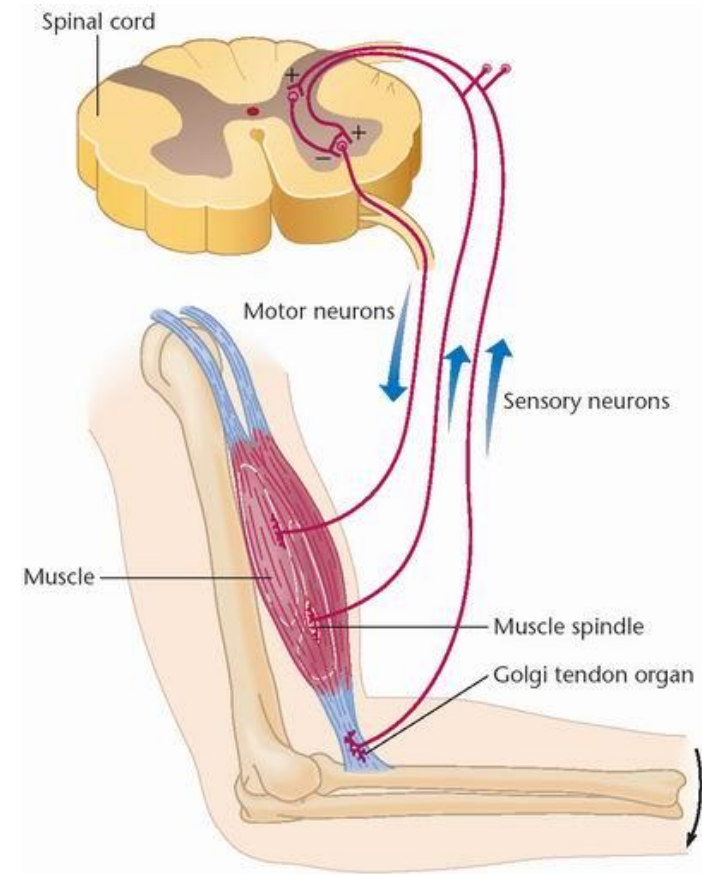
- הכוח המרבי ששריר נתו מפתח בהתכווצות אקסצנטרית, גדול בכ- 30% מהכוח שהוא מפתח בהתכווצות איזומטרית, ובכ- 40% מהכוח, שהוא מפתח בהתכווצות דינמית קונצנטרית
  - ההסבר – כדי להפיק כוח נתו בהתכווצות אקסצנטרית השריר מגייס פחות יחידות מוטוריות בהשוואה לכמות היחידות המוטוריות המגויסות בעת הפקת אותו הכוח בהתכווצות איזומטרית וקונצנטרית
  - כלומר, כל סמ"ר שריר יפיק כוח רב יותר בהתכווצות אקסצנטרית
  - קואורדינציה בי-שרירית – היכולת להפעיל רצונית את קבוצות השרירים הרצויות, בתזמו ובתיאום הנכונים, תוך הרפיית שרירים לא נחוצים. דורש ריכוז הכרתי ומודעות גופנית.
- מהירות ההתכווצות של השריר השלם נקבעת ע"י סוג היחידות הדומיננטיות בו ותבנית (מהירות) הגיוס שלה.



# מנגנוני בקרה במערכת התנועה

## פרופריוצפטורים – קולטנים מסוגים שונים שמדווחים למערכת העצבים ומספקים את חוש המקום

- 1. כישור השריר (muscle spindale) - תאים מיוחדים בסיב השריר, רגישים למתיחה. מדווחים למערכת העצבים אודות אורכו של השריר ושינויים באורכו.
- כישור השריר מעורב בתגובת רפלקס, שקיימת בכל השרירים ובפרט בשרירים המבצעים פשיטה בגפיים, והיא מכונה רפלקס המתיחה
- רפלקס הברך הוא דוגמא לרפלקס המתיחה: מכה על גיד הארבע ראשי (כאשר הברך כפופה בזווית של 90 מעלות), תגרום למתיחת השריר ולהפעלת כישורי השריר

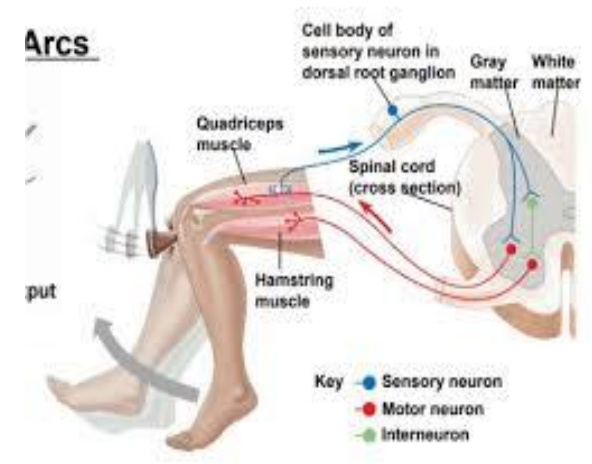


# כישור השריר (המשך)

רפלקס היא תגובה בלתי-רצונית בה עיבוד המידע והוראת ההפעלה נעשות ברמת מוח השדרה

להל תרשים זרימה המתאר את רפלקס הברך:

- מכה על גיד שריר הארבע-ראשי
- הגיד לא נמתח, ולכן נגרמת מתיחה של הארבע-ראשי
- קולטני המתיחה של כישור השריר מופעלים
- נוצר דחף עצבי בנוירו תחושת שיעובר למוח השדרה (ולא למוח העליון)
- מוח השדרה מייצר דחף עצבי בנוירו מוטורי שמעצבב את הארבע-ראשי
- הדחף העצבי מגיע אל שריר הארבע-ראשי וגורם לכיווצו ולתנועת פשיטה בברך (יישור הברך)

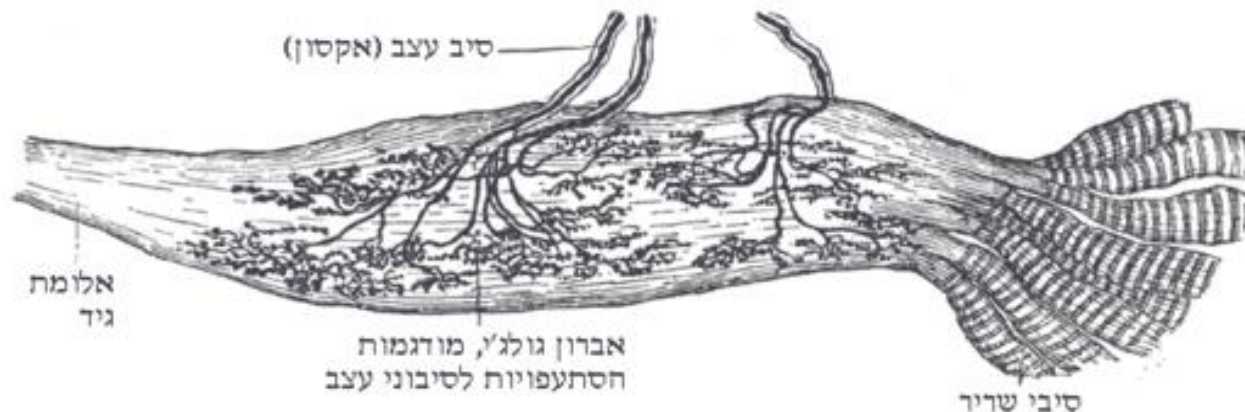




# מנגנוני בקרה במערכת התנועה (המשך)

## 2. איברי גולג'י בגידים

- אברוני הגיד על שם גולג'י מרוכזים באזור החיבור בי השריר לגיד ומונחים בתוך רצף העברת הכוח מהשריר לגיד. גוף האברו מורכב מסיבי קולג המחברים מצידם האחד לעשרה עד חמישה עשר סיבי שריר ומצידם השני לגיד.
- כאשר השריר מתכווץ, נמתחים סיבי הקולג של האברו. מתיחתם מעוותת את קצוות סיב העצב וגורמת לפתיחת תעלות יונים וליצירת דחפים עצביים הנשלחים למערכת העצבים המרכזית דרך סיב העצב
- כאשר מופעל כוח רב מדי על האברו (ועל השריר-גיד) מעוכבת פעולתו של השריר ומפחיתה את העומסים המופעלים עליו. ההפחתה בפעולת השריר (= הרפייתו) מגנה עליו מקריעה ועל חיבור הגיד-עצם משבר תלישה.



# מנגנוני בקרה במערכת התנועה (המשך)

## 3. מכנורצפטורים במפרקים

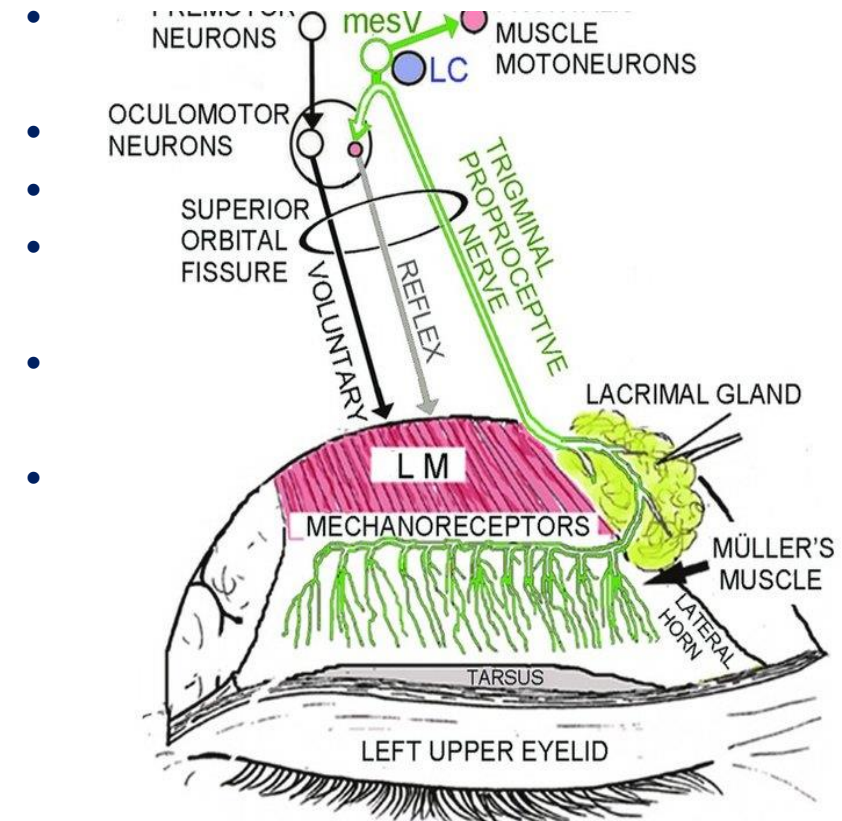
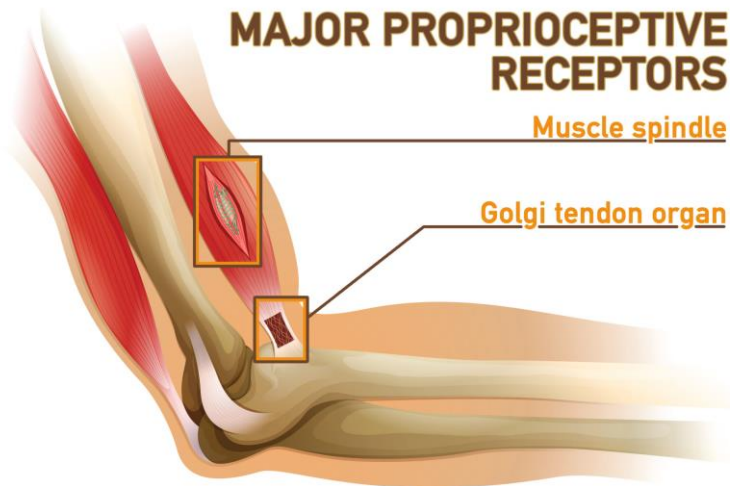
קולטנים בקופסית המפרק וברצועות המייצבות את המפרק.

מדווחים על:

וויברציה ומתיחה בשרירי השלד ובקפסולות המפרקים

הזוית שבה נמצא המפרק בכל רגע נתו

מהירות השינוי בזוית המפרק בעת תנועה





## מטלת סיכום

- <https://www.youtube.com/watch?v=3xTjnwo2S2A>
- צפו בסרטו המדבר על סוגי סיבים בשריר.
- איזה סוג סיבים, לדעתכם, דומיננטי בגופכם?



## 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](mailto:rights@education.gov.il)