

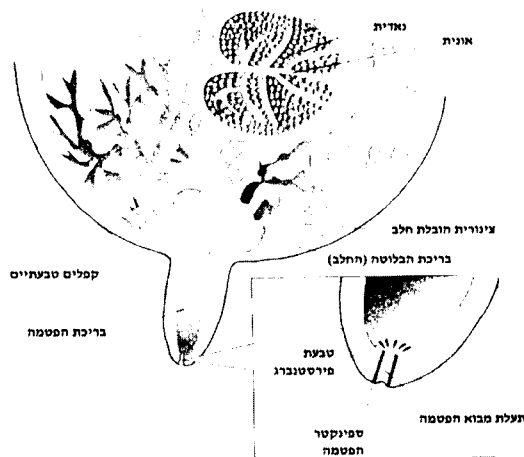
חליבה נכונה ויעילה

עזרא שושני, האגף למיכון וטכנולוגיה שה"מ

את קבלת החלב אל מחוץ לעטין: תהליך הפרשת חלב – תנועת רכיבי החלב המיוצרים ע"י תאי אפיתל ברקמת ייצור החלב, לחללי אגירה בעטין; הורדת חלב – הפלטת חלב אקטיבית מחללי האגירה בעטין, ותהליך הסרת חלב מן העטין – הוצאת החלב מהעטין אם על ידי יניקה, חליבת ידיים או חליבת מכונה. עטין הפרה הוא למעשה בלוטת עוד שהתפתחה לממדים מרשימים, אשר אף בלוטה

גורמים שונים, מעבר לגודם הגנטי, משפיעים על הכלכליות של ייצור חלב. תנובת החלב הפוטנציאלית של עדר תלויה בשילוב נכון של מדיניות בירור, טיפוח, זפוריות. המגבלה להשגת פוטנציאל ייצור החלב תלויה במרביתה במשטר ההזנה הנהוג בעדר וכן בבריאות הכללית של העדר. כל הגורמים הללו משפיעים על הפרשה או ייצור החלב בעטין. עם זאת, תנובת החלב במשך התחלובה אינה מושפעת רק מהפרשת החלב בעטין; יעילות הורדת החלב ממקום ייצורו והפקה נכונה של החלב מן העטין ישפיעו לא פחות על תנובת החלב. אך פירוט תהליך יעיל של הורדת החלב והפקתו מן העטין ללא הכרת המבנה האנטומי והפיזיולוגי של העטין משול יהיה לרתימת העגלה לפני הסוסים.

תמונה 1. מבנה סכמטי של העטין.



מבנה אנטומי ופיזיולוגי של העטין

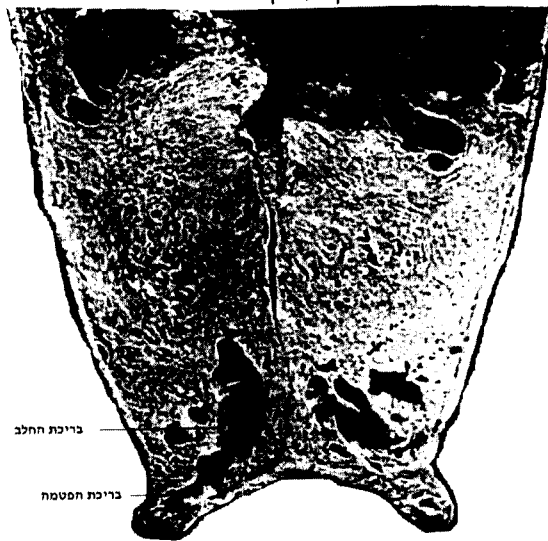
בלוטת ייצור החלב היא איבר שהתפתחותו צאצאי היונקים למיניהם השונים תלויה בו. בפרות החלב, בירור גנטי ארוך-שנים ולאחרונה (המאה ה-20) התפתחות טכנולוגית של חליבה מכנית, הביאו לכך שתנובת החלב של פרת החלב עלתה לרמה הרבה מעבר לצרכים של העגל, ללא תלות בגורמי

סביבה (מרעה זמין, פטופריודים וכו'). "דחיפת" הפרה לייצור חלב בכמויות הולכות ועולות במקביל להסרת כמויות עצומות אלה של חלב באמצעות מכונת החליבה יצרו עקה לא-טבעית על עטין הפרה. לכן, לשיטת החליבה בצירוף הפעולה המכנית להסרת החלב מן העטין יש השפעה ישירה על בריאות העטין ועל ייצור החלב. שלושה תהליכים, השזורים אחד בשני, יכתיבו

אחרת בגוף הפרה לא ישווה לה. עטין הפרה בנוי מארבע בלוטות נפרדות: שתיים קדמיות ושתיים אחוריות. שני צדי העטין, כאשר כל צד בנוי מרבע אחורי ורבע קדמי, נבדלים זה מזה באמצעות מיתר אמצעי. הגבול בין שני החצאים ניכר לעין. לעומת זאת, לא ניתן להבחין בגבולות ברורים בין רבע קדמי לאחורי. על אף זאת, הם נבדלים באמצעות רקמת חיבור דקה. חלב המיוצר בכל בלוטה (רבע)

כנגד גורמי מחלות. תעלת מבוא הפטמה נשארת חתומה בין חליבות באמצעות מקבץ שרירים חלקים, אורכיים וטבעתיים (ספינקטר). רוחב תעלת מבוא הפטמה ואורכה הן תכונות, אשר נמצא להן קשר ישיר לסיכון להיפגע בדלקות עטין – פרות עם תעלה רחבה וארוכה הן רגישות יותר לדלקות עטין מאשר פרות עם תעלה צרה. עם זאת, הנטייה לברור פרות מהירות חליבה גורמת בלי משים לטיפוח פרות עם תעלת מבוא פטמה רחב. התעלה נוטה להתרחב וגם להתארך עם העליה בגיל ואלה גורמים הקשורים לרגישות ההולכת ועולה של הפרות לדלקות עטין עם העליה בגיל. בקצה הפנימי של תעלת מבוא הפטמה (זה שגובל בבריכת החלב) ניתן להבחין באזור הבנוי מקפלים רבים וכינויו הוא מצבה חיה, תרתי משמע, למי שגילה אותו: "שושנת פירסטנברג". תאי האפיתל באזור זה מאופיינים ביכולת הפרשה דירית של חומר הקרוי קָרְטִין. מעבר להגברת יכולת החסימה בפני חיידקים על ידי מילוי החלל בין הקפלים, הקרטין גם מכיל מרכיבים שונים המאופיינים בסגולות אנטימיקרוביאליות. נוסף לכך, באזור זה ניתן לאבחן גם נוכחות של תאי דם לבנים.

בהמשך לתעלת מבוא הפטמה ממוקמת תמונה 2. חתך עטין.



בריכת החלב

בריכת הפטמה

מנוקז החוצה באמצעות פטמה אחת ולכל פטמה צינור מוצא אחר. עור העטין מכוסה שיער דליל, אך הפטמות חשופות. כמות החלב המיוצרת על ידי הרבעים האחוריים מהווה כ-55%–60% מכלל החלב וכך גם משקלם. אורך הפטמות אינו יכול לייצג את כמות החלב של הרבע, כיוון שאורך הפטמות האחוריות קצר בדרך כלל, לעומת זה של הקדמיות. מבחינה אנטומית, כל חצי עטין נבדל כמעט לחלוטין מהחצי השני; לכל חצי עטין מערכת אספקת דם משלו, מערכת עצבים, ומערכת תמיכה. הפטמות עשירות באספקת דם. צורתן נעה בין מבנה גלילי למבנה קוני ואורכן משתנה רבות בין פרות. האורך והרוחב הממוצעים של פטמות קדמיות הם 6.6 ס"מ ו-2.9 ס"מ בהתאמה, ושל פטמות אחוריות 5.2 ס"מ ו-2.6 ס"מ.

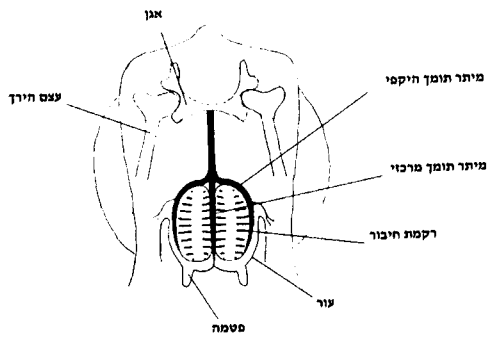
גודל העטין, צורתו ותנובת החלב הם תכונות בלתי תלויות בתכונות הפטמות שהוזכרו לעיל. לכל תכונה, הן של העטין והן של הפטמה, השלכה על רגישות העטין להינגע בדלקות עטין. אדון בכך ביום מן הימים במאמר נפרד. בשיעור ניכר של פרות ניתן להבחין בפטמות עודפות הממוקמות בדרך כלל מעל הרבעים האחוריים. שיעור קטן של פטמות אלה נפתחות לבלוטה, העשויה לייצר חלב. פטמות אלה חייבות להיות מוסרות מן העטין בסמוך להמלטה, כיוון שהן עלולות להינגע בחיידקים מחוללי דלקות עטין.

עור הפטמה עשיר בכלי דם ובנוזלי לימפה, אך גם בעיצוב הרגיש לחום, מגע מכני, ולחץ חיצוני. גם בסיס העטין (האזור בין הפטמות) עשיר בעיצוב. לכך יש חשיבות רבה ברפלקס הורדת החלב, שאתייחס אליו בהמשך.

בכל פטמה יש צינור מוצא של החלב הקרוי: תעלת מבוא הפטמה (תמונה 1). תעלה זאת מתפקדת כמוצא יחידי של הבלוטה בין מערכת ההפרשה הפנימית לסביבה החיצונית. לכן, תקינותה חשובה שכן היא מהווה מחסום פיו

בעוד שבדופן צינור חלב בתוך אונית ניתן להבחין בשכבת תאים מפרישים המוקפים בתאי מיאואפיתל, צינורות אוספי חלב שבין אונות מצופים בשתי שכבות של תאים לא מייצרים. החלב מיוצר בקצב קבוע ברקמת ייצור החלב ובמרווח בין חליבות הוא נאגר בנאדיות, צינורות החלב, בבריכות החלב של הבלוטה ושל הפטמה. 60%–80% מהחלב נאגר בנאדיות ובצינורות החלב הקטנים, בעוד שהבריכות הנ"ל מכילות רק 20%–40% בלבד. קיים הבדל גדול בין פרות בנפח בריכות אלה ויש לו חשיבות בשגרות החליבה.

מערכת התמיכה: משקל העטין נע בין 50 ל-100 ק"ג. לכן, נדרשת מערכת תמיכה חזקה. מערכת תמיכה חזקה היא חיונית לתחלובה מוצלחת. ישנן 7 רקמות המספקות תמיכה לעטין (ביניהן העור, רקמת חיבור נקבובית המצמידה את העור לעטין, ואותו סוג רקמה המחבר את החלק הגבי של הרבעים הקדמיים לדופן הבטן). אך עיקר המעמסה מוטל על תמונה 4. תיאור סכמטי של מערכת התמיכה בעטין.

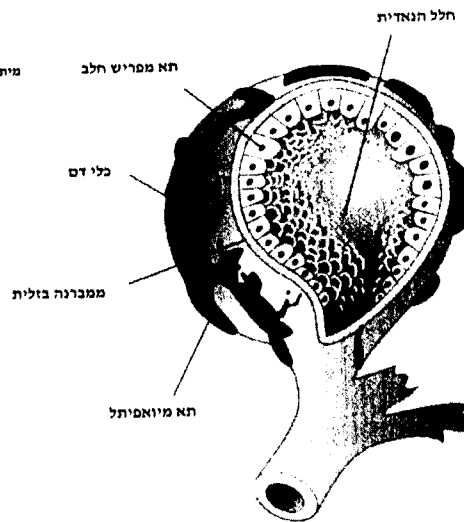


מערכת גידים, כשהחשוב מבין כולם הוא המיתר המרכזי, (median suspensory ligament). מיתר זה אשר חודר ומפריד בין שני חצאי העטין, מורכב משתי רצועות של רקמות חיבור גמישה והוא נושא את מרבית המשקל (תמונה 4). גידים נוספים הם גיד תת-אגן הירכיים (subpelvic)

בריכת הפטמה (תמונה 2), היא למעשה המשך של בריכת הבלוטה. הבריכה מצופה בקפלים אורכיים ומעגליים רבים היוצרים כיסים. בריכת הבלוטה אינה אזור מאורגן; זה אזור שאליו מתנקזים צנורות החלב הגדולים. יכולת האגירה משתנה בין פרה לפרה (100–1000 מ"ל). בין שתי בריכות אלה ניתן להבחין במין היצרות.

בלוטת העטין בנויה מרקמת ייצור חלב ומרקמות חיבור ושומן. הכמויות היחסיות ביניהן משתנות בין פרה לפרה. כמות רקמת ייצור החלב, או מספר תאי ייצור החלב הם הגורם המגביל את תנובת החלב. החלב מיוצר בתאי ייצור החלב, שהם תאי אפיתל מפרישים. תאים אלה מסודרים בשכבה אחת סביב חלל במבנה כדורי המכונה נאדית (alveolus). חלל הנאדית קולט לתוכו את החלב הנפלט מתאי ייצור החלב שבהקף. מחלל זה החלב זורם אל צינור אוסף. תאי ההפרשה מצופים בתאי מיאואפיתל, המתכווצים בתגובה להפרשת ההורמון אוקסיטוצין (תמונה 3). כ-150–220 נאדיות מוקפות ברקמת חיבור ומאורגנות כאשכול ענבים, יחידה הנקראת אונית (lobule) ממנה יוצא צינור חלב. האוניות מאורגנות ביחידה גדולה יותר הנקראת אונה (lobe). צינורות אוספי החלב עוברים בין כל הרמות.

תמונה 3. תיאור סכמטי של נאדית.



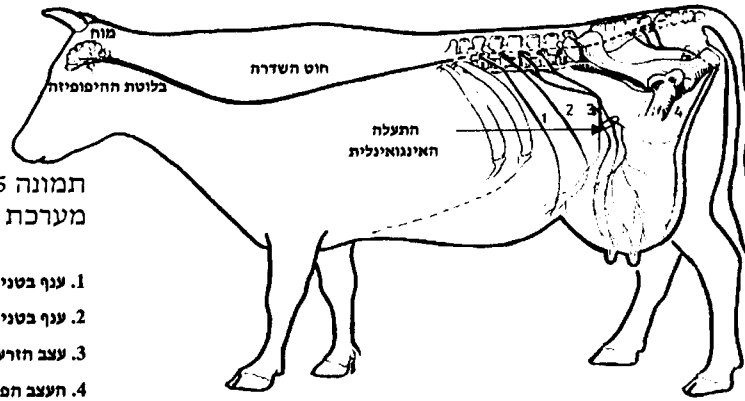
גורמים להיווצרות גודש נוזלים (בצקת). לעתים, מבכירות בהמלטתן הראשונה נוטות לסבול מבצקת. הבצקת נגרמת בשל חוסר איזון בין לחצים הידרוסטטיים ואוסמוטיים, והגברת זרימת נוזל אל מחוץ לכלי הדם הקטנים לחללים הבין-תאיים. כיוון שאחד הגורמים לכך הוא העליה בלחץ התוך-עטיני בשל הצטברות חלב, נוטים מספר חוקרים בארה"ב להמליץ על חליבת העגלות (או טו טו מבכירות...) הסובלות מבצקת, מספר ימים לפני ההמלטה. המלצה זאת לא לובנה דיה במקומותינו, ויש לבחון אותה היטב לאור החשש של פגיעה בכמות הנוגדנים (וביחס ביניהם?) ההכרחית ליונקים מיד לאחר היוולדם.

מערכת העצבים: בגוף שולטות שתי מערכות עצבים מרכזיות: המערכת הסומטית (העצמית) והמערכת האוטונומית (העצמאית). המערכת הסומטית מורכבת מ-49 זוגות של עצבים: מקור 12 זוגות מהן הוא מהחלק הקדמי של המוח בגולגולת, והשאר מוכרים כעצבי חוט-השדרה. שלושים ושבעה הזוגות מסודרים לאורך עמוד-השדרה, כאשר עצב אחד מכל זוג פונה לצד אחר של החוליה. כך נוצרים שני טורים. כל עצב מתחלק לשני ענפים: השורש האחורי המעביר תחושות (afferent), והשורש הקדמי המעביר דחפים מוטוריים (efferent) אל שרירים משורטטים באזורים שונים של הגוף. כל התנועות הרצוניות של הגוף מבוצעות בעזרת עצבים אלה באמצעות שרירי השלד. עצבי הגולגולת אינם מתחלקים לפי השיטה הנ"ל, והם למעשה מקבץ לא מאורגן של עצבים המעבירים תחושות ודחפים מוטוריים גם יחד. המערכת האוטונומית מורכבת, מלבד סיבים מוטוריים, גם משרשרת מוקדים עצביים המפוזרים משני צידיו של עמוד-השדרה (גנגליונים). סיבי המערכת האוטונומית שונים מאלה של המערכת הסומטית בכך, שהעצבים המוטוריים של המערכת האוטונומית מתחלקים לשתי קבוצות: הסימפאטית והפרה-סימפאטית. רוב האיברים מעוצבים על ידי שתי קבוצות אלה, שכן הראשון מספק דחפים מעוררים, והשני מספק דחפים מעכבים. למשל,

(tendon) הנותן תמיכה לליגמנטים החיצוניים ומתחבר לאגן הירכיים במספר נקודות. ממנו יוצאים שני מיתרים הקפיים (lateral ligament). החיצוני יותר מורכב בעיקר מרקמת חיבור לא-גמישה; הוא מתפשט כלפי מטה וקדימה על פני השטח החיצוני של העטין מתחת לעור ובצמוד לרקמה הנקבובית. המיתר ההקפי העמוק יותר, עבה יותר מהקודם, אף הוא יורד כלפי מטה ומקיף כמעט את כל העטין. רוחבו 10–15 ס"מ, שלוחות מתוכו מתחברות למחיצות של רקמת חיבור בעטין. מיתרים אלה אינם גמישים ולכן, בעת מילוי חלב מרכז העטין נוטה לרדת כלפי מטה.

מערכת אספקת הדם: בלוטת העטין עשירה בכלי דם עורקיים וורידיים. לחצי עטין ימני ולחצי עטין שמאלי יש מערכת אספקת דם נפרדת, על אף שיש גם מעבר עורקים וורידים מחצי עטין אחד לשני. התפקיד העיקרי של העורקים הוא לספק באופן רציף את חומרי המקור למרכיבי החלב לתאי ייצור החלב. כמות הדם הנדרשת לייצור כמות חלב יומית של פרה היא עצומה: לשם ייצור ליטר אחד של חלב נדרשים 400–500 ליטרים של דם! למשל, אם פרה מייצרת 50 ליטר ביממה נדרשים כ-25,000 ליטרים של דם, או קצב זרימה של כ-290 סמ"ק דם לשניה! נפח הדם בבלוטה הוא כ-8% מהנפח הכללי. קצב זרימת הדם 2–3 ימים לפני המלטה עולה פי 2–6. הירידה בתנובת החלב בהמשך התחלובה אינה מיוחסת לירידה בזרימת הדם.

מערכת הלימפה: הייעוד העיקרי של מערכת הלימפה בעטין הוא להחזיר נוזלים בין-תאיים, שיצאו מכלי הדם הקטנים (קפילרות) לחללים שבין התאים למערכת הדם דרך הרשת הלימפית. צנורות הלימפה עוברים דרך בלוטות הלימפה אשר פועלות כמסננות פינוי חידקים זרים שחדרו לעטין או אף חלקי תאים מתים מרקמת העטין. גוסף לכך בלוטות הלימפה מהוות גם מקור של לימפוציטים למלחמה בחידקים. נוזל הלימפה עצמו חסר צבע, עם הרכב דומה לפלסמת הדם. נזק לקפילרות או חסימה של המערכת הלימפית



תמונה 5.
מערכת העצבים של העטין.

1. ענף בטני של העצב המותני הראשון
2. ענף בטני של העצב המותני מס. 2.
3. עצב הזרע החיצוני.
4. עצב המרינאלי (חיץ חנקביים).

מתחברים אל חוטי השדרה והמוח. עיצובו העטין הוא מירבי בעור הפטמות, על פניו אותרו קולטנים (רצפטורים) החשים בלחץ. קצות עצבים אלה רגישים לגירוי פיזי כגון מגע, לחץ, ומתיחה. צפיפותם הולכת וגדלה סמוך לקצה הפטמה ולפני השטה. אותות תחושתיים מעצבים אלה עוברים דרך המסלול שפורט לעיל אל היעד הסופי: חוטי השדרה והמוח.

הסיבים המוטוריים מבקרים את קצב זרימת הדם העובר דרך העטין על ידי בקרת קוטר העורקים והם מעורבים גם בעיבוד רפלקס פליטת החלב (יפורט בהמשך) באמצעות כיוון או הרפיית השרירים החלקים העוטפים את תעלת מבוא הפטמה ואת דפנות העורקים. דליפת חלב בין חליבות נמנעת בשל אותות אשר שולחים עצבים אלה אל השרירים החלקים. אותות אלה גורמים לכיווצים ריתמיים מתמשכים בין חליבות. דיכוי אותות חשמליים אלה כמו במשך החליבה, גורם להרפיית השרירים החלקים הללו ולגירת חלב החוצה. הרפיית דופן העורקים מאפשרת גם הגברת זרם הדם אל הבלוטה ועמה הגעת הורמון האוקסיטוצין (יפורט במאמר הבא).

למערכת העצבית אין כל מעורבות ישירה בסירתו החלב, הפרשתו והסרתו מן העטין, כיוון שאלה מבוקרים ישירות על ידי הורמונים הסובבים בדם. עם זאת, מערכת העצבים חשובה כיוון שהיא אחראית על המכניזם של שחרור הורמון מהמוח לרקמת העטין.



עיצובו הדדי זה מבקר את דפנות כלי הדם, מעיים, הפרשה מן הבלוטות, וכיוון או הרפייה של שרירים טבעתיים. טבעי הוא להניח, ששתי קבוצות אלה יעצבו גם את העטין. אך הסתבר, שבעטין אין עיצוב פרה-סימפאתי כמו גם בבלוטות זיעה על פני העור (אין בכך כל פלא, שהרי בלוטת העטין התפתחה מבלוטת עור).

העצבים העיקריים שמעצבים את העטין הם עצבים תחושתיים או עצבים מוטוריים סימפאתיים. העצבים התחושתיים מקורם מארבעה עצבי חוטי-שדרה שהם: המותני הראשון, השני, השלישי והרביעי ועצבי הזרע החיצוניים, אשר עוברים דרך תעלה (המכונה עוברים גם כלי דם, לימפה, צינור פליטת השתן והזרע (תמונה 5). העצב המותני הראשון מעצב את החלק הקדמי של העטין אך אינו מעצב את רקמת ייצור החלב. העצב השני מעצב את הדפנות של הרבעים הקדמיים, וייתכן שגם במידה מועטה עצבים ברקמת העטין. העצבים המותניים: השני, השלישי והרביעי מתאחדים לעצב אחד הקרוי העצב האינגואינלי. הסתעפויות מעצב זה לחלק הקדמי של העטין ולחלק האחורי, מעצבות את מערכת צינורות החלב, הפטמות, והעור של העטין. עצב נוסף הקרוי עצב פרינאלי מעצב את החלק האחורי של העטין ומקורו מעצבים הסמוכים לעצם העצה.

כל רבע מעוצב בעצבים שקצותיהם מצד אחד מגיעים לעור העטין ולפטמות, ומצד שני