

Heterochromosomen bei
Vipera berus L. (Viperidae, Serpentes)

Heterochromosomen sind innerhalb der Vertebraten bei vielen Säugern nachgewiesen¹. Es handelt sich dabei um eine Heterogametie vom XY-Typus beim männlichen Geschlecht. Innerhalb der Sauropsiden, deren Karyotyp meist in Makro- und Mikrochromosomen gegliedert ist, waren bisher nur bei Vögeln Geschlechtschromosomen sicher bekannt^{2,3}. Die betreffenden Vogelarten zeigen eine weibliche Heterogametie, erkennbar an einem unpaaren Makrochromosom, dem Z-Chromosom. Nicht entschieden ist die Frage, ob die Geschlechtsbestimmung dem ZW- oder dem ZO-Typus folgt. Es scheint unmöglich, die grosse Zahl der sehr kleinen Mikrochromosomen (über 70 bei *Gallus gallus*; 1 μ und kleiner) exakt festzustellen⁴. Diese Unsicherheit beim Festlegen der Anzahl und der Morphologie der Mikrochromosomen erschwert bei allen Sauropsiden eine cytologische Untersuchung. Über Reptilien, vor allem über Sauria und Cheloniidae, liegen zahlreiche Chromosomenanalysen vor. OGUMA⁵, MAKINO⁶ und andere japanische Autoren fanden eine weibliche Heterogametie vom ZO-Typus, nachgewiesen durch ein univalentes Mikrochromosom. Im Gegensatz dazu stellte MATTHEY⁷ bei gleichen und anderen Spezies keinerlei Unterschiede zwischen männlichem und weiblichem Karyotyp fest. Auch bei Schlangen zeigten sich keine Hinweise auf das Vorkommen von Heterochromosomen³. Andere Autoren^{8–10} haben nur Chromosomensätze männlicher Tiere ohne identifizierbare Geschlechtschromosomen beschrieben.

Anlässlich einer metrischen Studie an Chromosomen schweizerischer Schlangen fand ich nun bei *Vipera berus*

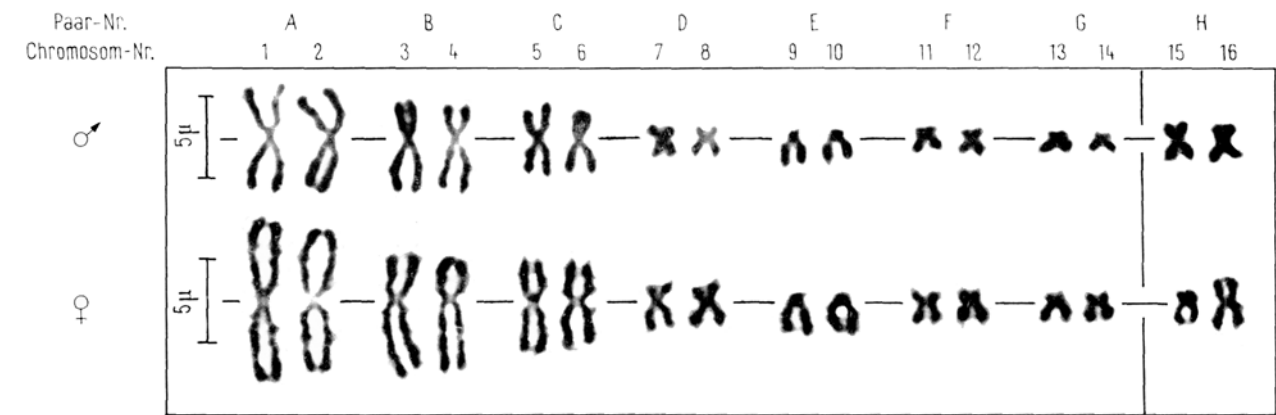
Unterschiede zwischen männlichem und weiblichem Karyotyp, die nur mit dem Vorkommen von Heterochromosomen interpretiert werden können.

Als Untersuchungsmaterial verwendete ich Mitosen aus dem Knochenmark Colcemid-behandelter Tiere, präpariert nach der üblichen Quetschmethode. Meta- und Prometaphaseplatten wurden photographiert und auf ca. 5000fach vergrössert. Die Makrochromosomen wurden ausgeschnitten und geordnet (Figur), wobei sich acht Paare ergaben, die in der Darstellung mit A–H bezeichnet sind. Die einzelnen Chromosomen sind mit 1–16 nummeriert. Zur besseren Identifizierung der Chromosomen wurden folgende quantitative Kriterien verwendet: (1) die Länge der Chromosomen, ausgedrückt in % der Gesamtlänge aller 16 Makrochromosomen, (2) das Armverhältnis kürzerer:längerer Arm, als Bestimmungsmass für die Lage des Centromers. In der Tabelle sind die betreffenden Werte für die beiden untersuchten Tiere, ein Männchen und ein Weibchen, wiedergegeben. Die Zahlen sind Durchschnittswerte aus je 20 Mitoseplatten.

¹ R. MATTHEY, *Les chromosomes des vertébrés* (Lausanne 1949).
² R. MATTHEY, in P. GRASSÉ, *Traité de zoologie*, vol. 15 (Oiseaux 1950).
³ J. M. V. BRINK, *Chromosoma* (Berl.) 10, 1 (1959).
⁴ S. OHNO, *Chromosoma* (Berl.) 11, 484 (1961).
⁵ K. OGUMA, *Arch. Biol.* 45, 27 (1934).
⁶ S. MAKINO und I. ASANA, *Chromosoma* (Berl.) 3, 208 (1948).
⁷ R. MATTHEY und J. M. V. BRINK, *Exper.* 12, 53 (1956).
⁸ R. MATTHEY, *Rev. suisse zool.* 38, 117 (1931).
⁹ K. NAKAMURA, *Proc. Imp. Academy* (Tokyo) 3.
¹⁰ A. N. BHATNAGAR, *Cyt.* (Tokyo) 25, 173 (1960).

Relative Länge der Chromosomen in % der Gesamtlänge aller Makrochromosomen des diploiden Satzes sowie Lage des Centromers (Länge des kleineren geteilt durch Länge des grösseren Armes) für beide Geschlechter von *Vipera berus* L. Die Zahlen betreffen Durchschnitte aus 20 Mitosen je Geschlecht

Paar-Nr.	A		B		C		D		E		F		G		H	
Chromosom-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Relative Länge %	♂	12,4		10,2		7,5		4,4		4,1		3,5		3,1		1,9
	♀	13,0		10,7		7,6		4,6		3,9			3,2			4,8
Der mittlere Fehler beträgt ca. 1% dieser Werte																
Lage der SFA	♂	0,92		0,68		0,92		0,69		0,32		0,69		0,60		0,89
	♀	0,91		0,64		0,89		0,64		0,30			0,62			0,88
Der mittlere Fehler beträgt ca. 2% dieser Werte																



Makrochromosomen des männlichen (obere Zeile) und des weiblichen Tieres (untere Zeile) von *Vipera berus* L. zu Paaren geordnet. Die Chromosomenbilder stammen aus Mitosestadien im Knochenmark.

Die Zahlen der Tabelle zeigen, dass eine Identifikation der Chromosomen auf metrischem Weg möglich bzw. die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der Zuordnung zu den Typen A–H nicht gross ist. Dies trifft allerdings nur für den männlichen Karyotyp zu, wo sich die sechs Chromosomenpaare A–E und H sehr leicht, die Paare F und G etwas schlechter unterscheiden lassen. Beim Weibchen dagegen sind nur die Paare A–E leicht identifizierbar. Die fünf Chromosomen Nr. 11–15 sind ihrer Ähnlichkeit wegen in der Tabelle in eine Gruppe zusammengestellt, welche die Paare F und G und ein weiteres Chromosom umfasst. Chromosom Nr. 16 passt zu keinem Paar. Dieses einzelne Chromosom findet seinen Partner in einem Chromosom der Fünfergruppe, womit wir ein dimorphes Chromosomenpaar erhalten. Das grössere Chromosom wäre als Z-, das kleinere als W-Chromosom zu bezeichnen. Das Z-Chromosom des weiblichen Karyotyps ist dem H-Paar des Männchens ähnlich. Ich schliesse daraus, dass dieses Paar die ZZ-Chromosomen des männlichen Karyotyps darstellt. Aus diesen cytologischen Befunden geht hervor, dass bei *Vipera berus* Heterochromosomen identifizierbar sind und dass das weibliche Geschlecht das heterogametische ist.

Der Chromosomensatz dieser Art setzt sich demnach zusammen aus: 7 Paaren autosomaler Makrochromosomen und 1 Paar Heterochromosomen, die ebenfalls Makrochromosomen sind ($\sigma = ZZ$, $\text{♀} = ZW$); ausserdem wurden

20 Mikrochromosomen festgestellt, wobei es wahrscheinlich ist, dass diese Zahl für beide Geschlechter gilt.

Aus ähnlichen Untersuchungen an *Vipera aspis* L., *Natrix natrix* L. und *Natrix maura* L. scheint hervorzugehen, dass diese Arten ebenfalls Heterochromosomen eines ähnlichen Typs im weiblichen Geschlecht besitzen. Diese Arten werden gegenwärtig noch eingehender untersucht¹¹.

Summary. A dimorphic pair of chromosomes was found among the macrochromosomes in mitosis of females of *Vipera berus* L. It corresponds to a pair of medium-sized chromosomes in the male. The conclusion is drawn that females are heterogametic (ZW-type), males being homogametic (ZZ-type). Similar observations were made in *Vipera aspis* L., *Natrix natrix* L., and *Natrix maura* L.

H. R. KOBEL

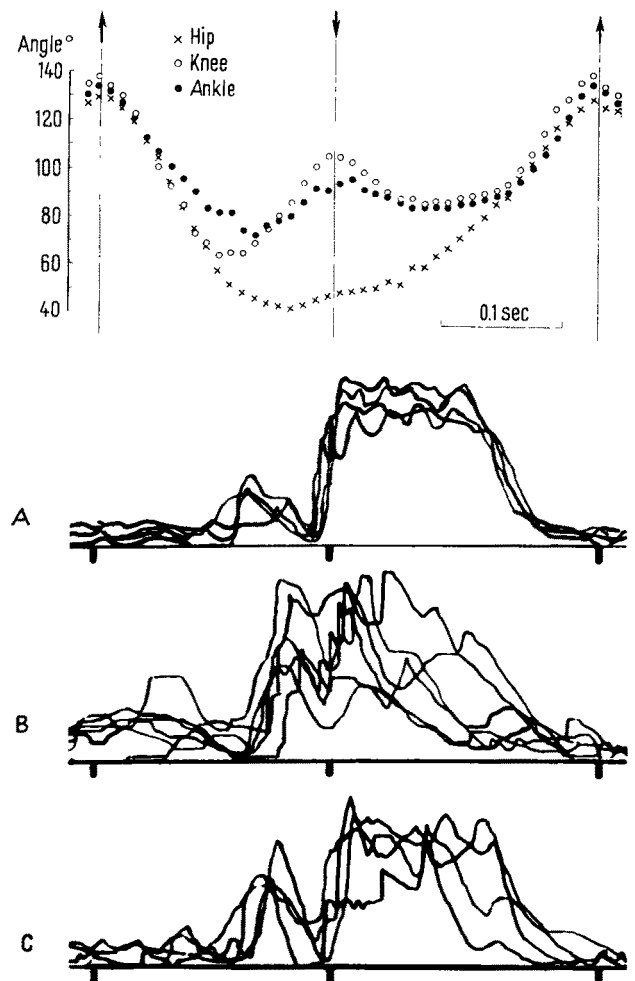
Zoologisches Museum der Universität Zürich (Schweiz),
9. Februar 1962.

¹¹ Herrn Prof. Dr. H. BURLA danke ich für die Anregung zur vorliegenden Arbeit, Herrn Dr. E. KRAMER, Kollbrunn, für die Überlassung der Tiere.

An Electromyographic Analysis of Stepping in the Cat

Attempts to discuss the role of spinal reflex actions in stepping have been hampered by lack of information regarding the temporal sequence of muscle activation in stepping. We have undertaken to fill this gap by correlating the electromyogram from hindlimb muscles with movements during stepping in the unrestricted cat.

The present report deals with the activity in extensor muscles. Our interest was prompted by the finding that some extensor motor nuclei display characteristic differences in their Ia receptiveness, i.e. in their monosynaptic activation by impulses in afferents with annulospiral endings on muscle spindles. The motoneurons to the hip extensor, adductor femoris, receive monosynaptic excitatory action not only from hip extensors but also from the knee extensor, vasto-crureus. Motoneurons of another hip extensor, semimembranosus, receive monosynaptic excitatory action not only from hip extensors but also from knee flexors. Hence adductor femoris would be most effectively Ia stretch activated by the combined movement of hip and knee flexion; semimembranosus, on the other hand, by the movement of hip flexion and knee extension¹. The difference in Ia receptiveness between these two hip extensors offers a possibility to test the importance of stretch evoked Ia actions for muscle activation in the step. If Ia actions were a dominating factor in muscle



¹ R. M. ECCLES and A. LUNDBERG, J. Physiol. 144, 271 (1958).

Fig. 1. Superimposed integrated electromyograms from A: vastus lateralis, B: adductor femoris, C: semimembranosus, related to movement in the hip, knee, and ankle joints of the hindlimb. Arrows on top and marks under each EMG refers to foot contact with floor, the foot being put down at \downarrow . Integration is made by charging a condenser with the EMG potentials after full wave rectifying.