

פרק י"ב

השפעת השחיטה על תרשימי המוח (אלקטרו - אנצפאלוגרם)

פעילות המוח יכולה להימדד בשינויי המתח ובשדות החשמליים, על פני השכבה החיצונית. השדות החשמליים הללו הם תוצאה של פעילות העצבים. באדם בריא, כמו ביונקים אחרים, ניתן למדוד גלים בתדירויות שבין 0.5 ל-40 הרץ. באדם רגוע מוצאים תדירויות שבין 8 ל-12 הרץ (קצב אלפא) (ברגר Berger, 1929; גוטצה Goetze וחבריו, 1959; מאיר Mayer וגסטאוט Gastaut, 1961).

אם האדם נמצא במתח, הוא יוצר תדירויות שבין 14 ל-35 הרץ (קצב ביטא), בשעת שינה או בהרדמה הקצב נופל ומגיע ל-4 - 6 הרץ (קצב גאמא). במקרים פתולוגיים וכן בחוסר חמצון, עודף CO_2 , מחסור בסוכר וכדו', הקצב יורד עד כדי 0.3 - 3 הרץ (קצב דלתא) (ברגר Berger, 1929).

לעיתים, בשעת הפרעות המוח, אי אפשר לרשום בכלל שום דבר. בשעת מחלה או בתנאים לא נורמאליים אחרים, אפשר למצוא קצבים אחרים, או דברים בלי קצב הנראים כרירות בודדות.

הרגישות המופרזת של תאי העצבים לחוסר חמצן ידועה מזמן. מאוחר יותר הוברר שאפשר להשתמש ברישום האלקטרו - אנצפאלוגרם כאינדיקטור רגיש לחוסר חמצן (קורנמולר Kornmuller וחבריו, 1941; יונג Jung, 1953; קרויצפלד Creuzfeld וחבריו, 1957; טרדה Trede וחבריו, 1959; קוביצקי Kubicki ויוסט Just, 1959; מאיר Mayer וגסטאוט Gestaut, 1961). מצויידיים במידע ראשוני זה, יוכלו התרשימים האמורים לשמש לנו מקור לא אכזב של מידע על השפעת השחיטה על מערכת העצבים. הניסיונות שנרשמו, נעשו הן בבהמות שנשחטו והן בבהמות שנחתכו רק צינורות הדם, וכמו כן, הן בבהמות רגילות והן בבהמות שנקשרו בהם צינורות דם מסויימים לפני השחיטה או חיתוך העורקים.

רישום מקליפת המוח

את הרישומים הללו אפשר לקבל ברמות שונות. בבני אדם מחברים את האלקטרודות על פני העור. הרישום נעשה בדרך כלל אפילו דרך השערות. כמובן שרישום זה הוא מהשטח העליון של הגולגולת.

בניסיונות בבעלי חיים אפשר להשתמש בשיטות יותר מדויקות. ניתן להשחיל אלקטרודות, תוך כדי הרדמה, דרך העצמות של הגולגולת ולהניחן על המוח עצמו. כאן נדבר על רישום מקליפת המוח ישירות. באמצעות מערכת סינון מתאימה, אפשר להוציא את הרישומים של שכבות עמוקות יותר ולקבל רישום די נקי. אפשר כמובן להחדיר את האלקטרודות עמוק עוד יותר ולקבל רישום של שכבות אחרות.

ישנה גם אפשרות למדוד גירויים של עצבים בודדים, הן ע"י גירוי עצבים מוגדרים והן ע"י השתלת האלקטרודות לתוך אזורים מסויימים.

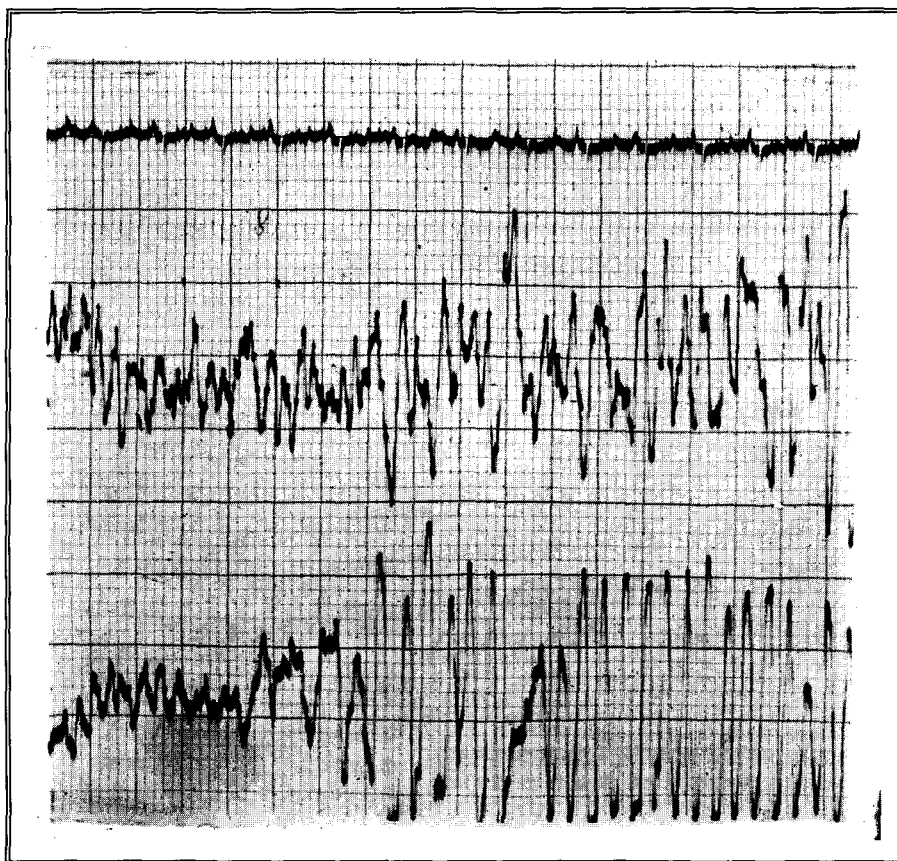
על חלק מהדברים נחזור להלן.

באופן ממשי מקבלים רישומים טובים מקליפת המוח ע"י השתלה של אלקטרודות דרך העצם, כאמור בהרדמה. אחרי נקיבת החורים מברגים ברגים שיגיעו עד לשכבת המוח החיצונה או קרומי המוח (צרוטי Cerutti, 1957; גוטצה Goetze וחבריו, 1959; קלוויט Kallweit וחבריו, 1989). באמצעות ברגי מתכת מתחברים לאלקטרודות המתחברות למכשירי הרישום.

השפעת סגירת עורקי הצוואר על רישומי המוח בכבש

הניסיונות הראשונים שנעשו בכיוון זה היו ע"י לוינגר (Levinger) בשנת 1961. המיוחד שבניסיונות אלו היה, שהעורקים נחסמו מספר פעמים וכל פעם לשלוש דקות.

בניסיונות הראשונים נבדקו רק ההתנהגויות ובשלבם החוזרים נרשמו גם הרישומים החשמליים של המוח. רישומי ההתנהגות מובאים בטבלא ז'. רישומי המוח חזרו על עצמם באופן דומה. דוגמא מובאת בתמונה ל'.



תמונה ל': אפקט הקשירה של עורקי הצוואר על תרשים המוח

(לוינגר Levinger, 1961)

שים לב לשינויים בצד הימני של התרשים לעומת המצב הנורמאלי בצד שמאל.

אם שני עורקי הצוואר נחסמו, נראו גלי מתחים בקצב של 4 - 5 הרץ, למשך 6 - 8 שניות אחרי הקשירה. הגלים הללו היו די אחידים ולפעמים אפילו גלים בצורת סינוס (עליה וירידה שווה בקצב שווה). עם פתיחת החסימה חזר התרשים מהר מאוד (תוך 5 - 8 שניות) למצבו הראשוני.

תופעות דומות נמסרו ע"י ננגרוני (Nangeroni) וקענעט (Kennet) (1963): הם כותבים שהרישומים היו די אחידים אחרי חסימת העורקים ולא היה הבדל ברישומים, אפילו אם נראו הבדלים בולטים בהתנהגות. בטבלא י"ג מובאות התוצאות שנרשמו על ידם.

טבלא י"ג: השפעה של חסימה חוזרת של עורקי הצוואר על רישום EEG בכבש ונסיגנות חוזרים
ה - EEG בכבש ונסיגנות חוזרים
(נגרונר Nangeroni וקענעט Kennet, 1963)

RAM NUMBER	VISIBLE EFFECTS OF 1 ST CLAMPING	VISIBLE EFFECTS OF 2 ND CLAMPING	VISIBLE EFFECTS OF 3 RD CLAMPING
18	Became ataxic and fell down 13.2 sec. After clamping	Became ataxic and fell down 46.9 sec. After clamping	None
28	None	None	None
60	Became ataxic and fell down 9 sec. After clamping	None	None
64	Became ataxic after 19.8 sec. fell down after 46.8 sec.	None	None
105	Became ataxic and fell down 18.5 sec. After clamping	Slightly ataxic after clamping	Slightly wobbly after clamping
107	None	None	None

השפעת חסימת שני עורקי הראש באדם

למרות שאספקת הדם אל המוח מגיעה אצל האדם משני כוונים, דרך עורקי הראש ודרך העורקים החולייתיים, שביחד יוצרים את הקשת שבתחתית המוח שנקראת ע"ש וויליס, אם חוסמים את עורקי הצוואר (המוליכים אל עורקי הראש), מוצאים שינויים דרסטיים בתרשימי המוח (קדרון Kidron, 1954). בין 5 ל 77 שניות אחרי חסימת העורקים האדם מאבד את הכרתו. ניסיונות מעמיקים נערכו ע"י חוקרי מערכת התעופה (בקמן Beckman וחבריו, 1954). בשימוש בצנטריפוגות, הוצא הדם מהמוח ונרשם חוסר הכרה תוך 6

עד 8 שניות. רוסן (Rossen) וחבריו (1943) מסרו שניסגמוס מופיע כעבור 5 - 6 שניות בעוד שכעבור 1.5 שנייה אובדת ההכרה כליל. פורסטר (Forster) וחבריו (1942) שבדקו רישומי מתחים במוח, מצאו שהשינויים בתרשים מתחילים רק אחרי השנויים בהתנהגות.

השפעת פתיחת עורקי הצוואר על הרישומים מהמוח

דימום דרך עורקי הצוואר, מראה שינויים מרחיקי לכת בתרשים המוח. מיד אחרי פתיחת העורקים, נראים גלים בעלי תדירות גבוהה וגובה גלים נמוך, (מעין תדר ביטא) שנמשך כשתי שניות מלווה בגלים גדולים ואיטיים (תדר גאמא). עשר שניות מאוחר יותר הגלים נעשים שוב מהירים וגובה נמוך. זה היה תקציר הרישום שהובא ע"י לוינגר (Levinger) בשנת 1961.

הניסיונות הבאים אחריהם היו מעמיקים יותר. ננסה להביא כאן את החוקרים השונים והתוצאות שקיבלו.

הקבוצה הראשונה הייתה זו של ננגרוני (Nangeroni) וקענעט (Kennet, 1963). חלק מהתוצאות שלהם מובאות בטבלאות י"ד - ט"ו ותמונה ל"א. סיכום התוצאות שלהם הוא כדלקמן:

לאחר תיאור הכנסת האלקטרודות בכבשים, נרשמו המתחים בכבש ער. הרישומים הראו תדירויות של 6 - 50 הרץ (גלים) וגובה הגל היה בין 3 ל- 143 מיקרו-וולט (מיקרו-וולט הוא אחד חלקי מיליון של וולט).

הרישום של כבש רגוע וישן הראה תדירויות בין 1.5 ל- 46 הרץ וגובה הרישומים היה בין 3 ל- 300 מיקרו-וולט. בקווים כלליים, ככל שהבהמה היתה רגועה יותר ו/או רדומה יותר הגלים היו איטיים וגבוהים יותר.

אם ניתנה הרדמה תוך הרישום, התדר שנתקבל היה 2 - 25 לשנייה וגובה הגלים היה 5 - 450 מיקרו-וולט. התדר הנמוך והגל הגבוה היו במקרה זה הדוגמא המקובלת.

כששני עורקי הצוואר נחסמו בכל כבש, ארבע משש הכבשים הראו הפרעות בתנועותיהם אחרי הקשירה הראשונה, אחת לא היתה מסוגלת לעמוד גם בחסימה השנייה. אחרי החסימה השלישית לא נפלו יותר בהמות. הדבר מראה שהזרימה החילופית גדלה בהדרגה עם כל ניסוי. תרשימי המוח הראו חוסר חמצן חלקי, בין אם הבהמה הראתה סימנים פיזיולוגיים או לא.

תרשימי המוח שנרשמו בכבשים, במשך ולאחר השחיטה, הראו את התוצאות הבאות: בארבע כבשים הזמן הנחוץ לאיבוד ההכרה היה 3.3 - 6.2 שניות. ברוב המקרים היה מעבר הדרגתי עם הכרה חלקית עוד 3.2 או אפילו ארבע שניות לפני אבוד ההכרה המלא.

לאחר השתלת האלקטרודות בעגלים, נרשמו תרשימי המוח בעגלים ערים. הרישום הראה תדר של 17 - 33 הרץ וגובה גל של 3 - 190 מיקרו-וולט.

רישום של עגל רגוע וישן הראה תדירויות של 2 - 21 הרץ וגובה גל שבין 3 ל- 175 מיקרו-וולט. הגלים הגבוהים נרשמו לעיתים קרובות יותר מאשר בעגלים הערניים.

בהרדמה קלה של העגל התדירות נעה בין 2 - 17 הרץ וגובה הגלים נע בין 30 ל- 445 מיקרו-וולט. גלים גבוהים היו שכיחים יותר.

בשעת חסימת עורקי הצוואר לא נראו כל שינויים, לא בהתנהגות ולא ברישומים. אמנם עגל אחד הראה הפרעות בתנועה ואצלו נראו גם שינויים בתרשים. מכיוון שהיה זה מקרה בודד, ייתכן וצינורות הדם היו מסודרים אצלו בצורה אחרת.

ברישומי השחיטה בעגלים נתברר, שחמשה עגלים אבדו את הכרתם בין 4.4 ל- 6.9 שניות אחרי השחיטה, וההכרה היתה מאד חלשה כבר שנייה אחת מקודם.

לאחר תיאור השתלת האלקטרודות בעזים, נרשמו המתחים ממוח העז במצב ער. התרשימים הראו תדר של 19 - 35 הרץ. גובה הגלים היה 3 - 100 מיקרו-וולט.

תדירות הגלים בעז במצב נינוח היתה 3.5 עד 27 לשנייה, וגובה הגלים נע בין 15 ל- 370 מיקרו-וולט.

חסימת עורקי הצוואר היתה ללא משמעות, הן בהתנהגות והן ברישומי המוח. דווקא אצל העז, שלכאורה יש לה פחות צינורות דם ישירים למוח נראו פחות שינויים מאשר במעלי הגירה האחרים. כנראה שרשת הפלאים בבסיס המוח נוטלת מהר את התפקוד וממלאת את מקום מעגל ויליס, שבבעלי חיים אחרים. המחבר מתפלא על התוצאות ואומר שייתכן ששתי העזים האלו היו יוצאות מהכלל (הניסוי היה רק על שתי עזים ולכן ההנחה מוזרה במקצת).

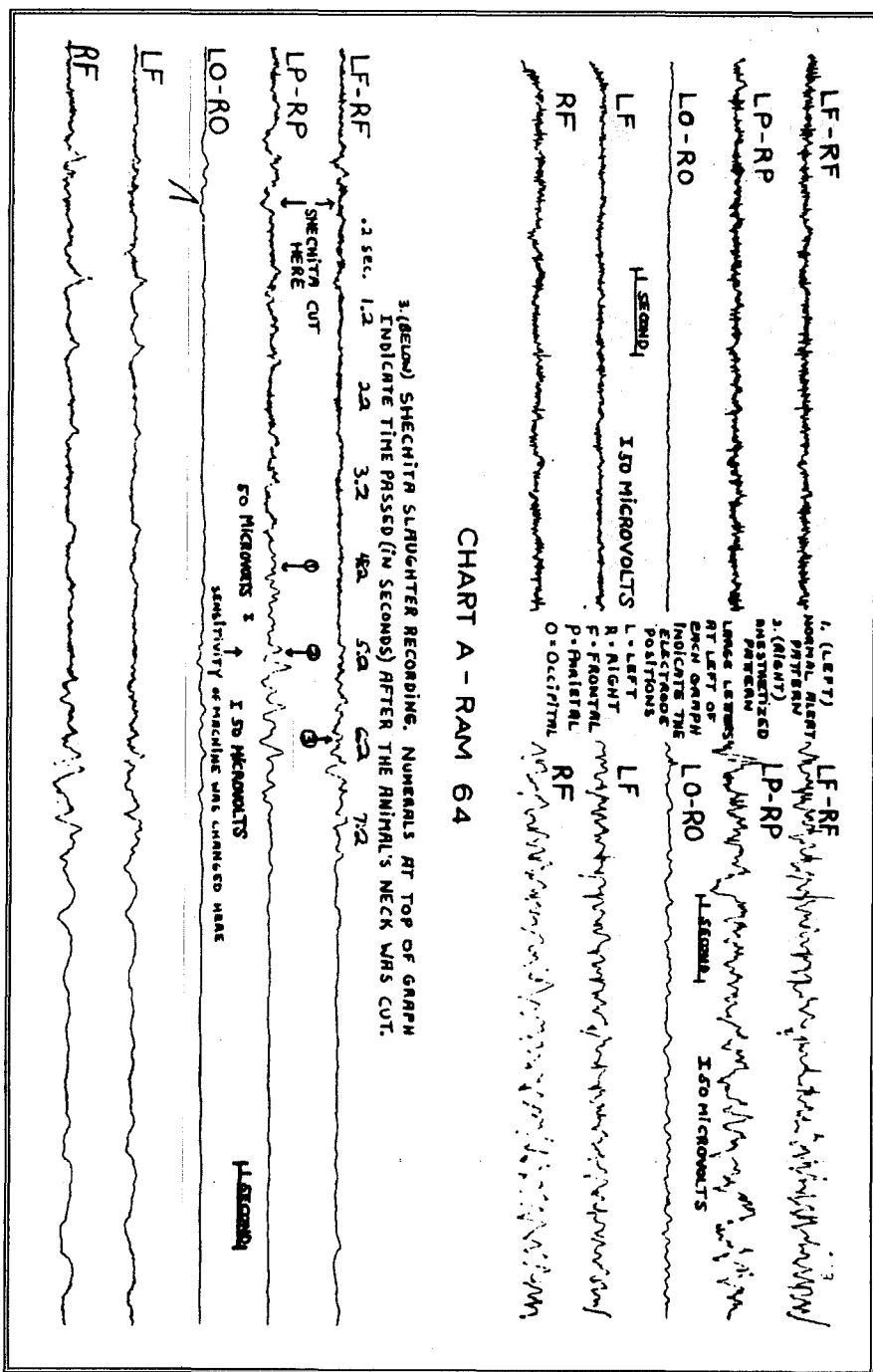
טבלא י"ד: ניתוח תוצאות הרישום בכבשים לאחר השחיטה
 (נגרונזי Nangeroni וקענעט Kennett, 1963)

Ram Number	Time after cut	Frequency after Slaughter	Amplitude after Slaughter	Normal Frequency	Normal Amplitude	Anesthetized Frequency	Anesthetized Amplitude	State of Consciousness
18	2.3 sec.	5—25 cps	45—130 μ V	6—35 cps	3—143 μ V	4½—11 cps	15—375 μ V	Poor, but not unconscious
18	3.3 sec.	2—10 cps	30—335 μ V	6—35 cps	3—143 μ V	4½—11 cps	15—375 μ V	unconscious
28	2 sec.	3—30 cps	10—200 μ V	12—35 cps	3—100 μ V	5—18 cps	15—300 μ V	Unconscious
28	2.8 sec.	5—30 cps	5—180 μ V	12—35 cps	3—100 μ V	5—18 cps	15—300 μ V	Poor, but not unconscious
28	3.8 sec.	3—31 cps	10—225 μ V	12—35 cps	3—100 μ V	5—18 cps	15—300 μ V	Nearly unconscious
28	4.8 sec.	3—7 cps	50—187 μ V	12—35 cps	3—100 μ V	5—18 cps	15—300 μ V	unconscious
60	15.2 sec.	4—4½ cps	10—105 μ V	10—40 cps	2—140 μ V	2—16 cps	4—450 μ V	Unconscious
64	3.2 sec.	19—31½ cps	10—70 μ V	26—45 cps	4—120 μ V	3—6 cps	30—360 μ V	Good
64	4.2 sec.	5—29 cps	7—120 μ V	26—45 cps	4—120 μ V	3—6 cps	30—360 μ V	Poor, but not unconscious
64	5.2 sec.	4½—40 cps	10—160 μ V	26—45 cps	4—120 μ V	3—6 cps	30—360 μ V	unconscious
64	6.2 sec.	3½—6 cps	15—270 μ V	26—45 cps	4—120 μ V	3—6 cps	30—360 μ V	Poor, but not unconscious
105	1.7 sec.	3—30 cps	10—100 μ V	17—50 cps	5—85 μ V	2—25 cps	5—370 μ V	Poor
105	2.7 sec.	3—30 cps	10—100 μ V	17—50 cps	5—85 μ V	2—25 cps	5—370 μ V	Poor
105	3.7 sec.	2—26 cps	10—145 μ V	17—50 cps	5—85 μ V	2—25 cps	5—370 μ V	Poor, but not unconscious
105	4.7 sec.	3—13 cps	10—150 μ V	17—50 cps	5—85 μ V	2—25 cps	5—370 μ V	Unconscious

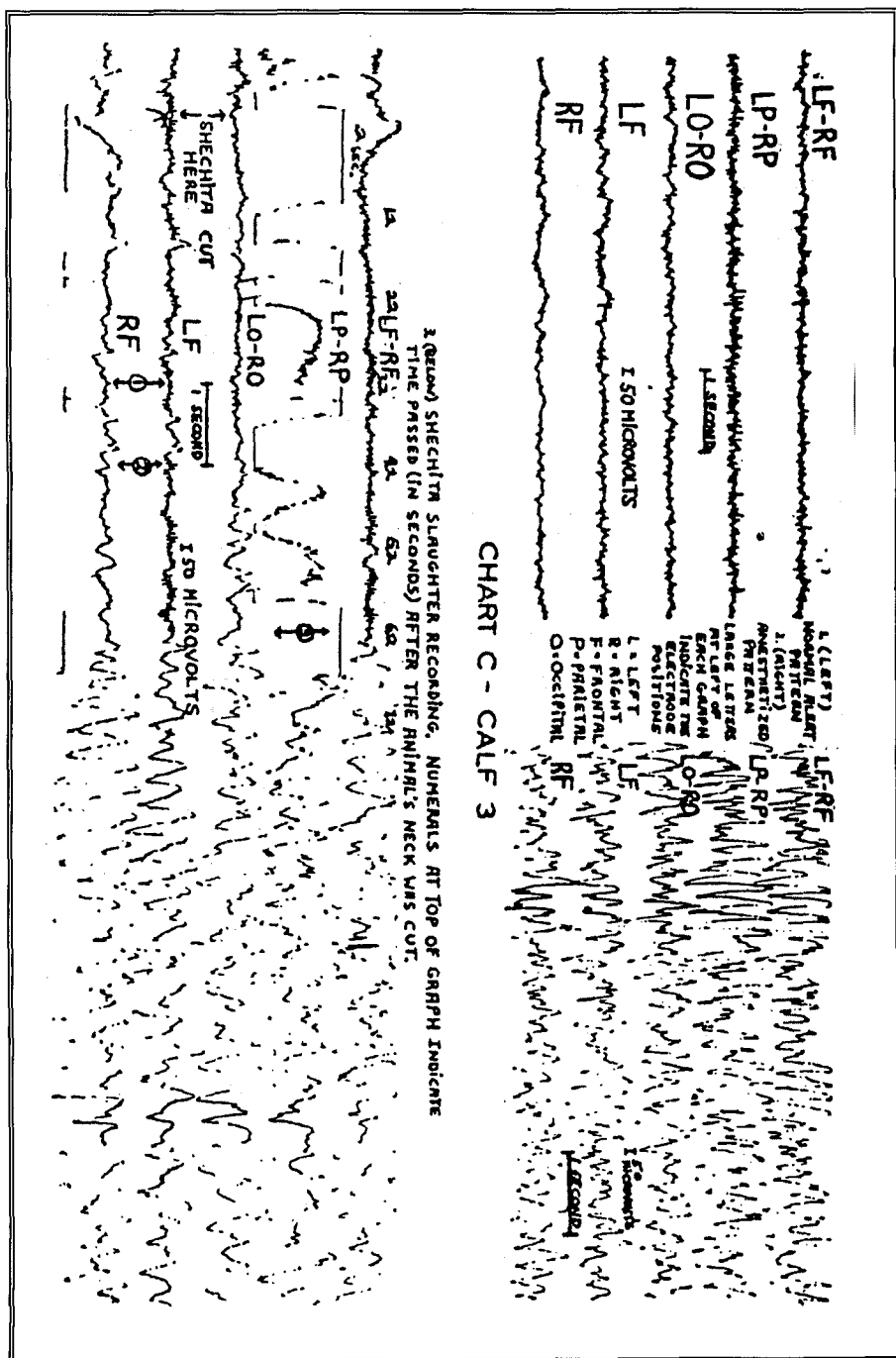
טבלא ט"ו: ניתוח תוצאות הרישום בעגלים לאחר השחיטה
(נג'רוני Nangeroni וקענעט Kennett, 1963)

Ram Number	Time after cut	Frequency after Shechita	Amplitude after Shechita	Normal Frequency	Normal Amplitude	Anesthetized Frequency	Anesthetized Amplitude	State of Consciousness
2	3.1 sec.	23—30 cps	10—135 μ V	17—36 cps	5—180 μ V	6½—12 cps	30—270 μ V	Good
2	4.1 sec.	12½—23 cps	15—180 μ V	17—36 cps	5—180 μ V	6½—12 cps	30—270 μ V	Poor
2	5.1 sec.	5½—22 cps	15—120 μ V	17—36 cps	5—180 μ V	6½—12 cps	30—270 μ V	Poor, but not unconscious
2	6.1 sec.	2—5½ cps	15—120 μ V	17—36 cps	5—180 μ V	6½—12 cps	30—270 μ V	Unconscious
3	2.2 sec.	27—34 cps	10—90 μ V	21—36 cps	3—105 μ V	6½—13½ cps	30—440 μ V	Good
3	3.2 sec.	6—30 cps	10—165 μ V	21—36 cps	3—105 μ V	6½—13½ cps	30—440 μ V	Poor
3	4.2 sec.	4—30 cps	10—270 μ V	21—36 cps	3—105 μ V	6½—13½ cps	30—440 μ V	Poor, but not unconscious
3	5.2 sec.	2½—26 cps	10—360 μ V	21—36 cps	3—105 μ V	6½—13½ cps	30—440 μ V	Poor, but not unconscious
3	6.2 sec.	3—6 cps	75—425 μ V	21—36 cps	3—105 μ V	6½—13½ cps	30—440 μ V	Unconscious
5	2.4 sec.	16—22 cps	15—270 μ V	19—34 cps	3—100 μ V	6—11 cps	30—420 μ V	Good
5	3.4 sec.	6—20 cps	15—360 μ V	19—34 cps	3—100 μ V	6—11 cps	30—420 μ V	Poor, but not unconscious
5	4.4 sec.	7—10 cps	90—375 μ V	19—34 cps	3—100 μ V	6—11 cps	30—420 μ V	Unconscious
6	3.9 sec.	2—18 cps	10—210 μ V	21—37 cps	5—155 μ V	2—17 cps	30—210 μ V	Poor, but not unconscious
6	4.9 sec.	1—24 cps	15—225 μ V	21—37 cps	5—155 μ V	2—17 cps	30—210 μ V	Poor, but not unconscious
6	5.9 sec.	1½—4½ cps	22—150 μ V	21—37 cps	5—155 μ V	2—17 cps	30—210 μ V	Unconscious
8	2.9 sec.	3½—26 cps	15—180 μ V	20—37 cps	7—190 μ V	5—9 cps	35—445 μ V	Poor
8	3.9 sec.	4½—24 cps	10—180 μ V	20—37 cps	7—190 μ V	5—9 cps	35—445 μ V	Poor
8	4.9 sec.	3½—23 cps	15—225 μ V	20—37 cps	7—190 μ V	5—9 cps	35—445 μ V	Poor, but not unconscious
8	5.9 sec.	3—15 cps	15—150 μ V	20—37 cps	7—190 μ V	5—9 cps	35—445 μ V	Poor, but not unconscious
8	6.9 sec.	1—6 cps	20—165 μ V	20—37 cps	7—190 μ V	5—9 cps	35—445 μ V	Unconscious

תמונה ל"א: רישום המוח בשחיטת הכבש
(נגרונ' Nangeroni וקענעט Kennett, 1963)



תמונה ל"ב: רישום המוח בשחיטת העגל
(Nangeroni וקנעט Kennett, 1963)



טבלא ט"ז: סכום רישומי המוח בשחיטה
(האסעם Hazem וחבריו, 1978)

Schaf A	Frequenz vor Kippen B	Frequenz nach Kippen C	Frequenz nach dem Schnitt D	Nulllinie E	Krämpfe F	Bemerkungen G
1	GA : 4-9 Hz a.F.: 26-40 Hz	GA : 6-12 Hz a.F.: 26-40 Hz	4. Sek.: GA 6-7 Hz a.F.: 25-40 Hz 7. Sek.: GA 3 Hz a.F. -	8 Sek.	35.-95. Sek.	-
2	GA : 3-4 Hz a.F.: 15-30 Hz	GA : 5-7 Hz a.F.: 26-40 Hz	5. Sek.: GA 5-6 Hz a.F. 20-30 Hz 9. Sek.: GA 4-5 Hz a.F. -	14 Sek.	17.-21. Sek.	-
3	GA : 4-8 Hz a.F.: 26-40 Hz	GA : 4-8 Hz a.F.: 26-40 Hz	4. Sek.: GA 4-5 Hz a.F. 25-40 Hz 6. Sek.: GA 2-3 Hz a.F. -	7 Sek.	83. Sek.	-
4	GA : 3-6 Hz a.F.: 15-30 Hz	GA : 4-6 Hz a.F.: 21-35 Hz	5. Sek.: GA 3-4 Hz a.F. 21-40 Hz 6. Sek.: GA 3 Hz a.F. -	10 Sek.	13. Sek.	-
5	GA : 4-8 Hz a.F.: 26-40 Hz	GA : 6-12 Hz a.F.: 26-40 Hz	5. Sek.: GA 3-4 Hz a.F. Wechselstrom 8. Sek.: GA 2-3 Hz a.F. Wechselstrom	10 Sek.	9.-20. Sek.	-
6	GA : 3-5 Hz a.F.: 15-40 Hz	GA : 5-9 Hz a.F.: 26-40 Hz	3. Sek.: GA 4-5 Hz a.F. 15-35 Hz 8. Sek.: GA 3-4 Hz a.F. -	9 Sek.	10.-14. Sek.	-
7	GA : 3-4 Hz a.F.: 11-25 Hz	GA : 4-7 Hz a.F.: 21-30 Hz	3. Sek.: GA 3-4 Hz a.F. 25-35 Hz 6. Sek.: GA 3-4 Hz a.F. -	7 Sek.	-	-

A. Sheep Nr., B. Frequency before turn, C. Frequency after turn, D. New frequency after x second after the cut, E. Time needed to reach the zero line, F. Time in seconds until the first convulsions appear, G. Remarks.
GA. Ground (basic) amplitude, aF. Secondary amplitude,

בשעת רישום מתחי המוח בשחיטה ואחריה, עז אחת אבדה הכרתה כעבור 5 שניות ובשנייה היו הפרעות ברישום, ולכן לא נתקבלו תוצאות ברורות.

טבלא ז': סיכום רישומי המוח לאחר היריה
(האסעם Hazem וחבריו, 1978)

Schaf A	Frequenz vor B Betäubung	Frequenz nach dem Schuß C	Null-Linie D Schnitt	Frequenz nach Schnitt E	Kämpfe F	Bemerkungen G
1	GA : 3-5 Hz a.F.: 21-35 Hz	10. Sek.: GA 1-2 Hz s.a.F. 26-30 Hz 60. Sek.: GA 2-3 Hz s.a.F. 21-25 Hz	70. Sek.	-	33.-145. Sek.	-
2	GA : 5-7 Hz a.F.: 26-40 Hz	35. Sek.: GA 2-3 Hz s.a.F. 21-25 Hz	50. Sek.	-	47.-200. Sek.	Schmerzreiz
3	GA : 4-6 Hz a.F.: 21-30 Hz	GA - a.F. -	1. Sek. 30. Sek.	24 Hz	41.- 85. Sek.	-
4	GA : 4-7 Hz a.F.: 21-35 Hz	10. Sek.: GA 2-3 Hz s.a.F. 21-30 Hz 20. Sek.: GA 2-3 Hz a.F. - 40. Sek.: GA 2 Hz a.F. -	43. Sek. 62. Sek.	3-4 Hz	-	Schmerzreiz
5	GA : 3-5 Hz a.F.: 26-35 Hz	10. Sek.: GA 2-4 Hz a.F. - 50. Sek.: GA 2-3 Hz s.a.F. 20-25 Hz	72. Sek. 60. Sek.	2-4 Hz	75.-87. Sek.	-
6	GA : 4-6 Hz a.F.: 26-40 Hz	10. Sek.: GA 2-3 Hz a.F. 26-30 Hz	19. Sek. 120. Sek.	3-4 Hz	24.-120. Sek.	-

A. Sheep Nr. B. Frequency before bolt shot, C. Frequency after bolt shot, D. Zero line reached after X seconds, E. Frequency after cut, F. Time in seconds until first convulsion appear, G. Remarks.
GA. Ground (basic) amplitude, a.F. Secondary amplitude, s.a.F. Seldom secondary amplitude.

בשנת 1978 פרסמו שולצה (Schulze) וחבריו את תוצאות ניסיונותיהם. הם ניסו להשוות את הכאב והפחד שנגרמו בירייה לאלו שנגרמו בשחיטה. אפשר לסכם את ניסיונותיהם כדלקמן:

בעשרים וחמישה כבשים ובחמשה עשר עגלים נערכו מדידות של פעילות הלב ופעילות המוח בתנאי שחיטה. אחרי השתלת אלקטרודות קבועות למוח נבדקו 17 כבשים ועשרה עגלים שנשחטו בשחיטה היהודית וכן ששה כבשים וחמשה עגלים שנורו בשיטה המקובלת היום בבתי המטבחיים באירופה. לחלק מהכבשים נתנו אחרי השחיטה גרווי חום מכאיבים.

התוצאות שנרשמו היו כדלקמן: (התוצאות מובאות ע"ש הסם Hazem וחבריו שעבדו עם שולצה במחקר זה).

א. בבהמות שנשחטו בשחיטה יהודית:

אחרי השחיטה הרישומים היו כמו לפני השחיטה. בוודאות כמעט גמורה, אפשר לסכם שכעבור 4 - 6 שניות בכבש ו10 שניות בעגל הבהמות היו מחוסרות הכרה.

קו האפס הושג לפני 13 שניות ל17 הכבשים ולפני 23 שניות לשבעת העגלים.

גרווי כאב ע"י חום לא שינו את פני הרישומים.

אחרי השחיטה עלה קצב הלב תוך 40 שניות ל240 לדקה בעגל ול280 לדקה בכבש.

ב. בבהמות שנורו:

מיד אחרי הירייה היה בלבול גדול ברישומי המוח. הופיעו גלים איטיים. יש להניח שהבהמה לא הרגישה מאומה בו בזמן.

נקודת האפס הושגה כעבור 28 שניות בארבעה עגלים.

בשני כבשים הפסיקה פעולת המוח רק בצידו האחד של המוח. החלק השני נשאר פעיל עד לחיתוך העורקים להוצאת הדם.

בכל הבהמות החתך להוצאת דם גרם לשינוי בתרשים המוח. (אפשרות של כאב).

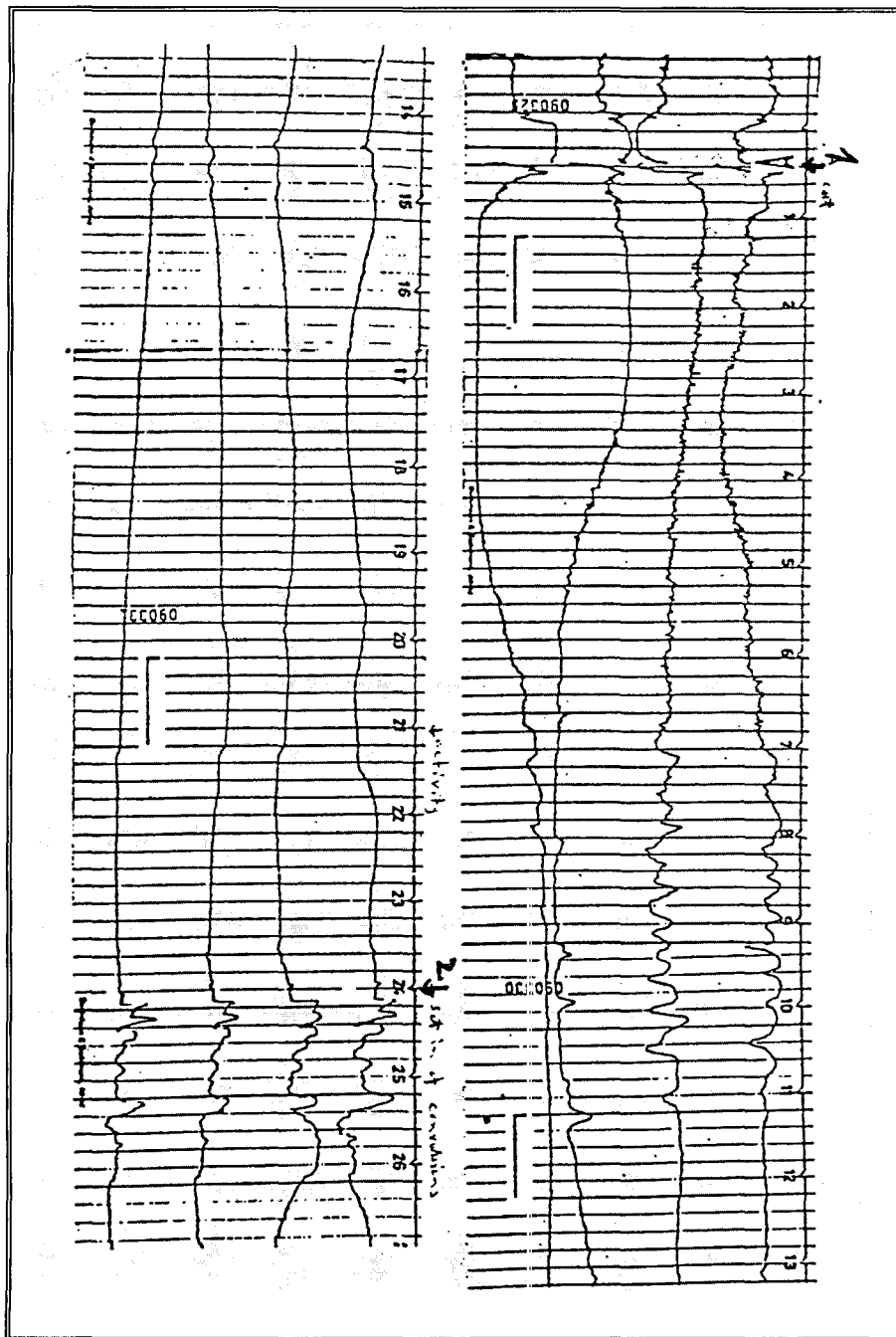
בבהמה אחת גרם גירוי החום לשינוי שיכל להיקלט על התרשים ויוכל להתפרש ככאב.

קצב הלב עלה מיד אחרי הירייה למעל 300 לדקה.

תמונה ל"ג: רישום פעולת מוח אחרי השחיטה בעגל

(הסם Hazem וחבריו, 1978)

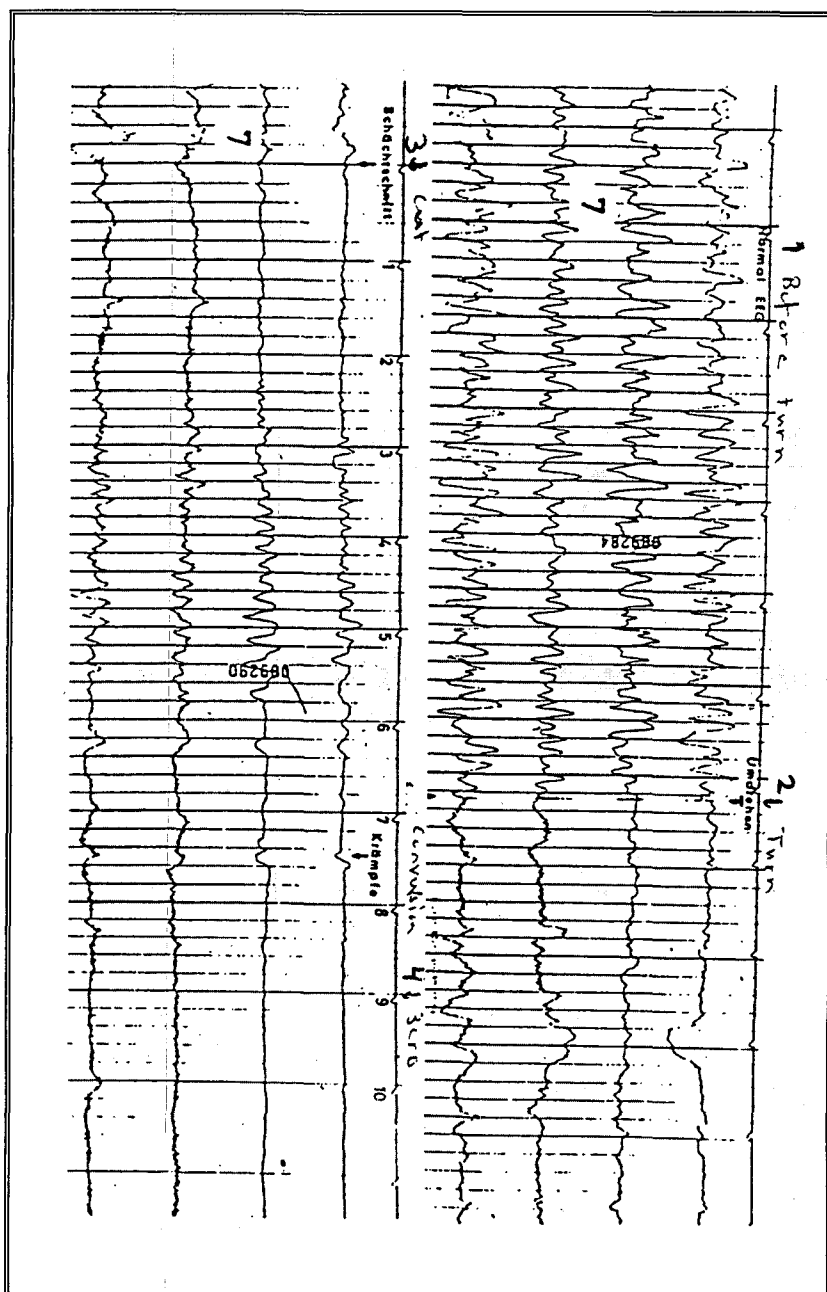
1. השחיטה. 2. התחלת העוויתות.



תמונה ל"ד: רישום פעולת מוח אחרי השחיטה בכבש

(הסם Hazem וחבריו, 1978)

1. לפני הפעולה. 2. ההפיכה. 3. השחיטה. 4. העויתות.



בסיכום: הכל באשר לכל

שחיטה לאחר הירייה

בעגלים

אחרי שהעגלים נורו היה אפשר לראות אי סדר ברישומי המוח (אי סדר כזה אינו סימן לכאב. לכן יש להניח שאין קליטת כאב).

בכבשים

השינויים היו דומים לאלה של העגלים, אם כי היו מקרים שגרויי כאב נקלטו עוד זמן רב אחרי ההימום.

שחיטה

בעגלים

יש להניח שכל אפשרויות קליטת הכאב נעלמו תוך עשר שניות. בשום מקרה לא נראה גירוי כאב בשחיטה. תוך 23 שניות הושגה נקודת האפס. ההתכווצויות הופיעו רק אחרי שבועדאי לא הייתה אפשרות תחושה.

בכבשים

אחרי החתך, איבוד ההכרה היה לפני 10 שניות. באף אחת מהחיות לא הייתה תגובת כאב על החיתוך עצמו. נקודת האפס הושגה תוך 14 שניות, וההתכווצויות החלו אחרי כן.

למסקנת החוקרים הנ"ל

אם השחיטה מבוצעת כהוגן, ניתן להסיק, לפי הרישומים ולפי ההתנהגות, שאינה גורמת לכאב או לסבל בכבשים ובעגלים.

אם כי לא היו תוצאות כה ברורות לגבי הירייה בעגלים, כמו לגבי השחיטה, קרוב להניח שגם הירייה היא שיטה שאין בה צער בעלי חיים. לעומת זאת, בכבשים היו סימנים שאפשרו חשש של צער בעלי חיים, ולכן שיטת הירייה אינה כה טובה עבור טביחת הכבשים. לפי זה, אפשר לומר שלגבי הכבשים השחיטה היהודית עדיפה על הירייה המקובלת.

הבדלים בין צאן ובקר

ניוהוק Newhook ובלקמור Blackmore (1982) פרסמו שורה של מאמרים. הם הראו שההבדלים בין צאן לבקר היו גדולים יותר, מאלה שנמצאו ע"י החוקרים שלפניהם. ההבדלים הם, הן באורך

הזמן הלוקח לבקר עד שהוא מאבד את ההכרה, שהוא לדעתם הרבה יותר ארוך, וכן באורך הזמן הנחוץ עד שהרישום מראה קו אפס ארוך פי כמה. (התוצאות מובאות בטבלא י"ח).

לוינגר (Levinger, 1961) וכן בלדוין (Baldwin) ובל (Bell, 1963) תיארו הבדלים גדולים במבנה העורקים המוליכים דם למוח, בין כבשים, עזים ובקר. הבדלים אלו מסבירים את ההבדלים בזמן הנחוץ עד לאיבוד ההכרה, בין סוגי מעלי הגירה השונים. יתר על כן, לוינגר (Levinger) ואפל (Appel, 1966) הראו שיש גם הבדלים אינדיבידואליים גדולים בבקר. קשה להניח, אבל ייתכן, שיש הבדלים בין זני הבקר שנשחטו באירופה ובארה"ב לבין אלו שנשחטו בניו-זילנד (במקום שערכו ניוהוק ובלקמור את ניסיונותיהם).

טבלא י"ח: החזרים ורישומי מוח לאחר השחיטה
(ניוהוק Newhook ובלקמור Blackmore, 1982)

קו האפס	משך ה - EEG גל אחרון	משך ה - EEG ממוצע	משך רפלקס הקרנית	משך הנשימות העמוקות	עגל מס'
132	123	84	170	290	1
185	179	34	150	260	2
206	205	35	250	360	3
221	220	77	190	290	4
132	130	65	90	190	5
289	186	79	135	300	6
336	323	85	320	380	7
297	207	66	190	420	8

מימד חדש לשיטת הניסיונות הביאו קלוויט (Kallweit) וחבריו (1989). הם החליטו שהניסיונות אינם מדויקים ולא ניתן להשוות את זמן השחיטה לזמן הדימום שלאחר הירייה. יש לקחת לצורך התחלת הניסוי את השחיטה מחד ואת הירייה מאידך.

בהשוואת הניסיונות נראה את התמונה הבאה: אם משווים את נקודת האפס של הרישומים משעות הדימום, מקבלים את התוצאות

שבטבלא י"ט - א'. ייתכן אפילו שנקודת האפס תגיע לפני התחלת הדימום (ואכן יש בטבלא מספרים שליליים).

אם, לעומת זאת, ניקח כנקודה התחלתית את זמן הירייה או ההימום החשמלי, נקבל תמונה אחרת לגמרי - זו מובאת בטבלא י"ט - ב'. כאן ברור שהשחיטה עדיפה על ההימום, הן בירייה והן בחשמל.

טבלא י"ט: סיום רישום המוח בכבש לאחר הדימום בשחיטה ובירייה, וסיום הרישום של המוח בכבש לאחר התחלת תהליך השחיטה בשניהם.

א. הזמן הנחוץ לקו האפס לאחר השחיטה והדימום

	N	X	SX	95% מ-	מהמקרים ל-
ירייה	6	8.8	2.8	0.3^{-1}	14.7
הימום חשמלי	5	3.0	3.1	3.4^{-1}	9.4
שחיטה (איסלאם)	4	12.5	3.4	5.4	19.6
שחיטה (יהודית)	9	12.4	2.3	7.7	17.2

1. תופעת מינוס מראה שהניסיון אינו סביר, כי לא יתכן שהרישום יפסק לפני נקודת המוצא.

ב. הזמן הנחוץ מהירייה והשחיטה עד לקו האפס

	N	X	SX	95% מ-	מהמקרים ל-
ירייה	6	18.7	3.5	11.3	26.0
הימום חשמלי	5	24.6	3.9	16.6	32.7
שחיטה (איסלאם)	4	12.5	$^2 4.3$	$^2 3.5$	$^2 21.5$
שחיטה (יהודית)	9	12.4	$^2 2.9$	$^2 6.4$	$^2 18.4$

2. אין לי הסבר מדוע הממצאים הללו שונים מאלו שבחלק א' של הטבלא.

דיון

באדם ידוע לנו שלחץ על עורקי הצוואר גורם לשינויים מוגדרים בתרשים המוח (קדרון Kidron, 1954). התדר יורד והגל גדל בגובהו. אצל מעלי הגירה נראה הדבר כך לתקופה קצרה (לוינגר Levinger, 1961; ננגרוני Nangeroni וקענעט Kennett, 1963). בתקופה זו מתקבל הרושם שהבהמה אינה יציבה וסובלת מסחרחורת, מפרישה שתן וצואה ולפעמים מתנדנדת. אלו הם סימנים הבאים כתוצאה מחוסר חמצן, אך יש תיקון מצב מלא תוך זמן קצר. לפעמים אין לראות את הסימנים כלל (שולצה Schulze וחבריו, 1978). בתקופה זו לא נראים סימני פחד או כאב. מצבי חוסר חמצן הם מצבים שאינם כואבים, רק מורידים את הרגישות. באדם סימני חוסר חמצן נשארים עד הסרת החסימה. במעלי גירה רואים איזון מהיר.

פתיחת עורקי הצוואר מביאה, לדעת כמה חוקרים. תחילה לעליית הקצב וירידה בגובה הגלים - תגובה שיכולה להיחשב כרגישות יתר. היא לא נראתה ע"י רוב החוקרים ובאם נראתה נמשכה רק 2 - 3 שניות. מיד אח"כ ישנו מעבר לגלים איטיים גבוהים יותר, שנראים כגלי חוסר חמצן. בשעה זו ההכרה התערפלה, אם לא נפסקה כליל. עשר שניות מאוחר יותר הגלים נעשים איטיים ונראית מעין תערובת של גלי גאמא וגלי דלתא. דבר זה מראה על חוסר חמצן קיצוני במוח. בשעה זו לחץ הדם כבר ירד חזק מאד. כתוצאה מכך זרימת הדם אל המוח כבר נפסקה כליל, דבר שיביא מצדו שוב למחסור חמצן גדול. עשר שניות אחרי השחיטה המוח כבר הגיע למצב כה ירוד עד שמרכז שווי המשקל אינו פועל והבהמה נופלת. בגלי המוח אפשר עוד לרשום את הפוטנציאלים. כנראה שחלק מהחוקרים קוראים לנקודה זו כבר נקודת האפס - האפס תלוי גם במכשירי הרישום, כי ייתכן ויש שינויים קטנים שהמכשיר כבר אינו קולט אותם.

בקווים כלליים אפשר לומר, שבעז הפסקת פעולת המוח מהירה מזו שבכבש וזו שוב מהירה מזו שבבקר.

אם נוכל לומר שפעילות המוח נמדדת בשניות לאחר השחיטה, הרי פעילות הלב נמשכת 3 - 7 דקות לאחר השחיטה.

מרכזים נמוכים יותר, ובעיקר כנראה בחוט השדרה, גורמים להתכווצויות המאוחרות, אך הן לא ניתנות לרישום ברישומי המוח ובעיקר לא בקליפת המוח.

רישומי מוח של ראשים מבודדים בחולדות (סוואב Swaab ובואר Buer, 1972; מייבסקי Mayevski וצאנס Chance, 1975) ובעכברים (קינג King וחבריו, 1967) הראו דמיון רב לרישומים שנתקבלו לאחר

השחיטה. מיד אחרי חתוך הראש היו מתחים מהירים ועברו מהר להיות איטיים. ההסבר הוא כדלקמן: אפילו בראשים מבודדים יש כמות מסוימת של חמצן (כאב לא יכול להיות). מכיוון שזה לא יכול להמשך זמן רב, הרישומים מאבדים תוך שניות אחדות את הצורה הרגילה שלהם. ברישומי איזור ההיפותלמוס היה אפשר לקבל תרשים עוד זמן רב יותר, גם בראש המבודד (קינג King וחבריו, 1967).

בשני המקרים, הן בשחיטה והן בראש המבודד, אפשר למצוא קוים כלליים הדומים לאלו של ההרדמה. בהרדמה - בתחילה יש החלשת הדיכוי, כלומר גירוי, ההולך ונחלש עד להפסקה המוחלטת.

גירויים ספציפיים

קו האפס על גבי רישום המתחים במוח, נחשב זמן רב כאינדיקטור טוב לקביעת המוות. בשנת 1977 היתה זו ההמלצה של הקהילה האירופית. בינתיים ישנם קריטריונים אחרים, ויש גם הצעות מעשיות חדשות.

הגירוי הספציפי של עצב, המפעיל תא מסויים במוח, הוא אמת מידה מעניינת. היום אכן סבורים שצריכים את שני הקריטריונים גם את נקודת האפס וגם את אי אפשרות הגירוי הספציפי, בקריטריון של חוסר הכרה מלא (גריגורי Gregory, 1987).

דאלי (Daly) וחבריו (1988) תיארו את השיטה כדלקמן: שיטה אחרת לקבוע את פעילות המוח לאחר ההימום היא הגירוי הספציפי. ע"י גירוי חושי נוצר במקום מסויים מתח פעילות. שיטה זו נמצאת מכבר בשימוש בבעלי חיים הנשחטים לצורך אכילת בשרם, כולל: כבשים, עגלים ובקר מבוגר (גריגורי Gregory וואטון Wotton, 1984; דאלי Daly וחבריו, 1986) ונחקרה ע"י שיטה זו פעילות המוח פחות מ-25 שניות לאחר הטביחה.

השיטה אמנם אינה מראה את רמת ההכרה, אבל יכולה לתת תמונה על כך, שהיא אינה מראה על מצב הערנות וההכרה, תעיד העובדה שניתן לרשום רישומים אלה גם בהרדמה כללית. מצד שני, הגירויים הללו מוכיחים שקליפת המוח עדין תקינה. אם זה לא יפעל, סימן שהגירויים אינם מגיעים למוח. שנויים בדרגת הקליטה, מרמזים על שנויים בפעילות קליפת המוח. לכן, כדאי לדעת מה קורה בנידון זה בשחיטה. החוקרים שרצו לבדוק את הדבר השוו את השחיטה לירייה. הם בדקו את רישומי המוח הכלליים ושתי צורות של גירויים ספציפיים (אופטי ואקוסטי).

התוצאות היו כדלקמן: בעוד שברישומי המוח היתה נקודת האפס בשחיטה לפני הירייה, הרי שהגירויים הספציפיים נעלמו אחרי הירייה מהר, בעוד שאחרי השחיטה רק באופן הדרגתי, (טבלא כ'). שני הגירויים (האופטי והאקוסטי) לא נתנו להיגרות 20 שניות אחרי הירייה, בעוד אחרי השחיטה האקוסטי נמשך כ 77 שניות והאופטי כ 55 שניות (תמונה ל"ה). תוצאות דומות תוארו ע"י קלווייט (Kallweit) וחבריו, (1989).

הדבר מוכיח שאחרי השחיטה אכן אפשר לגרות את המרכזים. זה אינו אומר שום דבר על הרגשה. ברור שאחרי הריסת חלק נכבד מהמוח, בירייה, יש פחות אפשרות שהגירויים יגיעו בשלמותם לקליפת המוח.

אם נסתכל על מכלול התופעות נראה: הגירויים מגיעים למוח. הבהמה אינה משותקת. אם כך: 1. מדוע הבהמה אינה נעה בתקופת הרגיעה? 2. למה לא מגיעים גירויים של כאב למוח (אין רישום מופרז ברגע השחיטה)? התשובה יכולה להיות רק אחת מהשתיים:

1. אין כאב ולכן אין לא רישומים ולא תגובות, או

2. קליפת המוח אינה מסוגלת להגיב על כאב.

לכאורה לפנינו ראייה שהנחה א' נכונה, שכן הגירויים מגיעים למוח.

זה לא מוכרח להיות נכון, כי ייתכן שהגירוי אמנם מגיע למוח אבל אינו מתפשט ואינו מסוגל לגרום לתגובה. גם החוקרים שעסקו בגירוי הספציפי טוענים שהוא רק מודיע שהגירוי הגיע למוח, אבל לא מדווח על הכרה או תודעה של הגירוי.

ברצוננו להזכיר, שרוב החוקרים שעסקו בגירויים ספציפיים קבעו, שהם רק אמצעי עזר לבדיקת פעילות המוח. בירכעל (Birchel, 1990) טוען שזה המימד היחיד, שיכול להעיד על הכרה. למעשה, הרישום רק מודיע שהגירוי הגיע למוח. מה המוח מסוגל לעשות בו לא נאמר בכלל.

גלי המוח והמוות

בהגדרת המוות יש להבחין בין מוות קליני למוות ביולוגי. בוודאי שמערכות תאים ממשיכות לחיות אחרי שהיצור השלם מת מכבר, כמוות קליני מגדירים: הפסקת פעילות של שלושת המערכות החשובות בגוף: המוח, זרימת הדם והנשימה. בכל שיטת טביחה ממשיך המוח לפעול עוד זמן מה. בבדיקות משפטיות שלאחר המות הוברר (הגלין Hegglin, 1957) שאנשים שהתאבדו בירייה למוות, חיו לפעמים עוד כמה שעות, וזה למרות שחלקים נכבדים של המוח נהרסו.

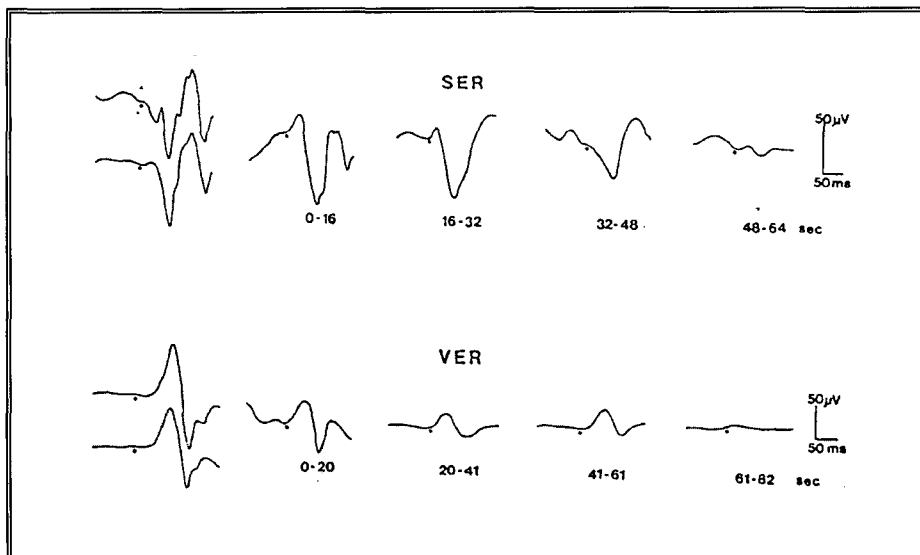
טבלא כ' ממוצע וטווח הזמנים של השנויים בתרשימי המוח וכן של הגירויים הספציפיים אחרי הירייה ואחרי השחיטה (דאלי Daly וחבריו, 1988)

המידה	משך ממוצע בשניות	לאחר ירייה	בניסוי מספר בהמות n
חצי פעילות המוח	10 ± 5	17-4	8
סיום פעילות המוח	44 ± 20	58-21	3
העלמות הגירוי הספציפי	69.5 ± 1.5	71-67	5
	0	-	8
	0	-	8

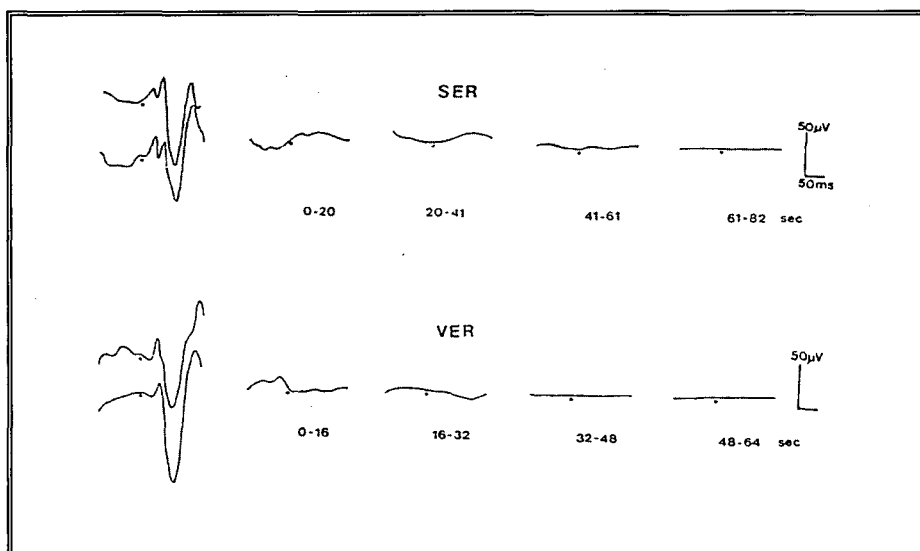
המידה	משך ממוצע בשניות	לאחר השחיטה	בניסוי מספר בהמות n
חצי פעילות המוח	7.5 ± 2	13-5	8
סיום פעילות המוח	28 ± 28	85-9	8
העלמות הגירוי הספציפי	75 ± 48	113-19	8
	77 ± 32	126-32	7
	55 ± 32	102-20	8

תמונה ל"ה: השפעות על הגירוי הספציפי
(דאלי Daly וחבריו, 1988)

א. אחרי השחיטה:



ב. אחרי הירייה.



הריסת רקמת המוח ע"י הירייה אינה ערובה לאיבוד ההכרה. רק רישומי המוח יוכלו לתת תמונה. היו מקרים שחשבו שהיה מוות, אך רישומי המוח הראו שהחיה היתה עדיין בחיים.

גם לפי המידע שבידינו, הרישומים הללו אינם נותנים תמונה מלאה. היו מקרים שחשבו לפי רישומי המוח של האדם שהוא מת, והוא התעורר מאוחר יותר לחיים. לכן צריך לחפש קריטריונים נוספים (שליט Shalit וחבריו, 1969; טול Toole, 1971). מציאת קריטריון מדויק למוות חשוב גם לטיפולים קליניים, כמו להשתלת לב.

אחד הקריטריונים המוצעים הוא: קו האפס בגזע המוח. מצד שני היו מקרים שלא הצליחו לרשום מתחים מגזע המוח, בעוד האדם היה חי ופעיל.

סכום

רישומי המוח החשמליים מספקים מידע על פעילות מערכת העצבים. אם עורקי הצוואר חסומים, הבהמה אינה מחוסרת הכרה, אבל רואים לפעמים שינויים בתרשים המוח. אחרי חיתוך עורקי הצוואר בא שינוי חזק כבר בשניות הראשונות. גלי הערנות עוברים לגלים דמויי ההרדמה. גירוי ספציפי אפשר להפעיל עוד זמן מה. הדבר מוכיח שהגירויים אכן מגיעים למוח. הבהמה גם אינה משותקת. מכיוון שאינה מגיבה, אפשר להסיק שהיא אינה סובלת מכאב או ממשהו אחר.