

התאמות הגמל לבית גידול מדברי

ראובן יגיל¹

מבוא

הגמל הינו יונק מדברי המותאם היטב לתנאים בבית גידולו. סקירה והבנה של המנגנונים המאפשרים את התאמתו של הגמל לחיים בתנאי המדבר הקיצוניים יכולות לסייע בהבנת עקרונות ההומיאוסטזיס ומנגנונים שונים לשמירתו, תוך הדגשת הפעילות המשולבת של מערכות רבות בגוף השלם לשמירה על סביבה פנימית יציבה.

סביבתו הפנימית של הגמל נשמרת סביב טווחים גדולים של טמפרטורות גוף, ריכוזי מומסים שונים טווחים גדולים יותר מאלו שהאדם יכול לשאת. תכונה זו מקנה לגמל יתרון בהתמודדות עם תנאי המדבר הקיצוניים, בהשוואה ליכולתו של האדם.

הסיכום המובא להלן והשאלות שבסופו מתאימים כפעילות לסיכום נושא ההומיאוסטזיס.

מבט כללי על משפחת הגמליים (Camelidae)



משפחת הגמליים, שנציגה המוכר לנו הוא הגמל החד-דבשתי, היא משפחה שבניה מתאפיינים בהתאמות לסביבות חיים קיצוניות: הם מותאמים לחיות ב"מדבריות חמים", "במדבריות קרים" וב"מדבריות השמים" המצויים במרומי הרים.

- הגמל החד-דבשתי החי ב"מדבריות החמים" באפריקה ובמזרח התיכון, מותאם לאקלים חם ויבש ומזון דליל.
- הגמל הדו דבשתי החי במדבר גובי באסיה, מותאם לחיים בקור קיצוני ומזון דל ולתנאי יובש קשים.
- הלמות והאלפקות, אף הם בני משפחת הגמליים, חיים בפסגות הרי האנדים ומותאמים לחיות בגבהים, בתנאים של חוסר חמצן, טמפרטורה נמוכה ואיכות מזון ירודה.

בכתבה זו נתמקד בגמל החד-דבשתי, המותאם לתנאי המדבר. ההתאמות באות לידי ביטוי במערכות גוף שונות והשילוב ביניהן מאפשר קיום בתנאים של מחסור במים, טמפרטורות קיצוניות (גבוהות ונמוכות), חשיפה ישירה לקרינת השמש ומזון דל המכיל רמת מליחות גבוהה. חלק מההתאמות למדבר החם מתאימות גם לחיים במדבריות הקרים ובמקומות גבוהים.

מנגנונים להתאמה לחיים בתנאי מדבר

המנגנונים המאפשרים לגמל לחיות בתנאי המדבר חלקם - מורפולוגיים/אנטומיים, חלקם התנהגותיים, וחלקם - פיזיולוגיים. בכתבה נכיר תחילה את המנגנונים האנטומיים וההתנהגותיים אך נתמקד, בעיקר, במנגנונים הפיזיולוגיים המאפשרים שמירה על הומיאוסטזיס בתנאים אלו.

א. התאמות אנטומיות / מורפולוגיות



- אם נשים אבן גדולה (סלע) ואבן קטנה בבוקרו של יום חם, בחוץ, בתנאי קרינה ישירה נראה שטמפרטורת האבן הקטנה תגיע מהר לטמפרטורת הסביבה ואילו הסלע הגדול יתחמם הרבה יותר לאט. על פי עיקרון זה (יחס בין שטח הפנים של גוף לנפחו) גופו הגדול של הגמל מהווה יתרון בסביבת חיים מדברית: גופו הגדול של הגמל מתחמם פחות מהר מגופים קטנים וכך הוא מושפע פחות מתנודות הטמפרטורה האופייניות למדבר.

¹ פרופ' ראובן יגיל (054-7627315) אונ' ברסלטה בן גוריון, באר שבע

- הגמל נולד עם שכבת קרטין² על כל ארבעת הברכיים ועצם החזה שלו. שיכבה זו מבודדת את מעבר החום מהחול החם כאשר בעת מנוחה הגמל רובץ על בירכיו כשעצם החזה שלו נוגעת בקרקע.
- הדבשת היא מצבור של שומנים בעוד שאר חלקי הגוף דלים בשומן. החום הנקלט על ידי השומן בדבשת אינו מועבר לשאר חלקי הגוף מפני שהדבשת ענייה מאוד בכלי דם. למבנה זה שני יתרונות: הוא מקטין את מעבר החום לשאר חלקי הגוף וכן מאפשר איבוד חום מיתר חלקי הגוף (שכן הם אינם "מרופדים" בשכבות שומן).
- לגמל רגליים ארוכות המרחיקות את גופו מהקרקע הלוהטת. מבנה כף הרגל רחב ביותר מונע את השקיעה בחול.
- נוזלי העין והאף מוחזרים לגוף.
- אפו הארוך של הגמל³ מכיל כלי דם רבים הקרובים לחלל האף. האוויר העובר בנשימה דרך האף קולט את החום הנפלט מצינורות דם אלו ומסייע בכך לאיבוד חום ולשמירה על טמפרטורת הגוף.
- העפעפיים, ריסי העיניים ומבנה הנחיריים מונעים כניסת חול. החול עלול להפריע לנשימה ולגרום ליובש של הרקמות.
- לגמל פה בעל מבנה מיוחד המותאם לאכילת מזון קוצני וכן גם מערכת עיכול מותאמת לכך. לגמל שפתיים רגישות מאוד ותנועתן מאפשרת הפרדת החול מהצמחים ואכילת קוצים מבלי להינזק.
- החיך העליון חסר שיניים חותכות. החיך הקשה מאפשר מעבר של קוצים בין השיניים הטוחנות ללא נזק. עומק החיך וקפלים רבים עוזרים להעברת המזון להמשך העיכול.

ב. התאמות התנהגותיות

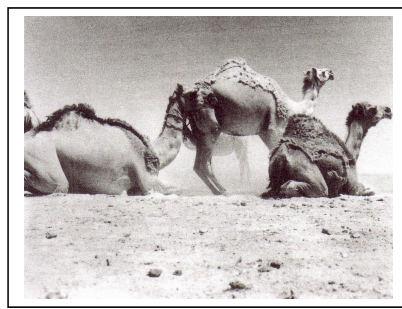


- בשעות היום הגמל חשוף במשך זמן רב לקרינת שמש ישירה ללא אפשרות למקום מסתור מוצל. הגמל עומד עם פניו לשמש כך ששטח הפנים של הגוף שחשוף לקרינה ישירה - קטן (ראו תמונה).
- הגמל כורע על ברכיו ויוצר צל מתחת לגופו. כשהוא מתיישב רגליו מכונסות בחלק המוצל מתחת לגופו, וכך הן חשופות פחות לחום שבסביבה.
- בדרך זו החלק היחיד החשוף לשמש הוא הדבשת אשר בגלל המבנה השומני שלה ומיעוט כלי דם החום הנקלט בה אינו עובר לשאר חלקי הגוף

תמונה 2: אפו הארוך של הגמל



תמונה 1: הגמלים מפנים את פניהם לשמש



² קרטין - חלבון סיבי חזק, עשיר בגופרית מצוי בכמויות גדולות בשרירים רצוניים של חולייתנים, נוצות, שיער, קרניים, צפורניים,

פרסות ובשכבת העור החיצונית

³ התמונה לקוחה מתוך:

Yagil, R. The Desert Camel: Comparative Physiology. Comparative Animal Nutrition, Vol 5: Karger Ag., Basel, Switzerland. 163pp. 1985.

ג. התאמות פיזיולוגיות



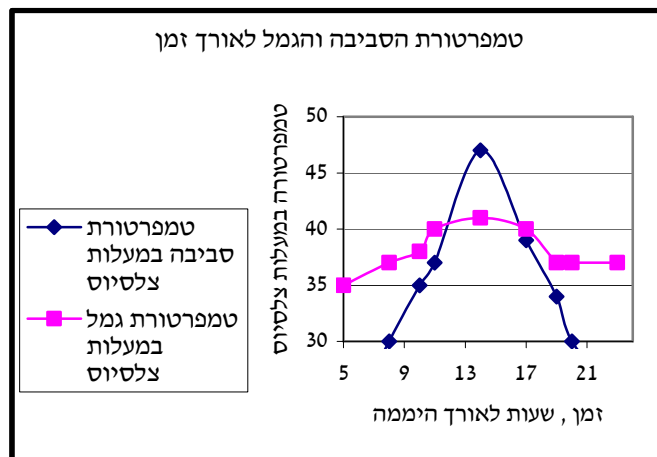
1. יסודות חום הגוף

הגמל, כמו כל היצורים ההומיאותרמיים, הנו בעל יכולת לויסות חום גופו. ההומיאוסטזיס בגמל מתקיים תוך שמירה על תנאים פנימיים בטווחים גדולים מאלו המוכרים באדם. בתנאים של מחסור במי שתייה, טמפרטורת גופו של הגמל עולה מ- 34°C בבוקר (כשהמדבר עדיין קריר) ל- 42°C אחר צהריים כשהמדבר בשיא החום. מנגנון זה של תנודות בטמפרטורת הגוף בטווח שבין 34°C ל- 42°C שומר על טמפרטורת גוף גבוהה מטמפרטורת הסביבה לאורך רוב שעות היום (ראו גרף מספר 1), וקירור הגוף מתקיים בעיקר באמצעות הסעה וקרינת חום תוך כדי חיסכון במים. מנגנון זה יעיל מאוד בסביבה בה המים מהווים גורם מגביל. האדם אינו שורד בתנודות כאלה בטמפרטורת גופו והיא נשמרת בטווח צר שבין 36.5°C ל- 37.2°C . אי לכך עם עליית טמפרטורת הסביבה איבוד החום וקירור הגוף נעשה בעיקר באמצעות ההזעה. (בשעת מאמץ בטמפרטורה גבוהה מאבד האדם עד 4 ליטרים זיעה בשעה, שרובה - מים).

טבלה מספר 1: שינויים בטמפרטורת גוף של גמל בתנאים שונים

תנאים	טווח טמפרטורות הגוף ($^{\circ}\text{C}$)	טווח השינויים בטמפרטורת גוף של הגמל ($^{\circ}\text{C}$)
מים בשפע	38.0 – 36.5	שינויים בטווח של 1.5 מעלות
חסור מים (דהידרציה)	42.0 – 34.0	שינויים בטווח של 7 מעלות

גרף מספר 1: טמפרטורת גופו של הגמל וטמפרטורת הסביבה לאורך זמן



2. עיכול

המזון הצמחי העומד לרשותו של הגמל במדבר הוא דל בחלבונים, עשיר במלחים, כמותו מוגבלת והוא קוצני. צינור העיכול של הגמל, מהפה ועד לפי הטבעת, מותאם לתנאי התזונה במדבר.

- לגמל שלוש קיבות. בקיבה הראשונה (ה-Rumen) עיכול המזון נעשה על ידי חיידקים החיים בקיבה זו ומתרבים בה. כשהחיידקים עוברים דרך הקיבה האחרונה, הם מתים בגלל החומציות הגבוהה, ומשמישים מקור חשוב לחלבון. למעשה הגמל מתקיים גם מאוכלוסיית החיידקים המאכלסת את קיבת ה-Rumen.
- קיבת ה-Rumen גדולה מאד ובעלת קיבולת של למעלה מ-200 ליטרים. מבנה זה מאפשר לגמל בוגר הנמצא במצב של דהידרציה (איבוד מים) לגמוע תוך זמן קצר עד 200 ליטרים של מים בשעה שהם זמינים.
- במעיים יש ספיגה מוגברת של מלחים לדם. לתהליך זה חשיבות רבה בתהליך ספיגת המים ממערכת העיכול אל הדם, וגם לתהליכי הספיגה החוזרת בכליה. המים נעים באוסמוזה בגלל הפרש ריכוזי מלחים אל הגוף מהקיבה ומהכליה וכך מוגברת ספיגת המים אל הגוף ונמנע איבוד מים. ספיגת המלחים מווסתת על ידי הורמון אלדוסטרון שהפרשתו מוגברת בזמן התייבשות.
- רוב המים שהגיעו למעי הגס נספגים חזרה לדם כך שהגללים יבשים מאד ואין איבוד מים.

הידעת?

הגמל אוכל במהלך הליכתו נגיסה פה ונגיסה שם וכך אינו גורם לנזק לצמחייה במקום מסוים. יש לכך חשיבות אקולוגית בעיקר בהשוואה לנזק שגורמים הבקר והעיזים ברעייתם.

3. דם



דם הגמל מתאפיין בהמטוקריט 4 נמוך ובמספר גבוה של תאי הדם האדומים. לתאי הדם האדומים צורה אופיינית (ראו תמונה מספר 3) ועמידות לשינויים אוסמוטיים.

הבדל משמעותי בין דם אדם לדם גמל הוא אחוז ההמטוקריט הנמוך בגמלים - 28%, לעומת 45% בדם אדם. באדם מהווים תאי דם כמעט מחצית מנפח הדם. בדמו של הגמל הנפח שתופסים התאים מהנפח הכולל של הדם קטן יותר כלומר בגמל יש יותר מים. דבר זה מאפשר לגמל לאבד כמות מים גדולה לפני שהדם הופך להיות צמיג.

באדם עליית טמפרטורת הסביבה ואיבוד מים גורמים לדם להפוך להיות יותר צמיג. כתוצאה מכך, הלב פועם יותר בחוזקה להזרמת הדם ופעולה זו דורשת יותר אנרגיה. ייצור אנרגיה זמינה נעשה בתהליך הנשימה התאית, שהגברתה גורמת לעלייה בכמות החום המשתחרר מהתאים לסביבתם וחום זה מביא לעלייה בטמפרטורת הגוף. כך נגרמת עליה עד לטמפרטורת גוף קריטית והאדם סובל ממכת חום. בגמל כל התופעות האלו לא מתקיימות. (כאמור לגמל מים במערכת העיכול המנוצלים לשמירה על נפח הדם). היות ואחוז ההמטוקריט נמוך, במידה וקיימת הקטנת נפח הדם כתוצאה מאיבוד מים היא לא תגרום לשינוי משמעותי בצמיגות הדם וכך נמנעת התפתחות מכת חום.

4. תאי דם אדומים



תאי הדם האדומים של הגמלים שונים בצורתם, בגודלם ובמספרם בהשוואה לתאי הדם האדומים של האדם. ההתאמה של תאי הדם של הגמל לנשיאת חמצן ומאפייני הזרימה של התאים האדומים בדם מאפשרים לו

⁴ אחוז הנפח של תאי דם מכלל נפח הדם. מהווה מדד לנפח תאי הדם האדומים.

קיום לאורך זמן ללא מי שתייה. תאי הדם האדומים הנם בעלי צורה סגלגלה, גמישים, חסרי גרעין ומאוד עמידים ללחץ האוסמטי הגבוה הנוצר מעלייה בריכוז המומסים בדם.

טבלה מספר 2: עמידות תאי דם אדומים של גמל ושל אדם בתמיסות מלח בריכוזים שונים

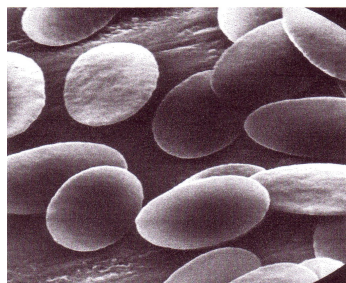
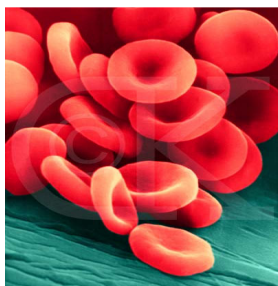
תאי דם אדומים		ריכוז NaCl (ב%)
של גמל	של אדם	
נותרים ללא שינוי	מצטמקים ונשברים	1.2% (תמיסה היפרטונית)
נותרים ללא שינוי	עוברים המוליזה. קרומיהם נקרעים	0.5% (תמיסה היפוטונית)

תאי הדם האדומים של הגמל יישארו ללא שינוי גם בריכוזי מלח מדהימים של 20% (בים, לשם השוואה, ריכוז המלח הוא 0.35%) וגם בריכוזים נמוכים מאד של 0.1% ואף למטה מזה. (תמיסת סליין איזוטונית, לשם השוואה היא בריכוז מלח של 0.85%)

המשמעות של נתונים אלו היא שריכוז קיצוני של מומסים סביב התאים לא גורם לשינויים למרות ההפרשים בלחצים האוסמוטיים. נתונים אלו מסבירים את היכולת של הגמל לשתות כמות גדולה מאוד של מים (200 ליטר) תוך דקות ספורות מבלי שתאי הדם יינזקו. העמידות של תאי הדם לשינויים גדולים בלחצים האוסמוטיים אפשרית בגלל צורתם הסגלגלה וכנראה בגלל הרכב קרומי התא המאפשר יותר אלסטיות.

ריבוי תאי דם אדומים: בגמלים קיימת פוליציטמיה פיזיולוגית בגלל ריבוי תאי הדם האדומים, כמות ההמוגלובין בדם הגמל גבוהה יותר וכך נשיאת החמצן יעילה יותר. יעילות זאת בנשיאת החמצן מאפשרת הפחתה של קצב הנשימה.

תמונה מספר 3: תאי דם אדומים של גמל ואדם:



טבלה מספר 3: השוואת כמות המוגלובין, המטוקריט ומספר תאי דם אדומים למ"ל דם ביצורים שונים

מספר תאי דם אדומים (מליון במיליטר מעוקב דם)	המטוקריט (% תאים אדומים מנפח הדם)	המוגלובין (מ"ג ב-100מיליטר)	
10	28	13	גמל (DROMEDARY) חד דבשתי
11.5	39	12	גמל דו (BACTRIAN) דבשתי
14	32	16	למה (LLAMA)
5	40	14	אדם

5. נשימה



במונח "נשימה" נכללים שני תהליכים שונים הכרוכים זה בזה: נשימה חיצונית שהיא חילוף גזים המתרחש בריאות ונשימה תאית שהיא תהליך מטבולי.

תהליך הנשימה החיצונית מאפשר הבאת חמצן אל התאים וקיום תהליך נשימה תאית. פעולת חילופי הגזים בריאות מלווה באיבוד מים. מכאן שנשימה, חיונית לחילוף חומרים אבל משפיעה על מאזן המים. עלייה בקצב חילוף חומרים מעלה את קצב חילוף הגזים ולכן גם את קצב איבוד המים. באדם שינוי זה עלול לגרום למכת חום בתנאי מדבר. בגמלים בעת עקת מים, קטן קצב הנשימה ועמו קטנים גם קצב חילוף החומרים וקצב איבוד המים. הקטנת קצב הנשימה אינה משפיעה על הגמל בגלל המספר הגדול של תאי דם אדומים הקושרים די חמצן לשמירה על מאזן חמצן בגופם. ירידה בקצב הנשימה גורמת לעלייה זמנית בחומציות הדם (blood acidosis) אך אין לכך השפעה על הגמלים.

6. מנגנוני הומיאוסטזיס בכלית הגמל



- אצל גמלים במצב של דהידרציה כמויות משמעותיות של שיתן (אוריה) נספגות חזרה בכליה, והדבר מסייע לספיגה חוזרת של מים. השיתן הנו "לוכד" מים טוב, ומשמש ללכידת מים לא רק בגמל אלא גם באדם, בצמחים, בכרישים, בדובים בשעת תרדמת חורף (היברנציה) ובדגי ריאות.
- התופעה של ספיגה חוזרת של שיתן, היא גם הסתגלות למזון דל חלבון. היא מאפשרת בנוסף לחסכון במים, חסכון בתרכובות חנקניות.
- ריכוז השתן המכסימאלי בגמל הוא 2.8 אוסמול לק"ג, ריכוז שתן מכסימאלי באדם הוא 1.4 אוסמול לק"ג. הדבר מעיד על חיסכון ניכר במים בעת יצירת שתן בגמל בתנאים של חוסר מים. אנו רואים כאן התאמה אם כי גם בכליית האדם יש מנגנונים המאפשרים את ריכוז השתן מעבר לריכוז הדם.
- גמל צמא במשקל 600 ק"ג מפריש רק 50 מ"ל שתן בריכוז גבוה מאוד, שתן כזה ודביק המכיל את המלחים המופרשים בכליות⁵. השתן המופרש נדבק לאחוריו ומאפשר קירור נוסף של הגוף על ידי אידי.

⁵ תמונה: שתן מרוכז של גמל:

היכולת של כליות הגמל לחסוך במים מודגמת בבדיקה הבאה: כשנותנים לגמל תמיסת גלוקוז מרוכזת בתנאים של שפע מים, מופרשים עודפי הסוכר בשתן בלויית מים רבים (כמו באדם, בבדיקת העמסת סוכר). כאשר נותנים את תמיסת הסוכר המרוכזת לגמלים בדהדרציה – המהלך שונה. רמת הסוכר בדם הגמל עולה מ-100 מ"ג % ל-1300 מ"ג %, וכך נחסך איבוד של כמות גדולה של מים. רק לאחר שתיית מים, הגלוקוז המצויה בדם מופרשת בכמויות גדולות בשתן ומלווה ביציאת מים מהגוף. באדם, כאשר רמת הגלוקוז בדמו עולה על 180 מ"ג % מופרשים עודפי הגלוקוז בשתן עם כמות גדולה של מים (כמו במקרה של סוכרת).

7. סבילות לאיבוד מים (DEHYDRATION TOLERANCE)



- כשהאדם מאבד מים במשקל של 10% ממשקלו, גופו קורס, וכשאיבוד המים עולה על-12% ממשקל גופו, האדם מת. אדם שמשקלו 60 ק"ג המאבד 6 ליטרים של מים בתנאי חום ויובש יהיה במצב של עקה (stress) מיידית ויחוש רע מאוד. גמלים לעומת זאת עשויים לאבד מים במשקל של כ-33% ממשקל גופם במהלך שבועיים בתנאי חום ויובש (כמות זו שוות ערך לכ-200 ליטרים!) ועדיין יתפקדו. הדם באדם הופך מרוכז (כפי שהוסבר) בעוד שבגמלים מים ממוחזרים וכמעט לעולם לא מגיעים למצב התייבשות. במרוקו צוין שגמלים שהו במדבר 30 יום ללא מים.
- יכולת נוספת המאפשרת קיום הומיאוסטזיס אצל הגמל היא חידוש מהיר של מלאי מים שאבדו. גמל עשוי לשתות 200 ליטרים של מים במשך 3 דקות בלבד! ובכך לתקן את מאזן המים באופן מיידית. באדם לעומת זאת השיבה למאזן מים תקין היא איטית: כדי לפצות בשתייה על איבוד 6 ליטרים של נוזל יש צורך 24 שעות או יותר.



400 ק"ג → 600 ק"ג
שבועיים

שתיית 200 ליטרים
תוך 3 דקות

סיכום

חוסר במי שתייה הוא הגורם המגביל העיקרי במדבר. בעוד שהאדם מנסה להימנע מסביבה זו (צל, קירור) לגמל אין בעיה להתקיים בה. המזון מספק לגמל מים הממוחזרים בגופו יחד עם חלבונים, אבל יש צורך במלח לספיגתם.

גודלו, שכבות הקרטין, נחיריו ודבשתו מהווים יתרונות מורפולוגיים לשמירה על הומיאוסטזיס בסביבה קיצונית זו. דפוסים התנהגותיים ופיזור חום תורמים לשמירה על מאזן מים. השינויים הפיזיולוגיים במערכות גוף רבות מפחיתים את איבוד המים מצינור העיכול, מהעור (שינויים בטמפרטורת גוף), בשתן ובריאיות.

יכולת הגמל לחיות זמן ממושך במדבר ללא מי שתייה ועם מזון דל ביותר מתאפשרת הודות לכך שכל המערכות בגוף מותאמות לכך ופועלות בתיאום בנוסף לתרומה של גורמים אנטומיים והתנהגותיים.



שאלות לדיון:

1. למרות המספר הגבוה של תאי דם אדומים בגמליים לכל ממ"ק דם יחסית לאדם, ההמטוקריט נשאר נמוך. הסבירו מהם היתרונות הביולוגיים של תופעות אילו בסביבות החיים השונות של הגמליים.
2. באילו מיקרים ניתן לראות את תופעת הפוליציטמיה (ריבוי תאי דם אדומים) באדם? הסבירו.
3. ערכו השוואה בין התכונות של תאי דם אדומים בגמל ובאדם.
4. הסבירו את היתרון בהפחתת קצב הנשימה במידבר.
5. כיצד הגמל שומר על רמת חילוף חומרים תקינה למרות הירידה בקצב הנשימה?
6. הסבירו את המנגנונים המאפשרים לבני משפחת הגמליים לשרוד בתנאים של חוסר חמצן?
7. באזור מצפה רמון מגדלים למות ואלפקות. הסבירו מהן ההתאמות של מינים אילו לבית גידולם הטבעי (עד 5000 מטרים מעל פני הים) ואילו שינויים התרחשו כתוצאה מהמעבר למצפה רמון (עד 1000 מטרים מעל פני הים)?
8. מהם השינויים הפיזיולוגיים בזרימת הדם באדם העובר מאזור ירושלים לאזור אילת?
10. תארו את השינויים בטמפרטורת גופו של הגמל לאורך יממה בתנאים של דהידרציה ובתנאים רגילים. הסבירו כיצד התאמה זו ביוסות חום הגוף מאפשר הישרדות גמלים בבית גידולם?
11. מהי התרומה של מנגנון העלאת טמפרטורת גוף של גמל בתנאי סביבה מסוימים לשמירה על מאזן מים?
12. השווה בין מבנה נפרון בכליה של גמל למבנה נפרון של אדם.
13. האלדוסטרון וה-ADH הם שני הורמונים המעורבים בשמירה על מאזן מים ומלחים בגוף. תארו את דרך פעולתם וצינו מהם תאי הפרשה של ההורמון, תאי המטרה והפעילות של כל ההורמון. מהי תרומתם של הורמונים אלו לתהליך הסתגלות לתנאי יובש?
14. מהו ההסבר הביולוגי לתופעה שגמל בדהידרציה מסוגל לשתות 200 ליטרים ב-3 דקות?
15. כיצד העיקרון יחס שטח פנים לנפח בא לידי ביטוי בהתאמות הגמל לתנאי יובש?
16. לדעתכם, האם הגמל הוא ייצור הומיאותרמי? האם הגמל שומר על הומאוסטזיס?
17. מהו ההבדל העיקרוני בין אופן השמירה על ההומאוסטזיס בגמליים ובאדם?

ביבליוגרפיה:

1. Wernery, U and Fowler, ME. Color atlas of camelid hematology. (1999B) lackwool, London.
2. Yagil, R. Physiology of the camel. Invited contribution In: Israel Agricultural Encyclopaedia (Hebrew) IVth Volume. 1975. Yagil, R. and Etzion, Z. Dehydration tolerance in the Bedouin camel. Refuah Vet. 35: 24-25, 1975
3. Yagil, R. The Desert Camel: Comparative Physiology. Comparative Animal Nutrition, Vol 5: Karger Ag., Basel, Switzerland. 163pp. 1985.
4. Yagil, R. The Camel In Today's World. A Handbook for Camel Breeding. Deutsche Welthungerhilfe, Bonn, 75 pp, 1994
5. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a02/CI000435.pdf>