

the right heart. Some seconds later similar changes in radiation intensity are recorded as the injected  $I^{131}$  passes through the left heart. The heart did not move out of the field seen by the detector during any phase of the heart cycle, as judged by fluoroscopy. The decrease in radioactivity occurring during systole must therefore represent radioactivity leaving the heart, i.e. the stroke volume. The mean stroke volume could be calculated from the measurement of cardiac output, according to the indicator dilution principle, and was found to be 18.6 ml. It was thus possible to calibrate the systolic decrease in radioactivity in ml blood. The radioactivity recorded by the precordial detector at the end of systole should represent the amount of blood remaining in the volume 'seen' by the detector. With the collimation used, this radioactivity was confined mainly to the heart, at least during the passage of the radioactivity through the right heart. If, during the 3 heart cycles studied, the concentration of radioactive iodine is assumed to be evenly distributed between the blood leaving the heart with each systole and that remaining in the heart, then it should be possible to calculate the volume of blood remaining in the right heart at the end of systole. In the present experiment, the volume of blood in the right heart at the end of systole was calculated to be 12 ml. Similar calculations might be made for the left heart. Here, however, more of the radioactivity seen by the detector at the end of systole is likely to come from blood outside the half of the heart studied. If this objection is neglected, then the amount of blood remaining in the left heart at the end of systole may be estimated to be 12 ml.

For comparison, the tape record was also analyzed in 0.75 sec intervals without any correlation to the R waves, as described in a previous paper (Figure 2).

The radiocardiogram has been used in measurements of circulation times, such as the minimal pulmonary circulation time (WASER and HUNTZINGER<sup>5</sup>). This is the time between the entrance of the radioactive bolus into the right heart and its entrance into the left heart (A-A in Figure 1). Obviously these points can be more accurately assessed in this record than in Figure 2.

**Zusammenfassung.** Ein 3-Kanal-Magnetbandgerät ist für die gleichzeitige Registrierung von Electrocardiogramm und Radiocardiogramm verwendet worden. Die Methode ermöglicht das Studium der Veränderungen des Blutvolumens des Herzens während eines Schlagcyclus. Dadurch können Schlagvolumen und Residualvolumen der beiden Herzkammern getrennt gemessen werden.

## Atypische Wundheilungsvorgänge in der Haut von Großschmetterlingsraupen

Schnitt- und Brandwunden in der Haut werden bei vielen Insekten durch akkumulierte Blutzellen, die aus der Leibeshöhle stammen, provisorisch verschlossen<sup>1</sup>. Auch unter Brandstellen in der Haut von Mehlmottenraupen bildet sich in zahlreichen Fällen vorübergehend eine «Blutzellenhaut»<sup>2</sup>. Im Zuge eigener Untersuchungen an Schnittwunden in der Haut von Saturnidenraupen liessen sich nunmehr in Abhängigkeit von der Operationsart 2 verschiedene Formen der Wundheilung feststellen: die erste trat bei fast allen nach aussen hin offenen Hautwunden auf, die zweite vorwiegend bei den Hautdefekten, die nach aussen hin durch die Kutikula (Ku) abgedeckt blieben; solche entstanden zum Beispiel durch die Ablösung von Flügelanlagen an der Hypodermis.

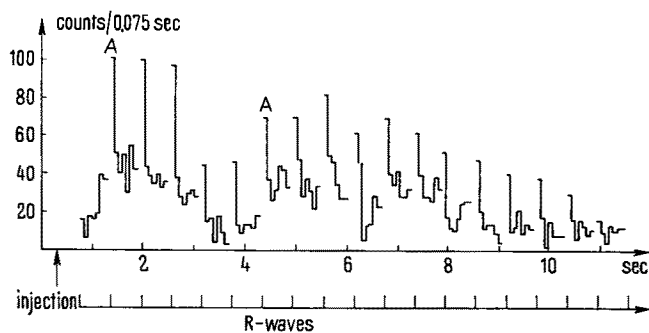


Fig. 1. Radiocardiogram recorded synchronously with the R waves of the electrocardiogram. A-A points of entry of radioactive blood in right respectively left heart. j

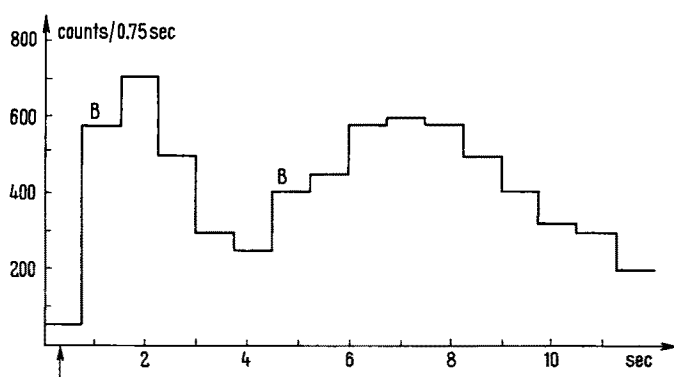


Fig. 2. Radiocardiogram of Figure 1 recorded independent of R waves of the electrocardiogram. B-B points of entry of radioactive blood in right and left heart respectively.

E. BERNE, L. HALLBERG, and S. E. LINDELL

*Departments of Radiotherapy, Internal Medicine and Clinical Physiology, Sahlgren's Hospital, University of Göteborg (Sweden), May 15, 1961.*

<sup>5</sup> P. WASER and W. HUNTZINGER, *Schweiz. Med. Wschr.* 81, 215 (1951).

Die erste bei Lepidopteren übliche Form der Wundheilung verläuft ohne Akkumulation von Blutzellen an der Wundstelle (Figur 1a, Wst). Die Wundränder (Wr) werden durch Muskelkontraktion einander genähert; von dort bis zur Segmentgrenze (S) lockert sich sodann der hypodermale Zellverband auf. Die einzelnen, azidophilen und grosskernigen Hypodermiszellen (Hyz) schwellen basalwärts an und schieben sich über die Wundfläche hinweg. So entsteht an dieser ein lückenhafter Zellbelag, der erst in der nächstfolgenden Mitosenperiode der Hypodermis (Hy) wiederum zu normaler Zelldichte ergänzt wird.

Die zweite Form der Wundheilung, bei Lepidopteren bis jetzt noch nicht bekannt, beginnt kurz nach der Ope-

<sup>1</sup> V. B. WIGGLESWORTH, *J. exp. Biol.* 14, 364 (1937).

<sup>2</sup> H. BRAEMER, *Wilh. Roux' Arch. Entw.-Mech. Org.* 148, 362 (1955).

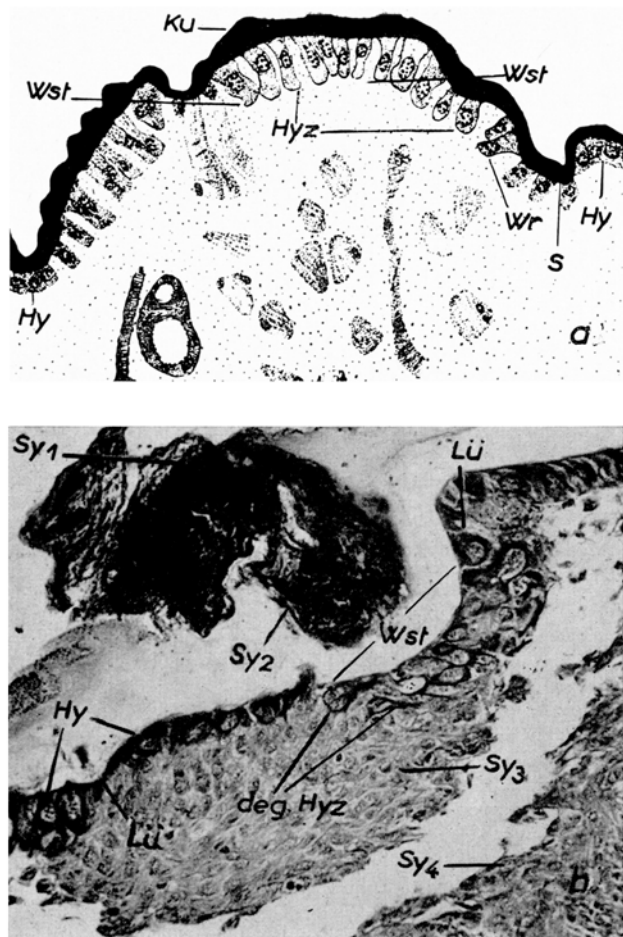


Fig. 1. (a) Normale Verheilung ohne Substratbildung; 6 Tage nach Exstirpation eines Hautstücks im Flügelsegment einer Raupe 2. Stadiums; nach 1 postoperativer Häutung, vor der Mitosenperiode des 3. Stadiums; Längsschnitt, Vergr. ca. 1:550; Kutikula schwarz. – (b) Substratbildung an der nicht verheilten Wundstelle, 18 Tage nach Ablösung einer Flügelanlage des 2. Stadiums von der Hypodermis; nach 2 postoperativen Häutungen, vor der Mitosenperiode des 3. Stadiums; Mikrofoto, Querschnitt durch das Flügelsegment; Vergr. ca. 1:300.

ration mit einer Ansammlung spindelförmiger Blutzellen unter der Wundstelle (Figur 1b). Diese entstehen nicht nur aus den Proleukozyten in der Leibeshöhle, sondern auch in dem die Flügelanlage umgebenden Blutzellsäckchen, welches im Falle der Figur 2 gänzlich verschwunden ist. Derartige Blutzellen legen sich sodann zu langen Zellbändern aneinander und verschmelzen zu dauerhaften, bindewebsartigen Synzytien (Figur 2, Sy<sub>4</sub>). Diese nehmen hier gewissermassen die Stelle des Bindegewebes ein, welches bei anderen Insekten, so zum Beispiel bei Koleopteren, die Hypodermis unterlagert und unter den Wundstellen ein Substrat bildet, das durch eine «Hypodermisung» (Figur 2, Hyzu) von den Wundrändern aus überwachsen wird<sup>3</sup>. Bei Lepidopteren jedoch wird ein solcher Überwachungsversuch der Hypodermis über das Substrat durch gewebezerstörende Vorgänge immer wieder abgestoppt (Figur 2); selbst bei kleinen Wundstellen läuft keine kontinuierliche Lage von Hypodermiszellen mehr über das Synzytium hinweg. Die Hypodermis bleibt hier lückenhaft (Figur 1b, LÜ), da immer wieder einzelne Hypodermiszellen sich spindelförmig abflachen, in das Synzytium einwandern und dort degenerieren (Figur 1b und 2, deg. Hyz). Auch kann die ur-

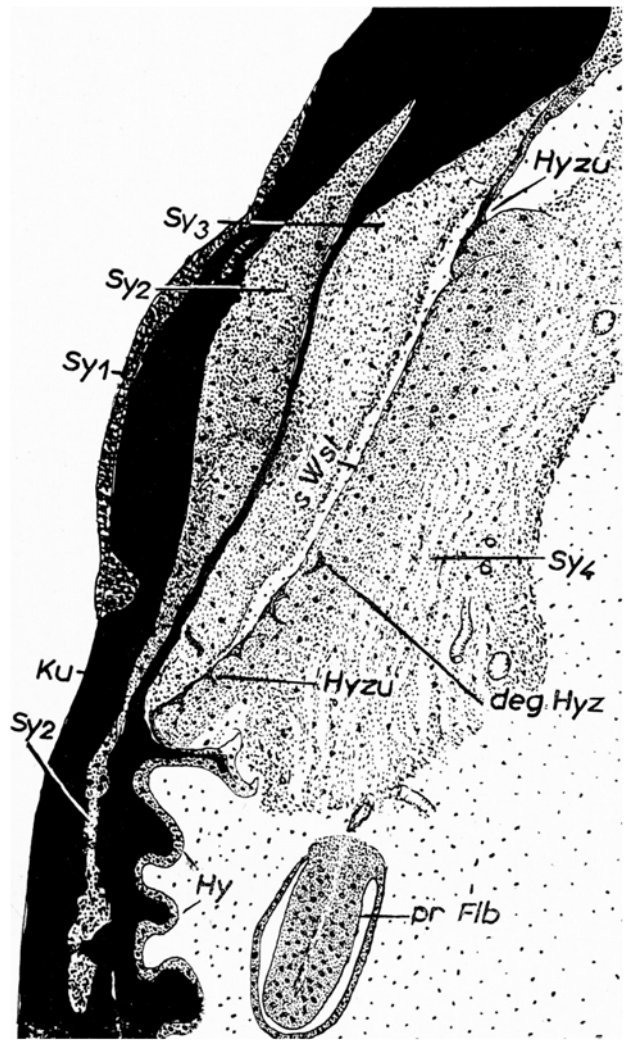


Fig. 2. Substratbildung an einer sekundär erweiterten Wundstelle in der Hypodermis. 34 Tage nach der Ablösung der Flügelanlage von der Hypodermis, nach 2 postoperativen Häutungen im letzten Raupenstadium; Kutikula schwarz, Querschnitt durch die Raupe. Vergr. ca. 1:30.

Abkürzungsschlüssel: deg. Hyz = degenerierte Hypodermiszellen. Hy = Hypodermis. Hyzu = zungenförmig über das Substrat vorwachsende Hypodermis. Ku = Kutikula. LÜ = Lücke im Zellverband der Hypodermis. pr. Flb = präsumptives Flügelblatt. S = Segmentrand. Sy<sub>1-4</sub> = Synzytienbildungen, die zeitlich aufeinanderfolgen. Wr = Wundrand. Wst = (sekundäre) Wundstelle.

sprüngliche Wundstelle sekundär stark erweitert werden, indem 1–3kernige Phagozyten in die Hypodermis am Wundrand eindringen und diese zerstören (Figur 2, s. Wst). Dazu kommt, dass degenerierende Substratschichten durch synzytiale Neubildungen von der Leibeshöhle her nach aussen in die Kutikula abgedrängt werden (Figur 1b und 2, Sy 1/2 und Sy 3/4).

Dieses pathologische Wechselspiel zwischen Gewebenaufbau und Gewebeerstörung verhindert hier offensichtlich eine normale Verheilung der Hypodermiswunden. Anstelle dessen vernarben diese unter fortschreitender Abnützung und Neubildung von synzytialen Substratschichten.

Nun neigen aber die Raupen von Saturniden im Unterschied zu denen von Sphingiden viel stärker zur Bildung

<sup>3</sup> T. M. LAZARENKO, Z. mikr.-anat. Forsch. 12, 467 (1928).

derartiger Wundgewebe und ausserdem zu allerlei Entwicklungsstörungen<sup>4</sup>. Es besteht daher Veranlassung, diese heilungshemmenden Substratbildungen in die stattliche Anzahl atypischer Gewebsbildungen einzureihen, die, nach experimenteller Störung der inneren Sekretion, von PFLUGFELDER<sup>5</sup> insbesondere an Hemipteren beobachtet worden sind.

**Résumé.** Chez les chenilles de la famille de Saturnidés, lors d'une blessure de l'hypoderme, des cellules sanguines fusiformes empêchent la guérison typique par la formation

d'un tissu cicatrisant des disques imaginaires de l'aile à l'endroit endommagé. La région originairement défectueuse est élargie par suite d'une destruction secondaire de l'hypoderme.

MARGA LEMPPENAU

Zoologisches Institut der Universität Saarbrücken (Deutschland), 2. September 1960.

<sup>4</sup> M. E. LEMPPENAU, Exper. 17, 369 (1961).

<sup>5</sup> O. PFLUGFELDER, Entwicklungsphysiologie der Insekten (1958).

### Entwicklungsstörungen bei Großschmetterlingen nach verschiedenen Operationen, insbesondere nach Implantationen von Gewebe- und Papierstückchen in die Leibeshöhle der Raupen von *Antheraea pernyi* Guér.

Wie vor allem die Versuche PIEPHOS an Kleinschmetterlingen zeigen<sup>1</sup>, entwickeln sich Raupen des letzten Stadiums, denen inkretorisch tätiges Gewebe der Corpora allata bzw. des Gehirns aus dem dritt- oder vorletzten Raupenstadium in die Leibeshöhle implantiert worden war, recht häufig zu Mischformen zwischen Raupe und Puppe. – Im Laufe eigener Untersuchungen an rund 1000 Großschmetterlingsraupen traten neuerdings derartige Mischformen auch nach Verpflanzungen anderer Gewebestücke (darunter auch Flügelanlagen und Tracheenbögen) vor allem in die Leibeshöhle älterer Raupen von *Anth. pernyi* auf. So entwickelten sich nach Implantationen von Abdominalganglien des 3. und 4. Stadiums fast die Hälfte, nach solchen von Stigmen rund ein Drittel der operierten Raupen zu Mischformen, – ja, in einigen Fällen sogar nach Implantationen von Papierstückchen in die thorakale Leibeshöhle der Raupen. Keine Mischformen entstanden indessen nach Implantationen von Thorakalganglien und Raupengehirnen des 3. und 4. Raupenstadiums sowie nach der Setzung von Hautwunden, in denen keine grösseren, isolierten Gewebeteile zurückgelassen wurden.

Bei den Mischformen von *Vanessa urticae* (Nymphalidae) verblieben an dem raupenartigen, jedoch mit Puppenchitin (Figur 1, Pch) bedeckten Thorax die Raupenbeine (Rb); Puppenflügel, -beine und -antennen fehlten und waren nicht ausgestülpt worden. In einigen Fällen waren am Abdomen noch Kranzfüsse und darüber Teile der Raupenhaut erhalten geblieben.

Bei *Antheraea pernyi* traten ausser Dauerraupen und defekten Puppen (mit freien Antennen usw.) auch einige Puppen mit raupenähnlichen Köpfen auf. Bei 30 Mischformen mit sehr langer Entwicklungszeit waren an der Innenseite der 3 Puppenbeinpaare zusätzlich auch noch die 3 Raupenbeinpaare erhalten geblieben; erstere wurden demnach im Vorpuppenstadium aus ihren Peripodialsäcken ausgestülpt, obwohl letztere nicht zurückgebildet worden waren. Anstelle verschiedener, vor allem bei *Galleria melonella* beobachteter Übergangsformen zwischen Raupen- und Puppenbein manifestierte sich somit hier bei *Anth. pernyi* in Form larvaler Beinchimären eine doppelte Beingarnitur. – Mit solchen Mischformen zeigten nun aber auch die meisten Raupen von *Anth. pernyi*, die sich nach der Operation zu normalen Puppen entwickelten, eine auffallende Verlängerung ihrer postoperativen Entwicklungszeit im Vergleich zur Normalentwicklung; so konnte ein postoperatives Raupenstadium anstelle von 7–8 Tagen volle 21 Tage dauern, also um 13 Tage verlängert sein. Dabei wurde eine zeitliche Verzögerung der hypodermalen Mitosenperiode bis auf den 7. Tag nach einer Häutung

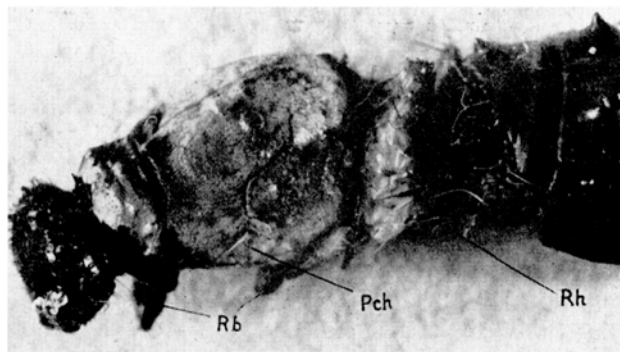


Fig. 1. Raupenpuppe von *Vanessa urticae*; der Thorax mit Puppenchitin, das Abdomen mit Raupenhaut bedeckt. Vergrößerung ca. 1/4.



Fig. 2. Puppe mit Raupenkopf von *Antheraea pernyi*

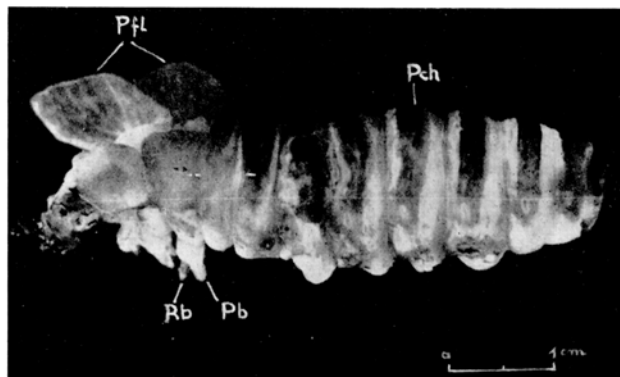


Fig. 3. Raupenpuppe von *Antheraea pernyi* mit inneren Raupen- und äusseren Puppenbeinen.

**Abkürzungsschlüssel:** Pb = Puppenbeine, Pch = Puppenchitin, Pfl = Puppenflügel, Rb = Raupenbeine, Rh = Raupenhaut, Rst = Raupenstadium.

<sup>1</sup> P. PIEPHO, Roux' Arch. Entw.-Mech. Org. 141, 500 (1919).