

הפיזיולוגיה של המאמץ

מהלכה למעשה



— שחר ניס —

פרק 1.6

מערכת השלד

עצמות - מערכת השלד

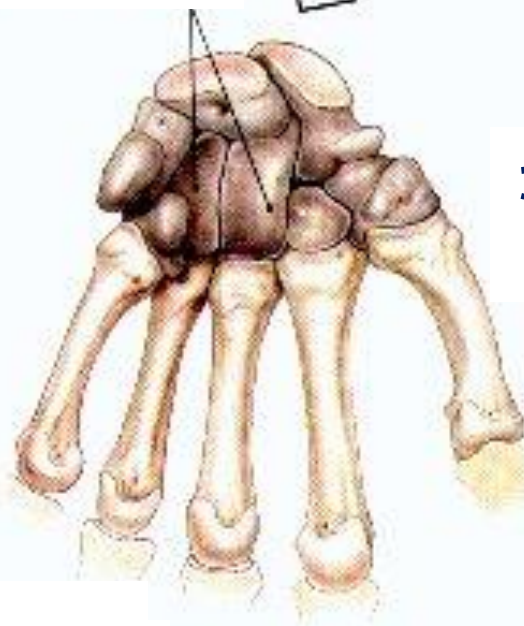
- אחיזה לשרירים, תנועה, הגנה, תמיכה, אגירת מינרלים (סידן וזרחן) וייצור תאי דם.
- סוג של רקמת חיבור המכילה כ- 50% מים.
- בנויה מתאים מעטים שביניהם ישנו חומר בין-תאי רב בעל מרקם מוצק.
- החומר הבין-תאי מורכב מחומר אורגני (25%), אנאורגני (45%) ומים (30%).
- החומר הבין-תאי מקנה לעצם אלסטיות (אורגני), קשיות וחוזק (אנאורגני).
- מבחינים בשלושה סוגים של תאי עצם:
 - אוסטאוציטים - תאי עצם בוגרים שמסביבם חומר בין-תאי קשיח.
 - אוסטאובלסטים - תאי סחוס שהופכים לתאי עצם בתהליך התגרמות.
 - אוסטאוקלסטים - תאים שהורסים עצם כחלק מתהליך גדילת העצם, תחזוקתה ותיקונה.

סוגי עצמות (על-פי צורתן):

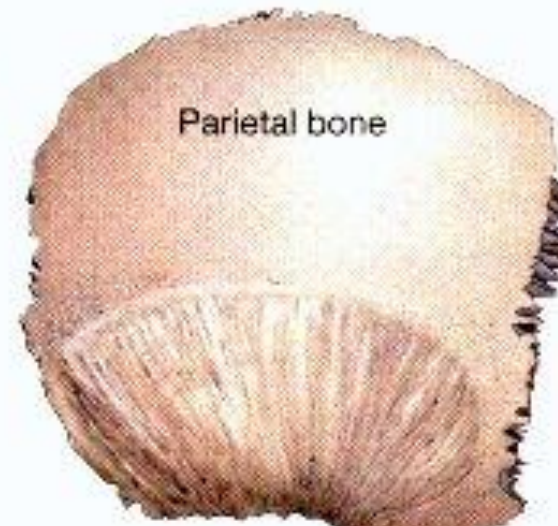
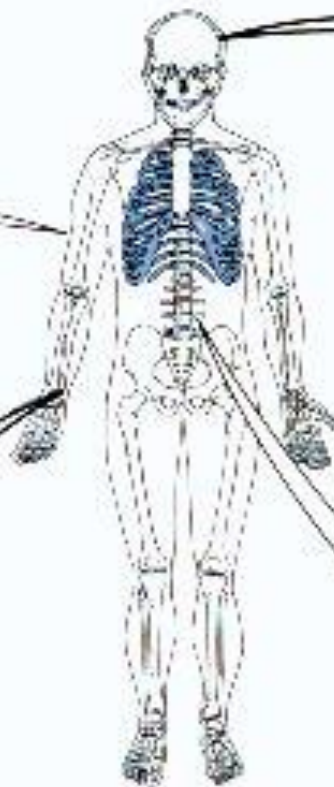
- **עצמות ארוכות** - כוללות חלק מרכזי מוארך ושני חלקים סופיים מורחבים. משמשות בעיקר כמנופי תנועה. לדוגמא: עצם הזרוע.
- **עצמות שטוחות** - משטחי עצם המשמשים בעיקר להגנה על איברים פנימיים. לדוגמא: הגולגולת.
- **עצמות קצרות** - עצמות דמויות קובייה. לדוגמא: עצמות שורש כף היד.
- **עצמות ללא צורה גאומטרית מוגדרת** - לדוגמא: עצמות חוליות עמוד השדרה.



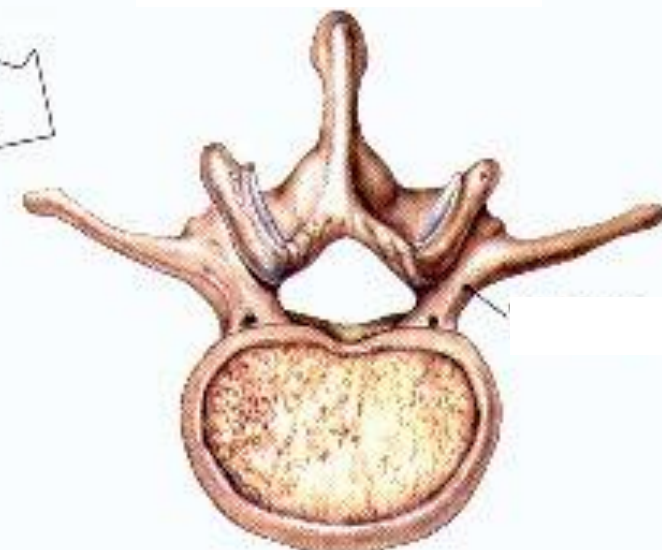
**עצם ארוכה
זרוע**



**עצמות קצרות
שורש כף יד**

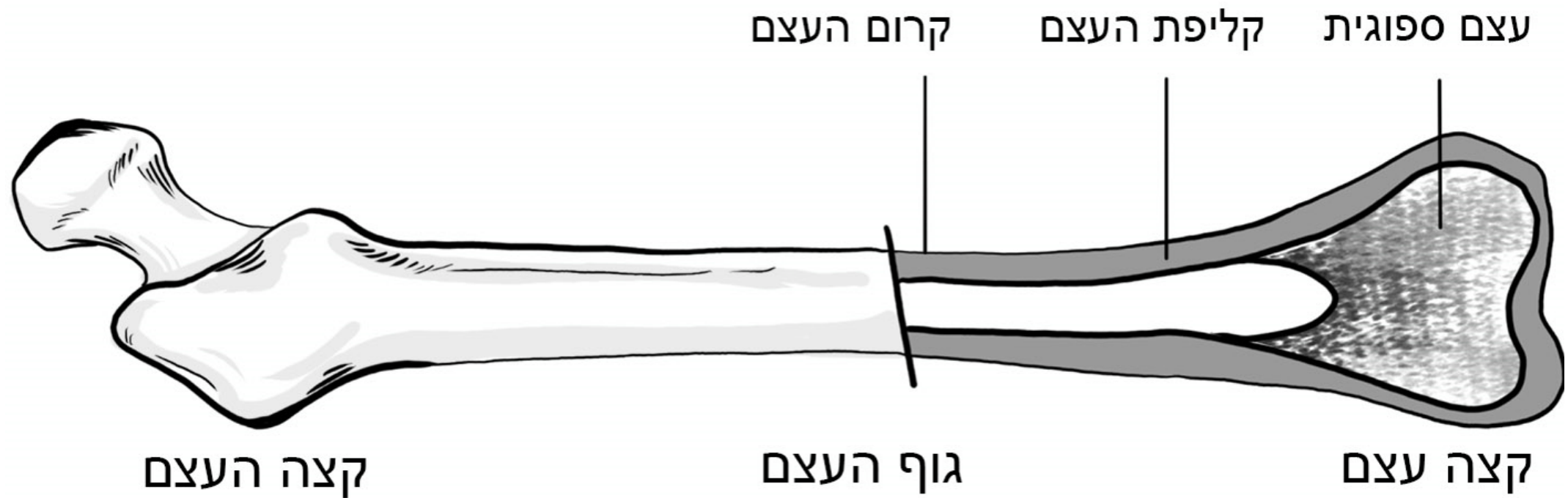


**עצם שטוחה
גולגולת**



**עצמות ללא צורה גיאומטרית
חוליות עמוד שדרה**

חלקי העצם



206 עצמות השלד

31 בכל רגל
סה"כ 62

32 בכל זרוע
סה"כ 64

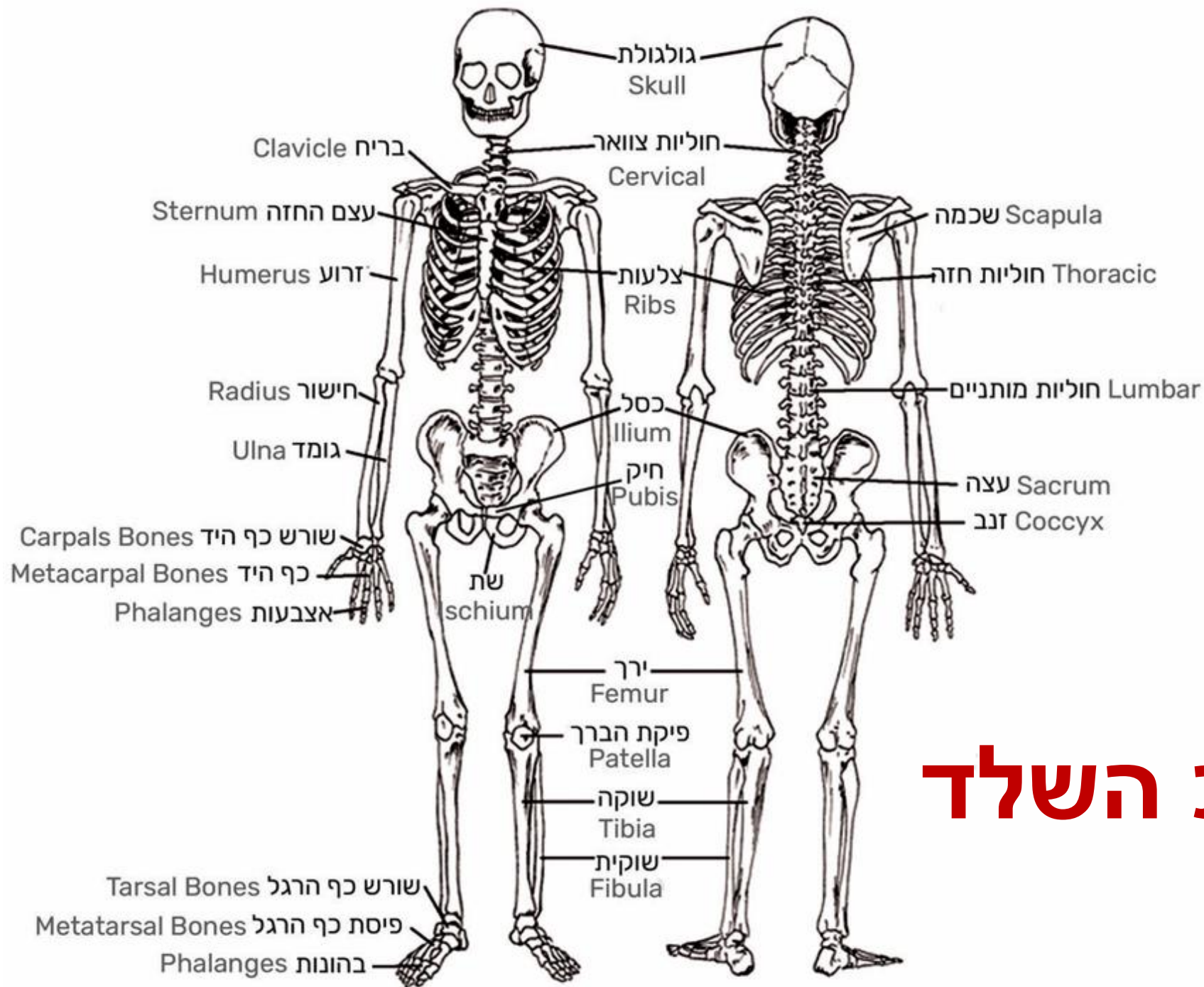
26 בעמוד השדרה

29 בגולגולת

25 בבית החזה

שלוחות השלד

עצמות הציור



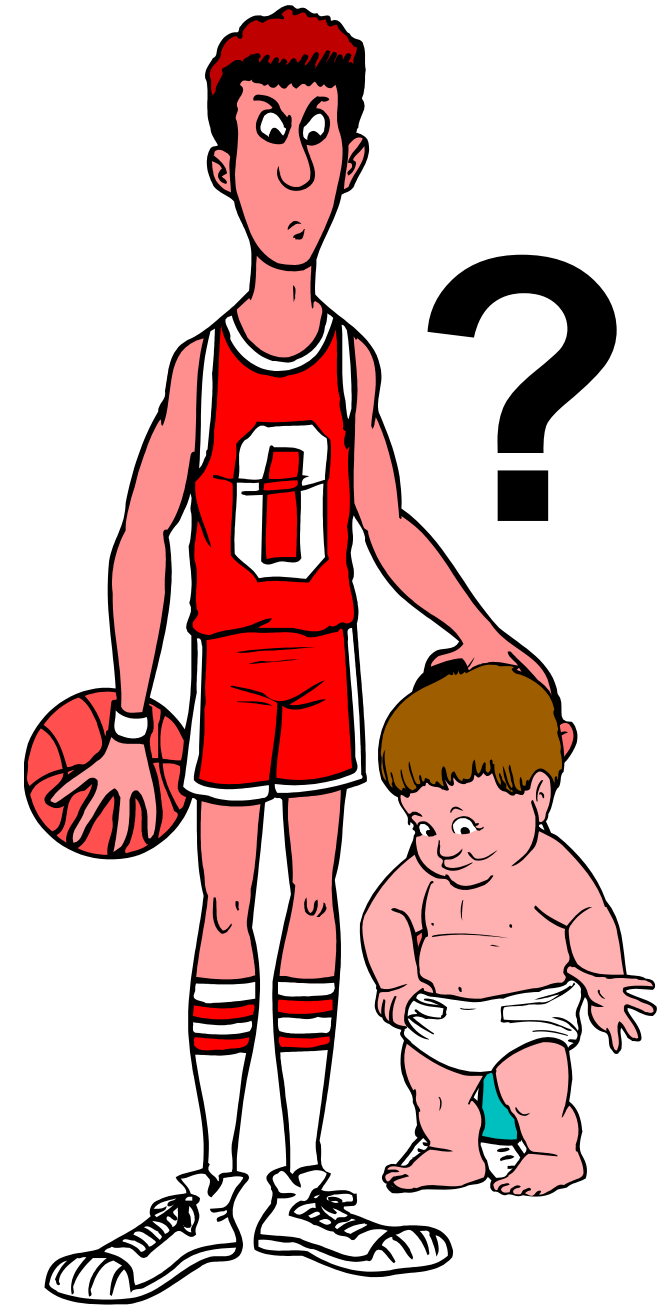
206 עצמות השלד

גדילת העצם לאורך תלויה ב:

- תורשה

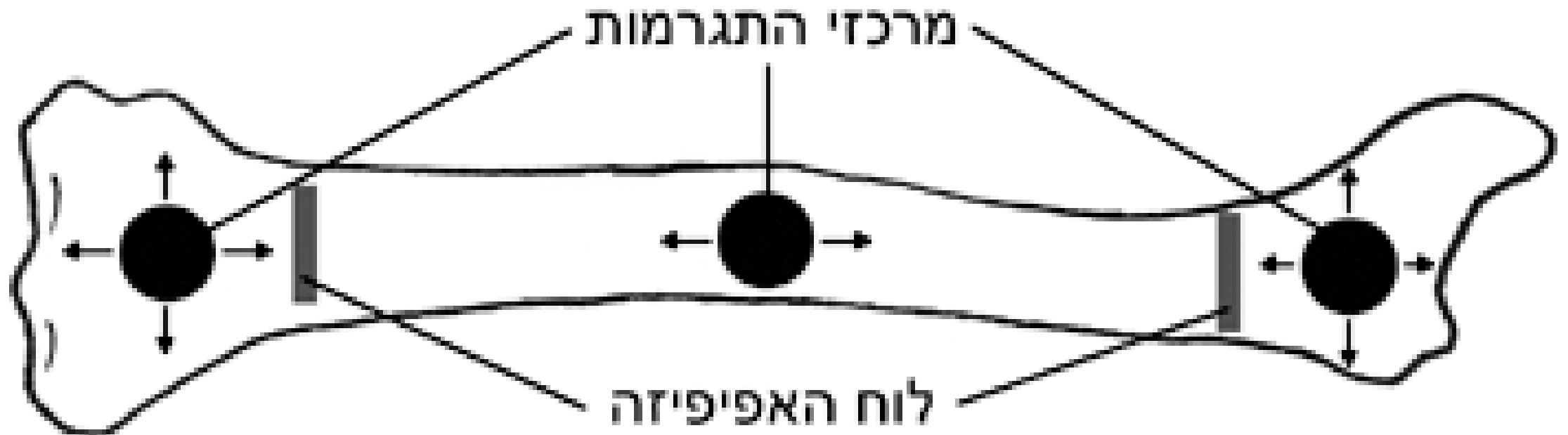
- מין (זכר, נקבה)

- תנאי החיים (תזונה)



גדילת העצם לאורך

- התרבות תאי סחוס (אוסטאובלסטים) בלוחות האפיפיזה.
- העצם הסחוסית בלוח האפיפיזה הופכת בתהליך התגרמות דו כיווני לרקמת תאי עצם בוגרים (אוסטאוציטים).





ירך

גדילת העצם לאורך

לוח האפיפיזה

שוקה

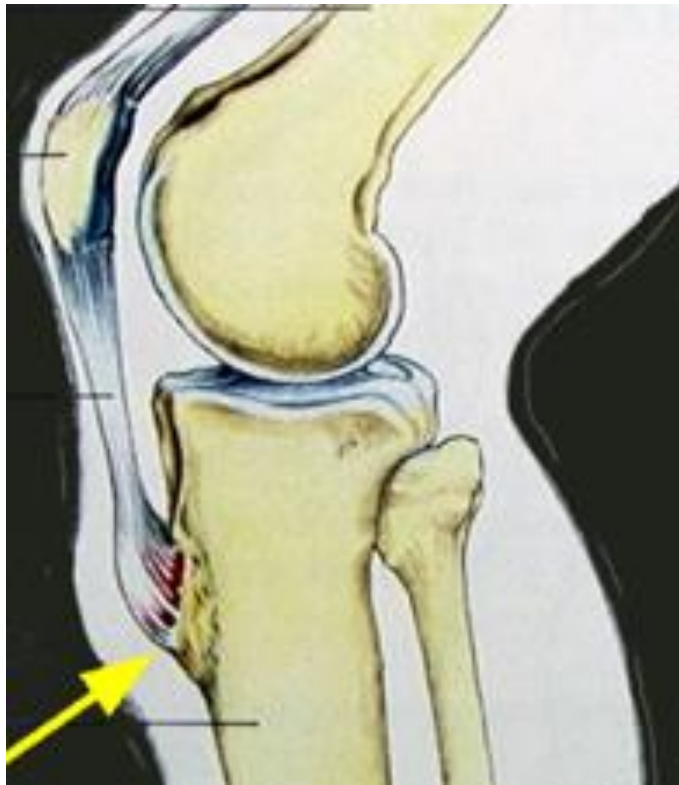
שוקית



חיזוי גובה באמצעות צילום רנטגן של שורש כף היד וכף היד



אוסגוד שלאטר



חורות דעת מקצועית

לכבוד: הרופא המטפל

בבדיקה של המבוטח:

קניאט חסידי

שם האב

שם משפחה ופרטי

מ. זהות

דפנה 1 דפנו

05/01/1988

כתובת

ת. לידה

OSGOODSCHLATTER'S DISEASE TIBIAL TUBERCLE

אבחנה:

7324

ממצאים:

תלגמח צפון

בן 13 כאב קדמת הברך הימנית

בבדיקה: רגישות מעל גבשושית השוקה הימנית.

בצילום ניתוק של האפופיזה של גבשושית השוקה ימין.

הטיפול המומלץ:

שירור מפעילות גופנית

כמו ריצה וקפיצה למשך 6 חודשים.



הרופא
ד"ר. 50201
א. 50201

חתימה וחותמת הרופא

אוסגוד שלאטר

- כאבים, דלקת ולעיתים נפיחות בגבששת השוקה (אזור הצמיחה העליון של עצם השוקה. מקום החיבור של גיד שריר ה-4 ראשי).
- הכאבים מוחמרים בעת ביצוע מאמץ גופני המפעיל את שרירי הירך.
- שכיחה בקרב ספורטאים בנים בגילאים 12 - 15.

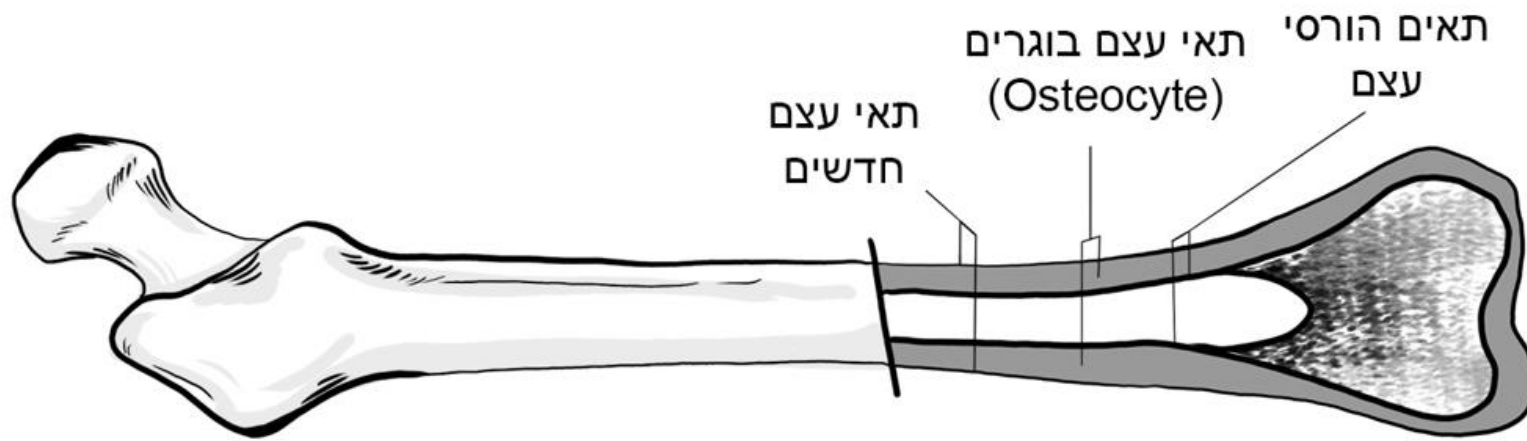


R

המחלה נגרמת עקב הגברת המתח באזור האחז של שריר הארבע-ראשי

בגבששת השוקה הנובעת מ:

- התחזקות שריר הארבע-ראשי בתקופת ההתבגרות.
- חוסר התאמה זמני בין קצב התארכות מהיר של העצם וקצב התארכות איטי של השרירים בתקופת הצמיחה המואצת.
- הכוח המוגבר הנדרש משריר ה- 4 ראשי בהפעלת מנגנון יישור הברך כנגד מתח הנוצר על-ידי שרירים קצרים המבצעים פעולה מנוגדת (פושטי ירך וכופפי ברך).
- הפעלה אינטנסיבית של שריר הארבע-ראשי בפעילות ספורטיבית.
- חולשה זמנית של אזור הצמיחה בגבששת השוקה בתקופת הצמיחה המואצת.



גדילת עצם לרוחב

- התעבות העצם וקליפת העצם
- עלייה בצפיפות ובמסת העצם

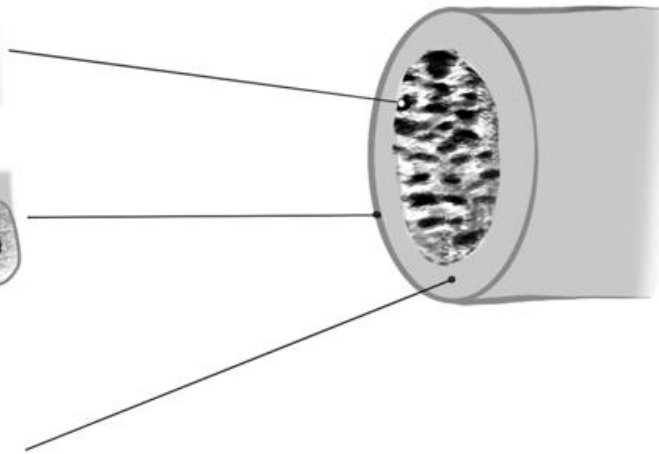
תאים הורסי עצם
(Osteoclast)



תאי עצם חדשים
(Osteoblast)

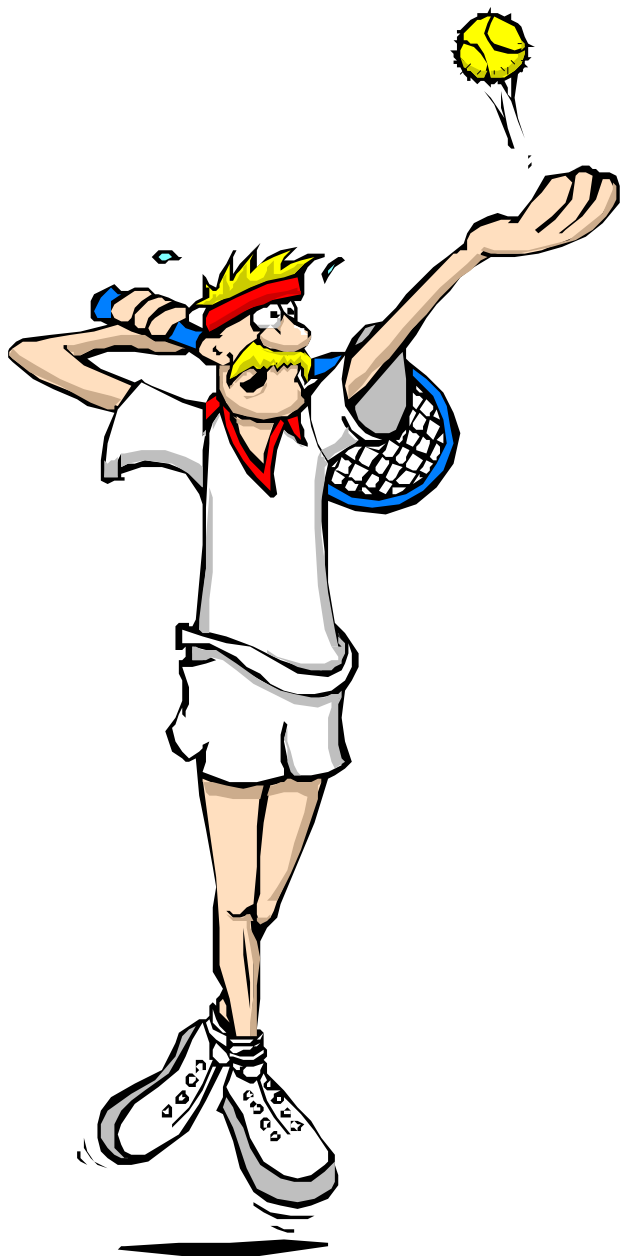


תאי עצם בוגרים
(Osteocyte)



גדילת עצם לרוחב

- נמשכת עד גיל 25. יש הטוענים עד שנות ה-30 הראשונות.
- חלון ההזדמנויות להתפתחות עצם צפופה קיים עד סוף גיל ההתבגרות. בסיום גיל ההתבגרות מושגים כ- 90% מתכולת המינרלים של האדם הבוגר.
- 70-80% משיא מסת העצם שתושג בסוף העשור ה-3 לחיים נקבעים על-ידי גורמים גנטיים.
- 20-30% משיא מסת העצם קשורים בפעילות גופנית ובתזונה נכונה.
- הכמות המומלצת המינימלית של צריכת סידן לגילאי 11-24 היא כ- 1,300 מ"ג סידן ליום.
- חוק גידול העצם (חוק וולף, Wolff) - עצם גדלה ביחס ישר לעומס המכני שמופעל עליה בתנאי שעומס זה הוא עומס פיזיולוגי ואינו מתמיד.
- הכוחות (עומסים) המכניים הפועלים על העצם במהלך פעילות ואימון גופני הם כוח הכבידה, כוח השרירים וכוח שנוצר על ידי גורם חיצוני.

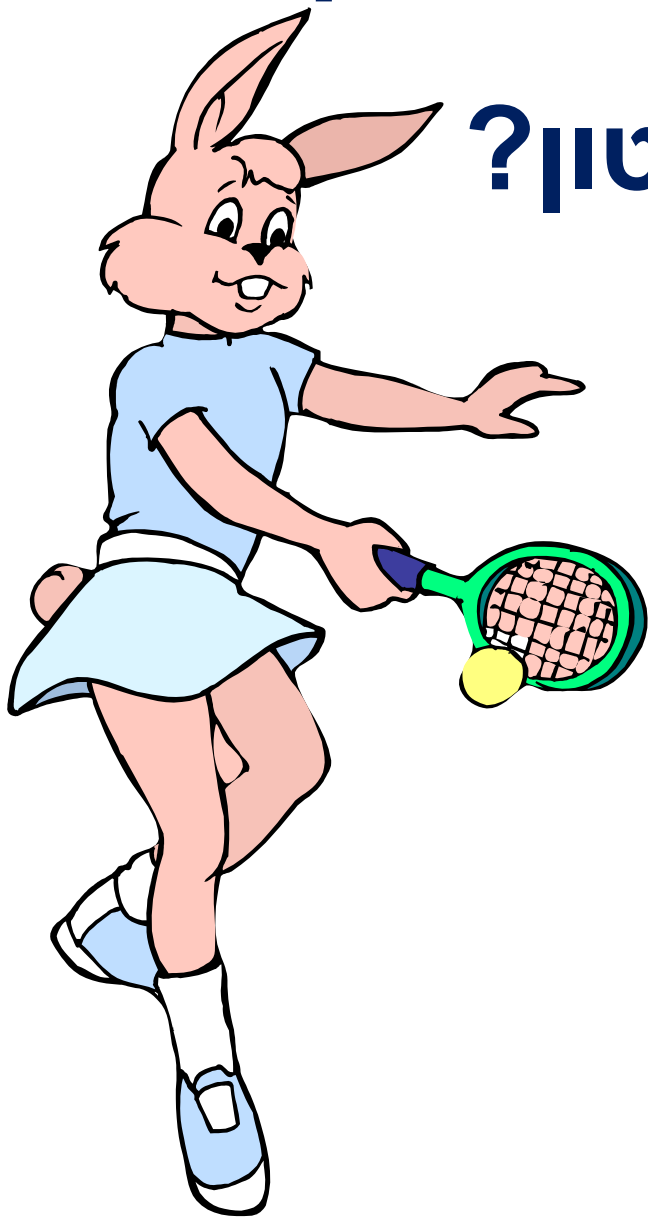


באיזו יד (ימין/ שמאל) של טניסאי

צפיפות העצם גדולה יותר?

למי יש צפיפות עצם גדולה יותר, למחליקים

על הקרח או לשחקני בדמינטון?



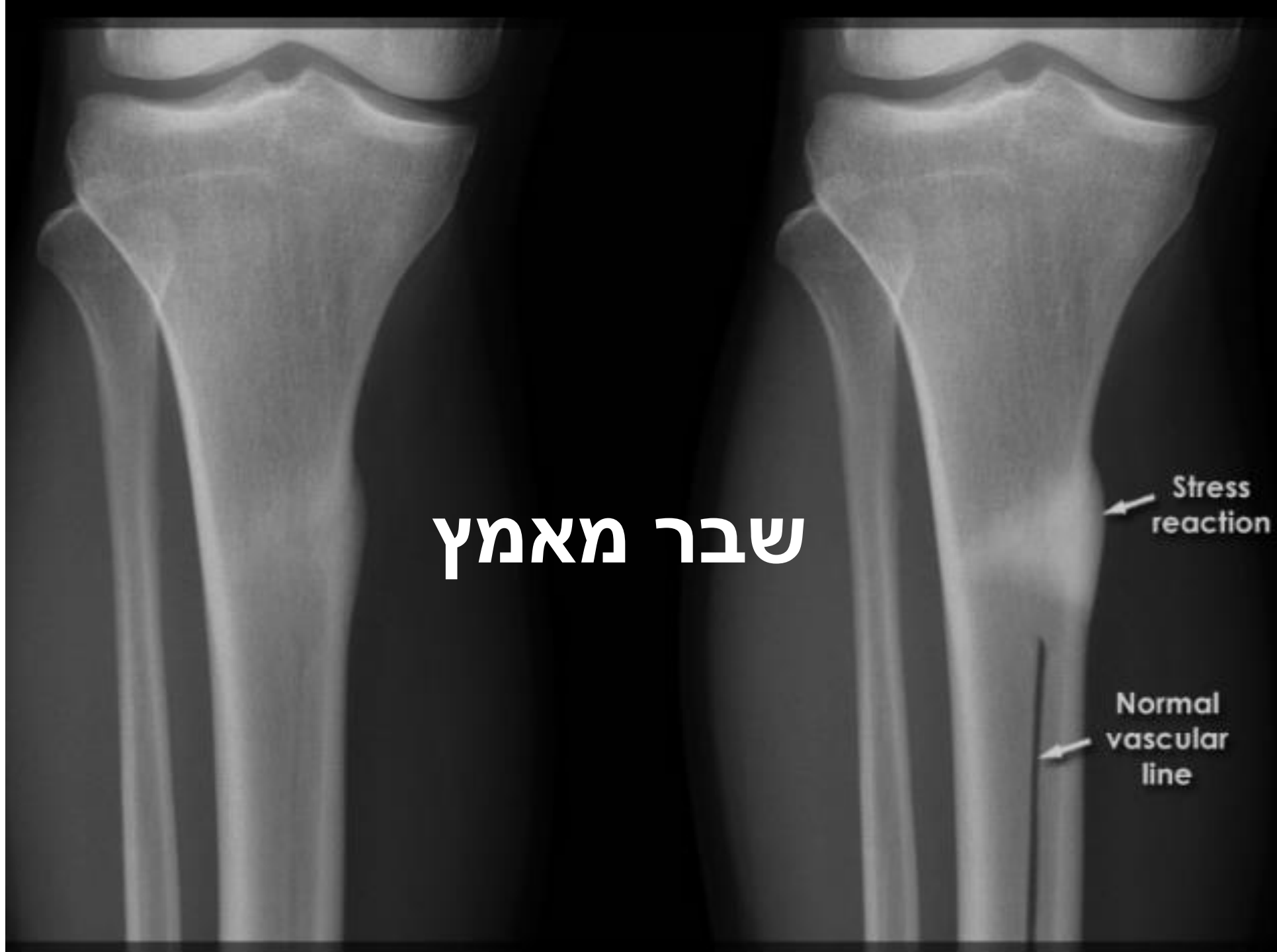
**מה הייתם ממליצים לנער בגיל ההתבגרות: לרוץ 4 פעמים
בשבוע ריצת שדה או לשחק כדורגל באותו פרק זמן?**



שבר מאמץ

- הפרעה בשלמות העצם עקב כישלונה להגיב בצורה נורמאלית לעומס גופני גדול מהרגיל.
- הרס העצם < בניית העצם ← היחלשות העצם
- סיבות: מאמץ ממושך (ריצות ארוכות), משטח קשה, לחץ ממושך (ניתורים רבים), נעליים לא מתאימות, העלאת עומס לא בהדרגתיות = עומס גדול ו/או חדש באופן רציף וללא הפוגות של מנוחה והסתגלות.

שבר מאמץ



- העצמות שבהן מופיע בשכיחות גבוהה: שוקה, עצמות פיסת כף הרגל ועצם הירך.
- אוכלוסיות בשכיחות גבוהה יחסית: רצים למרחקים ארוכים, טירונים וטירוניות בראשית שירותם הצבאי, רקדנים ורקדניות בעיקר בשלב הראשון של אימוני מחול.
- רבים מהנפגעים הנם בעלי קשת שטוחה מדיי (פלטפוס - Flat foot) או בעלי קשת גבוהה מדיי בכף הרגל (הייפוט - High foot), שגורמות לעומס גדול יותר על עצמות פיסת כף הרגל והשוק.
- חוסר שינה, עישון סיגריות, צפיפות עצם נמוכה ואי-סדירות במחזור החודשי אצל נשים מגבירים את הסיכון להיפגעות משברי מאמץ.

תיאוריות להתפתחות שבר מאמץ

- **עומס היתר:** מאמץ חוזר של שרירים - כיפוף העצם ושבירת קליפת העצם.
- **ההתשה:** התעייפות שרירים - אובדן כושר בלימה, לחץ מוגבר על העצם.

שליבים בהתפתחות שבר מאמץ:

- **שלב א -** הכאב מופיע בתחילת המאמץ ופוחת בהמשכו. מתפתחת דלקת בקרום העצם עם כאב מפושט (במצב של שבר הכאב ממוקד).
- **שלב ב -** מופיע כאב נסבל תוך כדי האימון. הכאב מתחזק ככל שהמאמץ גובר. הכאב חולף רק לאחר מנוחה ארוכה.
- **שלב ג -** הכאב קשה ממשך האמון ואחריו. הוא חולף רק בחלקו ולאחר מנוחה ממושכת.
- **שלב ד -** הכאב מתמיד ואינו חולף גם לאחר מנוחה.

טיפול בשבר מאמץ:

- מנוחה
- הקלת הדלקת באמצעות קרח ותרופות אנטי דלקתיות.
- פעילות פיזיותרפית לחיזוק השרירים ולגמישות.
- פעילויות כשחייה ורכיבה על אופניים באמצעות העקבים חשובות לשמירה על מרכיבי הכושר סבולת ממושכת וסבולת שרירים.
- שיפור הנעל או בולמי הזעזועים בסוליה בהתאם לצורך.

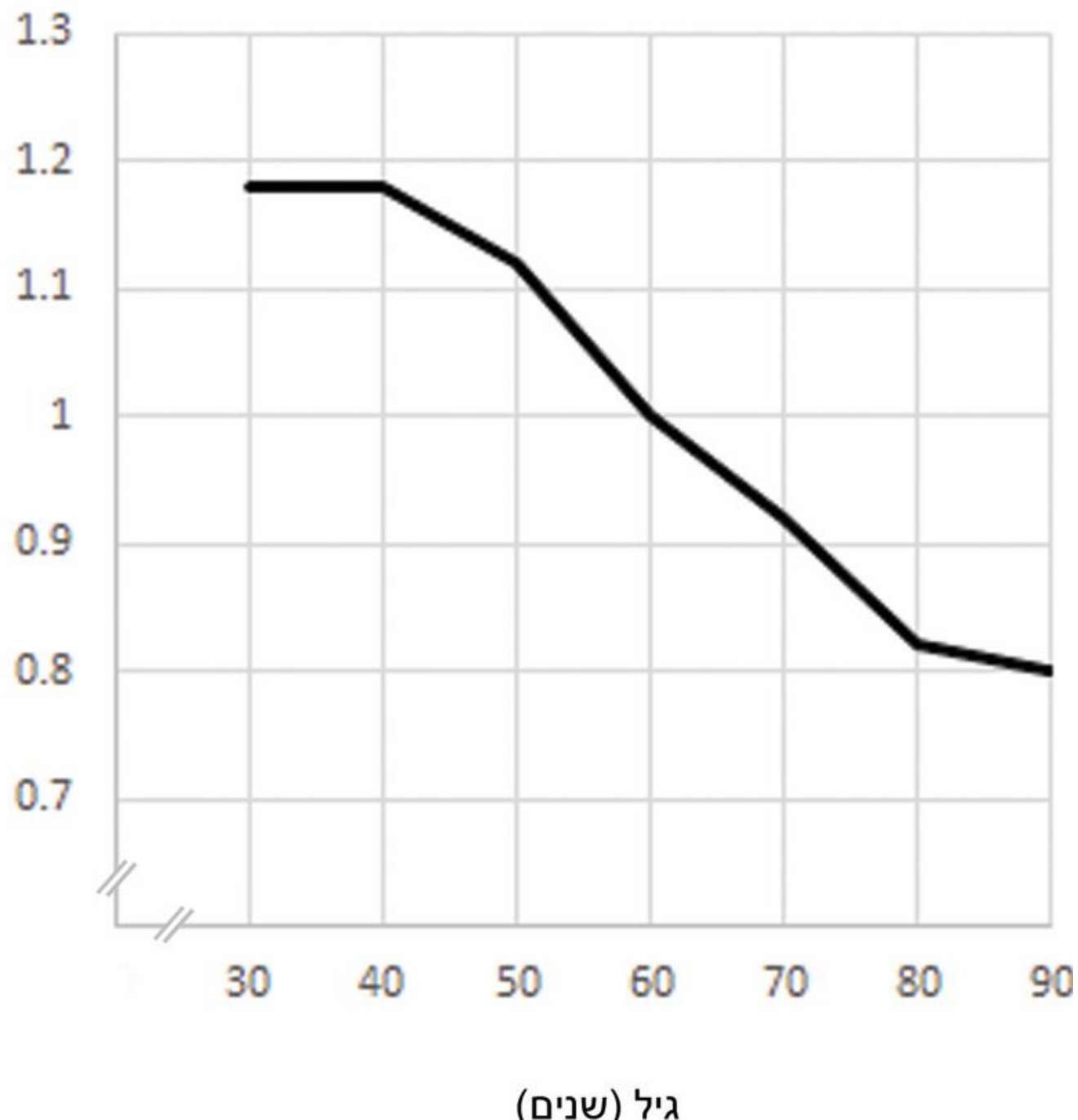
אוסטאופורוזיס

- מחלה שבה קצב פרוקן רקמת העצם גדול מקצב היווצרותה. הדבר מתבטא בהפחתה בכמות המינרלים בעצם, בירידה בצפיפות העצם ובמסת העצם ובהיחלשות העצמות. המחלה מהווה גורם סיכון מובהק להיווצרות שברים בעצמות, ובעיקר בחוליות עמוד השדרה, בעצם החישור בקרבת שורש כף היד, ובצוואר עצם הירך.
- צפיפות העצם בגיל מבוגר תלויה בשיא מסת העצם שמושגת בסוף העשור ה- 3 ובקצב הירידה במסת העצם החל מאמצע העשור החמישי. כדי למנוע אוסטיאופורוזיס ושברים בגיל המבוגר חשוב מאד להגיע למסת עצם גבוהה בגיל הצעיר.

שכיחות

- אחת מתוך 3 נשים ואחד מתוך 7 גברים מעל גיל 60 עלולים לסבול ממחלה זו.
- השכיחות פחותה אצל גברים משום ששיא מסת העצם אצלם גדול יותר.
- שכיחותה הגבוהה של המחלה בקרב נשים לאחר תקופת המעבר (מעל גיל 50 בממוצע) נובעת מהירידה ברמת הורמון המין הנשי - אסטרוגן.
- נשים שסובלות מאי סדירות של המחזור או כאלה עם הפרעת אכילה מסוג אנורקסיה נרוזה הינן בסיכון למסת עצם נמוכה ואוסטיאופורוזיס המיוחדות לצריכה לא מספקת של סידן, רמות אסטרוגן נמוכות או שתי הסיבות יחד.

צפיפות המינרלים בעצם הירך (גרם/סמ"ק)



**הירידה בצפיפות
המינרלים בעצם הירך עם
העלייה בגיל אצל נשים
בארה"ב.**

גורמי סיכון לאוסטיאופורוזיס:

- תורשה - היסטוריה משפחתית
- עלייה בגיל
- מין - נשים
- מחסור באסטרוגן
- משקל נמוך
- גורמים תזונתיים כגון חסר בסידן או בוויטמין D והפרעות אכילה

- שימוש ממושך בתרופות כגון קורטיקוסטרואידים

- מינון יתר של הורמון בלוטת התריס עקב פעילות יתר של

בלוטת התריס או כתוצאה מנטילת תרופות בעת טיפול בתת-

פעילות של בלוטת התריס

- עישון

- צריכה רבה של קפאין ואלכוהול

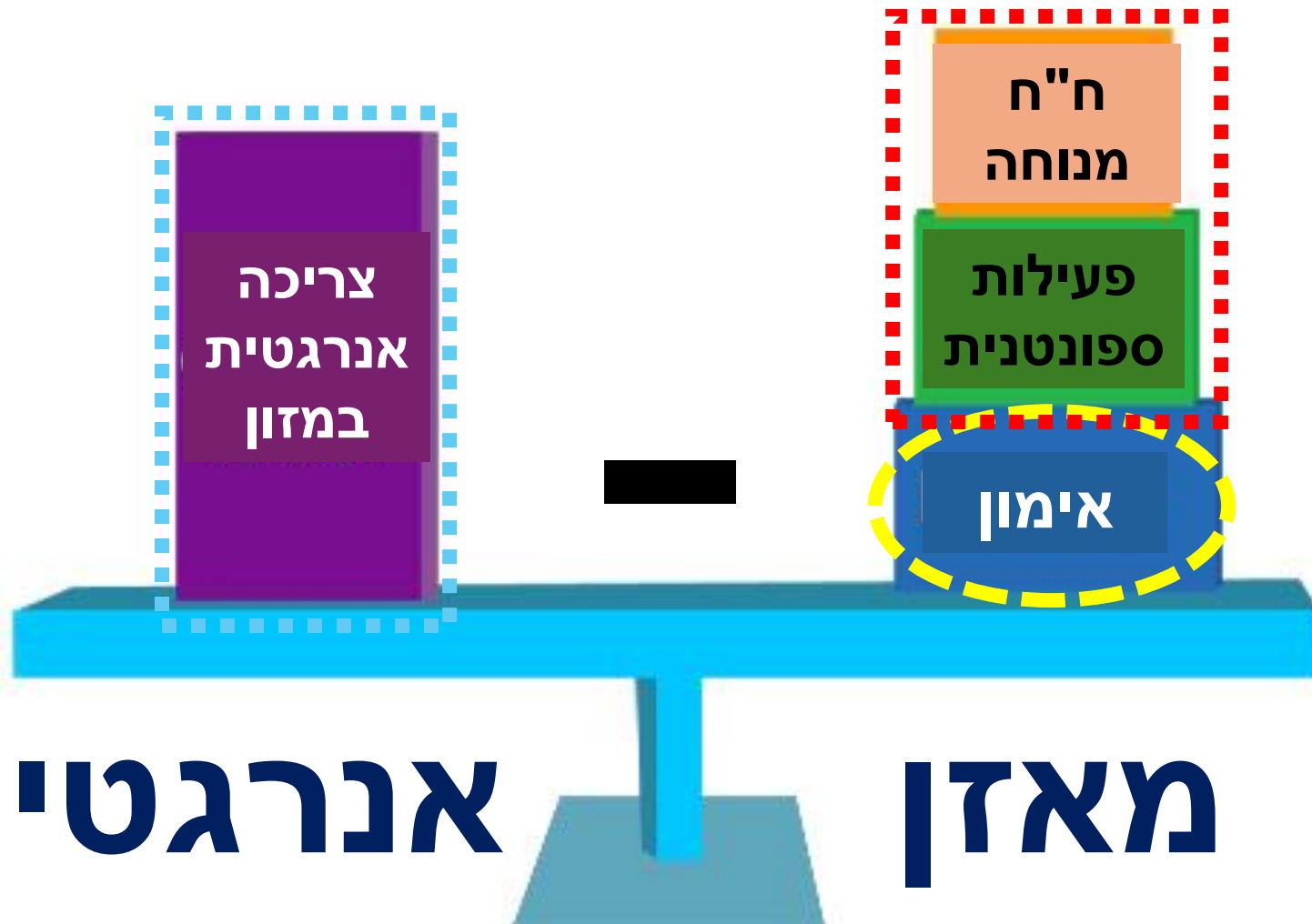
- היעדר פעילות גופנית

- **זמינות אנרגטית נמוכה** - מצב שבו צריכת האנרגיה היומית במזון, לאחר הפחתת העלות האנרגטית של האימון הספורטיבי, פחותה מ- 30 קלוריות/ק"ג מסת גוף רזה. זמינות אנרגטית נמוכה אינה מספקת לענות על הדרישות האנרגטיות של תהליכים הקשורים בתפקוד פיזיולוגי תקין ובבריאות.

זמינות אנרגטית נמוכה לאורך זמן היא הסיבה הראשונית לשינויים הורמונליים שגורמים לאמנוריא משנית. השילוב של זמינות אנרגטית נמוכה ואמנוריא משנית יחד עם מחלת האוסטאופורוזיס הנובעת מהם, מכונה בספרות המקצועית "**התסמונת המשולשת של הספורטאית**".

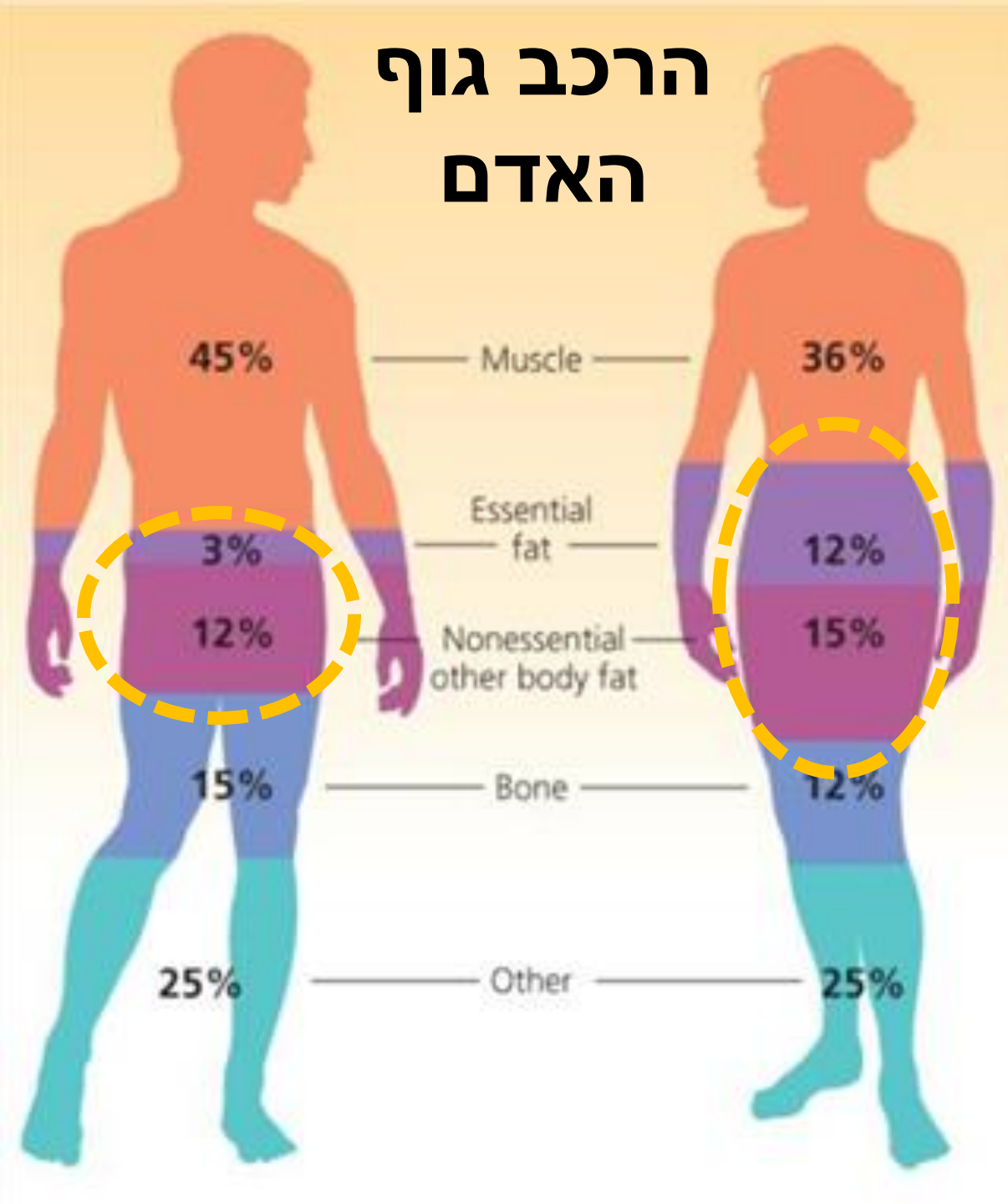
זמינות אנרגטית

החלק היחסי מסך הצריכה האנרגטית במזון
לאחר "ניכוי" העלות האנרגטית של האימון הספורטיבי
שעומד לטובת "התפקוד" של כל ק"ג מסת גוף רזה



מסת גוף רזה
Lean body mass - LBM

הרכב גוף האדם



מסת גוף - מסת שומן

= מסת גוף רזה

Lean body mass - LBM

מסת השומן

(% שומן * מסת הגוף)

מדידת % שומן



מעל השריר התלת-ראשי



מעל השריר הדו-ראשי



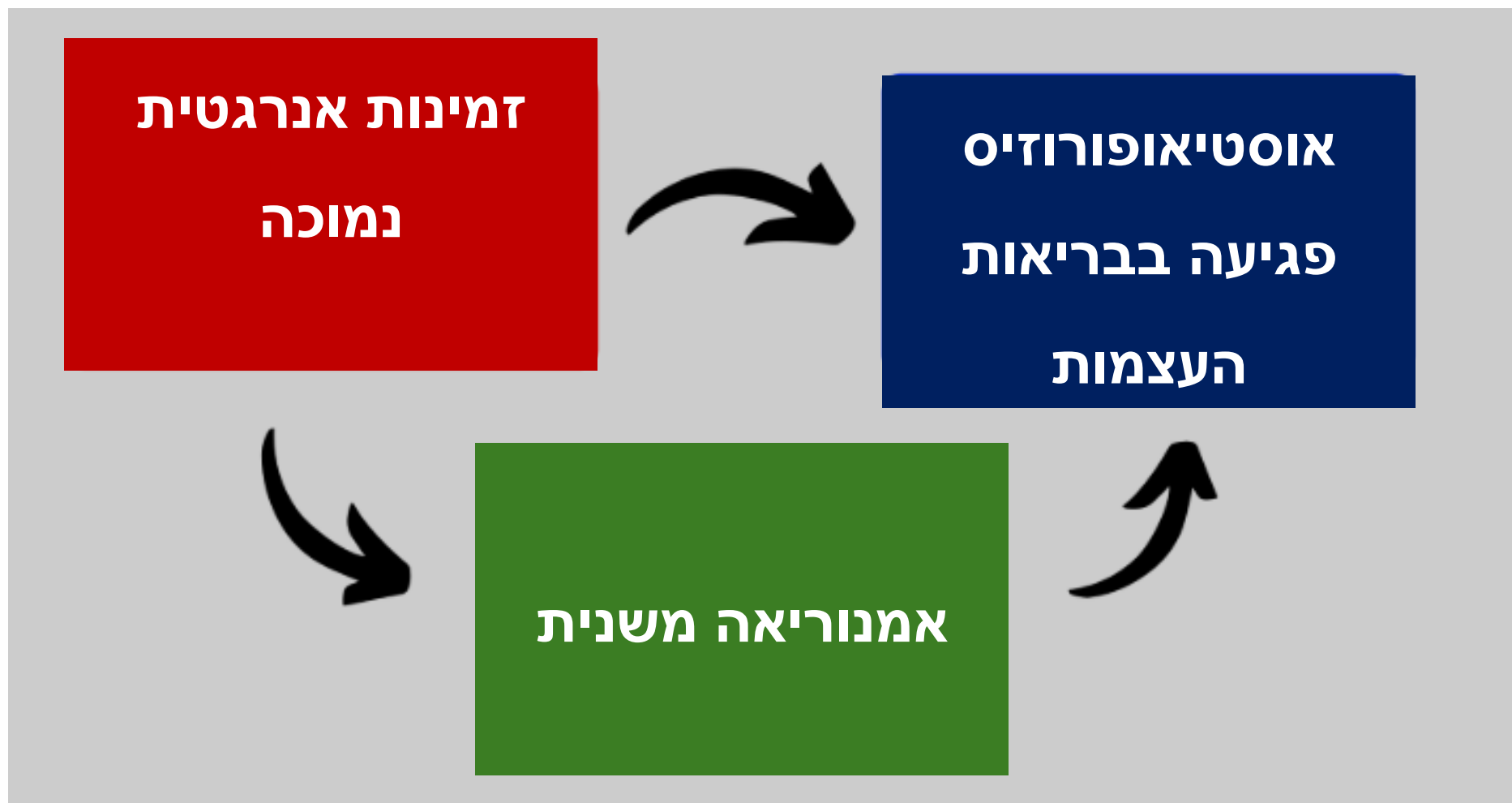
מעל רכס עצם הכסל



מתחת לעצם השכמה



התסמונת המשולשת של הספורטאית



זמינות אנרגטית

בחורה במשקל 65 ק"ג עם 20% שומן

BODY FAT PERCENTAGE WOMEN



זמינות אנרגטית

- בחורה במשקל 65 ק"ג עם 20% שומן. מסת גוף רזה (FFM) = 80%
* 65 ק"ג = 52 ק"ג
- מתאמנת על האליפטי/מסילה 5 פעמים/שבוע, שעה וחצי בכל פעם =
5600 קל"/שבוע (800 קלוריות/יום)
- צריכת אנרגיה יומית במזון = 3520 קלוריות
- זמינות אנרגטית = $(800 - 3520) / 2720 = 52$ קל"/ק"ג LBM
- זמינות אנרגטית גבוהה מתאימה לגדילה או עלייה במשקל

זמינות אנרגטית

בחורה במשקל 55 ק"ג עם 25% שומן

BODY FAT PERCENTAGE WOMEN



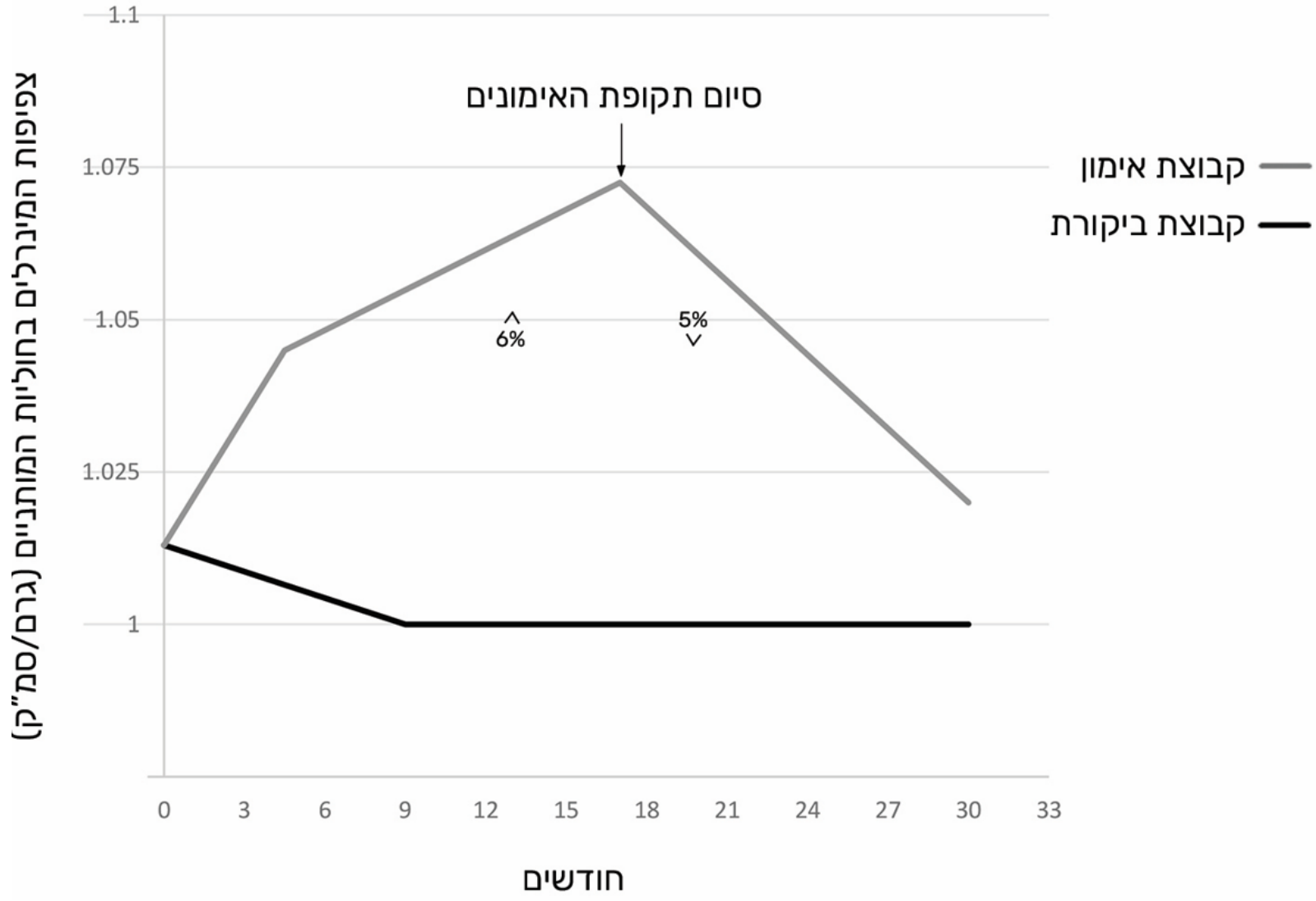
זמינות אנרגטית

- בחורה במשקל 55 ק"ג עם 25% שומן. מסת גוף רזה (FFM) = 75%
* 55 ק"ג = 41 ק"ג
- מתאמנת על האליפטי/מסילה 5 פעמים/שבוע, שעה וחצי בכל פעם =
5600 קל"/שבוע (800 קלוריות/יום)
- צריכת אנרגיה יומית במזון = 1980 קלוריות
- זמינות אנרגטית = $(800 - 1980) / 1180 = 29$ קל"/ק"ג LBM
- זמינות אנרגטית נמוכה עם סיבוכים בריאותיים

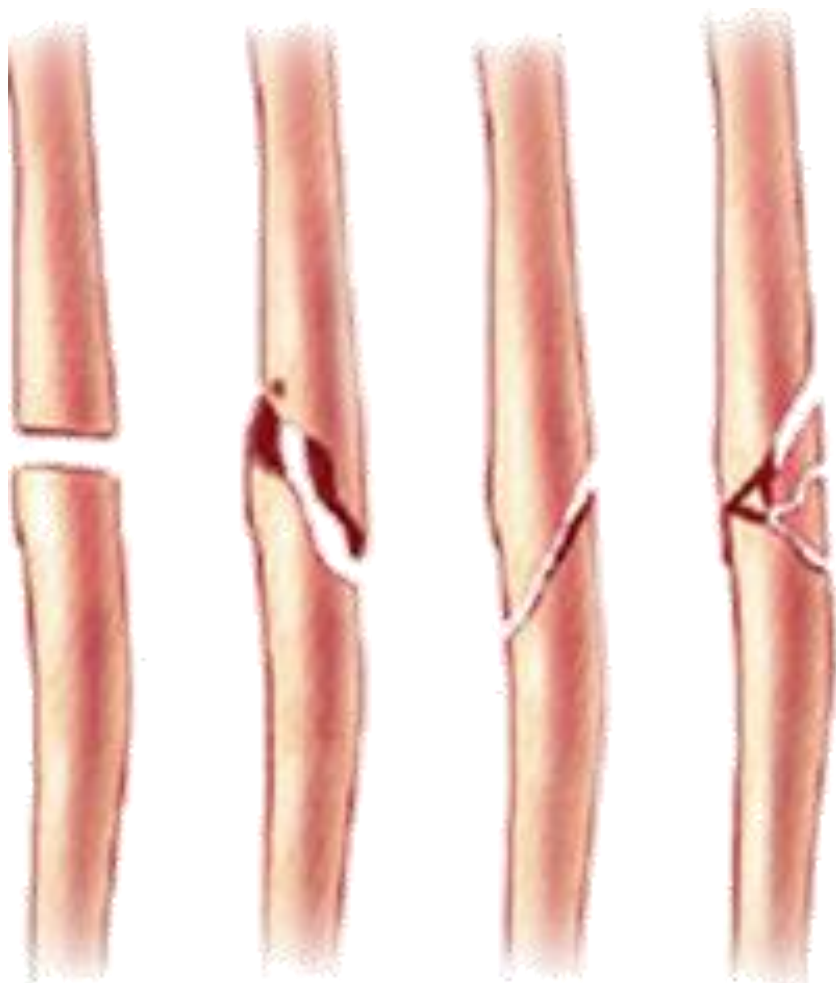
טיפול:

- אוסטאופורוזיס היא מחלה בלתי הפיכה. הטיפול מתמקד במניעת המחלה ובהאטת המשך התהליך של הידלדלות העצם.
- הטיפול כולל אכילת מזון עשיר בסידן וביצוע פעילות המעודדת את בניית העצם והתחזקותה.
- צריכת הסידן היומית המומלצת לאחר גיל 25 לגברים עד גיל 65 כ- 1,000 מ"ג/יום ולאחר גיל 65 כ- 1,500 מ"ג/יום, לנשים עד גיל 50 כ- 1,000 מ"ג/יום ולאחר גיל 50 כ- 1,500 מ"ג/יום.
- הפעילות המומלצת כוללת שילוב של אימונים לפיתוח סבולת ממושכת שמערבים נשיאה של משקל הגוף ואימונים לפיתוח כוח.
- לבעלי כושר נמוך ולמי שסבלו בעבר משברים, מומלצות פעילויות כמו שחייה ורכיבה על אופניים.
- פעילות גופנית גורמת גם לשיפור בקואורדינציה, בחוזק שריר, במהירות תגובה ובשיווי משקל ובכך מפחיתה את הסיכון לנפילה ולהיווצרות שבר בעקבותיה.

השינוי בצפיפות המינרלים בחוליות המותניים אצל נשים לאחר הפסקת המחזור, במהלך 17 חודשים של אימוני סבולת ובזמן 13 החודשים שלאחר הפסקת האימונים.



שבר - הפרעה בשלמות העצם



סוגי שברים

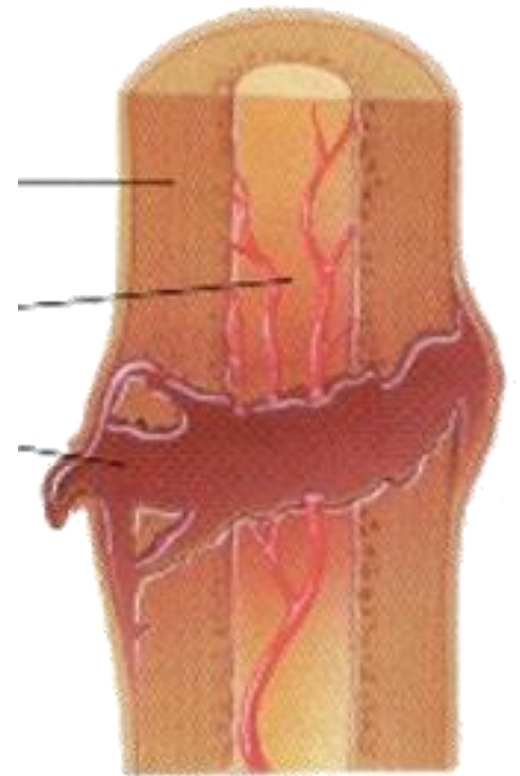
מרוסק אלכסוני לולייני רוחבי

גורמים להיווצרות שבר

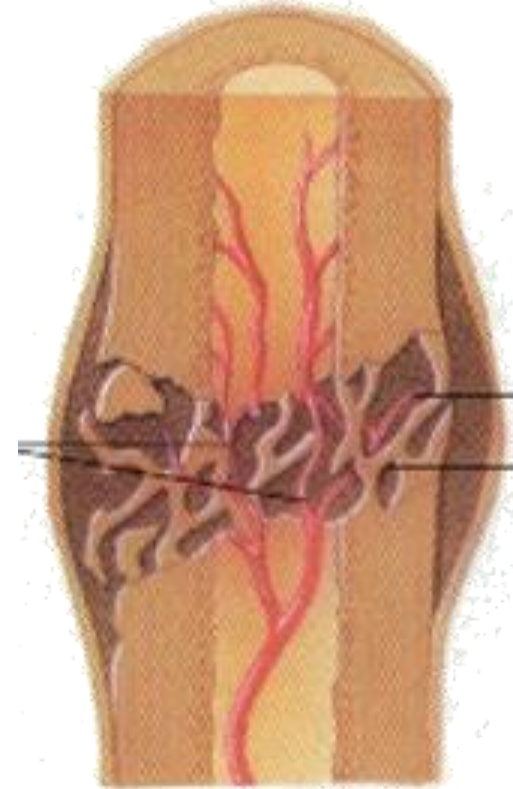
- חבלה חיצונית
- התעייפות העצם (שבר מאמץ)
- פתולוגיים (מחלה או גידול)
- דלדול העצם (אוסטאופורוזיס)

איחוי שברים

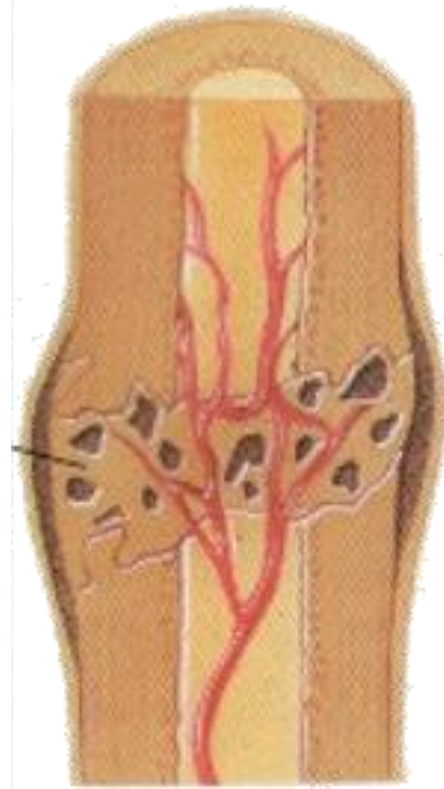
1. היווצרות שטף
דם וקריש דם



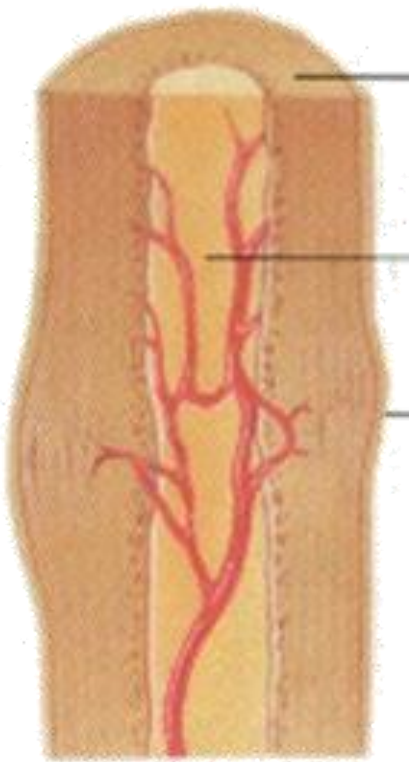
2. יצירת נימי דם חדשים
והרס רקמת העצם המתה

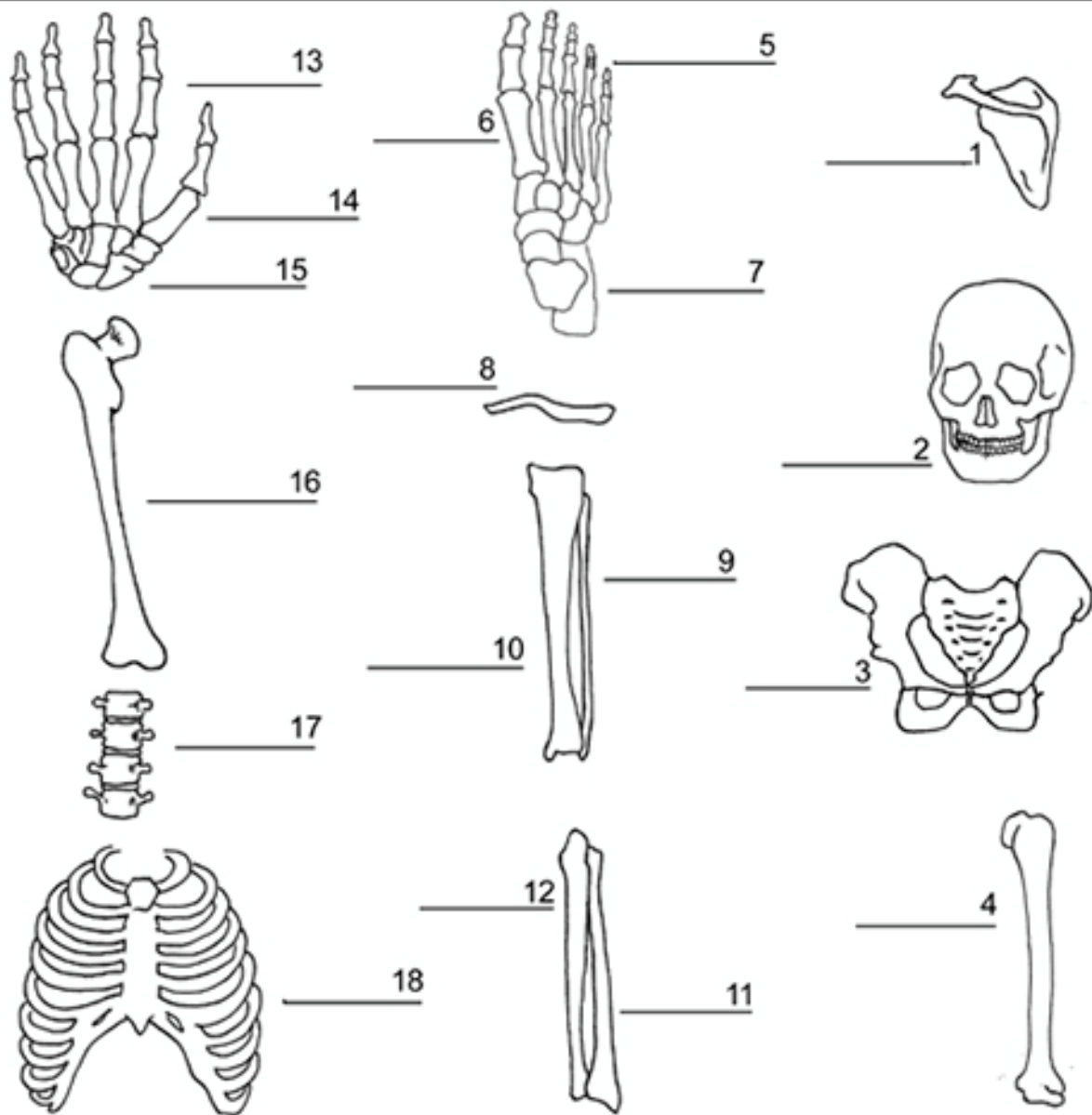


3. בניית רקמת
עצם חדשה - קלוס



4. סילוק עודפי קלוס
ועלייה בצפיפות העצם





תרגיל זיהוי עצמות

